Biblioteka
Główna
UMK Toruń
08483/2006

Urania

Postępy Astronomii

1/2006 (721)

tom LXXVII

styczeń—luty

- Inauguracja teleskopu SALT
- Strzał w kometę
- Osobliwy układ Urana
- O podręcznikach i nauczaniu

Młode gwiazdy w NGC 346

Gromada gwiazd NGC 346 jest otoczona wielkim obłokiem materii, w którym rodzą się gwiazdy. Znajduje się w Małym Obłoku Magellana w odległości 210 tys. l. św. od Ziemi. Gwiazdy NGC 346 są bardzo masywne i gorące. Żyją krótko, ale wysyłają w przestrzeń ogromne ilości energii. Ich wiatry i promieniowanie przenikają przez międzygwiazdowe kłębowiska zimnego gazu i pyłu aż do 200 l. św. wokół gromady, powodując powstawanie gwiazd i rzeźbiąc bardziej gęste wewnętrzne obszary mgławicy. Obszar ten nosi nazwę katalogową N66 i zawiera bardzo dużo gwiazd — niemowlaków, które mają po 3–5 mln lat i nawet jeszcze nie zapaliły wodoru w swych jądrach.

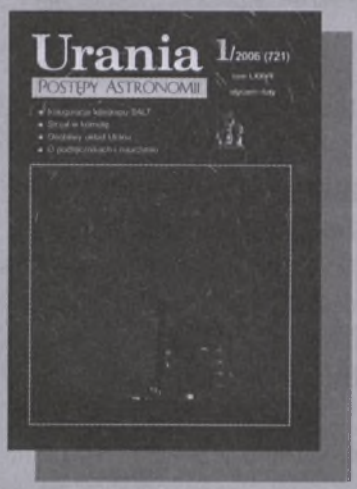
Zdjęcie zostało wykonane przez teleskop kosmiczny Hubble'a, kolory są umowne: światło widzialne i bliska podczerwień są tu niebieskie i zielone, a światło emisji atomowego wodoru jest czerwone. Fot. A Notta, ESA, NASA

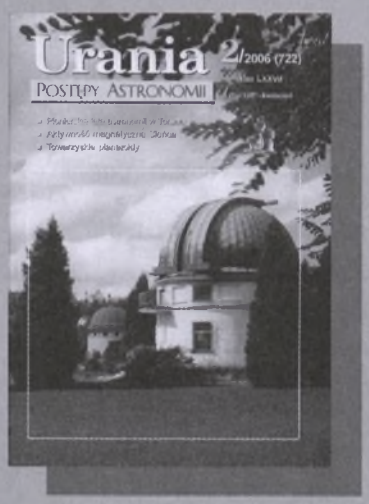
Gwiazdy biegunowe

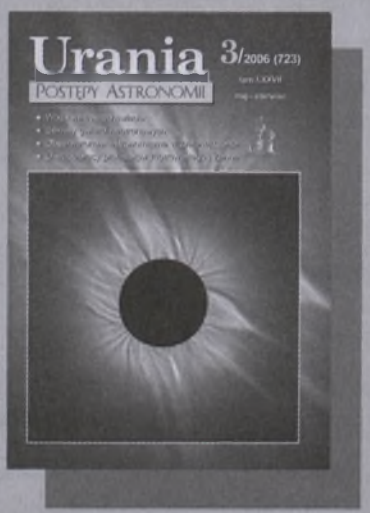
Zdjęcie okolic Gwiazdy Polarnej było robione cyfrową lustrzanką Nikon D50 z obiektywem Nikkor ED 70-300/4-5.6D przy ogniskowej 300 mm i światłosile 5,6. Czułość wynosiła 1600 ASA, a czas eksp. 1250 s (niespełna 21 min). Jest to typowe zdjęcie pokazujące okolice północnego bieguna, tyle że to nie Gwiazda Polarna jest punktowym obrazem, wokół którego są zakreślane łuki dalszych gwiazd. Warto dodać, że gwiazdy w centrum zdjęcia, będące bliżej bieguna niż Gwiazda Polarna (najjaśniejsza gwiazda na zdjęciu), mają jasność 15–16 mag.! Data wykonania zdjęcia 01.11.2005 r. Fot. W. Skórzyński

Rocznik 2006 tom LXXVII

Urania
Postępy Astronomii







INDEKS AUTORÓW

Abramowicz Marek 246
Błaszkiewicz Leszek P 100, 125,
Breger Michel si9
Brown John C. si36
Brych Piotr 216
Bukowska Danka 172
Cader-Sroka Barbara 164
Chrupała Henryk 176
Culhane John Leonard si30
Domański Juliusz 38, 84, 132, 271
Drążkowska Joanna 96, 144, 192, 278
Drążkowska Julia 240
Drążkowski Jacek 47, 95, 119, 126, 143, 191, 202, 239, 287
Dworak T. Zbigniew 12, 45, 94, 142, 208, 238, 286
Dziembowski Wojciech A. si19
Fangor Roman 262
Gadomska-Szczepankowska Ewa 258
Gil Janusz A. 114
Gödel-Lannoy Aleksandra 173, 267
Graczyk Dariusz 34, 80, 128, 182, 226, 274
Haensel Paweł 108
Handler Gerald si4
Hełminiak Krzysztof 156
Hudson Hugh S. si42
Jager Cornelis de si25
Jakimiec Jerzy si46
Janiuk Agnieszka 251
Kozłowski Szymon 114
Kożuchowska Magdalena 30
Krasiński Andrzej 148
Kryszczyńska Agnieszka 68
Kubicki Grzegorz 123
Kuczyński Jerzy 18, 177
Mankiewicz Lech 222
Marks Andrzej 98
Marks Monika 220
Michalec Adam 33, 221
Mikulski Krzysztof 22
Nawrocka Elżbieta 256
Nawrocki Włodzimierz 256
Opolski Antoni 164
Ostrowski Michał 196
Pankowski Karol 135
Pigulski Andrzej si14
Pilski Andrzej S. 126
Pomierny Jan 222
Rochowicz Krzysztof 7, 24, 25, 29, 76, 175,
Rompolt Bogdan 32
Rudawy Paweł 60
Rudnicki Konrad 116
Schreiber Roman 48, 96, 144, 192, 216, 240, 288
Scudder Barbara 258
Skórzyński Wiesław 46, 93, 141, 189, 236, 285
Stachniewicz Stanisław 28
Strobel Andrzej 119, 120, 121, 190,
Sylwester Janusz si50
Ściężor Tomasz 26, 40, 88, 135, 184, 218, 230, 280
Trepka Andrzej 169
Wąż Piotr 202
Wojtkowska Karolina 29, 73, 74, 75, 118, 119, 155, 203, 216, 217, 255, 278
Woszczyk Andrzej 1, 23, 49, 52, 122, 145, 193, 241, 244, 258, 264
Wszołek Bogdan 265
Ziołkowski Krzysztof 8, 204

BIBLIOTEKA Uniwersytecka w TORUNIU

INDEKS PRZEDMIOTOWY

Artykuły

160. rocznica odkrycia Neptuna i Trytona, *T. Zbigniew Dworak* 208

Aktywność magnetyczna Słońca, *Paweł Rudawy* 60

Arystotelesowska Strageria — miejsce narodzin fizyki, *Elżbieta Nawrocka, Włodzimierz Nawrocki* 256

Astronomia teraelektronowoltowych fotonów gamma w dobie obserwatorium HESS, *Michał Ostrowski* 196

Coronal Mass Ejections: Launch conditions and arrival at Earth, *John Leonard Culhane* si30

Czarne dziury: rozmowa, której nie było, *Marek Abramowicz* 246

Delta Scuti stars: New aspects, *Michel Breger* si9

Dwie nowe książki o sprawie Galileusza, *Andrzej Krasiński* 148

Inauguracja teleskopu SALT 4

Misja Stardust, czyli materia komety w ziemskim laboratorium, *Krzysztof Ziołkowski* 204

Models of solar flares, *Jerzy Jakimiec* si46

Multimode stellar pulsation: Challenges and prospects, *Wojciech A. Dziembowski* si19

O podręcznikach i nauczaniu, *Jerzy Kuczyński* 18

O współpracy profesorów Piotrowskiego i Zonna, *Konrad Rudnicki* 116

Observational aspects of main-sequence pulsators, *Gerald Handler* si4

Obserwatorium Astronomiczne w Zielonej Górze, *Szymon Kozłowski, Janusz A. Gil* 114

Osobliwy układ Urana, *T. Zbigniew Dworak* 12

Pierwotne czarne dziury, *Agnieszka Janiuk* 251

Pionierskie lata astronomii w Toruniu, *Andrzej Woszczyk* 52

Profesor Bohdan Paczyński doktorem honoris causa Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, *Andrzej Woszczyk* 244

Profesor Opolski wspomina 164

RHESSI results on solar hard X–ray sources, *John C. Brown* si36

Searching for main-sequence pulsators in massive photometries, *Andrzej Pigulski* si14

Sekrety gwiazd neutronowych: maksymalna masa i równanie stanu, *Paweł Haensel* 108

Solar activity and climate, *Cornelis de Jager* si25

Solar flares in the recent sunspot maximum, *Hugh S. Hudson* si42

Space solar research in Wrocław — past and present, *Janusz Sylwester* si50

Strzał w kometę, *Krzysztof Ziołkowski* 8

Światy pod dwoma słońcami, *Krzysztof Hełminiak* 156

Towarzyskie planetoidy, *Agnieszka Kryszczyńska* 68

Woda we Wszechświecie, *Leszek P. Błaszkiewicz* 100

Z kart historii astronomii polskiej, *Andrzej Woszczyk* 258

Zaćmienie zaćmieniu nierówne, *Andrzej Trepka* 169

Rozmaitości

Błękitne wampiry 278

Błyski gamma na cenzurowanym 25

Ciemna galaktyka 75

Drugi bliźniak Słońca 119

Dwanaście planet Układu Słonecznego? 202

Dymiąca galaktyka 121

Gwiazdy, które nie powinny istnieć 74

Halo 75

Ile ma stała Hubble'a? 203

Jak zimny jest Pluton 73

Jeziora na Tytanie 217

Karły też mają swoje planety 29

Kolizja plam na Jowiszu 155

Kometa 73/P Schwassmann-Wachmann umiera 122

Krater na Antarktydzie 216

Kwartet Roberta 24

Najstarszy błysk gamma 118

Niebieski pierścień Urana 155

Nowa planeta w Pannie 74

Nowe Horyzonty 75

Nowe oblicze Urana 73

O jedną planetę mniej 255

Planety bez... gwiazdy 203

Pozostałości supernowych 217

Problem obfitości litu rozwiązany! 202

Rhea pełna kraterów 7

Rozrywana gromada gwiazd 119

Siedliska narodzin gwiazd 120

Słowo o Charonie 73

SOHO ma już10 lat! 23

Sól na Marsie 119

Stardust powrócił 74

Trzej nowi Trojańczycy na orbicie Neptuna 278

Uciekająca gwiazda 121

Wiatry umierających gwiazd 155

Wnętrze kwazara 278

Wzajemne zakrycia planet Układu Słonecznego 214

Xena, czyli Eris 255

Z próbkami czy bez? 29

Zmienne pole magnetyczne Ziemi 216

Zorza na Marsie 118

Zważone karły 118

Z kraju i ze świata

Kopernik odnaleziony? 22
VII Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA 26
Piąty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA 28
Wrocławskie refleksje 33
Marsjańska misja w Ostrowcu Świętokrzyskim 123
XXII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne 124
IV Konferencja Meteorytowa PTM 126
Regionalny Konkurs Astronomiczny w Dąbrowie Górniczej 127
Polski globus Marsa 135
Zaćmienie w Turcji 172
Turecki pierścień z brylantem i korona... słoneczna 173
Toruń miastem festiwalowym 175
XLIX Olimpiada Astronomiczna 176
Obserwacja całkowitego zaćmienia Słońca w Turcji 29 marca 2006 r. 218
Jedenaste Warsztaty Bieszczadzkie poświęcone badaniom pól elektromagnetycznych ELF na Ziemi 221
Nagroda Nobla w dziedzinie fizyki 2006 dla astronomów 264
Częstochowa ma planetarium 265
Konferencja astronomiczna w Węglówce 267
Szósty Obóz Szkoleniowo-Informacyjny PTMA 269

In Memoriam

Andrzej Marks 1932—2006 220
Jana Paciorek (1926—2005) 32
Tadeusz Jarzębowski — astronom (1927—2005) 30

Astronomia w szkole

Ćwiczenia i zadania z astronomii (w kursie fizyki i astronomii w liceum) 132
Gwiazdy neutronowe 84
Nowe możliwości dla nauczycieli fizyki, astronomii i informatyki — projekt EU-HOU 222
Omówienie kilku zadań Olimpiady Astronomicznej 177
Proste doświadczenia z fizyki 38
XIII Seminarium dla nauczycieli, CA PAN 271

Poradnik obserwatora

Wiesław Skórzyński

Interesujące obiekty: Orzeł, Panna 46
Interesujące obiekty: Pegaz, Perseusz 93
Interesujące obiekty: Psy Gończe 141
Interesujące obiekty: Puchar, Rak, Ryby 189
Interesujące obiekty: Rufa 236
Interesujące obiekty: Ryś, Sekstant 285

Recenzje

Andrzej Branicki „Obserwacje i pomiary astronomiczne" 190
Brian Green „Piękno Wszechświata" 286
Leszek M. Sokołowski, Elementy kosmologii dla nauczycieli, studentów i dociekliwych uczniów 142
Michał Heller, Granice Kosmosu i kosmologii 94
Wiktor Stoczkowski „Ludzie, bogowie i przybysze z Kosmosu" 238
Wykorzystanie małych teleskopów 45

Kalendarz astronomiczny

Tomasz Ściężor

Rok 2006: Marzec — kwiecień 40
Maj — czerwiec 88
Lipiec — sierpień 136
Wrzesień — październik 184
Listopad — grudzień 230
Rok 2007: Styczeń — luty 280

Galeria obiektów NGC

Dariusz Graczyk

NGC 2683, NGC 3115 i NGC 3184 34
NGC 3242, NGC 3344, NGC 3384 80
NGC 3079 128
NGC 3432, NGC 3521 182
NGC 3607, NGC 3628, NGC 3941 226
NGC 4026, NGC 4038, NGC 4039 274

Astronomia i muzyka

Jacek Drążkowski

Bilet na Marsa 239
Kosmos jest w nas 191
Kosmos Konrada K. 95
Muzyka z Internetu 143
Przedświąteczny felieton porządkowy 47
Symfonicznie i... kosmicznie 287

Ciekawe adresy internetowe...

Roman Schreiber

48, 96, 144, 192, 240, 288

Relaks z Uranią

48, 96, 144, 192, 240, 288

W kolorze

Aktywność magnetyczna Słońca (2)w.II, IV
Astronomia teraelektronowoltowych fotonów gamma... (5)o.II
Czarna dziura w Piecu (1)w.II-III
Galeria Uranii (1)w.IV, o.III; (2)o.III; (3)o.III; (4)o.III, IV; (5)o.III, IV, w.I, IV; (6)o.III, w. IV
Gwiazdy biegunowe (1)o.II
Kwartet Roberta (1)w.I
Make love not war (6)o.IV

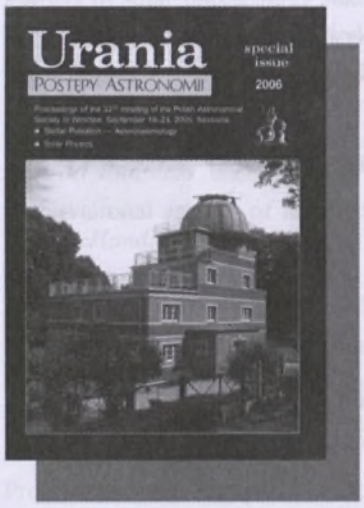
Mgławica Tarantula (3)w.II-III
Milion kawałków komety (4)o. II
Młode gwiazdy w NGC 346 (1)o.II
Nowy podział Układu Słonecznego (6)w.II–III
Obserwatorium astronomiczne w Piwnicach pod Toruniem (2)o.II, IV
Podczerwony obraz M42 (5)o.IV
Pozostałości po supernowej w SMC (6)w.I
Przegląd pobliskich czarnych dziur (6)o.II
Superbańka N44 (2)w.II-III
Supermasywna czarna dziura w centrum naszej Drogi Mlecznej (6)o.II
Wielki Obłok Magellana widziany przez teleskop kosmiczny Spitzera (6)w.I
Wieża Braniborska (3)o.IV
Woda na Enceladusie? (3)w.IV
Woda we Wszechświecie (3)o.II
Wzgórza kreacji (1)o.IV
XXII OMSA (3)w.I
Zaćmienie w Turcji (4)w.I–IV

Inne

42. Międzynarodowy Obóz Astronomiczny — IAYC 2006 138
Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA OSOP 2006 27, 87, 133
PKiM zaprasza do Ostrowika 123
Powrót króla 76
VIII Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA 146, 237
X Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii — Niedźwiady 2006 146

Na okładce

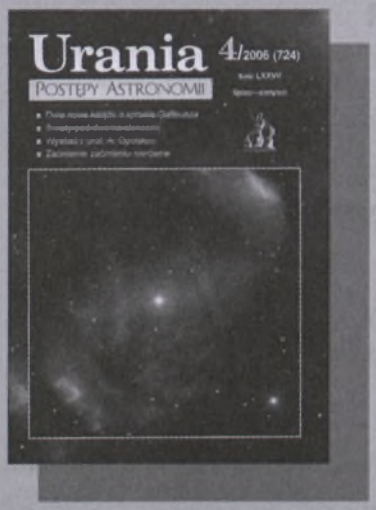
Bipolarna mgławica emisyjna NGC 6164 (4)
Budynek 11-m teleskopu SALT nocą (1)
Budynek Instytutu Astronomii UWr (si)
Galaktyka M64 (6)
Korona słoneczna (3)
Neptun widziany z Voyagera 2 (5)
Obserwatorium astronomiczne w Piwnicach (2)

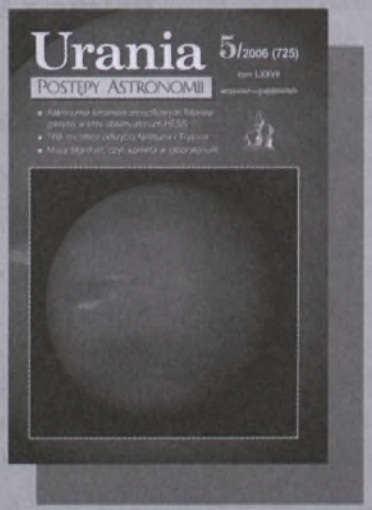


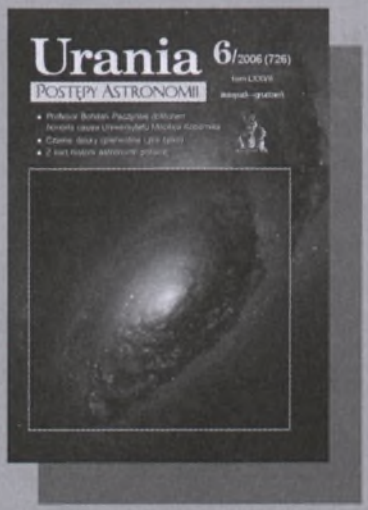
Układ stron w tomie LXXVII „Uranii-PA":

zeszyt nr 1 (721)	*1 — 48*
zeszyt nr 2 (722)	*49 — 96*
zeszyt nr 3 (723)	*97 — 144*
zeszyt nr 4 (724)	*145 — 196*
zeszyt nr 5 (725)	*197 — 240*
zeszyt nr 6 (726)	*241 — 288*
special issue	*si1 — si56*

W przypadku materiałów umieszczonych na stronach kolorowych zastosowano oznaczenia: liczba w nawiasie — numer zeszytu, o — okładka, w — wkładka, cyfra rzymska — numer strony.







08483/2006

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

fot. A. Deutsch-Wiśniewska

W pierwszym numerze Nowego 2006 Roku pragnę najpierw złożyć Państwu najlepsze życzenia zdrowia i wszelkiej pomyślności. Będzie to rok dość bogaty w ciekawe zjawiska na niebie, życzę więc wszystkim miłośnikom gwiezdnego nieba wyśmienitej pogody i owocnych nocnych łowów.

W listopadzie ub. roku oficjalnie zainaugurowano w Południowej Afryce największy teleskop świata, SALT, który jest współwłasnością polskich astronomów z Centrum Astronomicznego PAN i uniwersytetów w Krakowie, Poznaniu i Toruniu. Prezentowaliśmy w poprzednim zeszycie kilka obrazów obiektów kosmicznych uzyskanych tym teleskopem, a obecnie dajemy krótką relację z inauguracji, opublikowaną również na stronach internetowych CAMK-u. Planowaliśmy obszerniejszą relację, ale Autor, oficjalny reprezentant Polski w Konsorcjum kierującym budową i eksploatacją tego teleskopu, w nawale obowiązków nie zdołał wywiązać się na czas ze swojej obietnicy.

W dniu święta narodowego Stanów Zjednoczonych, 4 lipca 2005 r., pocisk wystrzelony z pojazdu kosmicznego Deep Space trafił w jądro komety Tempel 1. Wybił w niej krater znacznych rozmiarów i wyzwolił chmurę materii kometarnej, która była widoczna z Ziemi jako rozbłysk blasku komety. Przez szereg miesięcy uczeni analizowali skutki sprowokowanego wybuchu i dopiero teraz możemy mieć jaśniejszy pogląd na rezultaty tego eksperymentu kosmicznego. Pisze o tym na stronach tego zeszytu pan dr Krzysztof Ziołkowski z Warszawy.

Mamy też dość precyzyjny obraz dość osobliwego układu satelitów i pierścieni Urana. Prezentuje go prof. T. Zbigniew Dworak z Krakowa. W styczniu 2006 r. przypada 20 rocznica przelotu w sąsiedztwie Urana sondy kosmicznej Voyager 2, *a 2 miesiące później będziemy mogli świętować 225 rocznicę odkrycia tej planety.*

Ostatnio w Polsce trwała dyskusja na temat modelu kształcenia młodzieży i zawartości egzaminu maturalnego. Przedstawiciele nauk matematyczno-przyrodniczych od dawna narzekają na systematyczne ograniczanie nauczania tych dyscyplin, a w szczególności fizycy (i astronomowie) wprost załamują ręce nad stanem wiedzy fizycznej i matematycznej u współczesnych maturzystów i studentów pierwszych lat studiów tych kierunków. O tym, jaki jest stan zatwierdzonych przez Ministerstwo Edukacji Narodowej podręczników do nauczania fizyki i astronomii, pisze pan dr Jerzy Kuczyński w artykule O podręcznikach i nauczaniu. *Trudno się dziwić, że uczniowie nie rozumieją zjawisk i nie znają pojęć, skoro autorzy podręczników wykazują się karygodną niekompetencją i nieznajomością przedmiotów, do których piszą podręczniki.*

Ostatnio dokonano wielu odkryć astrofizycznych i zjawisk dziejących się w Kosmosie. W Rozmaitościach *piszemy m.in. o planecie wokół czerwonego karła, o galaktycznym Kwartecie Roberta, o czarnej dziurze w NGC 1097 i innych odkryciach. Oczywiście nie zabrakło przeglądu galaktyk w naszej* Galerii galaktyk NGC, *wskazań ciekawych obiektów w górujących gwiazdozbiorach i* kalendarzyka astronomicznego *na miesiące przełomu zimy i wiosny. Wypowiadamy się w sprawie odkrycia (?) grobu Kopernika. Pamiętaliśmy o recenzji ciekawej książki, o felietonie muzycznym, o krzyżówce i o ciekawych stronach internetowych.*

Niestety przyszło nam wspominać naszych Kolegów, którzy odeszli; oboje to astronomowie z Wrocławia: dr Jana Paciorek, heliofizyk, i prof. Tadeusz Jarzębowski, astrofizyk, skrupulatny Autor wielu artykułów w „Uranii" i „Uranii-Postępach Astronomii". Żegnaliśmy ich w dniach pogrzebu. Tu piszą o Nich ich najbliżsi przyjaciele i współpracownicy.

Życzę Państwu przyjemnej lektury

11 grudnia 2005 r.

BIBLIOTEKA Uniwersytecka w TORUNIU

Profesor Zonn nie był masonem!

Szanowny Panie Profesorze,

ze wzruszeniem przeczytałam w „Uranii-Postępach Astronomii" nr 6/05 wspomnienie (artykuł, jak sam go nazywa) prof. Konrada Rudnickiego o moim Ojcu. Pana Konrada pamiętam z czasów, kiedy był studentem, Zakład Astronomii mieścił się wtedy w niewielkim pokoju, który mu udostępnił Instytut Fizyki przy ul. Hożej.

Jednak niektóre fakty z życia Ojca, o których pisze Profesor, wzbudzają moje daleko idące wątpliwości. Chodzi o przynależność do ruchu masońskiego. Nie mogę z całą odpowiedzialnością zaprzeczyć, że w 1932 r., w Wilnie mógł mieć kontakt z jakąś lożą. Nie było mnie jeszcze wtedy na świecie. Chociaż i ta sytuacja wydaje mi się mało prawdopodobna, ponieważ moja Matka roztaczała nad pracą naukową Ojca szczelny parasol, aby nic jej nie zakłócało. Permanentny stan tajności i konspiracji, przy Jego otwartej, szczerej naturze, musiałby Go wpędzać w nieustający stres. Natomiast muszę kategorycznie zaprzeczyć informacji, że Ojciec należał do jakiejś loży po wojnie. Moje kontakty z Ojcem były na tyle bliskie, również w czasie Jego ostatniej choroby, że z całą pewnością podzieliłby się ze mną tak ważnym faktem ze swego życia. Mógł być, oczywiście, w kontakcie z niektórymi członkami „Loży Kopernik", o której pisze prof. Rudnicki. Ojciec był człowiekiem otwartym na poglądy innych, lubił i cenił osoby o zapatrywaniach czasem odległych od własnych. Natomiast cechy Ojca, które prof. Rudnicki przypisuje przynależności do masonerii, że „...przy kontaktach z ludźmi nie miały dla niego znaczenia ani przynależność partyjna, ani wyznanie religijne, ani żadne inne formalne związki międzyludzkie, ale wewnętrzna wartość człowieka i realne powiązania wynikające z istoty rzeczy", dotyczą każdego przyzwoitego człowieka, niezależnie od jego światopoglądu. Również pewna życiowa strategia, o jakiej pisze prof. Rudnicki: „nie uginał się przed panującymi ideologiami, ale ryzyko przeciwstawienia się im podejmował tylko wtedy, gdy mogło się opłacić, gdy ryzykowna postawa mogła dać skutek" dotyczyła większości z nas, dla których własna praca wydawała się ważniejsza i osobiście, i społecznie, niż działalność polityczna.

Powyższe zastrzeżenia nie zmieniają mego ciepłego stosunku do całości artykułu. Serdeczność dla Ojca emanuje zarówno ze staranności zebranych faktów, jak i tonacji, jaką Profesor im nadał. Jednak przypuszczenie, że Ojciec należał do ruchu masońskiego na tyle zmienia Jego biografię, wpływa na ocenę i charakter Jego osoby, że wymaga sprostowania.

Łączę wyrazy szacunku

Lidia Zonn

Tu może być reklama Twojej Firmy!

Nasz cennik jest następujący:

cała strona kolorowa: 1000,00 zł
cała strona czarno-biała: 400,00 zł

Przy mniejszych formatach dla stron czarno-białych:

1/2 s.: 300,00 zł
1/4 s.: 200,00 zł
1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł".

Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

Szanowna Redakcjo!

Z radością informujemy, że 15 sierpnia 2005 r. wzięliśmy ślub w kościele św. Marcina w Wodzisławiu (woj. świętokrzyskie). Obydwoje od dzieciństwa interesujemy się miłośniczo astronomią. Poznaliśmy się 17 listopada 1997 r. na Zebraniu PTMA w Krakowie. Kilka miesięcy później staliśmy się parą. Obecnie jesteśmy już małżeństwem, bo połączyła nas astronomia!

Pozdrawiamy bardzo serdecznie Redakcję „Uranii–PA" i innych miłośników astronomii.

08483 *Renata i Andrzej Karoniowie*

(Na przesłanej fotografii pozują na tle zegara słonecznego znajdującego się na ścianie kościoła pw. św. Marcina w Wodzisławiu)

***Red.**: Cieszymy się Waszym związkiem! Młodej parze życzymy dużo zdrowia i szczęścia na nowej Drodze Życia oraz wielu wspaniałych wspólnych chwil nie tylko z astronomią związanych.*

Szanowna Redakcjo,

Od niespełna roku jestem czytelnikiem „Uranii-Postępów Astronomii" i jestem zauroczony tym pismem. Jest ciekawe, a przede wszystkim piękne. Pozwala odkrywać nieznane mi dotychczas tajemnice gwiazd i innych ciał niebieskich i choć trochę rozumieć to, co dzieje się w Kosmosie. Gratuluję Redakcji tak wspaniałego pisma i z wielką ciekawością oczekuję na następne numery.

Rafał Walentynowicz
Warszawa

***Red.**: Dziękujemy za miłe słowa*

Sprostowanie:

Jerzy Puszcz — autor zdjęcia „Ostatni dzień lata", zamieszczonego w poprzednim zeszycie „Uranii–PA", prosi o sprostowanie. Mianowicie omyłkowo podał godzinę wykonania innego, podobnego zdjęcia, przez co można było odnieść wrażenie, że kamienny krąg źle spisuje się w roli zegara słonecznego. Poprawna godzina to 15:45, co też sugeruje cień gnomonu.

E. 60/05

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się „**Uranii**" — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „**Postępów Astronomii**" — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CBK PAN

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomii
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81
Poczta elektroniczna (E-mail address):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.pta.edu.pl
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Karolina Wojtkowska, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2006 kosztuje 54 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 zł.

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Zarząd Główny – Sekretariat
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146
E-mail: hania@camk.edu.pl
WWW: www.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w grudniu roku 2005

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

W NUMERZE

4 ***Inauguracja teleskopu SALT***

W oczekiwaniu na pełniejszą i bardziej pogłębioną relację z oficjalnego oddania do użytku największego na świecie teleskopu SALT w Południowej Afryce, którego Polska jest współwłaścicielem, przedstawiamy relację z uroczystej inauguracji zawartą na polskich stronach internetowych SALT-a w witrynie CAMK-u. Tam też można znaleźć więcej informacji o teleskopie

6 ***Strzał w kometę***

Krzysztof Ziołkowski

W dniu święta narodowego Stanów Zjednoczonych 2005 r., we wczesnych godzinach rannych, pocisk wystrzelony ze stacji kosmicznej Deep Impact trafił w jądro komety 9P/Tempel 1. Wybił z komety wielką chmurę pyłu i gazu i utworzył na niej krater o głębokości sięgającej 30 m i posiadający średnicę ok. 100 m

10 ***Osobliwy Układ Urana***

T. Zbigniew Dworak

Zbliża się 225 rocznica odkrycia Urana i 20 rocznica przelotu w jego pobliżu sondy międzyplanetarnej Voyager 2. Obserwacje dokonane przy pomocy sondy Voyager 2 gruntownie zmieniły naszą wiedzę o całym układzie ciał związanych z tą planetą. Dziś ta wiedza jest już dość ugruntowana i Autor przedstawia ją nam w syntetycznym skrócie

16 ***O podręcznikach i nauczaniu***

Jerzy Kuczyński

Autor dzieli się swymi spostrzeżeniami i uwagami na temat nauczania przedmiotów matematyczno-przyrodniczych, a szczególnie matematyczno-fizycznych w polskiej oświacie. Przeanalizował wiele zatwierdzonych przez Ministerstwo Edukacji Narodowej podręczników i doszedł do wniosku, że trudno się dziwić, iż uczniowie nie rozumieją zjawisk i nie znają pojęć, skoro autorzy podręczników wykazują się karygodną niekompetencją i nieznajomością przedmiotów, do których piszą podręczniki

w kolorze: Młode gwiazdy w NGC 346 (okł. II); Gwiazdy biegunowe (okł. II); Kwartet Roberta (wkł. I); Czarna dziura w Piecu (wkł. II-III); Galeria Uranii (wkł. IV, okł. III); Wzgórza Kreacji (okł. IV)

w kraju: *Kopernik odnaleziony?* (*22*); *VII Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA* (*26*); *Piąty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA* (*28*); *Wrocławskie refleksje* (*33*)

rozmaitości: *Rhea pełna kraterów* (*7*); *SOHO ma już10 lat!* (*23*); *Kwartet Roberta* (*24*); *Błyski gamma na cenzurowanym* (*25*); *Karły też mają swoje planety* (*29*); *Z próbkami czy bez?* (*29*)

30 ***In Memoriam:*** *Tadeusz Jarzębowski — astronom* (*1927—2005*)
Jana Paciorek (*1926—2005*)

34 ***galeria obiektów NGC:*** *NGC 2683, NGC 3115 i NGC 3184*

38 ***astronomia w szkole:*** *Proste doświadczenia z fizyki*

40 ***kalendarz astronomiczny 2006:*** *Marzec — kwiecień*

45 ***recenzje:*** *Wykorzystanie małych teleskopów*

46 ***poradnik obserwatora:*** *Interesujące obiekty: Orzeł, Panna*

47 ***astronomia i muzyka:*** *Przedświąteczny felieton porządkowy*

48 ***relaks z Uranią:*** *Krzyżówka*

48 ***ciekawe strony internetowe***

NA OKŁADCE

Budynek 11-m teleskopu SALT nocą na tle gwiazd wokół południowego bieguna nieba.

Średnica kopuły i budynku wynosi 25 m, a jego wysokość ok. 30 m. Obok głównego budynku stoi 34-m wieża, której celem jest prawidłowe ustawienie i justowanie wszystkich 91 luster heksagonalnych tak, aby razem stanowiły jedno idealne 11-m lustro teleskopu. Na szczycie tej wieży znajduje się środek krzywizny lustra głównego.

Masa rotującej kopuły jest 30 t, a rozmiary szczeliny wynoszą przeszło 11 m.

Zdjęcie pochodzi z witryny internetowej http://salt.camk.edu.pl/firstlight

Inauguracja teleskopu SALT

W oczekiwaniu na głębszą refleksję o roli i znaczeniu świeżo uruchomionego teleskopu SALT, której Autor, obarczony wieloma ważnymi obowiązkami, nie zdążył przygotować do niniejszego zeszytu, przytaczamy tu tekst z polskich stron internetowych tego teleskopu. Oficjalnym koordynatorem budowy i wykorzystania teleskopu ze strony polskiej jest Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika w Warszawie i to właśnie w witrynie CAMK-u znajdują się przytaczane tu informacje i inne ważne dane o budowie, aktualnym stanie, procedurach uzyskiwania czasu obserwacji i planach badawczych, które będą prowadzone przy pomocy tego teleskopu. Jej adres: http://salt.camk.edu.pl. A macierzyste strony internetowe SALT-a w Afryce znajdują się pod adresem: http://www.salt.ac.za

Po pięciu latach od rozpoczęcia budowy (wmurowanie kamienia węgielnego nastąpiło 1 września 2000 r.) w dniu 11 listopada 2005 r. Southern African Large Telescope (Wielki Południowoafrykański Teleskop — SALT) został oddany do eksploatacji.

Uroczystość w Sutherland zgromadziła 700-osobowe grono zaproszonych gości oraz astronomów. Otwarcia teleskopu dokonał Prezydent Republiki Południowej Afryki Thabo Mbeki oraz Minister Nauki i Techniki Mosibudi Mangena. Rzeczpospolitą Polską reprezentował Ambasador RP w RPA Romuald Szuniewicz, Prezes Polskiej Akademii Nauk prof. Andrzej B. Legocki oraz koordynator z ramienia Ministerstwa Nauki i Informatyzacji polskiego udziału w projekcie SALT prof. Marek J. Sarna. Obecni byli również astronomowie z większości znaczących polskich ośrodków uniwersyteckich.

Teleskop został zbudowany przez konsorcjum 11 instytucji naukowych z Południowej Afryki, Niemiec, Nowej Zelandii, Polski, Stanów Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii. Ze strony polskiej wkład finansowy w budowę teleskopu, obok Ministerstwa Nauki i Informatyzacji (MNiI), wniosły: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Mikołaja Kopernika oraz Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika Polskiej Akademii Nauk. Oficjalnym koordynatorem z ramienia MNiI (ze strony polskiej) jest Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN.

Polska poniosła prawie 11% (niecałe 3 mln USD) kosztów realizacji projektu, które wyniosły 28 mln dolarów (22 mln teleskop i 6 mln instrumenty). W zamian, polscy astronomowie będą wykorzystywać 11% czasu pracy tego urządzenia.

Ten największy na świecie teleskop został zbudowany na płaskowyżu Karoo (obszar półpustynny), 370 km na północ od Kapsztadu, na wysokości 1759 m n.p.m. Konstrukcja teleskopu jest nowatorska. Zwierciadło stanowi mozaika 91 sześciokątnych płyt szklanych z napyloną substancją w idealny sposób odbijającą docierające światło. Całkowita jego powierzchnia odpowiada monolitycznemu (jednolitemu) zwierciadłu o średnicy 10,5 m. Rucho-

Źródło: http://salt.camk.edu.pl/firstlight

me części teleskopu ważą 82 t, a przykrywająca go kopuła ma 30 m wysokości. (Dodatkowe informacje można znaleźć w notatce o pierwszym świetle teleskopu SALT na stronie: http://salt.camk.edu.pl/firstlight).

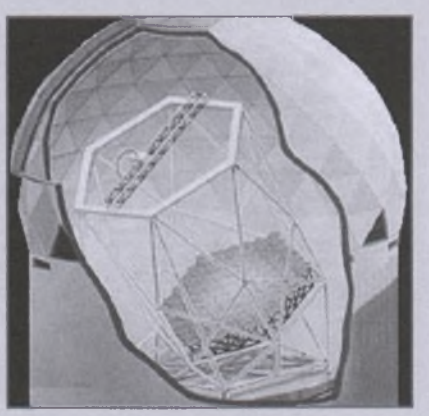
Prawidłowo działają dwa pierwsze instrumenty zaplanowane dla tego teleskopu: kamera monitorująca (SALTICAM) i spektrograf średniej rozdzielczości (Spektrograf im. Roberta Stobie). W budowie jest następny instrument, spektrograf dużej rozdzielczości, który zostanie zainstalowany na teleskopie do końca 2007 r.

Są już pierwsze naukowe rezultaty. Za pomocą kamery SALICAM przez kilka wrześniowych i październikowych nocy obserwowano zmiany jasności niezwykłego obiektu gwiazdowego. Jest to para gwiazd związanych ze sobą siłami grawitacji tworzących tzw. układ podwójny gwiazd. Układ jest tak ciasny, że mieści się wewnątrz sfery o promieniu Słońca. Składa się z białego karła i chłodnej czerwonej gwiazdy trzykrotnie mniejszej niż Słońce. Dodatkowo, biały karzeł posiada supersilne pole magnetyczne (30 mln razy silniejsze niż ziemskie). Czerwona gwiazda traci materię, która opadając na białego karła, tworzy dwie gorące plamy w okolicach biegunów magnetycznych.

Obserwacje przeprowadzone za pomocą teleskopu SALT pozwolą po raz pierwszy obserwacyjnie udowodnić istnienie takich plam na powierzchni białego karła.

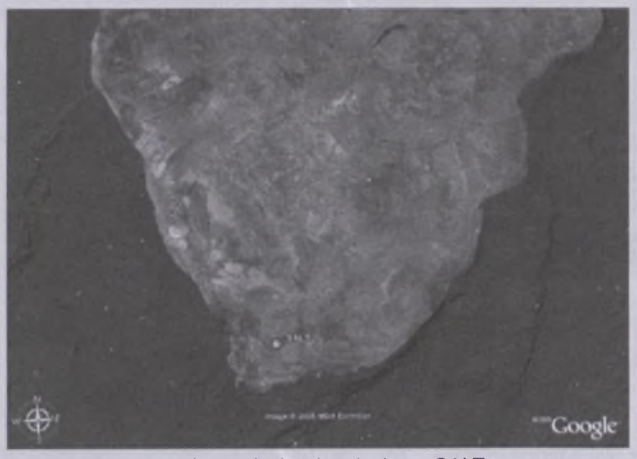
Polscy astronomowie planują wykorzystać SALT przede wszystkim do wyznaczania składu chemicznego i badania ewolucji bardzo odległych i słabo świecących gwiazd, galaktyk, planetoid, obiektów na peryferiach Układu Słonecznego, poszukiwania pozasłonecznych planet i innych.

Złożono pierwsze wnioski o przyznanie czasu obserwacyjnego na SALT. Dotyczą one obserwacji ciasnych układów gwiazd w gromadach kulistych w celu wyznaczenia odległości, małomasywnych układów rentgenowskich, w których jednym ze składników jest gwiazda neutronowa lub czarna dziura, układów gwiazd o bardzo krótkich okresach orbitalnych (poniżej 30 min). Zaproponowano obserwowanie szybko rotujących asteroidów w najbliższym otoczeniu Ziemi, jak i bardziej odległych ciał Układu Słonecznego położonych za orbitą Neptuna (tzw. transneptunowych obiektów). Planowane są obserwacje źródeł promieniowania rentgenowskiego, nowo wykrytych przez satelitę INTEGRAL (Polska od kilku lat uczestniczy w tej misji), w celu identyfikacji ich odpowiedników optycznych, jak również tzw. galaktyk karłowatych znajdujących się w Lokalnej Grupie Galaktyk (w jej skład wchodzi m.in. nasza Galaktyka i galaktyka w Andromedzie). Wnioski obserwacyjne zostały złożone przez astronomów z większości ośrodków astronomicznych w Polsce (m.in. z Krakowa, Poznania, Torunia, Warszawy).

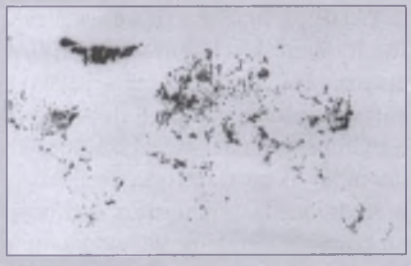


SALT — Wielkie oko Afryki

Uroczyste rozpoczęcie budowy obserwatorium teleskopu SALT przez oficjalnych członków jego Konsorcjum w dniu 1 września 2000 r.

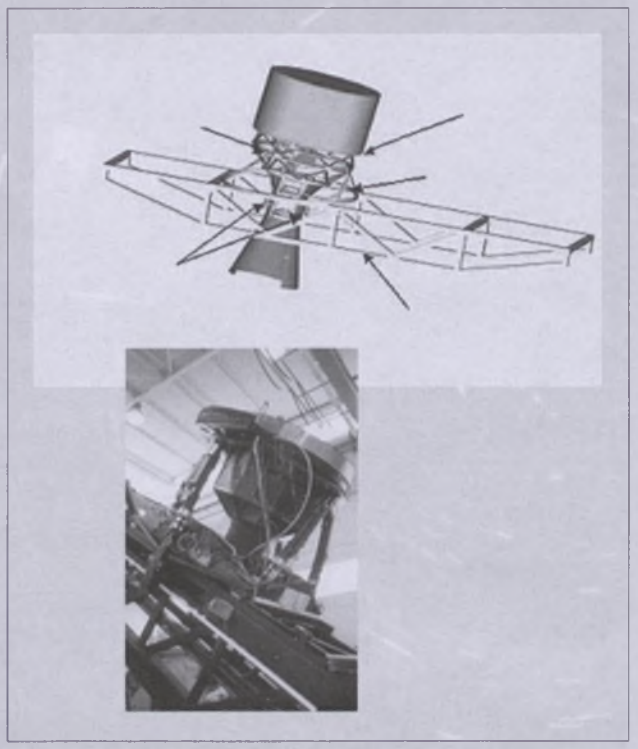


Mapka z lokalizacją teleskopu SALT

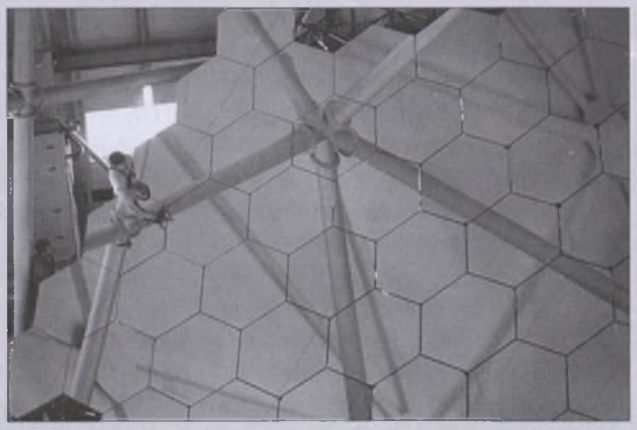


Ilustracja obok pokazuje zagęszczenie źródeł światła na powierzchni Ziemi (wielka plama po lewej u góry to zorza polarna!). Widać, że południe Afryki to bardzo dobre miejsce na ulokowanie teleskopu optycznego

Załoga Obserwatorium Astronomicznego Południowoafrykańskiego Wielkiego Teleskopu, która odpowiedzialna była za budowę SALT-a. (2005 r.)



W ognisku teleskopu za ruchem gwiazd śledzi, z dokładnością liniową 5 mikrometrów i kątową 1 sekundy łuku, urządzenie (z angielskiego „tracker") mające 6 stopni swobody i zawierające korektor aberracji sferycznej lustra głównego (które ma kształt sferyczny, a nie paraboloidalny, jak w klasycznych reflektorach)



Fragment zwierciadła teleskopu

Prezydent RPA Thabo Mbeki odsłania tablicę pamiątkową na znak oddania do użytku astronomów teleskopu SALT

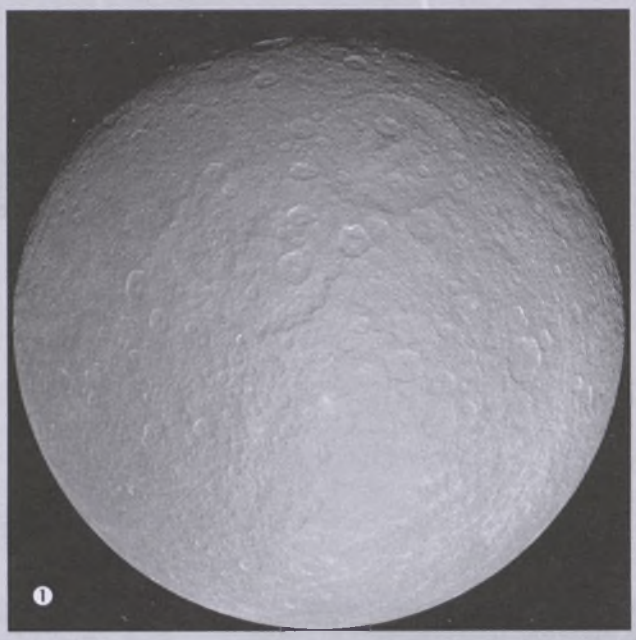
Rhea pełna kraterów

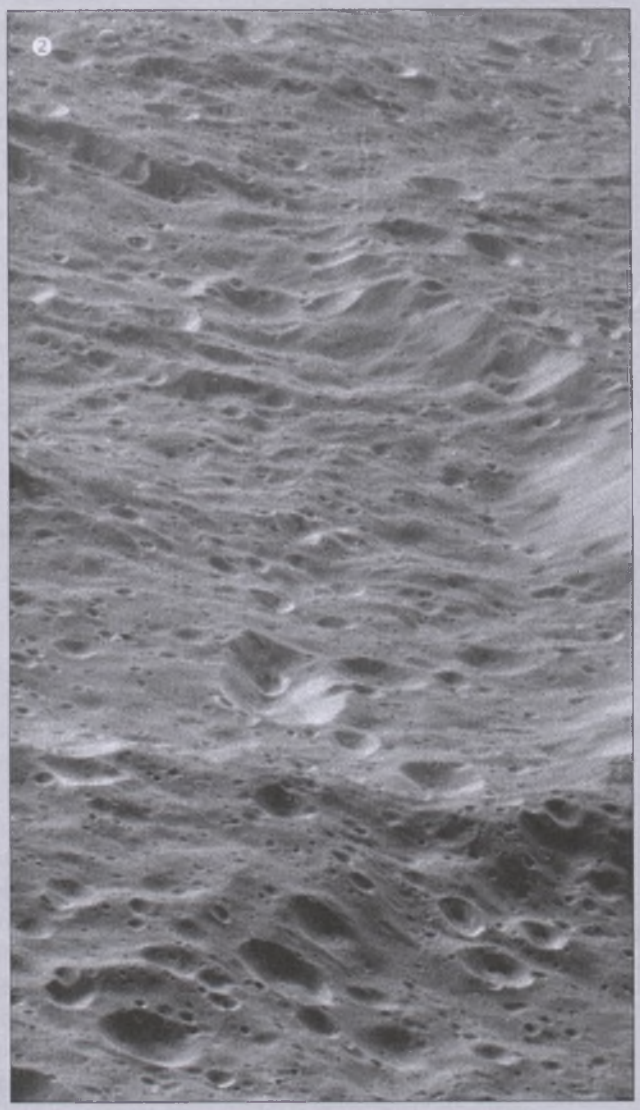
Opisując świat księżyców Saturna w „Uranii-PA" nr 2/05, zwróciliśmy uwagę na to, że Rhea — drugi pod względem rozmiarów satelita planety z pierścieniami — jest całkowicie pokryta licznymi kraterami, nie tylko zachodzącymi na siebie, lecz również znajdującymi się jeden wewnątrz drugiego. Najnowsze zdjęcia z sondy Cassini w pełni potwierdzają tę opinię.

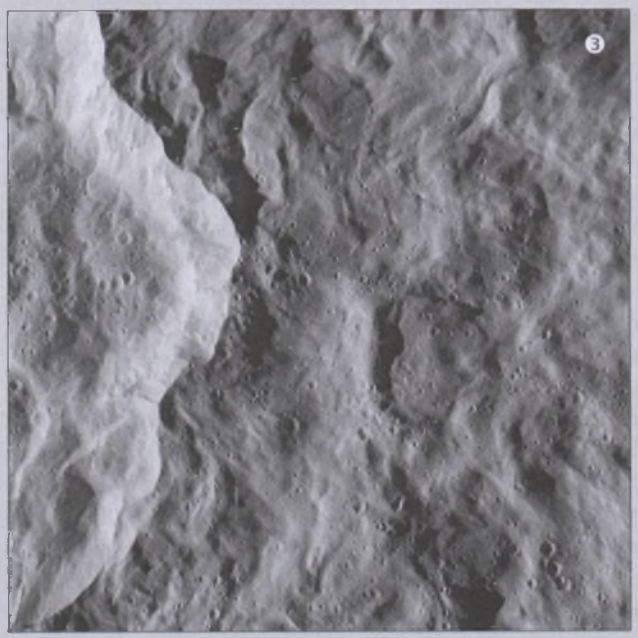
Na fot. 1 księżyc ukazuje się w całej okazałości. Na prawo, w górnej części zdjęcia jest widoczny wielki basen uderzeniowy Tirawa, zaś na płd.-zach. od niego nie ustępujący mu rozmiarami inny przykład tego typu formacji. Oba gęsto usiane kraterami, co świadczy o ich zaawansowanym wieku. Mozaikę sporządzono na podstawie 21 zdjęć uzyskanych 26 listopada ub. roku w czasie, gdy sonda znajdowała się w odległości niespełna 60 tys. km. Jeden piksel odpowiada dystansowi 354 m na powierzchni globu.

Fot. 2 przedstawia fragment krateru o średnicy 90 km, położonego na 8,5° szerokości południowej i 155° długości zachodniej. W prawej części zdjęcia jest widoczne wyraźne zapadlisko, prawdopodobnie o pochodzeniu tektonicznym. Powierzchnia lodolądu została całkowicie przysypana miałką materią meteorytową na przestrzeni wieków. Zdjęcie wykonano kamerą szerokokątną z wysokości 620 km, rozdzielczość wynosi 85 m.

Na fot. 3 możemy podziwiać w plastycznym, bocznym oświetleniu linię brzegową 50-km krateru. Jego wnętrze znajduje się na lewo od wyraźnie zaznaczonej krawędzi, po prawej możemy prześledzić ślady przemieszczenia skorupy — świadectwo uderzenia, w wyniku którego powstała ta struktura. Obserwując bacznie niewielkie kratery na tym obszarze, można dostrzec nierównomierne ich rozmieszczenie, w szczególności wyraźny ich brak w górnej części zdjęcia. To najprawdopodobniej pozostałości — w formie śladów wtórnych uderzeń — innej kolizji, która nastąpiła w późniejszej epoce gdzieś w okolicy prezentowanego na zdjęciu obszaru. Zdjęcie pochodzi z 26 listopada ub. roku, z maksymalnego zbliżenia sondy Cassini do powierzchni Rhei (na wysokość 511 km), rozdzielczość wynosi 34 m. Fot. NASA/JPL/Space Science Institute. (*kr*)



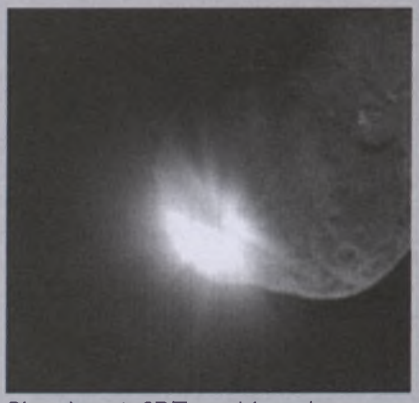




Krzysztof Ziołkowski

Strzał w kometę

Obraz jądra komety 9P/Tempel 1 uzyskany przez urządzenie celujące pocisku wystrzelonego przez sondę Deep Impact w dniu 4 lipca 2005 r. 6 min przed zderzeniem z kometą. Widoczny tu, trochę powyżej środka obrazu, krater zderzeniowy jest pierwszą taką strukturą widoczną w jądrach kometarnych.
Fot. NASA/JPL



Obraz komety 9P/Tempel 1 uzyskany przez kamery pojazdu macierzystego sondy Deep Impact 13 s po zderzeniu pocisku z kometą. Widać rozbłysk spowodowany erupcją materii jądra kometarnego wybitej przez pocisk. Fot. NASA/JPL

Emocje towarzyszące uderzeniu w kometę wystrzelonego z Ziemi obiektu, w ramach przeprowadzonego 4 lipca 2005 r. eksperymentu kosmicznego Deep Impact, ożywiły wspomnienia. Prawie 40 lat temu, jako młody astronom poznający tajniki ruchów komet, niemal z wypiekami na twarzy śledziłem w literaturze naukowej doniesienia o poszukiwaniu zagubionej od prawie 80 lat komety Tempel 1 i o jej odnalezieniu drogą rachunkową w 1967 r. Sukces ten odczytywałem jako pouczający przykład ogromnych szans, jakie badaniom kometarnym stwarzały nowe techniki obliczeniowe oraz rodząca się właśnie informatyka.

Kometę 9P/Tempel 1, będącą celem misji Deep Impact, odkrył 3 kwietnia 1867 r. niemiecki astronom Ernst W.L. Tempel w Marsylii. Udało się ją dostrzec dlatego, że okrążając Słońce po eliptycznej orbicie przelatywała w tym czasie stosunkowo blisko Ziemi: w minimalnej odległości 0,57 AU znalazła się 15 maja 1867 r. Wprawdzie nie dało się jej zobaczyć gołym okiem, ale przez lunety obserwowano ją prawie do końca sierpnia. Prześledzenie jej ruchu po niebie pozwoliło na obliczenie toru jej rzeczywistego ruchu wokół Słońca, które okrążała wtedy co 5,6 roku. Znajomość orbity komety pozwoliła przewidzieć, kiedy i gdzie będzie można ją znowu zobaczyć na niebie. Dzięki temu udało się ją zaobserwować podczas kolejnych powrotów w pobliże Słońca w latach 1873 (od 4 kwietnia do 1 lipca) i 1879 (od 25 kwietnia do 8 lipca). Ale w 1881 r. zbliżyła się do Jowisza na stosunkowo niewielką odległość 0,55 AU, co — wskutek silnego oddziaływania grawitacyjnego masywnej planety — doprowadziło do wydłużenia okresu jej obiegu wokół Słońca do 6,5 roku i zwiększenia minimalnej odległości od Słońca, czyli tzw. odległości peryhelium, z 1,8 AU do 2,1 AU. Tak duża zmiana orbity spowodowała, że próby jej odnalezienia w następnych pojawieniach nie powiodły się i kometę Templa musiano uznać za zagubioną. Podejrzewano nawet, że mogła w ogóle przestać już istnieć w rezultacie np. rozpadu na mniejsze fragmenty, podobnie jak rozpadła się obserwowana wcześniej znana kometa Bieli.

Na początku lat 60. ubiegłego wieku, dzięki wykorzystaniu do badań astronomicznych coraz szybciej rozwijających się nowych technik obliczeniowych, znany amerykański badacz ruchów komet Brian G. Marsden policzył, że kometa Tempel 1 zbliżyła się do Jowisza także w latach 1941 (na odległość 0,41 AU) i 1953 (na odległość 0,76 AU). Uwzględniając w rachunkach dokładnie wszystkie zakłócenia, jakie w jej ruchu powodowały te bliskie przeloty koło Jowisza, a także oddziaływania grawitacyjne pozo-

stałych planet, podał, kiedy i gdzie w najbliższej przyszłości powinna być na niebie widoczna zagubiona kometa. W 1967 r. wybitna amerykańska obserwatorka komet Elizabeth Roemer zrobiła zdjęcie sugerowanego przez Marsdena fragmentu nieba, na którym powinna bardzo słabym blaskiem świecić poszukiwana kometa, ale nie licząc zbytnio na jej odnalezienie, zajęła się opracowaniem fotografii dopiero po roku. Jakież było zdziwienie i radość obu astronomów, gdy bardzo blisko przewidywanej rachunkowo pozycji dostrzeżono na kliszy mgiełkę, która okazała się być obrazem komety Templa. Jedna obserwacja nie pozwalała jednak na wiarygodne ulepszenie przewidywań czasu i miejsca kolejnego pojawienia się komety. Dotychczasowe obliczenia Marsdena umożliwiły jednak Roemer ponowne jej zaobserwowanie 11 stycznia 1972 r., czyli podczas kolejnego powrotu w pobliże Słońca. Jej ruch po niebie śledzono tym razem już przez pół roku, a zebrany w ten sposób bogaty materiał obserwacyjny posłużył do jeszcze lepszego obliczenia elementów orbity. Odnalezienie tak długo nie widzianej komety było doniosłym osiągnięciem i odbiło się szerokim echem w kręgach badaczy komet. Od tej pory kometa Templa jest już obserwowana podczas każdego przejścia przez peryhelium, które obecnie zachodzi co 5,5 roku. W połowie 2005 r. znowu przeszła przez najbliższy Słońca punkt swej orbity (odległość peryhelium wyniosła 1,51 AU w dniu 5 lipca 2005 r.) i wtedy właśnie dosięgnął ją wystrzelony z Ziemi pocisk.

Warto zauważyć, że 4 lipca 2005 r. prędkość komety Tempel 1 w jej ruchu wokół Słońca była większa o 10,2 km/s od prędkości poruszającego się także po heliocentrycznej orbicie pocisku odłączonego od sondy Deep Impact. W rzeczywistości więc to nie pocisk uderzył w kometę, ale kometa dogoniła pocisk i staranowała go jako przeszkodę na swej drodze. Nie miało to praktycznie żadnego wpływu na tor komety, po którym porusza się ona wokół Słońca. Oszacowano, że prędkość komety zmniejszyła się o 0,0001 mm/s, co spowodowało skrócenie minimalnej odległości od Słońca o 10 m i okresu obiegu wokół niego o mniej niż 1 s. Wyraźna zmiana orbity komety nastąpi dopiero po jej kolejnym przelocie

Ewolucja komety 9P/Tempel 1 w okresie przed, w czasie i kilka dni po zderzeniu z pociskiem widziana instrumentem FORS 2 i teleskopem 8 m. (Antu) Obserwatorium ESO na Mt Paranal. Astronomowie uważają, że kometa szybko powróciła do stanu sprzed zderzenia

koło Jowisza w dniu 26 maja 2024 r. w odległości 0,55 AU. Odległość peryhelium wzrośnie wtedy do 1,77 AU, a okres obiegu wokół Słońca wydłuży się do 6,0 lat. Następne zbliżenie do Jowisza 7 kwietnia 2034 r. na 0,91 AU zwiększy jej minimalną odległość od Słońca do 1,93 AU i okres do 6,3 roku. Przewiduje się, że w jeszcze dalszej przyszłości kometa nadal będzie się powoli odsuwała od Słońca, ale w ciągu najbliższych 300 tys. lat jej orbita nie oddali się od niego bardziej niż na 10 AU.

Podobnie jak 40 lat temu komputery zrewolucjonizowały badania ruchów komet, tak 20 lat temu techniki kosmiczne otworzyły zupełnie nowe możliwości fizycznych badań tych obiektów. Sięgając pamięcią do połowy lat 80., trudno nie zauważyć, że nie byłoby dziś spektakularnego strzału w kometę Templa, gdyby nie obfitujące w sukcesy badania komety Halleya w 1986 r. Przypomnijmy, że koło jądra tej najsłynniejszej z komet przeleciało wtedy kilka sond kosmicznych (na pokładzie radzieckich obiektów WEGA 1 i 2 znajdowała się również i polska aparatura pomiarowa). To bezprecedensowe sondowanie komety Halleya, wzbogacone licznymi obserwacjami teleskopowymi z powierzchni Ziemi, zwielokrotniło wiedzę o tych ciągle tajemniczych ciałach niebieskich. To przede wszystkim dzięki tamtym osiągnięciom zrozumieliśmy, że komety są po prostu resztkami, pozostałościami tworzywa, z którego ponad 4,5 mld lat temu uformował się Układ Słoneczny.

Rozpoczęte 20 lat temu sondowanie komet jest więc dziś jednym z priorytetowych kierunków rozwoju badań kosmicznych. Najnowszy eksperyment poprzedziły przeloty amerykańskich sond koło komety 19P/Borrelly (Deep Space 1 we wrześniu 2001 r.) oraz komety 81P/Wild 2 (Stardust w styczniu 2004 r.). Obie przekazały m.in. piękne zdjęcia jąder mijanych komet. W styczniu 2006 r. sonda Sturdust ma dostarczyć na Ziemię próbki materii przechwyconej podczas przelotu przez głowę komety Wilda. Zanim jednak w ziemskich laboratoriach znajdzie się materia kometarna, warto poznać wstępne wyniki misji Deep Impact. Jej głównym celem było — poprzez uderzenie pociskiem w jądro komety Tempel 1 — wybicie krateru na jego powierzchni dla zdalnego zbadania własności fizycznych i składu chemicznego uwolnionej i odsłoniętej w ten sposób materii.

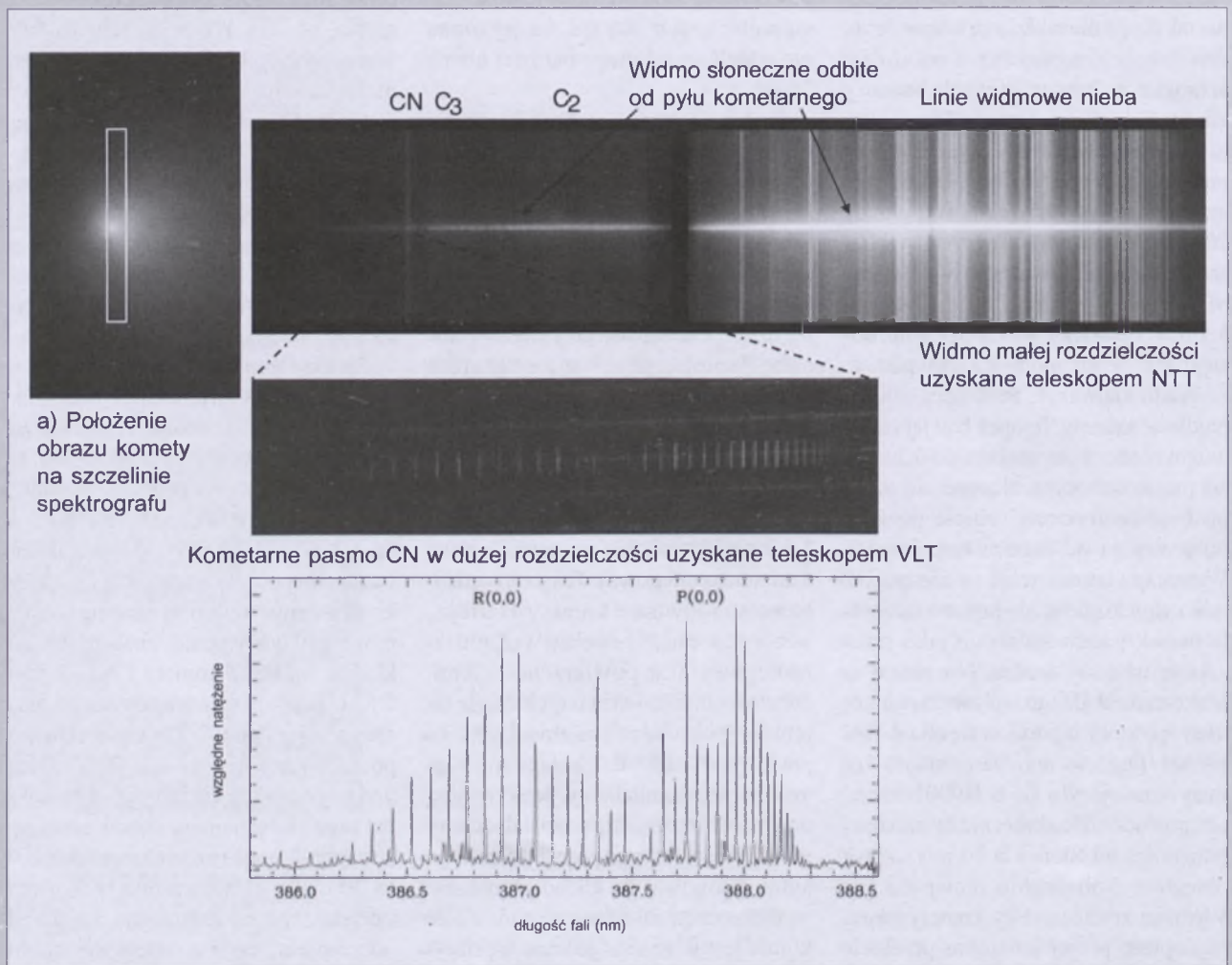
Sonda Deep Impact została wyniesiona na trajektorię okołosłoneczną, prowadzącą ku komecie Tempel 1 za pomocą rakiety Delta 2, której start nastąpił 12 stycznia 2005 r. z przylądka Canaveral na Florydzie. W dniu 4 lipca 2005 r. odłączony od sondy dzień wcześniej pocisk o masie 372 kg, dzięki własnemu automatycznemu systemowi nawigacyjnemu, znalazł się dokładnie na torze komety i o godzinie 5:52 UT doszło do zaplanowanego zderzenia z jej jądrem. Zainstalowana na pocisku kamera z 12 cm teleskopem wykonywała zdjęcia powierzchni jądra tuż przed uderzeniem, charakteryzujące się zdolnością rozdzielczą aż do około 20 cm; ostatnie zostało wykonane i przekazane na Ziemie na 3 s przed uderzeniem, czyli z odległości około

30 km. Przebieg zderzenia był śledzony z pokładu sondy za pomocą 30 cm teleskopu z kamerą wielospektralną i spektrometrem podczerwieni, a także 12 cm teleskopu przeznaczonego przede wszystkim do celów nawigacyjnych. W momencie uderzenia sonda znajdowała się w odległości około 8600 km od jądra i zbliżała się do niego, wykonując w każdej sekundzie po kilka zdjęć. Przelatując w minimalnej odległości około 500 km od jądra, instrumenty sondy zostały na kilka minut skryte za specjalną osłoną chroniącą je przed ewentualnym uderzeniem cząstek pyłu kometarnego, ale później dalej śledziły skutki uderzenia. W sumie na Ziemię dotarło około 4500 zdjęć, które wspólnie z wynikami obserwacji komety wykonanymi za pomocą teleskopów kosmicznych oraz przyrządów z powierzchni Ziemi są bogatym materiałem do badań komety.

Po mniej więcej trzymiesięcznym okresie intensywnego opracowywania uzyskanych danych wiadomo, że nieregularna bryła jądra komety Templa ma rozmiary 7,6 na 4,9 km i jest trochę mniejsza niż wcześniej szacowano (były podejrzenia, że jest bardziej wydłużona: aż do 14 km). Masę jądra oceniono na około $7{,}2 \times 10^{13}$ kg. Średnia gęstość materii, z której jest zbudowane, wynosi najprawdopodobniej 0,6 g/cm^3, co może wskazywać na jego porowatość. Wyraźnie widoczne na zdjęciach jądra struktury koliste są w większości zapewne kraterami uderzeniowymi. Jest to pierwszy obraz tego typu utworów na powierzchni jąder komet; na dotychczas uzyskanych zdjęciach jąder (komet Halleya, Borrellego i Wilda 2) nie dopatrzono się kraterów uderzeniowych.

Jednym z najciekawszych i raczej niespodziewanym efektem uderzenia pocisku było utworzenie się ogromnego pióropusza pyłowego, złożonego z drobin tak małych i tworzących tak gęsty obłok, że uniemożliwił sfotografowanie powstającego krateru z przelatującej w pobliżu sondy. Z obserwacji naziemnych wynika, że rozprzestrzeniał się mniej więcej dwukrotnie szybciej niż naturalne emisje materii z jądra i doprowadził do pięciokrotnego wzrostu jasności komety, którego maksimum nastąpiło około 30 min po uderzeniu. Był to jednak efekt krótkotrwały: po kilku dniach wygląd komety powrócił do stanu sprzed uderzenia. Sumaryczną masę wybitego z powierzchni pyłu szacuje się na kilkanaście milionów kilogramów. Analiza ruchu materii w pióropuszu prowadzi do wniosku, że głównym czynnikiem powodującym, że jądro komety jest bryłą sztywną, wydaje się być samograwitacja, a w mniejszym stopniu siły spójności materii, z której jest zbudowane. Odpowiednie oszacowania ilościowe zgadzają się z wynikami badań rozpadu jądra komety Shoemaker-Lewy 9 przed jej zderzeniem z Jowiszem w 1994 r. Dane te pozwoliły ocenić, że krater utworzony w wyniku uderzenia ma średnicę rzędu 100 m, a jego głębokość sięga około 30 m.

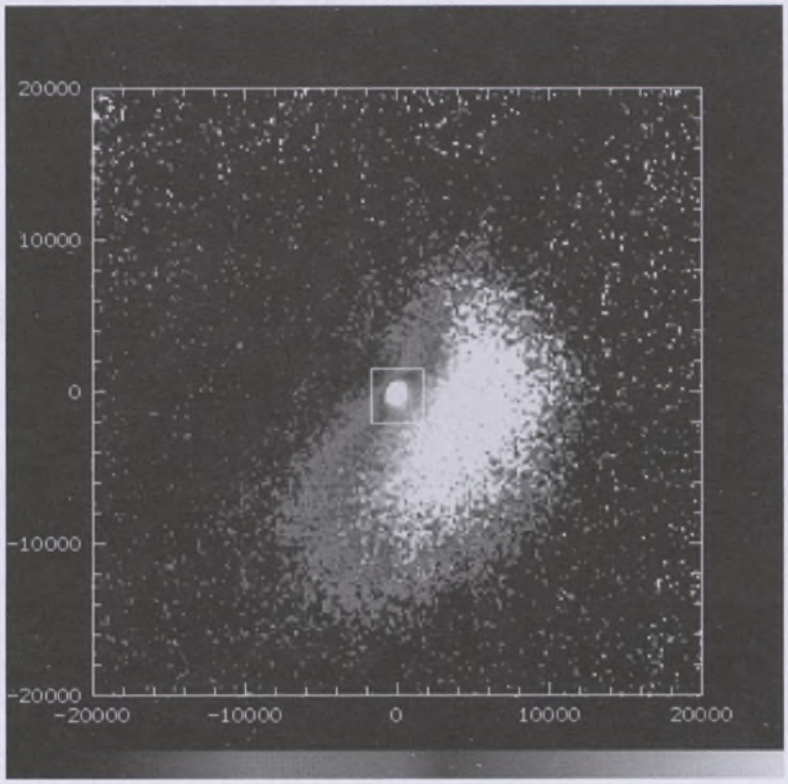
Z obserwacji spektrometrycznych wynika, że głównym składnikiem gorącego gazu (o temperaturze od 1000 do 2000 K) w pióropuszu materii unoszącym się nad miejscem uderzenia



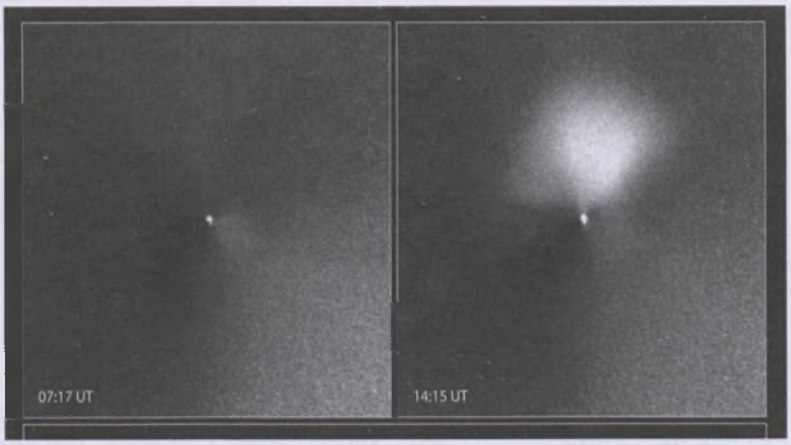
była woda. Potwierdzające ten wniosek obserwacje wykonane za pomocą teleskopów kosmicznych i naziemnych wskazują na mniej więcej dziesięciokrotny wzrost zawartości wody i dwutlenku węgla w comie komety tuż po uderzeniu pocisku w stosunku do stanu przed uderzeniem. Obfitość zaobserwowanych molekuł organicznych wzrosła natomiast niemal dwudziestokrotnie. Szczególnie intrygujący okazał się znaczny wzrost obfitości etanu, którego obecność w komecie Templa świadczy o tym, że musiała ona powstać w takiej odległości od Słońca, w której panowała temperatura porównywalna z temperaturą zamarzania etanu, czyli w obszarze obecnego ruchu Urana i Neptuna. Względna zawartość etanu w materii pochodzącej z wnętrza jądra komety Templa okazała się być podobna do obfitości tej substancji w kometach jednopojawieniowych, czyli pochodzących prawdopodobnie z Obłoku Oorta. Czyżby potwierdzało to przypuszczenia o pochodzeniu chmury Oorta? Za pomocą teleskopu kosmicznego Spitzera zaobserwowano ponadto molekuły, których obecności w kometach dotychczas nie stwierdzono, a o których wiadomo, że mogą powstać jedynie w obecności ciekłej wody. Rodzi to wiele pytań dotyczących ewolucji materii, z której powstały komety.

Ponad dwa tygodnie po strzale w kometę, w dniu 20 lipca 2005 r., poprzez uruchomienie silnika zmieniono heliocentryczną prędkość sondy Deep Impact o 97 m/s, co zapewni jej przelot koło Ziemi 31 grudnia 2007 r. Być może zostanie wykorzystane wtedy wspomaganie grawitacyjne masywnej planety do skierowania sondy w pobliże jeszcze jednej komety. Według wstępnych obliczeń stworzono w ten sposób szansę na przelot czynnej i posiadającej jeszcze zapas paliwa sondy koło komety 85P/Boethin w grudniu 2008 r. i jej zbadanie.

Dr Krzysztof Ziołkowski, Sekretarz Naukowy Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie, jest wybitnym specjalistą w dziedzinie badań dynamiki planetoid i komet



Obraz komety 9P/Tempel 1 uzyskany przy pomocy instrumentu SOFI na 3,5 m teleskopie NTT w Obserwatorium ESO na La Silla w paśmie fotometrycznym J (bliska podczerwieni) w kilkanaście godzin po zderzeniu. Obraz ten wskazuje na wielki pióropusz pyłu uwolnionego w czasie uderzenia pocisku w kometę. Wewnętrzna coma komety (tu zaznaczona kwadracikiem w środku obrazu) wykazywała wzmożoną aktywność w stosunku do stanu sprzed wybuchu



W okresie przygotowań misji Deep Impact kometa 9P/Tempel 1 była monitorowana przez teleskopy naziemne i kosmiczne. Powyżej są prezentowane obrazy tej komety uzyskane przez teleskop kosmiczny Hubble'a w odstępie 7 godzin w dniu 14 czerwca 2005 r., czyli na ok. 2 tygodnie przed planowanym strzałem w kometę.

Po lewej stronie widzimy obraz komety 9P/Tempel 1 o godz. 2:17 UT. Jest w stanie „normalnym". Biała kropka to światło słoneczne odbite od jądra kometarnego. Jądro ma kształt wydłużonego ziemniaka i rozmiary ok. 14×4 km. Nawet dla teleskopu kosmicznego jest to obiekt za mały, aby uzyskać jego obraz i dlatego widzimy je jako świecący punkt, tak jak gwiazdę.

Zdjęcie po prawej stronie zostało uzyskane o godz. 14:15 UT tego samego dnia i pokazuje kometę „po wybuchu" z pokaźnych rozmiarów (sięgającym 2200 km) pióropuszem (dżetem) utworzonym przez wyrzucony z komety, w kierunku Słońca, gaz i pył. Tego rodzaju pióropusza spodziewali się astronomowie po zderzeniu impaktora z kometą, a te obrazy pokazują, że kometa 9P/Tempel 1 jest bardzo aktywnym obiektem i wybuchy mogą się zdarzać w każdej chwili, niekoniecznie powodowane pociskiem.

Fot: NASA/ESA, P. Feldman i H. Weaver (JHU)

T. Zbigniew Dworak

Osobliwy układ Urana

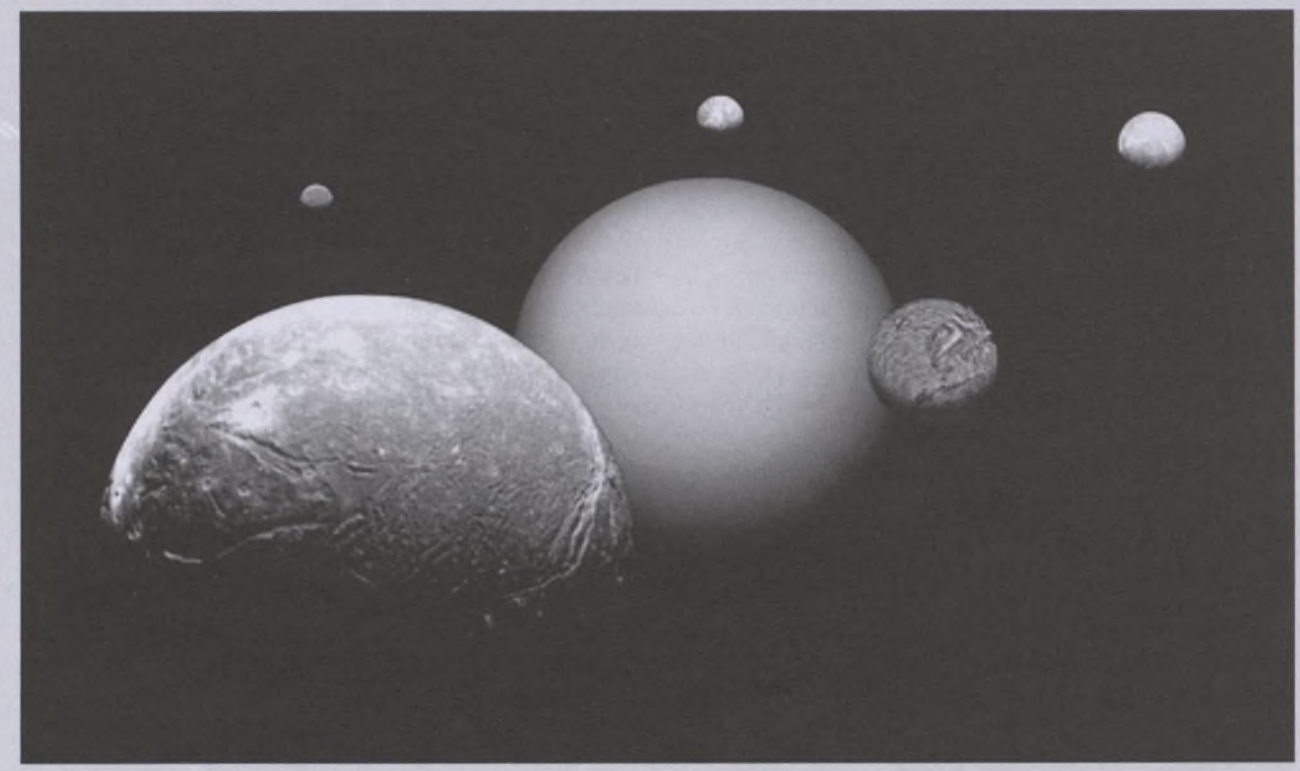
225 lat temu, 13 marca 1781 roku, Wiliam Herschel dostrzegł na pograniczu gwiazdozbioru Byka i Bliźniąt „owalny, zielonkawy" obiekt 6. wielkości gwiazdowej, o którym początkowo sądził, iż jest to kometa. Jednak już w pól roku później wyjaśniło się (do czego walnie przyczynił się Anders J. Lexell), że jest to nowa, nie znana dotąd planeta Układu Słonecznego nazwana następnie — zgodnie z sugestią Johanna Elerta Bodego — Uranem. Natomiast 20 lat temu, pod koniec stycznia 1986 r., przez układ Urana przemknęła sonda „Voyager 2", dostarczając o nim nowych, rewelacyjnych danych

Odkrycie Urana stało się punktem zwrotnym w historii badań naszego układu planetarnego. Po kilku miesiącach obserwacji można już było obliczyć podstawowe dane dotyczące elementów orbity domniemanej planety i okazało się, że obiekt dostrzeżony przez Herschela obiega Słońce po niemal kołowej orbicie w odległości od niego 19 j. a., zaś okres, w którym to nowe ciało niebieskie dokonuje pełnego obiegu wokół Słońca, wynosi ponad 84 lata. Układ Słoneczny uległ zatem aż dwukrotnemu powiększeniu, kończąc raz na zawsze z pojęciem „najwyższej" planety, jaką miał być Saturn. W dodatku okazało się, że owa nowo odkryta planeta znakomicie spełnia niedawno ogłoszoną regułę Titiusa-Bodego dla $N = 8$ i $n = 64$ (zob. „Postępy Astronomii" 1/1977).

Dopiero po odkryciu Urana zastanowiono się, czy nie był on dostrzegany wcześniej, ponieważ jego największa (w najbardziej sprzyjających warunkach) jasność obserwowana może wynieść nawet $5{,}3^m$, a więc byłoby można go zobaczyć nawet nieuzbrojonym okiem podczas opozycji (!), a już na pewno przez niewielkie nawet teleskopy. I rzeczywiście — wyjaśniło się po sprawdzeniu dawnych zapisek i mapek, że Uran był obserwowany wcześniej co najmniej 19 razy, zaś po raz pierwszy w 1690 r. przez Johna Flamsteeda, królewskiego astronoma brytyjskiego. Planetę zidentyfikowano także na mapie nieba Johanna Thomasa Mayera zmarłego w 1762 r. Wielokroć widział ją również Pierre Charles Lemonnier, w tym aż czterokrotnie w ciągu tylko jednej nocy! Mógł zatem zostać jej odkrywcą, ale po prostu nie zwrócił uwagi na to, co obserwuje.

Podstawowe dane o geometrycznych i fizycznych parametrach Urana zostały zamieszczone w ramce w tabeli 1.

Wynika z nich, że Uran jest osobliwą planetą Układu Słonecznego, przede wszystkim z powodu jego specyficznego ruchu wirowego (rotacji). Do czasu określenia kierunku rotacji Wenus planeta Uran była jedyna w Układzie Słonecznym o wstecznym ruchu obrotowym, tzn. przeciwnym do ruchu obiegowego (wokół Słońca). Również nachylenie osi rotacji Urana jest wielce osobliwe — planeta toczy się jakby po orbicie niczym beczka. Nachylenie tej osi względem płaszczyzny orbity planety wynosi niespełna 8° (dokładniej biorąc 188°, ponieważ właśnie jej ruch jest wsteczny. Oś obrotu planety leży niemal dokładnie w płaszczyźnie ekliptyki. Bieguny świata Urana znajdują się



Powyższy montaż obrazów Urana i jego satelitów został złożony z fotografii wykonanych przez sondę kosmiczną „Voyager 2" w czasie jej spotkania z „rodziną" Urana w styczniu 1986 r. Duży, centralny obiekt bez szczegółów na powierzchni, to Uran. Przed nim, na pierwszym planie, księżyc Ariel. Po lewej stronie planety, Umbriel, na prawo, blisko Urana, Miranda. U góry, po prawej stronie obrazu, Tytania, a pośrodku, u góry za Uranem, jego najbardziej odległy duży satelita Oberon

więc w zodiaku, zaś północną gwiazdą polarną tej planety jest jasny, czerwony Aldebaran (czyli α *Tau*).

Nachylenie osi rotacji planety do płaszczyzny jej orbity decyduje o rozkładzie stref klimatycznych i występowaniu oczywiście pór roku na powierzchni danego globu. Jeśli kąt nachylenia osi ruchu wirowego planety do płaszczyzny jej orbity jest mniejszy od 45°, to sytuacja na powierzchni takiej planety staje się bardzo osobliwa. Bowiem wtedy występują na niej dwie strefy podbiegunowe, jedna podzwrotnikowa i dwie strefy mieszane, łączące niejako cechy stref polarnych i tropikalnej, całkowicie odmienne od stref umiarkowanych innych planet, a zwłaszcza Ziemi. W pewnych porach roku nad taką strefą mieszaną Słońce może przechodzić przez zenit, a czasem stale krąży nad horyzontem, w ogóle nie zachodząc, zaś niekiedy znowu wcale nie wschodząc. A zatem w takiej strefie bywają normalne dni i noce, lecz również występuje zjawisko dnia polarnego i nocy polarnej. Klasycznym przykładem planety, na której występują opisane powyżej strefy klimatyczne (oraz osobliwe pory roku), jest właśnie Uran. W dodatku strefa podzwrotnikowa i obie polarne są bardzo wąskie, natomiast strefy mieszane — nader rozległe; obie mają szerokość po około 74°.

W pięć lat po stwierdzeniu, że nowo odkryty obiekt jest planetą, William Herschel odkrył — wieczorem 11 stycznia 1787 r. — dwa największe księżyce Urana nazwane potem Tytanią i Oberonem.

Kolejne dwa księżyce — Ariela i Umbriela — odkrył 24 października 1851 r. William Lassell. Obserwował on Urana w Obserwatorium w Liverpoolu za pomocą teleskopu o średnicy 60 cm, stosując powiększenie 778 razy!

Piątego z klasycznych satelitów — Mirandę — odkrył dopiero 16 lutego 1948 r. Gerard Kuiper, przeglądając fotografię okolic Urana uzyskaną za pomocą 2-m teleskopu Obserwatorium McDonalda.

I wreszcie w latach 1985–1986 na zobrazowaniach przekazanych z układu Urana przez sondę „Voyager 2" odkryto dziesięć niewielkich księżyców (a potem w latach 1997–2003 odkryto jeszcze dwanaście), tak iż łącznie znamy dziś dwadzieścia siedem satelitów Urana. Dane o nich zawarto w ramce w tabeli 3.

Nazwy pięciu klasycznych księżyców zostały zaczerpnięte z utworów literackich, przy czym cztery imiona zasugerował sam Lassell. Tytania i Oberon to imiona z dramatu Szekspira *Sen nocy letniej*, Ariel i Miranda (nazwę tej ostatniej zaproponował Kuiper) — z *Burzy* Szekspira, Umbriel — z poematu heroikomicznego Alexandra Pope'a *Porwany lok* albo — w innym polskim przekładzie — *Pukiel włosów ucięty* (w którym to utworze występuje również Ariel – zob. też T. Z. Dworak i J. M. Kreiner: *Odległe planety w Układzie Słonecznym*, PWN, Kraków 2000).

Tabela 1. Podstawowe dane o Uranie

Okres obiegu	84 lata 7,5 doby
Średnia średnica	52 724 km
Masa	14,54 masy Ziemi
Średnia gęstość	1318 kg/m^3
Okres rotacji	17,24 godziny
Nachylenie osi rotacji	187,86°
Mimośród orbity	0,04717
Nachylenie orbity do ekliptyki	0°46',2
Prędkość ucieczki	21,5 km/s

Okazało się, że większość księżyców Urana, zwłaszcza klasyczne, naśladuje ruch obrotowy planety, krążąc niemal dokładnie w płaszczyźnie jej równika (to właśnie dzięki temu odkryto osobliwą rotację Urana). Świadczy to również o wspólnym pochodzeniu tych satelitów i ich macierzystej planety.

Nim do układu Urana dotarł „Voyager 2", grupa astronomów amerykańskich dokonała w 1977 r. sensacyjnego odkrycia pierścieni wokół tej planety. Stało się to podczas obserwacji fotoelektrycznych zakrycia gwiazdy SAO 158687 przez tarczkę Urana. Otóż z interpretacji tej szczególnej obserwacji wynikało, że Urana okrążają pierścienie pyłowo-gazowe. Rozciągają się one w płaszczyźnie jego równika, w odległości od około 6600 km do około 26 500 km od górnych warstw atmosfery planety, czyli wewnątrz orbity Mirandy. Przyroda ich jest podobna do natury słynnych pierścieni Saturna, z tym wszakże, iż cząstki tworzące pierścienie wokół Urana są jednak znacznie mniejsze od brył krążących w pierścieniach Saturna.

Dane o odkrytych w pośredni sposób pierścieniach Urana, uzupełnione o nowe wyniki obserwacji przekazanych przez sondę międzyplanetarną „Voyager 2", zawiera (w ramce) tabela 2.

Do połowy lat 80. XX w. mieliśmy niewiele informacji o księżycach Urana, nawet ich rozmiary były niedostatecznie znane. Wiadomo było tylko, że ich średnice mają od kilkuset (dla Mirandy) do ponad półtora tysiąca kilometrów (dla Tytanii i Oberona), czyli że są to ciała podobne do największych planetoid albo raczej do księżyców Saturna, takich jak Enceladus, Tethys czy Rhea. Uwagę zwraca jedynie regularność tego układu. Pięć klasycznych księżyców Urana krąży po trajektoriach niezbyt odległych od planety (nawet najdalszy Oberon znajduje się w odległości tylko nieco ponad pół miliona kilometrów), w regularnych od siebie odstępach (zob. „Postępy Astronomii" 1/1997) oraz w płaszczyźnie równika planety.

Dopiero przelot w dniu 24 stycznia 1986 r. sondy „Voyager 2", która odkryła ponadto 10 niewielkich satelitów Urana krążących jeszcze bliżej planety, bo wewnątrz orbity Mirandy (zob. tab. 3), umożliwił nam lepsze zaznajomienie się z zagadkowym światem księżyców Urana oraz z samą planetą. Dodajmy, że na wzór klasycznych księżyców dla nowo odkrytych dziesięciu satelitów zastosowano tę samą zasadę ich nazewnictwa. W tabeli 3 wyraźnie wyodrębniono trzy grupy księżyców krążących wokół Urana.

Tabela 2. Dane o pierścieniach Urana

Nazwa	Wielka półoś *(km)*	Szerokość *(km)*	Mimośród *e*	Nachylenie *i*
1986U1R	38 300	2500		
6	41 900	1-3	0,014	1,1°
5	42 300	2-3	0,014	1,1
4	42 600	2-3	0,014	1,1
Alfa	44 800	7-12	0,014	1,1
Beta	45 700	7-12	0,014	1,1
Eta	47 200	0-2	0,0	0,0
Gamma	47 700	1-4	0,0	0,0
Delta	48 300	3-9	0,0	0,0
1986U2R	50 100	1-2		
Epsilon	51 200	22-93	0,1 ?	?

Jednakże najważniejszych zobrazowań i informacji „Voyager 2" dostarczył o warunkach panujących na Uranie i jego pięciu klasycznych księżycach. Okazało się między innymi, że Uran również ma własne pole magnetyczne, którego oś jest nachylona pod kątem 60° do osi rotacji tego globu, zaś „punkt centralny pola" nie pokrywa się ze środkiem geometrycznym planety (!), lecz jest przesunięty o mniej więcej 8000 km w kierunku bieguna. Magnetosfera Urana podczas jego obrotu „nawija" spiralę w przestrzeni okołoplanetarnej.

Ponadto została potwierdzona obecność w atmosferze Urana helu oraz metanu, który nadaje planecie bladą, zielononiebieską barwę. Oprócz tego w atmosferze tej planety występują: wodór, etan, etylen i acetylen, natomiast amoniak jest już prawdopodobnie całkowicie wymrożony.

Ciekawy okazał się rozkład temperatur w tej atmosferze, tak w kierunku pionowym, jak i poziomym. Górne warstwy otoczki gazowej są gorące! Po stronie nasłonecznionej temperatura dochodzi do 750 K (czyli prawie +480°C), natomiast strona odsłoneczna jest... cieplejsza — temperatura osiąga tam prawie 1000 K. Jak dotąd nie znaleziono wytłumaczenia takiej anomalii termicznej. W niższych warstwach atmosfery temperatura gwałtownie spada, osiągając około 50 K na poziomie 100 hPa. Z kolei temperatury na biegunach i równiku — w strefie tworzenia się chmur — nie różnią się specjalnie, wynosząc mniej więcej 64 K (około –210°C).

Wnętrze Urana zajmuje przypuszczalnie krzemianowe jądro o średnicy około 16 000 km. Otacza je — prawdopodobnie — warstwa tzw. gorącego lodu o grubości prawie 8000 km, a powyżej rozciąga się warstwa ciekłego wodoru molekularnego (z domieszkami) o grubości niemal 10 000 km. Ciśnienie na powierzchni „gorącego" lodu określa się na około 100 mln hPa, temperaturę — na mniej więcej 1500 K — stąd właśnie nazwa „gorący" lód, czyli taki, który nawet w wysokiej temperaturze nie może z powodu ogromnego ciśnienia przejść do fazy ciekłej.

Poznano dokładniej również klasyczne księżyce układu Urana. Wyjaśniło się zatem, iż powierzchnie Umbriela i Tytanii są gęsto usiane kraterami meteorytowymi (uderzeniowymi). Oprócz tego powierzchnia Tytanii jest pocięta głębokimi dolinami prawdopodobnie wyżłobionymi przez płynącą niegdyś... wodę. Wskazywałoby to także na pewną działalność wulkaniczną, przynajmniej w przeszłości. Umbriel jest rzeczywiście ciemniejszy, zaś jego aktywność wulkaniczna była przypuszczalnie wywoływana siłami pływowymi (są to siły występujące okresowo z powodu oddziaływania na dane ciało grawitacji Słońca oraz innych ciał — np. księżyca na planetę i na odwrót — zachodzące w hydrosferze, atmosferze

i litosferze). Natomiast na powierzchni Ariela są wyraźnie widoczne ślady późniejszej nawet aktywności „geologicznej", oprócz kraterów pometeorytowych można zauważyć liczne płaskodenne doliny. Kratery występują również na Oberonie, widoczne są ponadto na jego powierzchni oznaki działalności... wulkanicznej. Najbardziej urozmaicona okazała się powierzchnia niewielkiej Mirandy.

Dokładniejsza analiza oraz interpretacja przekazanych zobrazowań satelitów obiegających Urana pozwoliła uściślić powyższe dane. Przede wszystkim potwierdziło się przypuszczenie, iż powierzchnie tych globów stanowią „lodolądy".

Najdalszy z klasycznych satelitów Oberon jest pokryty kraterami, z których część zdradza oznaki niewygasłej specyficznej działalności „wulkanicznej". Dna takich kraterów są pokryte ciemnymi plamami, pozostałościami po erupcji brudnej wody tryskającej przez szczeliny w pokrywie lodowej. Oznacza to, że pod skorupą lodową znajduje się warstwa wody. Na Oberonie, jako jedynym księżycu Urana, zaobserwowano góry o wysokości do 6 km.

Na Tytanii również odkryto ślady intensywnej działalności „wulkanicznej" (gejzerów brudnej wody — „bulkanów"). Powierzchnia lodolądu tego księżyca jest pocięta głębokimi kanionami wyżłobionymi prawdopodobnie przez wydostającą się z wnętrza, w okresie formowania się pokrywy lodowej (skorupy), wodę, i to chyba — jak się wydaje — w znacznych ilościach. Obserwacje polarymetryczne (czyli w świetle spolaryzowanym) sugerują, że pokrywa ta jest porowata.

Wewnętrzna aktywność Oberona i Tytanii, a w przeszłości również od nich mniejszego Ariela, została najprawdopodobniej wymuszona siłami pływowymi powstającymi przy wzajemnych oddziaływaniach księżyców i planety. Doprowadza to do znacznego rozgrzania wnętrza satelity, co powoduje wzmożoną działalność połączoną z wydzielaniem się ciepła. Za występowanie tak dużych sił pływowych byłoby odpowiedzialne zjawisko rezonansu, dość powszechne w tym układzie księżyców.

Kolejny, średniej wielkości, Umbriel ma zupełnie niepozorny wygląd. Jest to dosyć ciemny glob (zgodnie ze swoją nazwą — *umbra* po łacinie znaczy cień) bez żadnych charakterystycznych struktur na swojej powierzchni — oprócz oczywiście kraterów (w tym jednego o średnicy 100 km z wyraźną, dużą, jasną plamą pośrodku) i jednego, jedynego jasnego pasma-pierścienia przebiegającego między dużymi kraterami. Ciągle jeszcze pozostaje zagadką, dlaczego Umbriel jest tak ciemny, jakby przysypany był pyłem węglowym. Być może brak aktywności wewnętrznej spowodował, że spadające na niego meteoryty (chondryty węgliste?) pokryły powierzchnię niemal jednolitą warstwą rozkruszonego materiału, który nie uległ wymieszaniu z wodą (i lodem) ani też nie został wymyty (spłukany), ponieważ po utworzeniu lodolądu woda już nie mogła się wydobyć na zewnątrz.

Następny, czwarty pod względem rozmiarów Ariel, ma wielce urozmaiconą powierzchnię ze śladami późniejszej działalności „geologicznej". Oprócz licznych kraterów widnieją na niej jasne i ciemne obszary, doliny, wiele szczelin i rozgałęziające się pęknięcia. Niektóre formacje przypominają rozległe doliny ryftowe o gładkich dnach (w przeszłości być może wypełnione wodą). Stąd właśnie wynika, że Ariel także wykazywał aktywność wewnętrzną.

Tabela 3. Podstawowe dane o księżycach Urana

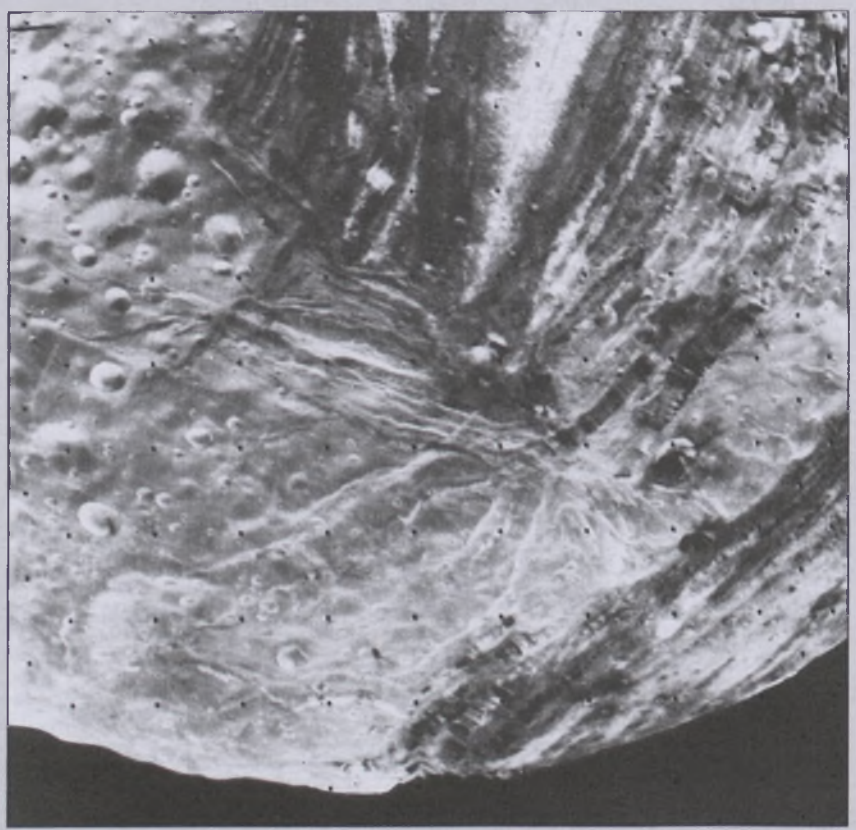
Nazwa	Wielka półoś (km)	Okres obiegu (doby)	Mimośród *e*	Nachylenie *i*	Średnica (km)
Cordelia	49 750	0,335	0,0003	0,085°	40
Ophelia	53 760	0,376	0,0099	0,104	43
Bianca	59 160	0,435	0,0009	0,193	51
Cressida	61 780	0,464	0,0004	0,006	80
Desdemona	62 660	0,474	0,0001	0,113	64
Juliet	64 360	0,493	0,0007	0,065	94
Portia	66 100	0,513	0,0001	0,059	135
Rosalinda	69 930	0,558	0,0001	0,279	72
2003 U2	74 800	0,620	0,0000	0,000	10
Belinda	75 260	0,624	0,0001	0,031	81
1986 U10	76 400	0,638	0,0000	0,000	20
Puck	86 000	0,762	0,0001	0,319	162
2003 U1	97 700	0,866	0,0000	0,000	10
Miranda	129 900	1,413	0,0018	4,338	480×470×465
Ariel	190 900	2,520	0,0012	0,041	1158
Umbriel	266 000	4,144	0,0040	0,128	1169
Tytania	436 300	8,706	0,0012	0,079	1578
Oberon	583 500	13,468	0,0013	0,068	1523
2001 U3	4 276 000	266,56	0,1460	145,220	12
Caliban	7 231 000	579,73	0,1588	140,878	98
Stephano	8 004 000	677,36	0,2295	144,110	20
Trinculo	8 504 000	749,24	0,2200	167, 050	10
Sycorax	12 179 000	1288,28	0,5224	159,403	190
2003 U3	14 345 000	1687	0,6608	56,630	11
Prospero	16 256 000	1978,29	0,445	151,966	30
Setebos	17 418 000	2225,2	0,591	158,20	30
2001 U2	20 901 000	2887,2	0,368	169,84	12

Dość dużą niespodziankę w tej grupie sprawiła najmniejsza i najbliżej — spośród klasycznych księżyców — obiegająca Urana niewielka Miranda. Jej powierzchnia nosi ślady jakiejś potwornej kosmicznej katastrofy. Oprócz małych i średniej wielkości kraterów widnieje na niej ogromna nieregularna formacja nazwana „prostokątnym okiem byka". Inna formacja — owal (jakby boisko) składający się z biegnących wokoło wąskich bruzd („torów wyścigowych") — została nazwana *Circus Maximus*. Ponadto powierzchnia lodolądu Mirandy jest pocięta kilkoma głębokimi (do 20 km!) kanionami. Ich strome urwiska odsłaniają zarówno stare, jak i młode warstwy. Być może po ukształtowaniu się tego księżyca, ale przed zakończeniem procesu jego ewolucji, uderzył w niego wielki meteoryt, skutecznie naruszając tworzące się struktury (aż do ich rozbicia włącznie?), w wyniku czego Miranda długo „nie mogła dojść do siebie". Niestety, „Voyager 2" przesłał zobrazowania tylko jednej półkuli tego satelity (z oczywistych zresztą względów — druga nie była oświetlona), a niewykluczone, że rozwiązanie zagadki „tragedii" Mirandy kryje się właśnie na drugiej półkuli, na antypodach „prostokątnego oka byka".

Na małej Mirandzie występują zatem obok siebie formacje spotykane na Marsie (głębokie doliny-kaniony), Ganimedesie (pokryte bruzdami obszary), Merkurym („formy chaosu") i Księżycu (rejony wysokogórskie).

Dodajmy jeszcze, iż przeciętna gęstość pięciu klasycznych satelitów Urana wynosi od około 1100 kg/m^3 dla Mirandy, 1700 kg/m^3 dla Ariela, 1400 kg/m^3 dla Umbriela, 1700 kg/m^3 dla Tytanii i 1600 kg/m^3 dla Oberona.

Ze względu na to, że klasyczne księżyce Urana (a także 10 odkrytych przez „Voyagera 2") poruszają się w płaszczyźnie niemal prostopadłej do płaszczyzny jego orbity, ich powierzchnie są w zupełnie inny sposób oświetlane niż pozostałych satelitów planet w Układzie Słonecznym. Można powiedzieć, że na księżycach Urana obserwuje się nie tylko następstwo dni i nocy (lecz nie zawsze!), ale równie wyraźne i osobliwe zmiany pór roku. Kiedy Uran znajduje się na swej orbicie w czasie jednego z przesileń — załóżmy, że zimowego — wtedy Słońce na każdym z księżyców tej planety oświetla tylko jedną półkulę (północną — ponieważ



Obraz powierzchni Mirandy w pobliżu jej południowego bieguna uzyskany z odległości 31 tys. km przez „Voyagera 2". Widoczna rzeźba terenu wskazuje na aktywną przeszłość geologiczną jej powierzchni. Widoczne tu rysy mają głębokość sięgającą kilku kilometrów. Zdjęcie obejmuje obszar o rozmiarach ok. 240 × 240 km. Fot. NASA

Ogromnie fascynujący, wręcz sensacyjny, literacki obraz księżyców w układzie Urana, zaś w szczególności — opis Oberona — nakreślił autor *SF* Siergiej Pawłow w fantastycznonaukowej dylogii pt. *„Tęcza Księżycowa"* (przetłumaczonej przez Mariana Wierzchonia, lecz niestety nie wydanej)

Uran wiruje w przeciwną stronę do ruchu obiegowego). Jedynie w wąskim pasie przyrównikowym dla każdego z tych satelitów Słońce to wznosi się nieco ponad horyzont, to chowa się pod nim z okresem ich ruchu orbitalnego. W miarę przemieszczania się Urana po orbicie na coraz większym terytorium jego księżyców Słońce wschodzi i zachodzi, zaś coraz bardziej kurczy się obszar, nad którym Słońce albo wcale nie zachodzi, albo w ogóle nie wschodzi. Kiedy Uran znajdzie się w swoim punkcie równonocy wiosennej, wtedy Słońce regularnie wschodzi i zachodzi na niebie wszystkich jego księżyców. Mamy wówczas normalne następstwo dni i nocy. Wkrótce Słońce zaczyna stale oświetlać drugi (południowy) biegun każdego z księżyców, zaś w momencie przesilenia letniego oświetla całą półkulę południową, podczas gdy na północnej (powyżej 8° szerokości) panuje noc polarna. W momencie równonocy jesiennej znowu zostają przywrócone normalne następstwa dni i nocy (mniej więcej z okresem ruchu orbitalnego danego księżyca), po czym znów zaczyna być stale oświetlany biegun północny każdego z satelitów i podczas przesilenia zimowego cykl się zamyka. Dodajmy, że każdy z biegunów (nie tylko księżyców, lecz i samego Urana) jest oświetlany przez 42 lata i pozostaje nieoświetlony przez następne 42 lat, ponieważ okres obiegu tej planety wokół Słońca wynosi 84 lata i 7,5 doby.

Taki specyficzny charakter ruchu Urana oraz jego satelitów rzutuje również na wzajemną ich widoczność, zupełnie odmienną niż w układach księżyców innych planet. Z powierzchni jednego księżyca można zobaczyć inny księżyc w fazie pełni tylko w okolicy momentów równonocy! Wtedy też można z tych księżyców obserwować zaćmienie (zakrycie) Słońca przez tarczę Urana, zaćmienia i zakrycia przez Urana jego pozostałych satelitów, a tak-

że ich wzajemne zakrycia czy zaćmienia.

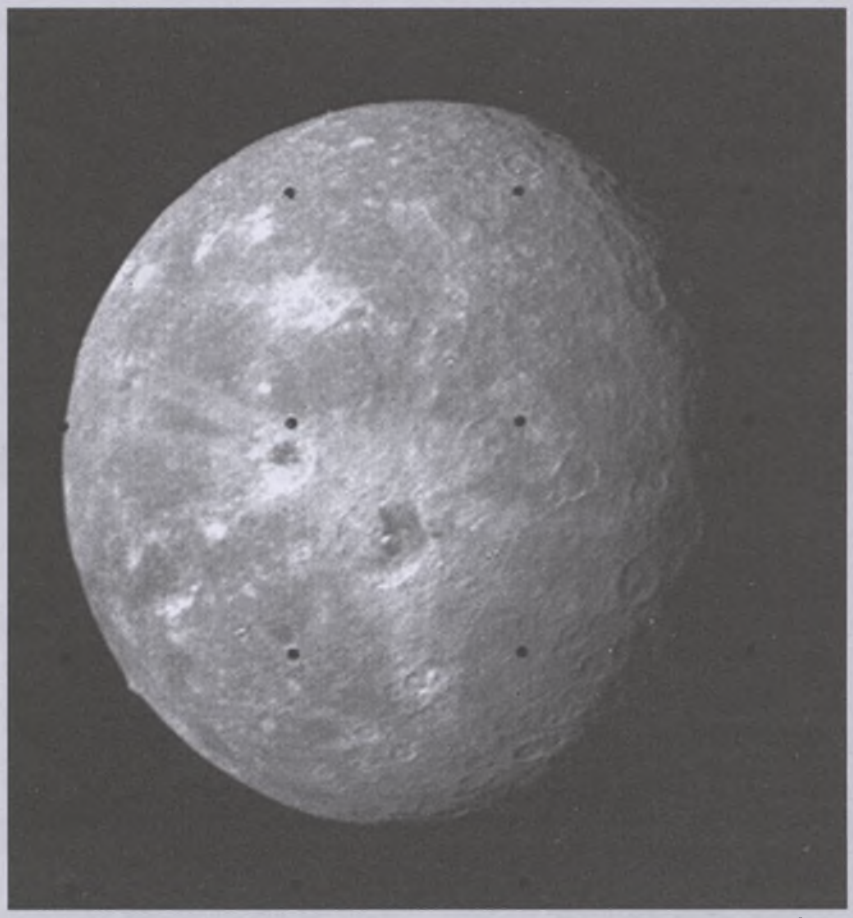
Na przykład dla przyszłego obserwatora-astronauty na Tytanii dominującym obiektem na jej niebie jest Uran osiągający rozmiary kątowe równe niemal 7° oraz jasność maksymalną około –13,5 wielkości gwiazdowej (a więc nieco jaśniejszy od Księżyca), natomiast najjaśniejszym, ale praktycznie punktowym obiektem (2') — Słońce (około –20,5 wielkości gwiazdowej). Pozostałe klasyczne księżyce mogą osiągać w pełni (oczywiście dla ewentualnego obserwatora na Tytanii) następujące rozmiary kątowe i wielkości gwiazdowe: Oberon 36' i $-7{,}4^m$; Umbriel 24' i $-6{,}3^m$; Ariel około 16' i $-6{,}5^m$; Miranda około 6' i -3^m.

Największa Tytania może być widoczna z powierzchni najbliższego jej sąsiada, Oberona, jako obiekt o średnicy kątowej 37' i jasności –7,5 wielkości gwiazdowej — ale tylko w pełni (w innej konfiguracji wielkości te ulegają oczywiście ciągłym zmianom — co zresztą odnosi się do widoków ze wszystkich pozostałych księżyców).

W tym zagadkowym układzie Urana jedynie dla obserwatora na Mirandzie zewnętrzny, a zarazem najbliższy Ariel będzie — oprócz oczywiście Urana — pokaźnym (o średnicy kątowej ponad 1°) i jasnym (do –9,5 wielkości gwiazdowej w pełni) obiektem.

W okolicy przesileń z nieoświetlonej półkuli każdego z księżyców nie będzie widoczny żaden inny księżyc. Z oświetlonej półkuli natomiast pozostałe satelity będą widoczne (brak atmosfery) w fazie kwadry, ale będą zmieniały swe rozmiary kątowe oraz jasność w zależności od konfiguracji. Będzie można też zobaczyć wtedy z danego księżyca zakrycia pozostałych przez tarczę Urana (ale nie zaćmienia!) oraz ich wzajemne zakrycia, a co najmniej koniunkcje (zbliżenia).

Niebo z klasycznych księżyców Urana przedstawia zaiste nieziemskie widoki, odmienne również od wyglądu nieba z powierzchni innych, dotychczas opisanych księżyców. Nawet sfera gwiazd z niezmienionymi przecież gwiazdozbiorami obraca się nietypowo, bo niemal prostopadle i w przeciwną stronę do sfery, którą przywykliśmy obserwować na naszym niebie. Lecz żeby te wszystkie osobliwości zobaczyć, przeciętna wieku człowieka



Obraz satelity Oberon uzyskany przez sondę „Voyager 2" z odległości ok. 663 tys. km. Ciemna plama blisko środka obrazu to krater Hamlet, który ma średnicę 206 km. Oberon jest najbardziej odległym od Urana jego dużym satelitą o średnicy 1523 km. Fot. NASA

musiałaby wynosić prawie 100 lat! A przy tym przez 42 lata spędzone na biegunie któregokolwiek księżyca (lub Urana) nie zobaczylibyśmy ani Słońca, ani żadnej planety naszego Układu. Neptun — jedyna dla Urana planeta górna dostrzegana gołym okiem (jako obiekt zaledwie piątej wielkości gwiazdowej) — po względnie długim okresie widoczności nie będzie następnie dostępny do obserwacji przez 150 lat. Z pozostałych planet będących dolnymi względem orbity Urana można zobaczyć tylko Saturna (około 4^m) oraz bardzo rzadko i z trudem — Jowisza, jako słabą gwiazdkę piątej wielkości.

Jeszcze dziwniejszy, wręcz fantastyczny wygląd nieba można będzie chyba kiedyś podziwiać z najbardziej wewnętrznego i najmniejszego satelity, Cordelii. „Powyżej" jego trajektorii krąży dwadzieścia sześć pozostałych, znanych księżyców Urana (zmieniających fazy, rozmiary kątowe i jasności), a także szeroki, dość jasny pierścień epsilon, który powinien być dobrze widoczny z powierzchni tego minisatelity. Dobrze będzie też widoczny najbliższy, wewnętrzny względem orbity Cordelii pierścień delta. Natomiast z „drugiej strony" nad tym maleńkim księżycem, o średnicy zaledwie 40 km, rozpościera się majestatyczna tarcza zielonkawego Urana o rozmiarach kątowych wynoszących aż 28 stopni, widoczna w pełni w okolicy momentów równonocy, a w kwadrze — w czasie przesileń (oczywiście dla tej planety).

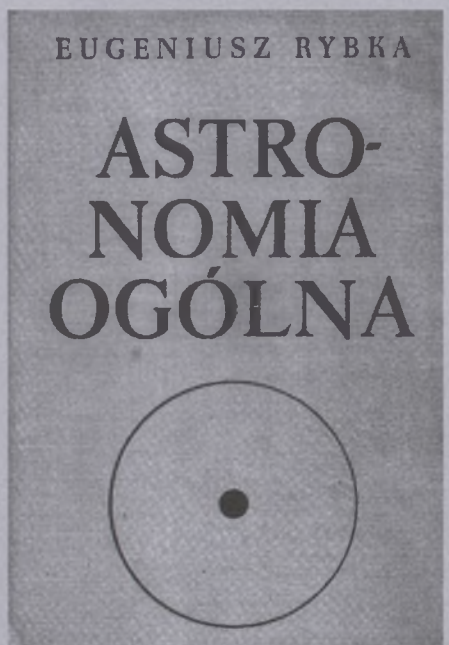
Przedziwne jest też dwanaście niedawno odkrytych najdalszych od Urana księżyców, z których osiem obiegają planetę ruchem wstecznym (ale zgodnym z ruchem orbitalnym planety!), po silnie ekscentrycznych orbitach, nie leżących w płaszczyźnie jej równika. Być może są to przechwycone przez Urana planetoidy (tzw. Centaury) czy też obiekty z Pasa (pierścienia) Kuipera, odkrytego 15 lat temu.

T. Zbigniew Dworak jest profesorem w Zakładzie Kształtowania i Ochrony Środowiska w AGH w Krakowie. Zajmuje się ponadto środowiskami planet i ich księżyców, gwiazdami zaćmieniowymi i historią astronomii

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu

Jerzy Kuczyński

O podręcznikach i nauczaniu



Czy pamiętacie Państwo, zwłaszcza trochę „wcześniej" urodzeni, podręczniki astronomii do różnych typów i kategorii szkół, których autorem był prof. Eugeniusz Rybka? Przez długie kilkadziesiąt lat one były podstawową pomocą w nauczaniu astronomii. Tu okładka III wydania uniwersyteckiej *Astronomii ogólnej* z 1968 r.

To był naprawdę dobry podręcznik...

W ramach licznych reform szkolnictwo ulegało różnym zmianom. W szczególności w ostatnich latach bardzo wyraźnym ograniczeniom uległy przedmioty matematyczno-fizyczne. Przyczyny tych redukcji są dość różnorodne i z pewną przykrością trzeba stwierdzić, przynajmniej częściowo uzasadnione, a realnie rzecz biorąc (ale w nieco mniejszej części) słuszne. Po takim stwierdzeniu trzeba zacząć od powiedzenia, co w uzasadnieniu jest „realnie niesłuszne". Otóż w ciągu minionej już kilkanaście lat temu epoki nauki matematyczno-fizyczne były przez władzę popierane i miały się względnie dobrze. W każdym razie lepiej niż nauki humanistyczne. My, związani z tymi naukami, cieszyliśmy się z tego i w swojej naiwności sądziliśmy, że to po prostu odbicie realnej wartości tych nauk. O owej realnej wartości nauk można dyskutować, ale liczbowo rzecz jest nie do obrony — liczba potrzebnych pracowników o wykształceniu humanistycznym jest bez porównania większa od liczby potrzebnych „ścisłowców". Nie przeszkadzało to (w poprzednim ustroju) w popieraniu kształcenia inżynierów i studia typu inżynierskiego były pewnym standardem: w miarę inteligentny młody człowiek bez specjalnych zainteresowań „szedł na politechnikę". Ów stan rzeczy podlewano „ideologicznym sosem", twierdząc, że technologia (czyli studia inżynierskie) to działalność materialna, czyli materialistyczna, a więc jedynie słuszna. A my, przedstawiciele nauk ścisłych, wykorzystywaliśmy koniunkturę na edukację w zakresie nauk przyrodniczych. Oczywiście nam to zapamiętano i teraz, gdy przyszła koniunktura na nauki humanistyczne, to nie popierani przez dawną władzę[1] humaniści mniej lub bardziej delikatnie dążą do ograniczenia „nauk dawnego ustroju". Oczywiście niesłusznie, bo nauki przyrodnicze nie są naukami żadnego ustroju i mają swoje niezależne od ideologii

[1]Trudno o stwierdzenie „gnębieni", bo... w rzeczywistości przedstawiciele nauk przyrodniczych nie byli traktowani lepiej niż humaniści i ogólnie rzecz biorąc, wszystkie nauki nie były w zbytniej cenie. I tu już z pełnym żalem można zauważyć — niechęć do nauki, wykształcenia i porządnej działalności intelektualnej była, jest i nie widać powodów, by nie miała pozostać, powszechna. I to niezależnie od ustroju. Tzw. „ludzie czynu", czyli mówiąc bez eufemizmów dążący do kariery administracyjnej, nie mają powodu cenić solidnej wiedzy. Obdarzeni nią zawsze mogą wskazać na błędy zarządzających, co bodaj w nikim nie wzbudza zachwytu. A zarządzający zajęci walką o wpływy i stanowiska w oczywisty sposób nie mają czasu na solidne studia — doba ma 24 godz. i albo poświęcimy je na karierę, albo na studia. Platoński pomysł o studiowaniu do późnego wieku i zajęcie się władzą na starość jest w oczywisty sposób niepraktyczny. Stąd należy sądzić, że zawsze będą tendencje do „umiarkowanego kształcenia". Wynika z tego, że obecne studia w szkołach „typu prywatnego" są wprawdzie pewnym wynaturzeniem, ale znowu nie tak wielkim i niespodziewanym, jak by się na pierwszy rzut oka wydawało.

znaczenie edukacyjne i kulturowe. Ale nie możemy mieć do nich pretensji. Tak jak my wykorzystaliśmy naszą koniunkturę, tak i oni wykorzystują swoją. W zasadzie bowiem humaniści po prostu walczą o wielkość swojego miejsca w edukacji, a ponieważ my robimy to mniej skutecznie, w praktyce wychodzi na to, że ich sukcesy odbywają się naszym kosztem. Dodajmy też uczciwie, solidnie naszym kosztem. W tej chwili obowiązkowy przydział godzin na fizykę w całym ciągu edukacyjnym wynosi 7 godzin — 4 w gimnazjum i 3 w liceum. Z końcem lat 70. analogiczny przydział godzin w samej tylko szkole podstawowej wynosił osiem! Aby nie było wątpliwości, warto wyjaśnić, co oznacza użyta jednostka. Otóż „godzina" jest tu rozumiana jako jedna lekcja w tygodniu przez rok. Tym samym cztery godziny w trzyletnim gimnazjum to dwa lata z jedną godziną tygodniowo i jeden rok nauki z dwiema tygodniowo (lub dwa lata po dwie lekcje z brakiem fizyki w jednym roku itp.; w latach 70. były dwie lekcje w klasie szóstej i po trzy w siódmej i ósmej, czyli razem osiem). Tak więc pierwszym powodem ograniczania nauk przyrodniczych w szkole jest konkurencja innych przedmiotów. Drugim jest naturalna trudność nauk matematyczno-fizycznych. Nauki te są trudne. Wiedzą o tym wszyscy i odbija się to bardzo wyraźnie w szkolnym folklorze. Nie ma dowcipów o „klasówkach z polskiego czy historii", choć w praktyce wzbudzający w uczniach postrach nauczyciele tych przedmiotów zdarzają się równie często, o ile nie częściej, niż w przypadku fizyki i matematyki. Niemniej jednak geografia i WOS uchodzą za łatwe, a fizyka i matematyka za trudne. Dlatego każdy temat z tych przedmiotów usunięty z programu uchodzi za znaczną ulgę dla ucznia, gdy skreślenie nawet znacznych partii materiału z przedmiotów humanistycznych za taką ulgę nie zastaną uznane. Jest więc naturalna tendencja, by właśnie w naszych dziedzinach poszukiwać możliwości odciążenia uczniów. Trzeci powód jest jednak (wg mnie) najważniejszy, a jednocześnie dla nas, związanych z tymi naukami, najprzykrzejszy. I właśnie on będzie tematem dalszych rozważań. Otóż to, czego naucza się w polskich szkołach pod nazwą „fizyka z astronomią" jest w praktyce tym samym, czego nauczano w ramach przedmiotu „fizyka" w latach 70. (i wcześniej). Wprawdzie pewne hasła usunięto, a zawartość treściową innych ograniczono, jednak zasadniczy trzon pozostał ten sam. Mimo dodania w tytule członu „z astronomią" pozostała to czysta fizyka z przeznaczeniem dla jej praktycznego użytkownika. To ostatnie oznacza, że wiedza przekazywana w szkole jest praktycznie użyteczna dla przyszłego studenta politechniki. W ramach fizyki szkolnej przekazuje się materiał, który po pewnym uzupełnieniu w zakresie treści, a przede wszystkim aparatu matematycznego jest podstawą zastosowań technicznych. Pojawia się więc w szkole mechanika z nastawieniem na opanowanie podstawowych pojęć i metod rachunkowych, termodynamika jako wstęp do rachunków dotyczących zastosowań technicznych, a więc przede wszystkim silników cieplnych oraz elektryczność i magnetyzm jako wstęp zrozumienia działania urządzeń elektrycznych. I jak się zdaje, nauczyciele fizyki wierzą, że taka właśnie ich rola — wyjaśnić uczniowi zasady działania codziennie używanych urządzeń i przygotować do studiów technicznych. Nic więc dziwnego, że astronomia jest traktowana jak „kwiatek do kożucha" — w końcu tematy astronomiczne w kontekście technicznym można traktować co najwyżej jak niewiele znaczące ciekawostki. Można do tego jeszcze dodać, że znaczna część nauczycieli po prostu astronomii nie zna. Nie mieli jej na studiach, a przeciętny nauczyciel nie widzi żadnego powodu, by się uczyć[2]. Do tego, mając zbyt szczupły przydział godzin, i tak musi coś opuścić. Opuszcza więc (statystycznie rzecz biorąc) astronomię. Niestety, to co było dobre 30 lat temu, obecnie nie ma uzasadnienia. Mówiąc prosto, nie ma zainteresowanych takim rodzajem fizyki. Procentowo młodych ludzi zainteresowanych techniką jest niewielu, a i tym nielicznym fizyka według mody z lat 70. może co najwyżej te zainteresowania obrzydzić. To ostatnie ze względu na postęp techniczny. Jeszcze ćwierć wieku temu młodego Polaka otaczały względnie prymitywne wytwory techniki, których zasady działania można było poznać na lekcjach fizyki. Współczesna technika to czarne skrzynki z taką czy inną klawiaturą, a jej „zrozumienie" to przede wszystkim obsługa tej klawiatury. Co w czarnej skrzynce z jednej strony większości nie interesuje, a z drugiej jest absolutnie poza zasięgiem nauki na poziomie szkolnym. Pozostaje więc poznawanie *de facto* XIX-wiecznej techniki, takiej jak sieć wodociągowa, kuchenka elektryczna czy silnik z zapłonem iskrowym. Taka tematyka zainteresować raczej nie może. Jeżeli jeszcze dodać fakt, że ćwierć wieku temu urządzenia dnia codziennego reperowało się, a obecnie się wyrzuca lub w przypadku względnie nielicznych i bardzo drogich urządzeń oddaje do wyspecjalizowanych zakładów, to widać, że fizyka, pozostając przy uczeniu zasad działania urządzeń i to w dużej mierze „w celu umiejętności naprawy", po prostu popełnia samobójstwo. A połączona związkiem administracyjnym z astronomią wciąga w to także astronomię.

Jeżeli więc jesteśmy zainteresowani utrzymaniem zagadnień astronomicznych w świadomości społecznej (a bez tego w krajach demokratycznych finansowanie wysycha!), musimy próbować coś z tym zrobić. Tu z pewną satysfakcją można stwierdzić, że astronomia radzi sobie stosunkowo dobrze. Mam tu na myśli przede wszystkim popularyzację. Przeglądając czasopisma popularnonaukowe łatwo stwierdzić, że popularyzacja nauk matematyczno-przyrodniczych to przede wszystkim popularyzacja astronomii. Podobnie jest z książkami. Na każdą książkę popularyzującą fizykę wypadnie kilka dotyczących astronomii. Od tej strony zrobiono i robi się nadal wszystko, co tylko można. Pozostaje więc problem miejsca astronomii w szkole. Żywotnie zainteresowani miejscem astronomii w świadomości społecznej (wspomniane już finanso-

[2]Skądinąd... słusznie. W końcu być może trochę brutalna, ale prawda jest taka, że człowiek pracuje za pieniądze. I powinien jak najlepiej wykonywać te swoje obowiązki, **za które mu płacą**. Jak wiadomo, nauczyciel awansuje za sukcesy pedagogiczne. Za żaden rodzaj samokształcenia w dziedzinie, której naucza, w tym np. pracę naukową, nauczycielowi **nie płacą**. Za zrobienie doktoratu można (ale nie ma konieczności) przyznać nagrodę i to wszystko. Jest więc czymś głęboko rozsądnym, będąc nauczycielem, zapomnieć o samokształceniu. Inna rzecz, że owocuje to rodzajem schizofrenii polegającej na wymaganiu od ucznia tego, czego samemu się nie robi.

wanie!) powinniśmy się starannie przyglądać stanowi „szkolnej astronomii".

Z pewnych względów[3] musiałem przeczytać i to dość uważnie przeważającą większość istniejących podręczników. To, co tam znalazłem, jest naprawdę przerażające. Oczywiście ogromna liczba błędów rzeczowych. Autorzy podręczników, będąc fizykami, zupełnie nie radzą sobie z tematyką astronomiczną[4]. Mylą pojęcia (np. gwiazdozbiór z układem gwiazd, rok gwiazdowy ze zwrotnikowym), podają błędne wartości liczbowe (dane dotyczące gwiazd, planet, planetoid, odległości itp.) i powielają niczym nie uzasadnione legendy (o odkryciu Plutona, składzie Wszechświata, sposobach pomiaru w astronomii). Jednak duża liczba błędów rzeczowych nie jest zbyt istotna. Można by nawet stwierdzić, że liczba tych błędów jest dość umiarkowana. Niestety, głównie ze względu na ogólnie nikłą liczbę tematów astronomicznych. W projekcie nowej podstawy programowej dla liceów na szesnaście działów jest jeden dotyczący astronomii, a składa się z czterech punktów (w przeciętnym dziale jest ich osiem). Te punkty to 1. Aktywność Słońca; 2. Pomiar odległości metodą paralaksy; 3. Hierarchiczna budowa Wszechświata; 4. Hipoteza Wielkiego Wybuchu. Pomijając już to, że pierwsze dwa punkty są oznaczone gwiazdką, czyli do realizacji „w zakresie rozszerzonym" za wiele tych treści nie ma. Ale znowu nie to stanowi prawdziwy problem. Prawdziwy problem to ich wybór. Jak widać „niesłychanie reprezentatywny". Szczegóły bez zasadniczego znaczenia (jedna z cech jednej gwiazdy, jeden nie najważniejszy rodzaj pomiaru odległości, jedna, w pewnym sensie wątpliwa, cecha Wszechświata i jedna hipoteza). Można by sądzić, że mamy do czynienia z przypadkową wpadką. Przypadkową, bo cała podstawa programowa wydaje się być jedną wielką wpadką, ale niestety to nieprawda. Przeglądając istniejące podręczniki, a więc twory powstałe na podstawie poprzedniej zupełnie innej podstawy programowej, znajdziemy to samo. Wybór treści astronomicznych nie dość, że bardzo skromny, to jeszcze jest absolutnie niereprezentatywny i warto podkreślić — absurdalnie szczegółowy. Autorzy podręczników są w stanie zacytować dziesiątki szczegółów bez znaczenia, nie podając istotnych informacji. Znajdziemy więc szczegóły danych dotyczących planet (warto dodać często niezbyt aktualne), a braknie stwierdzenia o zasadniczej różnicy między planetami grupy Ziemi a gazowymi olbrzymami. Znajdziemy kilkanaście reakcji cyklu proton-proton i ani słowa o wydajności tej reakcji, czasie życia gwiazdy czy choćby o problemie neutrin. Podobnie i z „przyrządami astronomicznymi": opis kilku typów teleskopów i ani słowa o tym, do czego miałyby służyć[5]. I tu, jak się wydaje, „leży pies pogrzebany". Zarówno nauczyciele, jak i autorzy podręczników wydają się nie zadawać sobie pytania „po co?". Nie znając odpowiedzi na to pytanie, wybierają z możliwych do zaprezentowania w szkole te treści, które intuicyjnie wydają się im „ważne". I jeżeli jeszcze w przypadku dobrze im znanej dziedziny, jaką jest fizyka (są prawie wszyscy fizykami) jakoś trafiają (nierewelacyjnie), to w przypadku astronomii dostajemy karykaturę tej nauki.

Głównym grzechem w stosunku do astronomii wydaje mi się nieumiejętność opisu rzeczywiście istniejących obiektów. Czytając podręczniki fizyki, zauważyłem (wcześniej by mi to nigdy nie przyszło do głowy!), że fizycy szkolni traktują omawiane na kartach szkolnych podręczników modele jako „prawdziwą rzeczywistość". W takim podejściu nie ma oczywiście mowy o wyróżnieniu np. „ważniejszych i mniej ważnych cech" — model jest kompletny i nie może być pozbawiony jakichś cech bez utraty swej tożsamości. Zupełnie inaczej jest z realnie istniejącym przedmiotem. Tu do dobrego opisu trzeba przede wszystkim selekcji cech na te istotne i godne uwagi, i te przypadkowe, które wprawdzie istnieją, ale ich omawianie jest czystą strata czasu. W tym kontekście nie dziwi, że astronomia w podręcznikach geografii ma się w pewien sposób lepiej. Wprawdzie jest „czystą opisówką", ale dobór treści jest lepszy (choć czasem błędy dla przedstawiciela nauk ścisłych bardziej absurdalne). Po prostu geografowie obcują w swej nauce z rzeczywistością i radzą sobie z nią w sumie chyba lepiej od fizyków. I to podejście fizyków (szkolnych!) jest chyba przyczyną powodzi szczegółów w podręcznikach — po prostu autor-fizyk nie

[3]Przypadkowo jeden ze znajomych wciągnął mnie do Komisji powołanej w Polskiej Akademii Umiejętności, a mającej na celu ocenę istniejących podręczników. W ramach obowiązków wynikających z tego czytam i opiniuję dla potrzeb Komisji podręczniki fizyki (z astronomią) i czasem geografii (w części dotyczącej astronomii).

[4] Można dodać: nie tylko. W jednym z podręczników przeznaczonych dla szkół zawodowych jest cały rozdział (a więc nie można mówić o błędzie w wyniku roztargnienia!) opowiadający o tym, jak to ktoś chciał zmienić położenie mebli w mieszkaniu i po kilku godzinach przestawiania ich z wielkim wysiłkiem dochodzi do wniosku, że początkowe położenie było najlepsze. Pytanie, jaką pracę (oczywiście w sensie fizycznym, bo przecież podręcznik do fizyki) wykonał ów przestawiacz. Według autora podręcznika zerową! Podobnie jest i w innych podręcznikach. W podręcznikach historii zdarza się nie tylko to, że bitwy wygrywają nie ci, co rzeczywiście wygrali, ale nawet nie ci, co w nich walczyli (najbardziej utkwiło mi to (bo sam znalazłem w trakcie kilkuminutowego przeglądania książki!), że w jednym z podręczników do historii, w bitwie pod Stamford Bridge walczy Wilhelm Zdobywca; w rzeczywistości walczyli król Anglii Harold i król Norwegii Harald Hardrada (wygrał Harold); zdarzenie dotyczy Anglii i roku 1066, więc wszelkie „polityczne" przyczyny pobytu Wilhelma w północnej Anglii są wykluczone).

[5]Powyższe wyliczenie może sugerować niezmierną obfitość treści astronomicznych w podręcznikach. Niestety to nieprawda — przykłady pochodzą z wielu różnych podręczników i oczywiście w żadnym z nich nie występuje zbyt duża część wspomnianej tematyki.

umie zdecydować co ważne i ogólne, a co jest szczegółem.

Drugim i równie absurdalnym (też bez lektury licznych podręczników szkolnych by mi to do głowy nie przyszło) grzechem jest... obojętność na rzeczywistość. Autorzy podręczników szkolnych, żyjąc w platońskim świecie modeli, wydają się zupełnie nie przejmować zgodnością podawanych informacji z rzeczywistością. Spotykamy więc siłownie statków handlowych o mocy rzędu 10^5 koni mechanicznych (w rzeczywistości kilka tysięcy), karabiny strzelające pociskami o prędkości 2 km/s (w rzeczywistości najszybsze nieco ponad kilometr, a typowe kilkaset metrów) czy motorówki o prędkościach 150 km/h (jako „typowe"). To wszystko w ramach przykładów, zadań, uwag na marginesie, ale jednak. Czytając szkolny podręcznik fizyki, odnosi się nieodparte wrażenie, że jego autor nie utrzymuje zbyt bliskich kontaktów z rzeczywistością. W przypadku szkolnej fizyki problem jest mało istotny — świat modeli na wartości liczbowe jest mało czuły (i chyba stąd ów brak zainteresowania wartościami liczbowymi u fizyków). W przypadku astronomii jest jednak wprost przeciwnie. Ciała astronomiczne realnie istnieją i „gwiazda" o masie mniejszej niż pewna wartość, po prostu nie jest gwiazdą. A takie właśnie rzeczy w podręcznikach się zdarzają (nawet z nazwą realnie istniejącej gwiazdy — Vegi). Nie tylko w podręcznikach. Na ostatniej maturze było zadanie „z gwiazdą", której prędkość liniowa zewnętrznej warstwy na równiku przekraczała i to solidnie prędkość światła. Reakcja środowiska fizycznego była... umiarkowana. Poza Naczelnym „Fizyki w szkole", chyba (nie wiem, nie śledziłem zbyt dokładnie) nikt nie protestował. Warto zauważyć, że działo się to w sytuacji, gdy Ministrem Edukacji był fizyk! Tak więc kontakt fizyki szkolnej z rzeczywistością nie jest najlepszy. W tym miejscu można dodać, że fizyka w wydaniu szkolnym jest nauką niespecjalnie ilościową — widać zdecydowaną tendencję do ograniczania matematyki i do zastępowania opisu ilościowego „machaniem rękami", czyli opowieściami z użyciem możliwie „swobodnego i zrozumiałego przez dzieci" języka (przy jednoczesnej tendencji do... przerostu nomenklatury p. np. problem nazw „szybkość" i „prędkość"). W astronomicznych częściach owocuje to przejściem z podejścia przyrodniczego do opisówki, jak już wspomniano zwykle niezbyt udanej (i przerostu nazewnictwa typu: meteoroid, meteor, meteoryt).

Jak z tego widać, astronomia na małżeństwie z fizyką w szkole nie wychodzi dobrze. Nie tylko, że liczba tematów jej poświeconych zostaje drastycznie ograniczona, ale co gorsza tematy te są źle opracowane (i pewnie jeszcze gorzej realizowane), dziedzicząc po szkolnej fizyce wszystkie jej fatalne cechy, a więc brak reprezentatywności, nadmiar szczegółów, zubożenie intelektualne (brak odpowiedniej formy matematycznej) i w końcu „odjazd" w stronę nieistniejącej abstrakcji (nierealne wartości).

Po przeczytaniu kilkudziesięciu podręczników, w tym i tych zupełnie poprawnych, dochodzę do wniosku, że takiej fizyki po prostu nie chciałbym się uczyć. Nie dziwię się więc i uczniom nie chcących się tego uczyć i reformatorom dążącym do eliminacji fizyki ze szkoły. Pozostaje jednak problem, co zrobić. Bo nauki przyrodnicze, przede wszystkim fizyka i astronomia, to jeden z fundamentów wykształcenia. Po usunięciu tego fundamentu gmach wykształcenia się zawali, a przynajmniej tak „przekrzywi", że znaczna część walorów po prostu z niego wypadnie (i bez tych walorów młodzi Polacy będą mniej chętnie zatrudniani). Fizykom się chyba wiele wyjaśnić nie uda (próbowałem!). Pozostaje zażądać, by astronomii przydzielono pewne minimum tematów. Jeżeli cała fizyka szkolna w liceum około 100 jednostek lekcyjnych, to jeżeli to ma być „fizyka z astronomią", niech astronomii będzie tych 10-15 jednostek. I tu należałoby podejść do problemu poważnie. Przemyśleć, jakie to powinny być tematy i jak opracowane, by z jednej strony pokazać piękno nauk przyrodniczych, z drugiej pokazać ich znaczenie poznawcze, a z trzeciej (najważniejszej, bo tego właśnie najbardziej brakuje fizyce) pokazać walor intelektualny nauk przyrodniczych. To ostatnie sprowadza się do pokazania, w jaki sposób należy prowadzić działalność[6] (jakąkolwiek, bo... w końcu jak wyjaśnimy uczniom standard obowiązujący w badaniu gwiazd, to będzie on już jako dorosły człowiek wiedział, jaki standard obowiązuje przy planowaniu hodowli pietruszki). No i by w tych tematach zawrzeć jakiś reprezentatywny ogląd naszej nauki. I w końcu gdyby przedstawić takie krótkie a dobrze opracowane minimum programowe z astronomii, to może i fizycy mieliby z czego zaczerpnąć wzór i stworzyliby coś, co byłoby pożyteczne dla dzieci. I dla nas, bo gdy fizyka zniknie ze szkoły i dla astronomii nadejdą złe czasy. Tym samym na koniec tych niezbyt miłych rozważań proponuję zastanowić się i może zaproponować (myślę, że „Urania" nie odmówi na ten cel swoich łamów) taki program minimum. Na pewno za pierwszym podejściem i z udziałem tylko jednego autora program nie będzie doskonały. Ale w wyniku dyskusji nad kilku różnymi „przymiarkami" może uda się coś dobrego uzyskać.

[6] Według mojego, oczywiście subiektywnego, odczucia sprowadza się to do dwu reguł. Pierwsza z nich to konieczność ilościowego podchodzenia do każdego problemu. Czyli na przykładzie bankowym, o tym, czy opłaca się lokować pieniądze w dany interes decyduje kombinacja odsetek, opłat manipulacyjnych, czasu trwania interesu i innych podobnych czynników, a którą to kombinację należy wyliczyć. Drugą regułą jest liczenie się z rzeczywistością, czyli w przypadku banku to, czy istniejący realnie bank usługę o żądanych przez nas własnościach realizuje i jakim innym (np. wysokością ryzyka bankructwa) kosztem. I znowu osobiście i odpowiednio subiektywnie uważam, że nauczają tego (wspomnianych reguł) porządnie prowadzone nauki przyrodnicze, takie jak fizyka i astronomia. Bowiem w tych naukach nie jest istotne, że jakiś czynnik działa. Istotne jest, jak jest wielki. A z drugiej strony nieważne jest, jak piękną koncepcję wymyślimy. Ważne, czy odpowiada ona rzeczywistości. Jeżeli nawet nam coś się bardzo nie podoba, to jeżeli jest to rzeczywiste, musimy się z tym pogodzić. Jak widać, uważam, że wiedza, może nie tyle przyrodnicza, ale wynikająca ze znajomości nauk przyrodniczych, jest użyteczna nie tylko przyrodnikom, ale i każdemu, w tym korzystającemu z usług bankowych. I tego bym (całkowicie subiektywnie) chciał, by nauczano na lekcjach fizyki z astronomią.

Dr Jerzy Kuczyński jest pracownikiem Planetarium Śląskiego w Chorzowie. Oprócz uprawiania dydaktyki fizyki i astronomii zajmuje się również popularyzacją astronomii. Jego zainteresowania naukowe dotyczą głównie teorii pola i kosmologii

Kopernik odnaleziony?

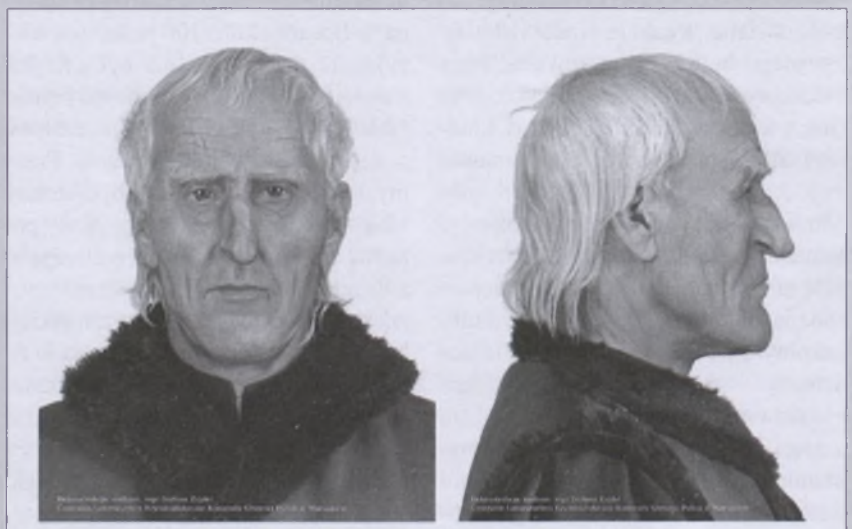
Towarzystwo Naukowe w Toruniu zorganizowało 12 grudnia 2005 r. dyskusję panelową poświęconą bardzo nagłośnionemu ostatnio odkryciu archeologów z Wyższej Szkoły Humanistycznej im. Aleksandra Gieysztora w Pułtusku — czaszce Mikołaja Kopernika. Według archeologów (prof. Gąssowski) i antropologów (prof. Piasecki ze Szczecina) istnieje duże prawdopodobieństwo (97%?), że wydobyte szczątki należą do Wielkiego Astronoma. Na czaszce wykryto m.in. uraz kości nad oczodołem, który widoczny jest też na najstarszych portretach Kopernika. Antropologowie ustalili, że czaszka należy do ok. 70-letniego mężczyzny, a więc odpowiada wiekowi Kopernika w momencie śmierci.

W toruńskim panelu udział wzięli: prof. Janusz Małłek z Instytutu Historii i Archiwistyki UMK w Toruniu, dr Jerzy Sikorski z Olsztyna, badacz biografii Wielkiego Astronoma, dr Tomasz Grochowski z Zakładu Medycyny Sądowej Collegium Medicum UMK w Bydgoszczy i prof. Krzysztof Mikulski, badacz dziejów epoki Kopernika, dyrektor Instytutu Historii i Archiwistyki UMK, który Sesję prowadził. Zapowiedziany udział prof. Wojciecha Chudziaka, archeologa, ze względu na jego chorobę, nie doszedł do skutku.

Dr Jerzy Sikorski znalazł się wśród uczestników tego spotkania nieprzypadkowo. To właśnie on wskazał na potencjalne miejsce pochówku Kopernika w katedrze fromborskiej. W swoim wystąpieniu przypomniał dzieje badań nad miejscem pochówku Kopernika — od błędnego (jego zdaniem) miejsca umieszczenia pierwszego epitafium poświęconego astronomowi za czasów biskupa warmińskiego Marcina Kromera (37 lat po śmierci Kopernika), aż po niedocenione w momencie ich opublikowania wyniki badań Hansa Schmaucha z lat 40. XX w. Ten ostatni ustalił, że kanonicy warmińscy byli grzebani pod przydzielonymi im w momencie przyjmowania do kapituły ołtarzami. Jednak na skutek krytyki tego poglądu przez współpracującego z archeologami niemieckimi Eugena Brachvogela oraz przede wszystkim niespokojnych lat wojennych, dyskusja nad tym problemem została przerwana. Do koncepcji niemieckiego uczonego powrócił po latach dr Jerzy Sikorski. Jego publikacje na ten temat nie wzbudzały jednak początkowo zainteresowania wśród archeologów i gospodarzy katedry fromborskiej. Dopiero w ostatnich latach stały się one podstawą podjęcia poszukiwań przez ekipę prof. Gąssowskiego, uwieńczonych opisanym wyżej sukcesem.

W dyskusji wywołanej wystąpieniem dra Sikorskiego w zasadzie zgodzono się z właściwym doborem miejsca prac wykopaliskowych. Prof. Małłek zastanawiał się tylko, czy można całkowicie odmówić członkom kapituły pamięci o pochówku astronoma 30 lat po jego śmierci. Wskazywał też na możliwość zmiany ołtarza przez Kopernika w trakcie pełnienia godności. Zabierający głos raczej podważali tak wielką pewność odkrycia, prezentowaną przez członków „fromborskiej" ekipy archeologów. Sam dr Sikorski wskazał m.in., że nie dokonano eksploracji całego otoczenia ołtarza, badania przerwano w połowie możliwego obszaru poszukiwań. Prof. Karol Śliwka z Collegium Medicum UMK wskazał na małą dokładność pomiaru wieku metodą antropologiczną — czaszka przypisana Kopernikowi mogła należeć też do osoby nieco młodszej, a taka wśród jego następców przy badanym ołtarzu wystąpiła. Prof. Józef Flik z Wydziału Sztuk Pięknych UMK, który konserwował najstarszy toruński obraz Kopernika, wyraził pogląd, że z przedstawionej obecnie rekonstrukcji twarzy astronoma najbardziej podobna do wizerunku z obrazu jest dolna jej część (dolna część żuchwy), która jednak jest tylko wytworem fantazji autorów wizerunku, gdyż akurat tej części czaszki nie odnaleziono. Prof. Flik wskazał też na inne wizerunki Kopernika, być może starsze i z większym prawdopodobieństwem przedstawiające astronoma (np. obraz z wieży ratusza ze Strasburga).

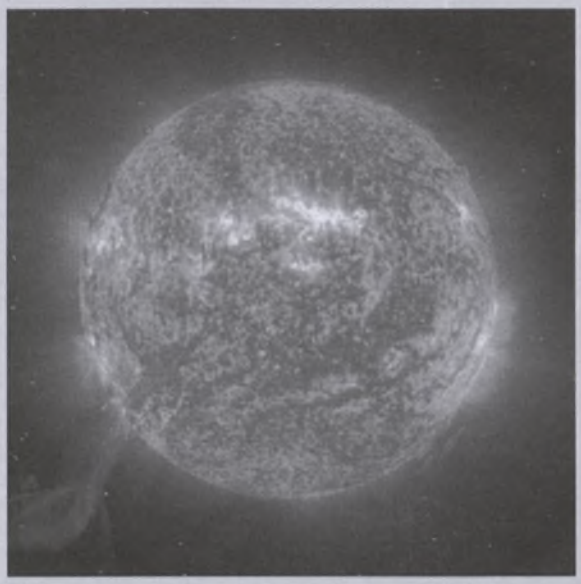
Uczestnicy panelu zastanawiali się też, w jaki sposób można uprawdopodobnić odkrycie Gąssowskiego. Dr Tomasz Grzybowski, w swoim dłuższym wystąpieniu, wskazał na duże możliwości identyfikacji osób poprzez badania mitochondrialnego DNA. Jest ono dziedziczone w niezmiennej w zasadzie formie w linii macierzystej. Gdyby więc znaleźć potomkinie sióstr lub ciotek Kopernika, żyjące współcześnie, można by przeprowadzić badania porównawcze. Badaniom tym można byłoby poddać też szczątki najbliższego krewnego Kopernika — pochowanego też



Rekonstrukcja domniemanej głowy Mikołaja Kopernika wykonana w Centralnym Laboratorium Kryminalistycznym Komendy Głównej Policji w Warszawie przez nadkomisarza Dariusza Zajdla

SOHO ma już 10 lat!

2 grudnia 2005 r. minęła 10 rocznica startu słonecznego obserwatorium kosmicznego SOHO (Solar and Heliospheric Observatory). Podstawowym celem obserwatorium jest badanie Słońca i ciągłe monitorowanie jego aktywności, co pozwala lepiej zrozumieć związki zachodzące między Słońcem a Ziemią. Jest



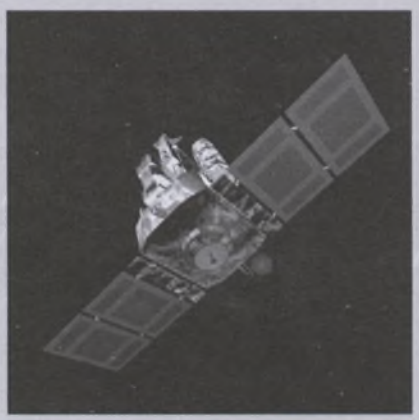
Jedno z wielu zdjęć fotosfery dostarczonych przez SOHO

to wspólny instrument Amerykańskiej Agencji Kosmicznej NASA i Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA. Początkowa masa całkowita satelity wynosiła prawie 2 t, a masa aparatury badawczej przeszło 600 kg.

Obserwatorium SOHO zostało wyniesione w Kosmos z przylądka Canaveral na Florydzie za pomocą rakiety Atlas II-AS i umieszczone w „punkcie" równowagi grawitacyjnej między Słońcem a Ziemią, w tzw. punkcie Lagrange'a L1, w odległości 1,5 mln km od Ziemi. Pomimo uszkodzenia gyroskopu w 1998 r. i głównej anteny w 2003 r. ekipom naziemnym udało się tak przeprogramować komputery pokładowe, aby dostatecznie dobrze ustabilizować zachowanie się satelity w przestrzeni i wykorzystać antenę pomocniczą do przesyłania ogromnego strumienia informacji uzyskiwanych przez aparaturę na pokładzie SOHO do współpracujących laboratoriów na Ziemi. Obecnie przewiduje się utrzymywanie tej stacji kosmicznej w aktywnym życiu do 2007 r., co znaczy, że będzie pracowała o 10 lat dłużej niż początkowo planowano. Ale w ten sposób obejmie swymi obserwacjami cały 11-letni cykl słoneczny. Obserwacje Słońca są prowadzone przez aparaty SOHO głównie w rentgenowskiej i ultrafioletowej części widma. Są wykorzystywane m.in. do prognozowania stanu Słońca i pogody kosmicznej, tak bardzo ważnej w wielu podróżach kosmicznych nie tylko człowieka, ale też coraz bardziej delikatnej i czułej aparatury, którą różne agencje kosmiczne przygotowują i umieszczają w na orbitach okołoziemskich dla badania Kosmosu.

SOHO stało się też stacją kosmiczną najbardziej efektywną w odkrywaniu komet, zwłaszcza komet przechodzących w pobliżu Słońca, które na ogół już nigdy więcej nie ukażą się nam, bo spadają do atmosfery Słońca i tam giną. Liczba odkrytych komet sięga już niemal 1100, a w tym dziele znaczny udział mają miłośnicy astronomii: obrazy Słońca i jego bliskiego otoczenia uzyskane przez koronograf LASCO na pokładzie SOHO są niemal w czasie rzeczywistym umieszczane w Internecie na stronach SOHO i są dostępne dla wszystkich chętnych na całym świecie do uważnego przeglądu i analizy. I w ten sposób wielu uważnych obserwatorów może poszczycić się mianem odkrywcy komety przy pomocy stacji kosmicznej SOHO.

(*aw*)



Fot. SOHO (ESA & NASA)

w katedrze fromborskiej — jego wuja Łukasza Watzenrode. Nie zostały one jednak dotąd odkryte — istnieją przesłanki, że znajdują się w jednej z krypt pod prezbiterium katedry. Dr Sikorski był w 1954 r. w krypcie, gdzie byli pochowani późniejsi biskupi warmińscy. Zapewne w pobliżu znajdują się szczątki wuja astronoma. Ale też trzeba dysponować (nieskażonym cudzym DNA) wyjściowym materiałem badawczym (szczątkami Kopernika), a takiego raczej nie posiadamy.

Można więc, podsumowując toruńską debatę nad wagą odkrycia we Fromborku, stwierdzić, że teza o niewątpliwym odkryciu czaszki Mikołaja

Na zdjęciu obok ołtarz, pod którym archeolodzy szukali grobu Mikołaja Kopernika

Kopernika jest być może przedwczesna. Ponieważ istnieją jednak poważne przesłanki dla jej potwierdzenia lub odrzucenia w trakcie dalszych badań, nie można tego faktu lekceważyć. Trzeba oczekiwać na dalsze efekty badań genealogicznych, archeologicznych, medycznych i innych (np. dendrochronologicznych, metoda węgla C-14 itp.) nad domniemanymi szczątkami Kopernika i mitochondrialnym DNA jego potencjalnych bliższych i dalekich krewnych.

Krzysztof Mikulski

Kwartet Roberta

Tę grupkę galaktyk zaliczono w poczet tzw. zwartych grup w roku 1977 pod nazwą Rose 34. Mniej poetyckie jej oznaczenie, AM 0018-485, pochodzi z opracowanego 10 lat później Katalogu Południowych Osobliwych Galaktyk i Asocjacji. Nic dziwnego, że tak efektowny obiekt doczekał się bardziej popularnej nazwy, podanej w tytule niniejszej notatki. Ale kim jest ów Robert, uwieczniony w obecnej nazwie obiektu? Otóż nie pozbawieni humoru autorzy wspomnianego katalogu, Halton Arp i Barry Madore, uhonorowali w ten sposób swego współpracownika, Roberta Freedmana, któremu zawdzięczali poprawienie wyznaczeń pozycji wielu galaktyk.

Kwartet Roberta to położona w konstelacji Feniksa grupa 4 bardzo różnych galaktyk, odległa o około 160 mln l.św. Jej członkinie — NGC: 87, 88, 89 i 92 — odkrył John Herschel w latach 30. XIX w. NGC 87 (na zdjęciu 1 po prawej u góry) to nieregularna galaktyka podobna do satelitów Mlecznej Drogi — Obłoków Magellana. NGC 88 (w środku) to spirala z rozciągającą się otoczką, najprawdopodobniej gazową. NGC 89 (pośrodku na dole) to kolejna spirala z dwoma dużymi ramionami. Największa z galaktyk tej grupy — NGC 92 (po lewej) to spirala o nietypowym wyglądzie — jedno z jej ramion, rozciągnięte na około 100 tys. l.św., zostało zniekształcone przez oddziaływania z innymi galaktykami i zawiera znaczną ilość pyłu.

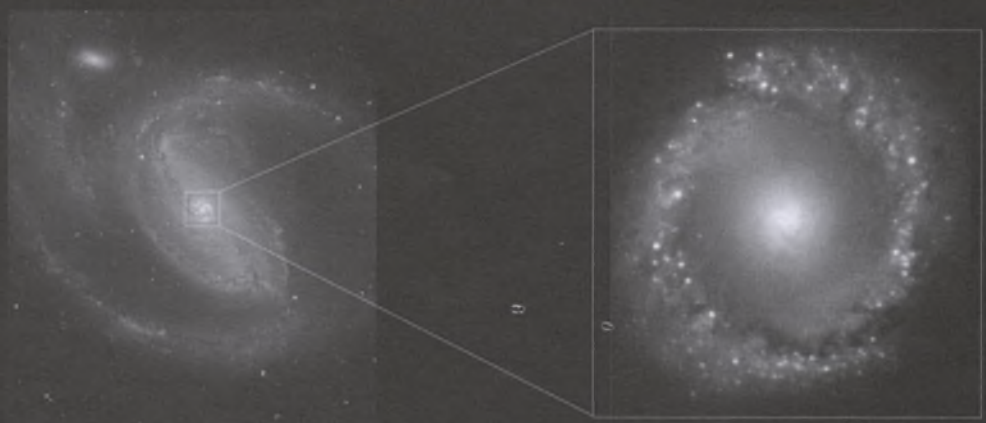
Kwartet ten to jeden z najpiękniejszych przykładów zwartych grup galaktyk. Tego typu grupy zawierają od 4 do 8 obiektów położonych w bezpośrednim sąsiedztwie, co umożliwia badanie wzajemnych oddziaływań galaktyk i ich skutków, w szczególności procesów formowania się gwiazd. Korzystając z danych uzyskanych dzięki instrumentom teleskopu VLT, astronomowie z Austrii i Włoch przeanalizowali własności obszarów aktywnego powstawania gwiazd w galaktykach należących do badanej grupy. W NGC 92 znaleźli ponad 200 obszarów HII o rozmiarach od 500 do 1500 l.św., zaś w NGC 87 zidentyfikowali 56 takich obszarów. Pozostałe dwie galaktyki są pod tym względem o wiele bardziej ubogie, choć w NGC 88 można dostrzec dwie zwarte struktury, zaś w NGC 89 — pierścień o zwiększonej aktywności gwiazdotwórczej. Ogólnie rzecz biorąc, Kwartet Roberta jest więc niewątpliwie rodziną oddziałujących ze sobą galaktyk.

Całkowita jasność tej grupy to prawie 13 mag. Wszystkie galaktyki mieszczą się w obrębie pola o promieniu 1,6 minuty łuku, co odpowiada przestrzennym rozmiarom ok. 75 tys. l.św.

(*kr*)

na rozkładówce:

Czarna dziura w Piecu

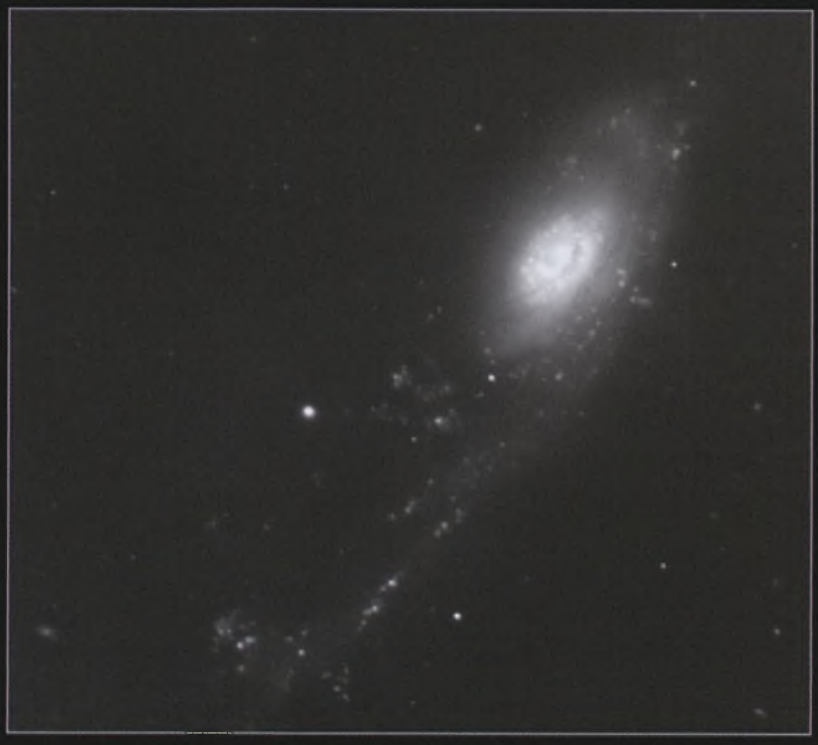


Położona w odległości ok. 45 mln l.św. w konstelacji Pieca NGC 1097 (fot. 1) to stosunkowo jasna galaktyka spiralna typu SBb. Jej towarzyszką jest widoczna w górnej części zdjęcia NGC 1097A, odległa od poprzedniej o ok. 42 tys. l.św. osobliwa galaktyka eliptyczna. Najprawdopodobniej w przeszłości te dwa obiekty mogły ze sobą wzajemnie oddziaływać.

NGC 1097 to przykład galaktyki z aktywnym jądrem. W obiektach tego typu źródłem podwyższonej emisji z centralnego obszaru jest proces akrecji materii na czarną dziurę. W przypadku NGC 1097 proces ten przebiega wyjątkowo spokojnie — jądro jest stosunkowo słabe, prawdopodobnie więc tylko niewielka ilość gazu i gwiazd ginie w czarnej dziurze. Aby dokładniej prześledzić samo zjawisko akrecji, pochodzący z Polski astronom Witold Maciejewski (obecnie Uniwersytet Oxford) oraz dwóch astronomów z Niemiec przeprowadzili obserwacje techniką optyki adaptywnej jednego z teleskopów VLT. Udało im się osiągnąć zdolność rozdzielczą 0,15 sekundy łuku, co odpowiada przestrzennej odległości ok. 30 l.św. Jak widać na uzyskanym przez nich obrazie (fot. 2), NGC 1097 posiada bardzo wyraźną poprzeczkę oraz pierścień, w którym zachodzą procesy powstawania gwiazd. Obrazy z zakresu bliskiej podczerwieni ujawniają ponad 300 obszarów powstawania gwiazd, tj. czterokrotnie więcej niż na zdjęciach wykonanych teleskopem Hubble'a. W celu ujawnienia budowy wewnętrznych obszarów, zastosowano specjalną technikę maskowania obrazu. Efekt widoczny jest na fot. 3: struktura spiralnych włókien prowadzących w kierunku niewielkiego jądra. Jak pokazują teoretyczne modele, fakt istnienia tak wyraźnej spiralnej struktury w centralnym obszarze galaktyki jest dodatkowym argumentem na rzecz istnienia w jądrze NGC 1097 supermasywnej czarnej dziury.

(*kr*)

Kwartet Roberta

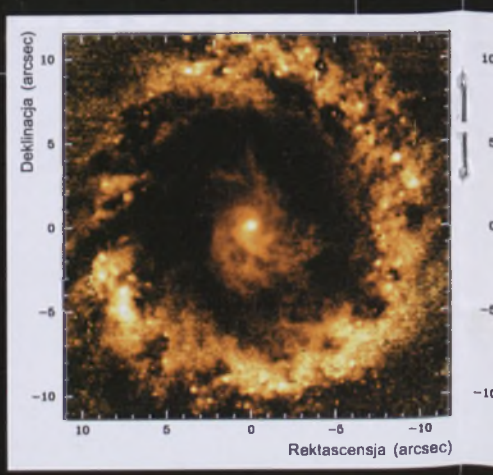


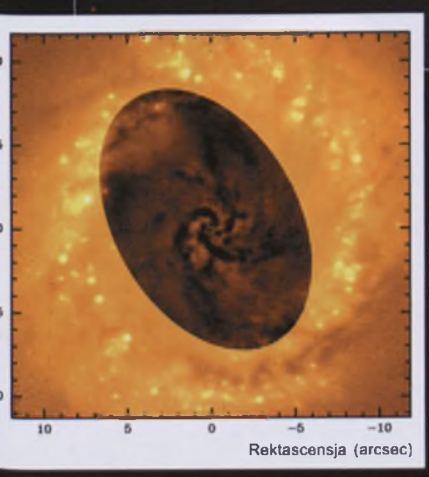
Fot. 1. Zdjęcie „rodzinne" — mozaika ekspozycji w czterech filtrach: B (czas naświetlania 8 min), V (4 min), R (3 min) oraz I (4 min); pole widzenia: 6' × 6'. Fot. ESO

Fot. 2. Obraz NGC 92 uzyskany na podstawie 6 ekspozycji z filtrem H-alfa o całkowitym czasie 72 min. Pole widzenia: 3' × 3'. Fot. ESO

Czarna dziura w Piecu

Fot. 1. Galaktyka NGC 1097 wraz ze swą towarzyszką na uzyskanej w grudniu 2004 r. mozaice obrazów z trzech filtrów: R (zakodowany barwą czerwoną, ekspozycja 135 s), V (barwa zielona, 3 min) oraz B (niebieska, 6 min); pole widzenia: 7,7 na 6,6 minut łuku. Fot. ESO





Fot. 2. Mozaika centralnego obszaru galaktyki NGC 1097. Pole widzenia — 24 × 29 sekund łuku — obejmuje obszar o rozmiarach 5500 l.św. Zdjęcie powstało z obrazów uzyskanych w filtrach J (barwa niebieska), H (zielona) i Ks (czerwona). Fot. ESO

Fot. 3. Po lewej obraz podobny jak na fot. 2, lecz tylko w filtrach J i Ks. Po prawej ten sam obszar po zastosowaniu techniki maskowania obrazu. Fot. ESO

Urania
Postępy Astronomii

Prezentujemy kolejne, wyróżnione zdjęcia przysłane na konkurs „Zdjęcie obiektów letniego nieba"

Galeria Uranii

To, odzwierciedlające ruch wirowy Ziemi z zarejestrowanym przelotem samolotu, wykonał 29.08.2005 r. Krzysztof Wątrobicz z Radziejowa. Czas naświetlania 40 min, przesłona 1/8, obiektyw standardowy. Film Fuji Superia X-TRA 800

A tu 2 spośród 10 zdjęć cyklu letnich obrazów Słońca autorstwa Dariusza Dorosza z Żabikowa k. Radzynia Podlaskiego

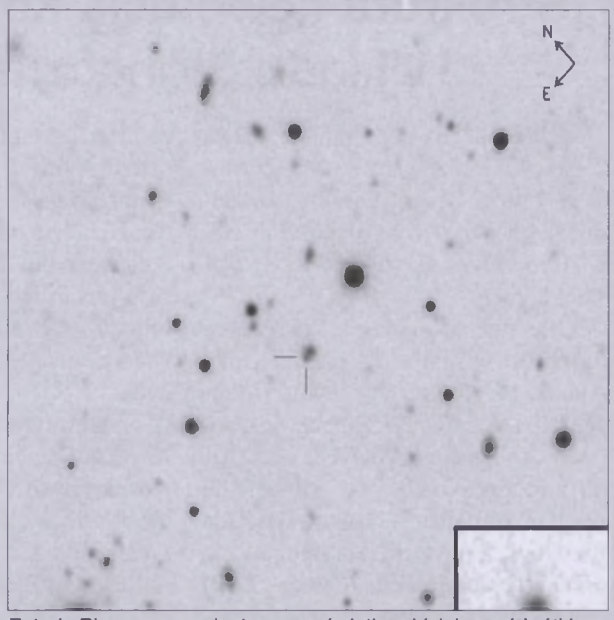
Błyski gamma na cenzurowanym

Błyski gamma — najpotężniejsze źródła energii we Wszechświecie — są od trzech dekad przedmiotem niesłabnącego zainteresowania astronomów. W ostatnich latach udało się zarejestrować towarzyszące niektórym z nich promieniowanie w innym zakresie widma. Zauważono przy tym dwoistą naturę tych zjawisk, dzieląc je według czasu trwania na krótkie (trwające ułamki sekund) i długie (powyżej 2 s). Zebrano dość przekonujące dowody na to, że długie błyski mają związek z wybuchami gwiazd supernowych (patrz „Urania-PA" 3/03, s.117). Tymczasem krótkie wciąż jeszcze wymykały się badaniom. Ale i tu odnotowano ostatnio znaczące sukcesy.

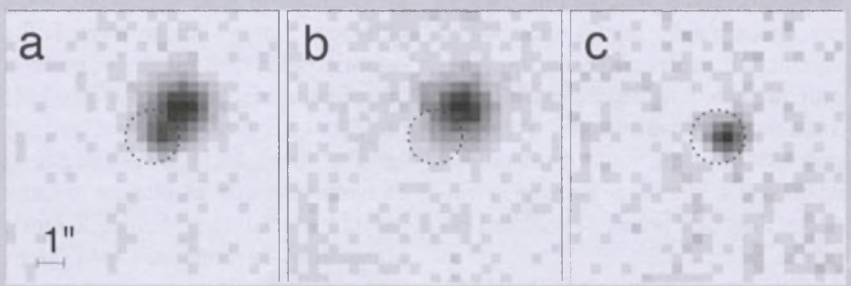
W nocy z 9 na 10 lipca satelita NASA HETE-2 zarejestrował trwający 70 ms błysk, który — dzięki obserwacjom rentgenowskim — udało się dokładnie umiejscowić na niebie. Po 33 godz. wykonano obserwacje tego obszaru nieba 1,5-m teleskopem duńskim w La Silla (fot. 1). Obrazy ukazały słabnące źródło na skraju jednej z galaktyk (fot.2). Oznaczone jako GRB 050709 źródło jest położone w odległości 11 tys. l.św. od centrum karłowatej galaktyki, odległej o 2,4 mld l.św. Pomimo tak ogromnego dystansu o macierzystej galaktyce wiadomo, że jest młodym obiektem (liczy sobie ok. 400 mln lat), w którym wciąż jeszcze zachodzą procesy gwiazdotwórcze. Jednak obserwacje przeprowadzone w ciągu 20 dni po zarejestrowanym błysku wykluczają możliwość pojawienia się w tym miejscu gwiazdy supernowej, co potwierdza hipotezę, że krótkie błyski gamma mogą powstawać w wyniku łączenia się układów zwartych gwiazd (np. neutronowych).

Podobny wniosek wyciągnięto na podstawie analizy innego zjawiska, GRB 050509B. Ten 40-ms błysk zaobserwował satelita Swift (p. „Urania-PA" 5/03, s. 202), wyznaczając przy okazji jego pozycję. Okolice błysku penetrował teleskop VLT, który pozwolił umiejscowić zjawisko w jasnej galaktyce eliptycznej odległej o 2,7 mld l.św. Ponieważ galaktyka eliptyczna raczej nie jest miejscem, w którym mogłaby wybuchnąć młoda, bardzo masywna gwiazda, potraktowano to jako kolejny argument na rzecz hipotezy zlewania się zwartych gwiazd.

Po raz kolejny historia powtórzyła się 24 lipca ub. roku: Swift zarejestrował krótki błysk GRB 050724. Z kolei obserwacje wykonane teleskopem VLT wskazały miejsce odległe o 13 tys. l.św. od centrum galaktyki eliptycznej odległej o 3 mld l.św. (fot. 3). Przeprowadzona analiza charakteru promieniowania macierzystej galaktyki wskazuje, że zawiera ona populację bardzo starych gwiazd. Więc wydaje się, że i ten przypadek potwierdza hipotezę zlewania się zwartych obiektów. Dla tego ostatniego zjawiska udało się ponadto oszacować całkowitą ilość wyemitowanej energii — jest ona od 100 do 1000 razy mniejsza niż w przypadku długich błysków gamma. Co ciekawe, około 200–300 s po zasadniczym błysku odnotowano dodatkowy, mniej wyraźny wzrost promieniowania. Jak twierdzą specjaliści, byłoby to łatwiejsze do wyjaśnienia, gdybyśmy przyjęli, że nastąpiło zlanie się gwiazdy neutronowej z czarną dziurą, a nie dwóch gwiazd neutronowych. Więcej szczegółów dla zainteresowanych w „Nature" z 15 grudnia 2005.

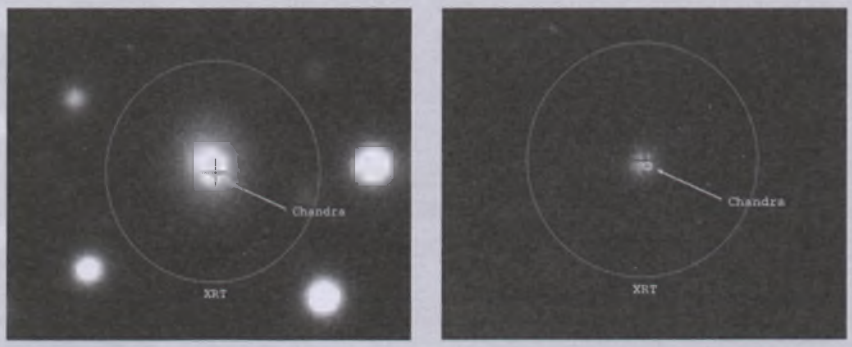


Fot. 1. Pierwsze zarejestrowane światło widzialne od krótkiego błysku gamma. Fot. ESO



Fot. 2. Zmiany jasności błysku GRB 050709. Fot. ESO

Wygląda na to, że te pierwsze udane obserwacje krótkich błysków gamma to początek całej serii obserwacji, które zapewne przybliżą nam charakter tych frapujących zjawisk. (*kr*)



Fot. 3. Obraz optyczny z teleskopu VLT otrzymany 24 lipca ub. roku, 12 godzin po rozbłysku GRB 050724. Krzyżyk po lewej wskazuje pozycję poświaty w świetle widzialnym.. Po prawej odjęte od siebie dwa obrazy tego samego obszaru, wykonane 24 i 29 lipca, wyraźnie ujawniające obecność rozbłysku. Fot. ESO

VII Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA „Struktura i ewolucja komet i innych drobnych ciał Układu Słonecznego", 14—16 X 2005

Tegoroczna konferencja została zorganizowana w Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym (MOA) w Niepołomicach, w 80 rocznicę odkrycia pierwszej polskiej komety.

Oficjalne rozpoczęcie konferencji nastąpiło w piątek 14 października o godz. 16. Konferencję otworzył Prezes PTMA, dr Henryk Brancewicz, witając wszystkich przybyłych. W związku z rozpoczynającą się równolegle w MOA konferencją Naukowego Koła Fizyków „Pozyton", zorganizowaną przez Akademię Pedagogiczną (AP) w Krakowie pt. „Modernizacja nauczania astronomii w ramach przedmiotu nauczania fizyka z astronomią", wszyscy obecni na obydwu konferencjach wysłuchali prelekcji inauguracyjnej prof. dra hab. J. M. Kreinera „Astronomia a nauki humanistyczne". Prelegent przedstawił liczne wątki astronomiczne obecne w literaturze polskiej i światowej, ilustrując prelekcję wieloma cytatami.

Właściwa konferencja SOK PTMA rozpoczęła się w sobotę 15 października o godz. 10 rano od prelekcji Prezesa PTMA, dra Henryka Brancewicza. Prezes PTMA w referacie wprowadzającym wyjaśnił, dlaczego właśnie teraz obchodzimy 80 rocznicę odkrycia pierwszej polskiej komety. Wcześniejszym polskim odkrywcą komet był oczywiście Jan Heweliusz, jednak żadna kometa przez niego odkryta nie nosi jego nazwiska. Nazwiska odkrywców komety zaczęły dostawać dopiero od końca XVIII do początku XIX w. Stąd niewątpliwie pierwszą „polską" kometą jest kometa odkryta w 1925 r. w obserwatorium na Lubomirze przez Lucjana Orkisza. W dalszej części prelekcji zostały przedstawione sylwetki pozostałych polskich odkrywców komet.

Kolejny referat pt. „Planetoidy zbliżające się do Marsa" wygłosił dr Paweł Kankiewicz (Akademia Świętokrzyska, Kielce). Prelegent przedstawił problem tzw. „Mars Crosserów", czyli planetoid, które w swoim ruchu orbitalnym zbliżają się do orbity Marsa. Poddano analizie obecność rezonansów w ruchu średnim oraz wiekowych, a także wyznaczono stabilność wybranych orbit. Zwrócono uwagę na przewidywaną ewolucję ich parametrów orbitalnych.

Następnym prelegentem był dr Krzysztof Ziołkowski (Centrum Badań Kosmicznych, Warszawa), który wygłosił referat „Ile planet ma Słońce?". Prelegent przedstawił współczesny obraz Układu Słonecznego w aspekcie nowych odkryć w Pasie Kuipera. Uważany dotąd za planetę Pluton niewątpliwie nią nie jest, będąc typowym obiektem z omawianego pasa. Kilka ostatnio odkrytych obiektów posiada także naturalne satelity. W konkluzji prelegent stwierdził, że najbardziej spójny obraz Układu Słonecznego otrzymujemy, gdy za planety uznamy jedynie Merkurego, Wenus, Ziemię, Marsa, Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna, natomiast Plutona wraz z innymi podobnymi obiektami zaliczymy do klasy małych ciał, podobnie jak wcześniej uczyniono to z planetoidami czy centaurami.

Po zakończonej sesji przedpołudniowej odbyło się zwiedzanie MOA, gdzie w tym czasie odbywały się pokazy Słońca, wykonywane za pomocą astronomicznego sprzętu dydaktycznego, prowadzone przez uczestników konferencji AP. Po obiedzie uczestnicy obu konferencji zwiedzili Muzeum Astronomii w zamku niepołomickim. Prezes PTMA, dr Henryk Brancewicz, opisał działanie wybranych przyrządów, zademonstrowano także działanie aparatury planetaryjnej. Zwiedzono także „Salę Portretową", gdzie raz w miesiącu odbywają się tzw. „Wieczory z astronomią" prowadzone przez instruktorów MOA.

Wracając na prelekcje, po drodze zwiedzono także zabytkową część Niepołomic.

Z niewielkim opóźnieniem, o godz. 16 rozpoczęła się sesja popołudniowa konferencji. Jako pierwszy wystąpił mgr Roman Ratajczak (Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań), który wygłosił referat pt. „Modelowanie sublimacji H_2O z jądra komety 46P/Wirtanen". Prelegent opracował model sublimacji wody z powierzchni jądra omawianej komety dla przypadku jądra niewirującego oraz jądra wirującego. Zostały podane oszacowania liczby sublimujących cząsteczek w funkcji odległości heliocentrycznej komety oraz położenia materii sublimującej na powierzchni jądra.

W kolejnej prezentacji mgr Monika Chudy (MOA, Niepołomice) przedstawiła działalność Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach od chwili jego powstania w 1965 r. aż po dzień dzisiejszy. Dopełnieniem omawianej prelekcji było wystąpienie Prezesa PTMA, dr. Brancewicza, świadka rozwoju MOA od jego początku.

Jako ostatni w tym dniu wystąpił dr Tomasz Ściężor (Politechnika Kra-

Mgr Marek Kubala podczas wygłaszania referatu

kowska, Kraków) z referatem „Badania *in situ* jąder kometarnych". Prelegent opisał szczegółowo wyniki wszystkich jak dotąd badań jąder kometarnych, prowadzonych za pomocą sond kosmicznych. W latach 1985—2005 zostały mniej lub bardziej dokładnie zbadane jądra komet: 21P/Giacobini-Zinner, 1P/Halley, 26P/Grigg-Skjellerupp, 19P/Borrelly, 81P/Wild 2, 9P/Tempel 1. Każde z badanych jąder różniło się od pozostałych, zarówno pod względem gęstości, porowatości, wytrzymałości powierzchni, jak i jej struktury. Jądra niektórych komet (Borrelly, Wild 2, Tempel 1) przypominają wręcz zwyczajne planetoidy. Na podstawie omawianych badań można wysnuć wniosek, że każde ciało w Układzie Słonecznym, zawierające nawet minimalne ilości materii lotnej, może wykazywać działalność kometarną. Postawiono tezę, że powinno się mówić raczej o „zjawisku komety", a nie o „ciele kometarnym".

W niedzielę, w trzecim i zarazem ostatnim dniu konferencji, jej uczestnicy mogli wysłuchać referatów poświęconych zagadnieniom obserwacyjnym. Obrady rozpoczęto o godz. 10 referatem mgra Marka Kubali (Politechnika Krakowska, Kraków) pt. „Czy dr Antoni Wilk widział rozpad komety Mellisha?". Prelegent opisał obserwowany w 1915 r. rozpad komety C/1915 C1 (Mellish). Jest bardzo prawdopodobne, że rozpad ten zaobserwował również jeden z najwybitniejszych polskich odkrywców komet, dr Antoni Wilk. Prelegent, na podstawie wielu wykonanych na świecie obserwacji, odtworzył szczegółowo przebieg rozpadu omawianej komety.

Ostatnim prelegentem był przewodniczący SOK, dr Tomasz Ściężor (Politechnika Krakowska, Kraków), który wygłosił referat pt. „Gdzie szukać najciemniejszego nieba? Aktualny stan zanieczyszczenia świetlnego w Polsce i na świecie". Prelegent, opierając się na danych satelitarnych, przedstawił szczegółowo stan zanieczyszczenia świetlnego w Europie. Wykazał, że omówiona przez niego na poprzednich Konferencjach SOK „kometarna" metoda określania wielkości zanieczyszczenia świetlnego rzeczywiście opisuje tę wielkość nie tylko ilościowo, lecz także jakościowo. Wykorzystując dane z archiwum SOK, wyznaczono miejsca w Polsce, gdzie poziom omawianego zanieczyszczenia jest najmniejszy — jest to Białostocczyzna oraz południowa część Bieszczad.

Konferencja zakończyła się o godz. 13. Kolejna, VIII Konferencja SOK, odbędzie się w Obserwatorium Astronomicznym UJ w Krakowie w dniach 13—15 października 2006 r.

Zapraszamy!

Tomasz Ściężor

Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA OSOP 2006

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zaprasza na szósty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA „OSOP 2006".

Obóz odbędzie się w dniach 20—31 lipca 2006 r. w schronisku „Cicha Dolina" w Roztokach Górnych (południowa część Bieszczad, na południe od Cisnej). Celem obozu jest nauczenie wszystkich chętnych podstaw obserwacji nieba.

W planie obozu znajduje się szkolenie w zakresie:

— orientowania się na niebie,
— podstaw określania czasu i współrzędnych w astronomii,
— podstaw optyki astronomicznej,
— obserwacji Słońca,
— obserwacji Księżyca, planet, planetoid oraz komet,
— obserwacji gwiazd zmiennych,
— obserwacji meteorów,
— obserwacji obiektów mgławicowych,
— obserwacji zjawisk zakryciowych.

Przewidziane są zarówno dzienne zajęcia teoretyczne, jak też obserwacje nocne. Instruktorami będą doświadczeni obserwatorzy, członkowie PTMA. Ponadto przewidziane są wykłady popularnonaukowe z dziedziny astrofizyki i kosmologii oraz planuje się przeprowadzenie wycieczek turystycznych po Bieszczadach.

Przewidywany koszt obozu to około 330 zł. Kwota ta obejmuje:

— nocleg w schronisku (należy wziąć własne śpiwory),
— transport z Krakowa (cena transportu zależy od ilości uczestników),
— ubezpieczenie.

Wyżywienie każdy uczestnik Obozu zapewnia we własnym zakresie. Można skorzystać ze stołówki schroniska, co jednak podnosi koszty.

Organizatorzy Obozu zapewniają zaopatrzenie w wystarczającą liczbę teleskopów, jednakże mile widziane jest posiadanie własnego sprzętu obserwacyjnego.

Warunkiem uczestnictwa w obozie jest:

— członkowstwo PTMA. Osoby nie należące do PTMA muszą się wcześniej zapisać;
— ukończone 18 lat. Osoby w wieku 16-18 lat muszą przedstawić pisemną zgodę rodziców. Osoby w wieku poniżej 16 lat mogą brać udział w Obozie wyłącznie wraz z pełnoletnim opiekunem.

Liczba miejsc ograniczona! Listę uczestników zatwierdzi Zarząd Oddziału Krakowskiego PTMA, a osoby zakwalifikowane zostaną powiadomione. Ostatecznym terminem przyjmowania zgłoszeń jest 31 maja 2006. Osoby zakwalifikowane muszą wpłacić podaną kwotę w terminie do tygodnia od chwili otrzymania potwierdzenia. Zgłoszenia oraz wszelkie pytania prosimy kierować do kierownika Obozu, dra Tomasza Ściężora (tel. 012 266 12 41, e-mail sciezor@vistula.wis.pk.edu.pl) lub do dra Sławomira Stachniewicza (tel. kom. 0504 836 142, e-mail Slawomir.Stachniewicz@ifj.edu.pl).

Piąty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA

W dniach 28 VII — 8 VIII 2005 r. w schronisku w Roztokach Górnych (Bieszczady, okolice Cisnej) odbył się piąty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA „OSOP 2005", w którym wzięło udział 33 uczestników z całej Polski. Obóz został zorganizowany przez Oddział Krakowski Towarzystwa.

Przez pierwszą połowę obozu warunki obserwacyjne były znakomite, druga była pochmurna i deszczowa. W czasie Obozu obserwowano kometę 161P/Hartley-Iras (o jasności poniżej 11 mag., tu można było docenić walory bieszczadzkiego nieba), ruch i jasność planetoidy (39) Laetitia oraz gwiazdy zmienne, poza tym oglądano Marsa, Urana i Neptuna. Tradycyjnie wielu uczestników „polowało" na obiekty Messiera, oglądało meteory i, podobnie jak rok temu, podziwiało błyski satelity Iridium. Jak zwykle, początkujący obserwatorzy mieli możliwość korzystania z pomocy instruktorów oraz bardziej doświadczonych uczestników, uczyli się rozpoznawania gwiazdozbiorów i rozróżniania poszczególnych typów obiektów niebieskich. W dzień prowadzono intensywne obserwacje Słońca.

Przedpołudnia były przeznaczone na wycieczki po okolicznych górach, a popołudniami odbywały się wykłady. Prelegenci byli najczęściej z Krakowa. Szef Obozu, dr Sławomir Stachniewicz, jak zwykle mówił o układach współrzędnych astronomicznych, na temat czasu w astronomii, jak korzystać z kalendarzy astronomicznych i wygłosił wykłady popularnonaukowe na temat nowinek z dziedziny neutrin słonecznych, ewolucji gwiazd oraz kosmologii, dr Tomasz Ściężor opowiedział o obserwacjach Słońca, planet, komet i meteorów, poszukiwaniu meteorytów oraz o zanieczyszczeniach świetlnych, inż. Jacek Burda mówił na temat optyki teleskopowej oraz jak samemu zbudować teleskop, mgr Marcin Filipek wyjaśniał, jak należy obserwować a następnie opracowywać obserwacje gwiazd zmiennych oraz o zjawiskach zakryciowych, senior i weteran Obozów p. Tadeusz Szufa z Oświęcimia opowiedział o ruchach dziennych ciał niebieskich, gwiazdozbiorach i astrofotografii, mgr Marcin Kolonko wygłosił wykład na temat pulsarów i czarnych dziur, mgr inż. Lucyna Gut z Libiąża mówiła na temat ruchów planet względem Słońca i ekliptyki oraz mechaniki nieba, a jeden z młodych uczestników Obozu, Damian Jabłeka z Ćwiklic, przedstawił swoją prezentację multimedialną na temat obserwacji przejścia Wenus przed tarczą Słońca w 2004 r.

Uczestnicy Obozu przed schroniskiem w Roztokach w 2005 r. Fot. Anna Ściężor

Obserwacje Słońca przed schroniskiem w Roztokach. Fot. Tomasz Ściężor

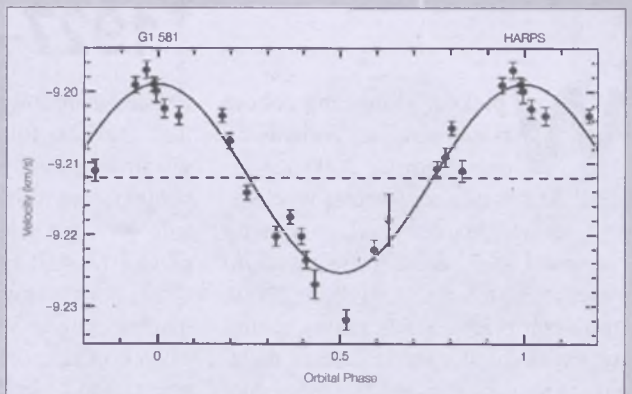
Ponieważ Bieszczady są terenem bardzo atrakcyjnym turystycznie, tym razem położono większy nacisk na zwiedzanie. W zasadzie nie było przedpołudnia bez krótszych lub dłuższych wycieczek, m.in. większość uczestników wdrapała się na Tarnicę.

Obóz był udany, pogoda nie najgorsza i uczestnicy byli zadowoleni. Jak zwykle wielu z nich wyrażało chęć ponownego przyjazdu w przyszłym roku. Miejsce spodobało się im oraz organizatorom na tyle, że już zostało tam zarezerwowane miejsce na przyszły Obóz (20—31 VII 2006 r.).

Sławomir Stachniewicz

Karły też mają swoje planety

Francusko-szwajcarski zespół astronomów ogłosił pod koniec listopada ub. roku odkrycie jednej z najlżejszych planet poza Układem Słonecznym. Znaleziono ją, analizując zmiany prędkości radialnej macierzystej gwiazdy. Tym razem spektrografy skierowano na trzykrotnie mniej masywnego od Słońca czerwonego karła Gl 581, położonego w odległości 20 l.św. w konstelacji Wagi. Tego typu obiekty są bardzo powszechne w naszej Galaktyce: na 100 najbliższych Słońcu gwiazd 80 należy do tej właśnie grupy. Z powodu swej ogromnej liczebności już od pewnego czasu intrygują badaczy pozasłonecznych planet. Niestety, dotychczasowe przeglądy nie należały do udanych: na około 200 czerwonych karłów poddanych analizie tylko dwa okazały się mieć planety. Autorzy nowego odkrycia przypisują to niewystarczającej precyzji wcześniejszych pomiarów. W swojej pracy wykorzystali nowoczesny spektrograf HARPS umieszczony na 3,6-m teleskopie ESO w La Silla. Zarejestrowali zmiany prędkości radialnej o amplitudzie 13,2 m/s (niespełna 50 km/h) i okresie 5,366 dnia (patrz rys. 1). Tego rzędu zmiany może powodować obiekt zaledwie 17 razy masywniejszy od Ziemi (odpowiada to mniej więcej masie Neptuna). Z dotychczasowych 170 planet poza Układem Słonecznym tylko 5 (nie licząc odkrytych przez Wolszczana planet wokół pulsara) jest mniej masywnych. Z kolei okres obiegu wskazuje na niewielką odległość macierzystej gwiazdy — około 6 mln km (tj. prawie 10 razy mniej niż dystans dzielący Merkurego od Słońca). Pomimo że obiegane przezeń słońce nie jest aż tak gorące jak nasze, nowo odkryty glob z pewnością rozgrzany jest do temperatury rzędu 1500°. (*kr*)



Krzywa zmian prędkości radialnych czerwonego karła Gl 581 w funkcji fazy orbitalnej. Rys. ESO

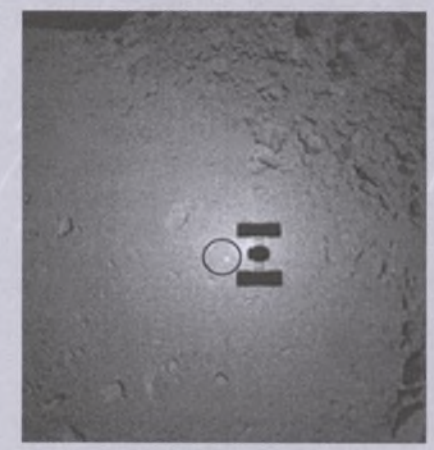
Z próbkami czy bez?

W sobotę, 26 listopada 2005 r. lądownik Minerva z kosmicznego statku badawczego Hayabusa (pol. Sokół) japońskiej agencji JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) osiadł na planetoidzie 25143 Itokawa w celu pobrania próbki z jej powierzchni. Było to już drugie lądowanie tego aparatu — pierwsze zakończyło się niepowodzeniem, gdyż zbyt wcześnie uwolniony robot odbił się od powierzchni planetki jak piłka. Mimo że w końcu doszło do kontrolowanego zbliżenia, japońscy naukowcy nie mają powodów do zadowolenia. Po prześledzeniu danych z ostatnich kilku dni pracy lądownika na planetoidzie wątpliwe jest, że do pobrania próbki w ogóle doszło. Jeszcze przed oderwaniem się Minervy od powierzchni okazało się, że system Hayabusa nie przetwarzał poprawnie komend kontrolnych systemów nawigacyjnych i komunikacyjnych. Pojawiły się problemy z zasilaniem elektrycznym, wyciekiem paliwa i zatrzymaniem pracy silnika chemicznego. Jest wielce prawdopodobne, że pocisk próbkujący, który miał być wystrzelony w grunt planetoidy, w ogóle nie został odpalony.

Oprócz pobrania materiału, głównym celem misji było przetestowanie nowych technologii (m.in. silnika jonowego) oraz identyfikacja najpowszechniej występujących na planetoidzie pierwiastków. Ich analiza pozwoliłaby lepiej zrozumieć zjawiska chemiczne sprzed 5 mld lat. Pod względem chemicznym planetoidy są skamielinami, niemal nietkniętymi pozostałościami z okresu powstawania Układu Słonecznego.

Sokół wraca już na Ziemię. Z próbką czy bez — okaże się, gdy kapsuła wyląduje na Ziemi, a stanie się to nie wcześniej niż w 2010 r. Tymczasem naukowcy gorączkowo próbują odzyskać pełną kontrolę nad statkiem. Przewiduje się wypuszczenie strumienia ksenonowego, który pozwoli poprawić orbitę, ale jeszcze nie jest oczywiste, czy uda się odpalić silnik i czy parametry lotu zostaną stabilne na tyle, aby kapsuła mogła szczęśliwie dotrzeć na Ziemię.

Karolina Wojtkowska



Cień statku kosmicznego Hayabusa na powierzchni planetoidy. Źródło ISAS/JAXA

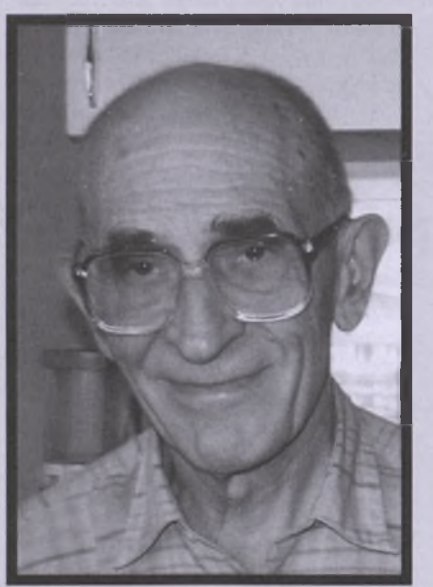
Planetoida 25143 Itokawa widziana z sondy Hayabusa. Jej rozmiary: 540×310×250 m

Tadeusz Jarzębowski — astronom 1927—2005

W piękną, słoneczną sobotę złotej polskiej jesieni, 15 października 2005 r., odszedł od nas na swą ostatnią wycieczkę Tadeusz Jarzębowski — wierny przyjaciel wielu astronomów na całym świecie. Człowiek o wielkim sercu, mrówczej pracowitości, prawy, rzetelny, życzliwy, uczynny. Zawsze nadążał za „naszymi czasami" — mając nieomal 78 lat żeglował w Internecie tak samo sprawnie, jak kiedyś podróżował rowerem.

Urodzony w Kołomyi 29 października 1927 r., w rodzinie zawodowego wojskowego, od dzieciństwa wędrował z Rodziną za swym Ojcem, który był posyłany w różne miejsca ówczesnej Polski. Wojna zastała Rodzinę w okolicach Grudziądza. Gdy Tadeusz ukończył 14 lat, w 1941 r., Niemcy skierowali Go do pracy jako elektromontera. Bardzo wcześnie musiał się nauczyć dobrej roboty w niebezpiecznych warunkach, pracował dużo w terenie, w okolicach Grudziądza i Torunia. Pod koniec wojny uciekł Niemcom razem z kuzynem i po długich wędrówkach znalazł się w końcu we Wrocławiu. Jak wspominał w wykładzie wygłoszonym 25 dni przed swoją śmiercią — gdy Jego pociąg zbliżał się do tego miasta, nie było widać żadnych świateł, były tylko same gruzy i ruiny. Świecił księżyc w pełni, a On sam zastanawiał się: „Dokąd ja jadę?". A jednak tam został, zaczął studia i skończył je w 1951 r. Był jednym z pierwszych powojennych absolwentów astronomii na Uniwersytecie Wrocławskim. „Warto było tu przyjechać" — to podsumowanie Tadeusza, ważne (myślę) szczególnie dla wrocławskich astronomów.

Zatrudniony przez większość życia w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego (które później, w roku 1957, przemianowano na Instytut Astronomiczny) był w latach 1984—1987 dyrektorem tej placówki. Znakomicie wykładał, bardzo lubił dyskusje. Został członkiem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego i Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Bardzo lubiany i szanowany w astronomicznym środowisku był wielokrotnie wybierany do władz PTA i do jury obu nagród przyznawanych przez PTA. Ostatnie 10 lat przed emeryturą pracował w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Słupsku, w Instytucie Fizyki, gdzie pomagał w narodzinach tamtejszego ośrodka naukowego. We Wrocławiu, jako polski pionier fotometrii fotoelektrycznej gwiazd, odkrył (w latach 50.) zmienność blasku



gwiazd magnetycznych. Jego klasyczne prace w tej dziedzinie są do dziś cenione i cytowane. Zresztą pola magnetyczne były zawsze w szczególnym miejscu jego szerokich zainteresowań.

Wydał wiele książek — nie mam niestety ich spisu. Ale mam na półce np. znakomity podręcznik *Elementy astronomii*, który doczekał się co najmniej siedmiu wydań.

Mam też *Świat — atlas geograficzny* (PPWK 1995), gdzie w części encyklopedycznej „astronomię" bardzo ciekawie i nietypowo opracował Tadeusz Jarzębowski. Do obu tych pozycji sięgam do dziś z przyjemnością! Zawsze bardzo dużo pisał do różnych pism popularnonaukowych: do „Delty" (do śmierci był w Komitecie Redakcyjnym), „Uranii", kiedyś do „Postępów Astronomii" — że wymienię tylko tytuły najbliższe astronomom. I wiem, że miał dalsze plany wydawnicze!

Całe życie spędził wyjątkowo skromnie — nigdy sobie nie dogadzał, żył jak spartanin. Były tylko dwie rzeczy, na które zawsze znajdował pieniądze: książki i podróże. Niesamowite i wspaniałe. Przeważnie astronomiczne.

Był pełen sprzeczności. Nie wiem, jak umiał w sobie łączyć pasję książkowego mola i zapalonego podróżnika. Zadeklarowany antyfeminista — był wyjątkowo szarmancki dla dam. Wrażliwy i delikatny — trudno wybaczał. Bardzo oszczędny — nigdy nie pojawiał się bez np. czekoladek. Nie przywiązujący wagi do zewnętrznego blichtru — nigdy nie wykładał inaczej niż w marynarce i krawacie.

Ożenił się w 1952 r. Po rozwodzie został sam z młodszym synem, Zdzisławem, któremu był Ojcem, Matką i Przyjacielem. Razem przemierzyli pół świata, głównie na rowerach. Ostatnio zaprzyjaźnił się bardzo ze swą wnuczką Kasią i jej duńskim mężem. Byli wdzięcznymi słuchaczami jego licznych wspomnień i opowieści, bogato ilustrowanych przezroczami (robionymi przez Tadeusza oczywiście!).

Był prawie wszędzie — i za północnym kołem podbiegunowym, i w Australii. Wędrował po górach Nepalu i po wulkanach Meksyku (gdzie spędził około roku na zaproszenie Universidad National de Mexico, często bywając gościem Obserwatorium Baja California). Na rowerze pokonał w sumie około 14 000 km! Gdy Mu ukradziono przedostatni — kupił sobie „damkę" — bardzo był z niej dumny, choć „tłumaczył się", że już mu trudno manewrować na „męskim".

Poznałam Tadeusza podczas zwariowanej wyprawy polskich astronomów na Zjazd Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Brighton w 1970 r.

Wyjazdy zagraniczne — wówczas i tak bardzo ograniczone z powodów ideologicznych — wiązały się oczywiście z koniecznością załatwienia noc-

legów i wyżywienia za granicą. Na szczęście wymyślono, że na ten akurat kongres można dotrzeć... statkiem. Na statku można spać i na statek można zabrać zapas jedzenia na cały okres kongresu. Z pięcioma dolarami w kieszeni (tyle zapewniała PRL, wydając paszport) wyruszyła ekipa składająca się z 4 amatorów z „uprawnieniami morskimi" (to był nasz kapitan i 3 oficerów; kilku innych nieodzownych „marynarzy i... 22 astronomów (nie wszyscy astronomowie dostali paszport!). Wynajęliśmy M.Y. (motor yacht) „Podhalanin" i jako „sportowcy", z książeczkami żeglarskimi, popłynęliśmy!

Na Morze Północne wypłynęliśmy w strasznej mgle, a potem nastąpił silny sztorm. Okolica była ruchliwa, bo to było wyjście z Kanału Kilońskiego. Radaru (ani nawet sprawnego radia) na statku nie było. Z domu zabrałam ze sobą rodzaj gwizdka, który znakomicie udawał okrętową syrenę. Byłam przekonana, że robię dobry uczynek, biegając po statku i „gwiżdżąc" to na dziobie, to na rufie — sądziłam, że sygnalizowałam innym, gdzie jesteśmy i zapobiegałam zderzeniu. Po pewnym czasie poczułam na ramieniu rękę Tadeusza i usłyszałam: „Niech pani NATYCHMIAST stąd ucieka i dobrze się schowa. Jak panią złapie kapitan — to zabije!"[1].

Dopiero potem uświadomiłam sobie, jak przerażony musiał być szef wyprawy, który we mgle słyszał, jak nasz „Podhalanin" jest atakowany przez duży, buczący statek nadpływający raz z prawej, raz z lewej, raz z przodu, a raz z tyłu!

Piszę o tym dlatego, że takie serdeczne zachowanie było dla Tadzika typowe — On niesłychanie często ratował z rozmaitych opresji. Z własnej inicjatywy, bez proszenia — sam zauważał, co i komu potrzeba. Biblioteka Centrum Astronomicznego w Warszawie ma wszystkie półki w bibliotece dopasowane do rozmiarów stojących na nich książek — to zasługa Tadeusza. Spędzał tam długie godziny, częściowo

[1]Pod koniec wyprawy cała trzecia wachta (w której składzie byliśmy oboje z Tadeuszem) wypiła bruderschaft jarzębiakiem fundacji mego Wybawcy.

Doc. T. Jarzębowski w czasie Dolnośląskiego Festiwalu Nauki na Rynku we Wrocławiu

czytając, a częściowo robiąc „niewidzialną robotę". Bo zawsze te hałaśliwe prace z wiertarką w ręku wykonywał w nocy, by nikomu nie przeszkadzać. Takich dobrych uczynków ma na swoim koncie tysiące, tysiące... W wielu miejscach i wielu domach. W moim także — na przykład światełko w schowku też mi zawsze będzie Tadeusza przypominać.

Na Jego pogrzebie obecny Dyrektor Instytutu Astronomicznego we Wrocławiu, prof. Michał Tomczak, powiedział, że Tadeusz spędzał w bibliotece więcej czasu niż bibliotekarka. To bardzo charakterystyczne. Tadeusz czytał bardzo, bardzo dużo — i to w wielu językach. Znał angielski, rosyjski, francuski, niemiecki, esperanto, hiszpański, włoski a nawet... rumuński — no i polski. Kiedy zdołał się tego nauczyć? Widać i na to znalazł czas. Miał znakomitą pamięć — cytował łacińskie przysłowia, recytował „Pana Tadeusza" w języku esperanto, znał przysłowia wszystkich chyba wymienionych nacji.

Podejmował się wszelkich niewdzięcznych nawet zobowiązań. Traktował bardzo serio obowiązek służenia ludziom, miał poczucie ogromnej wagi popularyzacji astronomii. Nie mam pojęcia, ile nocy spędził w zatłoczonych pociągach, aby sprostać oczekiwaniu innych[2].

Bo proszono Go nieustannie o „pomoc astronomiczną". Był wielokrotnie jurorem podczas Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego w Grudziądzu, wygłaszał regularnie wykłady popularne w Olsztyńskim Planetarium, w Toruniu na UMK, jeździł na wykłady w warszawskim CAMK-u, oczywiście miał też wykłady w rodzimym Wrocławiu. W ramach VII Dolnośląskiego Festiwalu Nauki (we wrześniu 2004 r. we Wrocławiu i w październiku w Jeleniej Górze) pokazywał, jak wygląda „Kolejne potwierdzenie teorii względności Einsteina z lotu sondy Cassini". W bieżącym roku, 18 czerwca wygłosił wykład pt. „Ziemia i jej pole magnetyczne" na Wielkim Festynie Fizycznym, imprezie odbywającej się na wrocławskim Rynku w ramach Międzynarodowego Roku Fizyki. 21 października 2005 r. Tadeusz miał wygłosić wykład w Wałbrzychu, w ramach sesji wyjazdowej VIII DFN. Niestety, trzeba było wykład odwołać...

W 2004 r., na Zjeździe PTA w Toruniu, Tadeusz został wyróżniony Medalem im. prof. Włodzimierza Zonna za Popularyzację Wiedzy o Wszechświecie — najwyższym odznaczeniem, jakie przyznaje za taką działalność Polskie Towarzystwo Astronomiczne.

Z odejściem Tadeusza utraciłam silną astronomiczną kotwicę — na Niego ZAWSZE można było liczyć. Na wiele pytań odpowiadał „z głowy, czyli z niczego".

[2]Na jego biurku zostały porzucone okulary, mapy, jakieś notatki i ...rozkład jazdy.

Na inne dawał odpowiedź po jakimś czasie, sięgając do swej znakomitej biblioteki. Dostawałam wtedy albo maila z przepisanym hasłem z najnowszej encyklopedii astrofizycznej, albo ksero jakiegoś artykułu. Takiego wsparcia z Jego strony będzie, nie tylko mnie, bardzo brakowało. Można Go było zawsze poprosić o radę, podyskutować, nawet się niegroźnie pokłócić. I pożartować — a był skarbnicą dowcipów.

Aktywny był do końca dni swoich. Na XXXII Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego we Wrocławiu, niespełna miesiąc przed śmiercią, wysłuchaliśmy wspaniałego historycznego wykładu Tadeusza na temat odradzającej się po wojnie, we Wrocławiu, astronomii. Wielu kolegów było pod wrażeniem tego, że wykład był przygotowany w „power point'cie". Nie tylko treść, ale i forma były znakomite!

Wspominał wtedy, między innymi, zmarłego nagle innego astronoma wrocławskiego, śp. Jerzego Kubikowskiego, cytując słowa prof. Antoniego Opolskiego z Jego nekrologu: „Jesteśmy bezradni wobec prostego wydarzenia, jakim jest ostatnie uderzenie serca". Nikomu z nas, obecnych na sali, widzących Tadeusza w pełni sił i pełnego wigoru, nawet nie przyszło do głowy, że te słowa będą tak szybko miały zastosowanie i do Niego.

Tadziu — astronomowie polscy mają za co Ciebie pamiętać! I mam nadzieję, że tam z Góry będziesz mógł kontynuować obserwowanie kolejnych, ukochanych przez Ciebie, zaćmień Słońca! Tym razem bez konieczności dalekich i męczących podróży!

Magdalena Kożuchowska

Jana Paciorek (1926—2005)

W dniu 14 września br., po ciężkiej chorobie, odeszła od nas nasza Koleżanka, Jana Paciorek.

Urodziła się 1 stycznia 1926 r. w Warszawie. Do szkoły powszechnej uczęszczała w Puławach, gdzie Jej ojciec objął pracę lekarza w tamtejszym garnizonie wojskowym. Tam też, w czasie wojny, ukończyła szkołę średnią na tajnych kompletach. Studia astronomiczne rozpoczęła zaraz po zakończeniu wojny na Uniwersytecie Jagiellońskim. Po zaliczeniu pierwszego roku studiów przeniosła się do Wrocławia, gdzie osiedliła się Jej rodzina. Studia astronomiczne rozpoczęte w Krakowie kontynuowała z powodzeniem na Uniwersytecie Wrocławskim, kończąc je uzyskaniem tytułu magistra astronomii w roku 1952. Po ukończeniu studiów została zatrudniona w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego na stanowisku asystenta. Jeszcze jako studentka poświęcała wiele czasu i sił, uczestnicząc w ważnych dla efektywnej działalności Obserwatorium pracach związanych z inwentaryzacją, uporządkowaniem i skatalogowaniem zbiorów bibliotecznych ocalałych po zawierusze wojennej. Działalność tę, niezbędną dla sprawnego funkcjonowania biblioteki, kontynuowała jeszcze z własnej woli przez wiele lat.

W pracy naukowej zajmowała się właściwościami fizycznymi materii w obszarach aktywnych Słońca oraz kinematyką protuberancji aktywnych. Uczestniczyła również w obserwacjach zjawisk aktywnych na Słońcu: początkowo plam słonecznych, a później protuberancji i rozbłysków. Była doświadczonym i bardzo starannym obserwatorem. Należała do grupy pionierów badań heliofizycznych w Polsce, ok. roku 1950

wraz z prof. Janem Mergentalerem rozpoczęła systematyczne obserwacje plam słonecznych. W grudniu 1964 r. obroniła pracę doktorską pt. *Linie H i K zjonizowanego wapnia w obszarze aktywnym tarczy słonecznej*, wykonaną pod kierunkiem prof. Mergentalera. W następnym roku awansowała na stanowisko adiunkta w Instytucie Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego i na tym stanowisku pozostała aż do przejścia na emeryturę w 1987 r. Była aktywnym uczestnikiem Międzynarodowych Konferencji Heliofizycznych, zwanych Konsultacjami Heliofizycznymi.

Dr Jana Paciorek była także wytrawnym, cenionym pracownikiem dydaktycznym naszego Instytutu. Prowadziła ćwiczenia, seminaria, pracownie i wykłady dla studentów astronomii, fizyki i geografii naszego Uniwersytetu. Jej programowe wykłady oraz referaty na seminariach Zakładu Heliofizyki i Fizyki Kosmicznej naszego Instytutu były zawsze bardzo dobrze przygotowane i wzbudzały ogólne zainteresowanie.

Z racji Jej dobrych predyspozycji dydaktycznych, wiedzy i głębokiego zaangażowania w to, co robiła, była również dobrym popularyzatorem astronomii. Jej prelekcje popularnonaukowe cieszyły się zawsze dużym zainteresowaniem i uznaniem.

Na co dzień Jana była człowiekiem koleżeńskim i uczynnym, a także towarzyskim, miała duże poczucie humoru i była lubiana zarówno przez kolegów, jak i studentów.

Jano, pozostaniesz zawsze w naszej pamięci. Dziękujemy za wszystkie wspólnie spędzone lata.

Bogdan Rompolt

Wrocławskie refleksje

W dniach od 19 do 23 września br. odbył się we Wrocławiu XXXII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Takie spotkania zawodowych astronomów odbywają się co dwa lata. Poprzednie odbyło się w Toruniu, a następne będzie w Kielcach. Każdy Zjazd obfituje w bogaty program naukowy, gdzie prezentowane są najnowsze osiągnięcia nie tylko astronomów polskich. Omawiane są też najrozmaitsze aspekty dydaktyczne i historyczne poświecone Uranii, czyli muzie astronomii. Dyskusjom, a przy okazji wymianom myśli i bezcennych doświadczeń międzypokoleniowych, nigdy nie ma końca. Tradycyjnie już, w czwartkowe popołudnie, Walne Zebranie członków PTA rozlicza „stary" i powołuje „nowy" Zarząd Towarzystwa. Zjazdowi zawsze towarzyszą liczne imprezy kulturalne, takie jak koncerty czy wycieczki po muzeach i zabytkach, najczęściej w ostatnim dniu Zjazdu. Tak też było i tym razem. Uczestnicy Zjazdu mieli do wyboru możliwość wyjazdu do obserwatorium w Białkowie, gdzie prowadzi się obserwacje Słońca przy pomocy koronografu, bądź zwiedzanie miasta. Większość wybrała zwiedzanie Wrocławia. Miasto pięknieje w szybkim tempie, odnowiono już wiele zabytków, zabliźniają się stopniowo rany wojenne. Zwiedzanie miasta rozpoczęliśmy od kwartału uniwersyteckiego, w tym słynnej barokowej Auli Leopoldyńskiej.

Wiele czasu poświęciliśmy na podziwianie na Ostrowie Tumskim: katedry pw. św. Jana Chrzciciela i kolegiaty — dwupoziomowego kościoła pw. św. Bartłomieja i św. Krzyża, w którym od zawsze głoszone były kazania w języku polskim, mimo włączenia Wrocławia w XIX w. do Niemiec.

W katedrze zaś trwały ostatnie przygotowania do uroczystej Eucharystii, która miała się odbyć następnego dnia, czyli 24 września 2005 r., z okazji 75-lecia Metropolii Wrocławskiej i 40-lecia Listu Biskupów Polskich do Biskupów Niemieckich. W związku z tymi uroczystościami, siostra zakrystianka zaprezentowała nam zabytkowy mszał (fot. 1), który nazajutrz miał służyć przy odprawianiu dziękczynnej Mszy Świętej z ww. okazji, przez Jego Ekscelencję Nuncjusza Apostolskiego w Polsce, Księdza Arcybiskupa Józefa Kowalczyka.

Fot. 1

W katedrze wciąż trwają prace renowacyjne po zniszczeniach wojennych. Szczególną uwagę zwiedzających zwraca rzeźba Matki Boskiej z Dzieciątkiem, zwana przez studentów Uniwersytetu Wrocławskiego „Ostatnią deską ratunku". Jak objaśniał nam przewodnik, w czasie gdy Breslau był twierdzą, w maju 1945 r., katedra została zbombardowana i całe jej sklepienie — ważące setki ton — runęło między innymi na tę rzeźbę Matki Bożej, znajdującą się wówczas w nawie głównej. Proszę sobie wyobrazić zdumienie ludzi, odgruzowujących wypalone wnętrze katedry, gdyż rzeźba, mimo swej kruchości, ocalała chyba w cudowny sposób, nie doznając najmniejszego uszczerbku. Od tej pory uczniowie i studenci powierzają Jej swe troski i kłopoty, licząc na przychylność swych nauczycieli.

Kilkaset metrów od katedry przykuwa naszą uwagę i cieszy oko swą smukłością kościół św. Krzyża i św. Bartłomieja. Jest to pierwsza w Europie dwupoziomowa budowla sakralna, powstała jeszcze w XIV w. W jej murach widnieje wmurowana pamiątkowa tablica poświęcona kanonikowi scholastykowi Mikołajowi Kopernikowi (fot. 2), który tu, we Wrocławiu był kanonikiem w latach 1503—1538. Fizycznie przebywał na stałe we Fromborku, gdzie też był kanonikiem, a stąd, z Wrocławia, czerpał dodatkowe dochody na swą wielopłaszczyznową działalność na Warmii i Mazurach.

Przez wiele lat biografowie Kopernika zastanawiali się, gdzie on mieszkał, przebywając na Ostrowie Tumskim. Dopiero dzięki naszemu Ojcu Świętemu Janowi Pawłowi II, na prośbę historyków, wyjaśniło się wszystko, co było związane z pobytem Kopernika we Wrocławiu. Otóż papież Jan Paweł II zlecił zbadać archiwa watykańskie celem znalezienia adresu, pod jaki kierowana była z Rzymu korespondencja do Mikołaja Kopernika. Okazało się, że Kopernik w czasie pobytu we Wrocławiu mieszkał w domu przy ulicy Katedralnej nr 7. Obecnie mieści się tu siedziba Caritasu. W bramie tej pięknie odrestaurowanej kamieniczki wita zwiedzających portret z podobizną Mikołaja, namalowany na ogromnym białym płótnie.

W taki oto, zadziwiający moim zdaniem sposób, splata się przeszłość z teraźniejszością astronomii polskiej.

Adam Michalec

Fot. 2

NGC 2683

Zdjęcie NGC 2683 wykonane 37-cm teleskopem w systemie Ritchey-Chretien, ekspozycje RGB po 20 min

α (J2000)	08^h, $52{,}7^m$
δ (J2000)	+33° 25′
Gwiazdozbiór	Ryś
Typ	Galaktyka spiralna SAb
Jasność fotograficzna	10,5
Jasność wizualna	9,7
Jasność absolutna Mv	—
Rozmiar	9,3′×2,5′
Odległość	7÷9 Mpc
Prędkość radialna	+410 km/s

Galaktyka ta została odkryta przez Williama Herschela 5 lutego 1788 r. Nadał on jej numer katalogowy H I.200. Ze względu na to, że widzimy ją pod niewielkim kątem, prawie równolegle do płaszczyzny jej dysku, ma w teleskopie dość charakterystyczny wygląd przypominający talerz. Stąd nazywana jest czasem Galaktyka UFO. W katalogu Dreyera jej opis jest następujący: „bardzo jasna, bardzo rozległa, bardzo wydłużona, kąt pozycyjny wydłużenia 39°, stopniowo wyraźnie jaśniejąca ku środkowi". Galaktyka posiada rozbudowaną i jednocześnie bardzo subtelną strukturę spiralną, a w obrębie dysku znajduje się wiele spiralnie nawiniętych pasm pyłu.

Ze względu na dużą jasność powierzchniową, NGC 2841 można zauważyć już przez 8-cm teleskop jako słabą, wydłużoną poświatę. W teleskopach o średnicy około 25 cm wyraźnie widać wąski dysk i odcinające się od reszty galaktyki zgrubienie centralne o nieco owalnym wyglądzie, widoczna staje się też niejednorodna jasność centralnych części galaktyki. Niestety, nawet 50-cm i większe teleskopy nie pozwalają śledzić przebiegu pasm pyłu — są to zbyt subtelne struktury, które w całej krasie ujawniają się dopiero na zdjęciach.

Jądro tej galaktyki jest bardzo małe i jednocześnie bardzo jasne. W centrum galaktyki dominują żółte olbrzymy — gwiazdy stare. Pewną osobliwość stanowi fakt, że pasma pyłu są widoczne tylko z jednej strony dysku galaktyki — sytuacja podobna jak w przypadku M 63. Ponadto dwa ramiona spiralne rozciągające się na zewnątrz galaktyki są wyraźnie wykrzywione i nie leżą w płaszczyźnie jej dysku. Jednak na radiowych mapach neutralnego wodoru HI żadnych asymetrii nie widać. NGC 2683 w zakresie podczerwonym niczym szczególnym się nie wyróżnia. Obserwacje kinematyki dysku galaktyki doprowadziły do odkrycia dwóch różnych pól prędkości gazu: jednego zgodnego z ruchem gwiazd i drugiego, w którym kierunek rotacji gazu jest przeciwny. Możliwe, że jest to pozostałość po kolizji z inną galaktyką, która została pochłonięta przez NGC 2683. Inna ewentualność zakłada obecność w centralnych obszarach zgrubienia poprzeczki o bardzo dużej prędkości rotacji. Galaktyka ta posiada liczną „rodzinę" gromad kulistych szacowaną na około 300 członków — liczebnie porównywalną z naszą Galaktyką.

NGC 3115

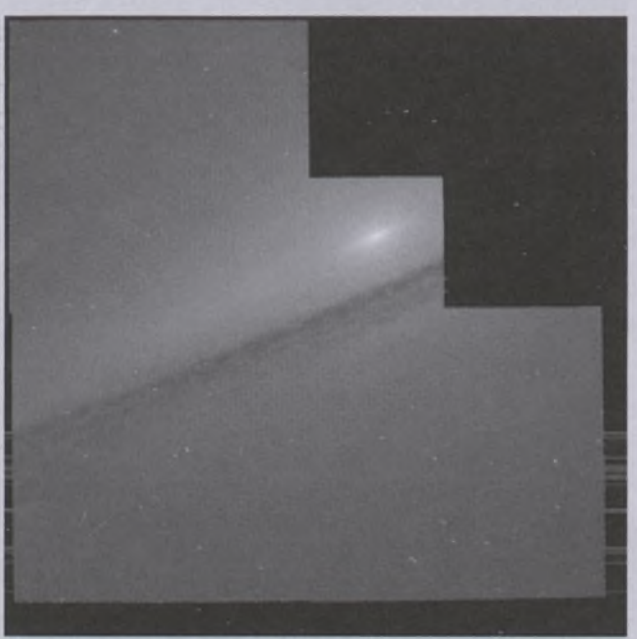
α (J2000)	10^h, $05{,}2^m$
δ (J2000)	–07° 43'
Gwiazdozbiór	Sekstans
Typ	Galaktyka soczewkowa E-S0
Jasność fotograficzna	10,1
Jasność wizualna	9,1
Jasność absolutna Mv	—
Rozmiar	8,3'× 3,2'
Odległość	9,7 Mpc
Prędkość radialna	+663 km/s

William Herschel odkrył tę galaktykę soczewkową 22 lutego 1787 r. i skatalogował jako H I.163. Opis w katalogu Dreyera jest następujący: „bardzo jasna, duża, bardzo wydłużona, wydłużenie o kącie pozycyjnym 46°, nagle silnie jaśniejąca w kierunku wydłużonego jądra". Galaktykę widzimy niemal dokładnie z boku, nie posiada ona struktury spiralnej i bywa brana za galaktykę eliptyczną. Nosi nazwę galaktyka Wrzeciono. NGC 3115 bardzo dużą jasność powierzchniową i może być dostrzeżona już przez silną lornetkę jako poświata z widocznym przy zerkaniu gwiazdopodobnym jądrem. W teleskopie o średnicy 15—20 cm można dostrzec owalny kształt galaktyki oraz pewną asymetrię; wschodnia krawędź wydaje się jaśniejsza niż zachodnia. W jeszcze większym instrumencie przypomina galaktykę Sombrero (M104), tyle że bez widocznego pasma pyłu. Jądro jest wyraźnie wydłużone.

Galaktyka ta jest kilka razy większa niż Droga Mleczna i składa się głównie ze starych gwiazd. W obrębie dysku prawie wcale nie ma gazu, a zgrubienie centralne dominuje całą galaktykę. Przez długi czas galaktyka Wrzeciono była uważana za prototypową galaktykę soczewkową. Na zdjęciach wykonanych teleskopem Hubble'a zauważono, że struktura dysku jest podwójna: część wewnętrzna bliska jądra, bez struktury spiralnej, otoczona pasmem pyłowym i część zewnętrza ze słabą, ale wyraźną strukturą spiralną. W roku 1992 doniesiono o wykryciu w centrum tej galaktyki bardzo masywnego i zwartego obiektu, którego bezpośrednio nie widać w żadnym zakresie widma elektromagnetycznego. Istnienie tego obiektu postuluje się jako wytłumaczenie bardzo dużej prędkości rotacji gwiazd, obserwowanej w centralnych częściach NGC 3115, a co więcej, prędkość ta silnie rośnie w kierunku jądra, osiągając ponad 400 km/s. „Klasyczna", można by w tej chwili rzec, interpretacja zakłada, że obiektem tym jest supermasywna czarna dziura o masie co najmniej miliard mas Słońca, jedna z najmasywniejszych, jakie postuluje się w obserwowanej przez nas części Wszechświata. Czy tak jest naprawdę? Scenariusze powstania takiej supermasywnej czarnej dziury w galaktyce eliptycznej lub soczewkowej zakładają jej wzrost w wyniku pochłaniania ogromnej ilości gazu (i gwiazd), co w początkowym okresie napędzałoby aktywność czarnej dziury jako jasnego kwazara, lub ewentualnie jako wynik migracji mało- i średniomasywnych czarnych dziur powstałych w obrębie galaktyki ku jej środkowi, gdzie łączyłyby się w jeden potężny obiekt. Faktem jest, że w obecnej chwili centralny obiekt w NGC 3115, czymkolwiek on nie jest, nie wykazuje żadnej aktywności, która mogłaby ewentualnie pomóc w określeniu jego cech fizycznych.

Jak większość galaktyk eliptycznych, galaktyka ta posiada liczną rodzinę gromad kulistych zarówno niebieskich (ubogich w metale), jak i czerwonych (o wysokiej metaliczności). Wszystkie one mają podobny wiek szacowany na około 11—12 mld lat, co jest wiekiem porównywalnym z wiekiem gwiazd w zgrubieniu centralnym tej galaktyki. Niemniej różnorodność gromad sugeruje, że powstawały one przynamniej w dwóch różnych epizodach aktywności gromadotwórczej.

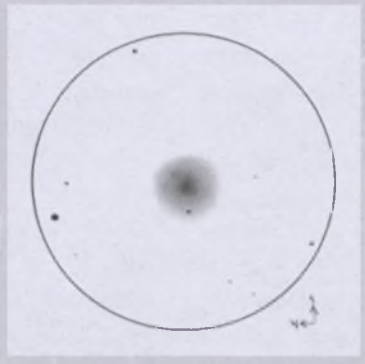
Zdjęcie NGC 3115 wykonane 37-cm teleskopem w systemie Ritchey-Chretien, ekspozycje RGB po 20 min



Centralne części galaktyki NGC 3115. Zdjęcie wykonane teleskopem Hubble'a w bliskiej podczerwieni. Ekspozycja 1300 s. Pole widzenia 33"×34"

NGC 3184

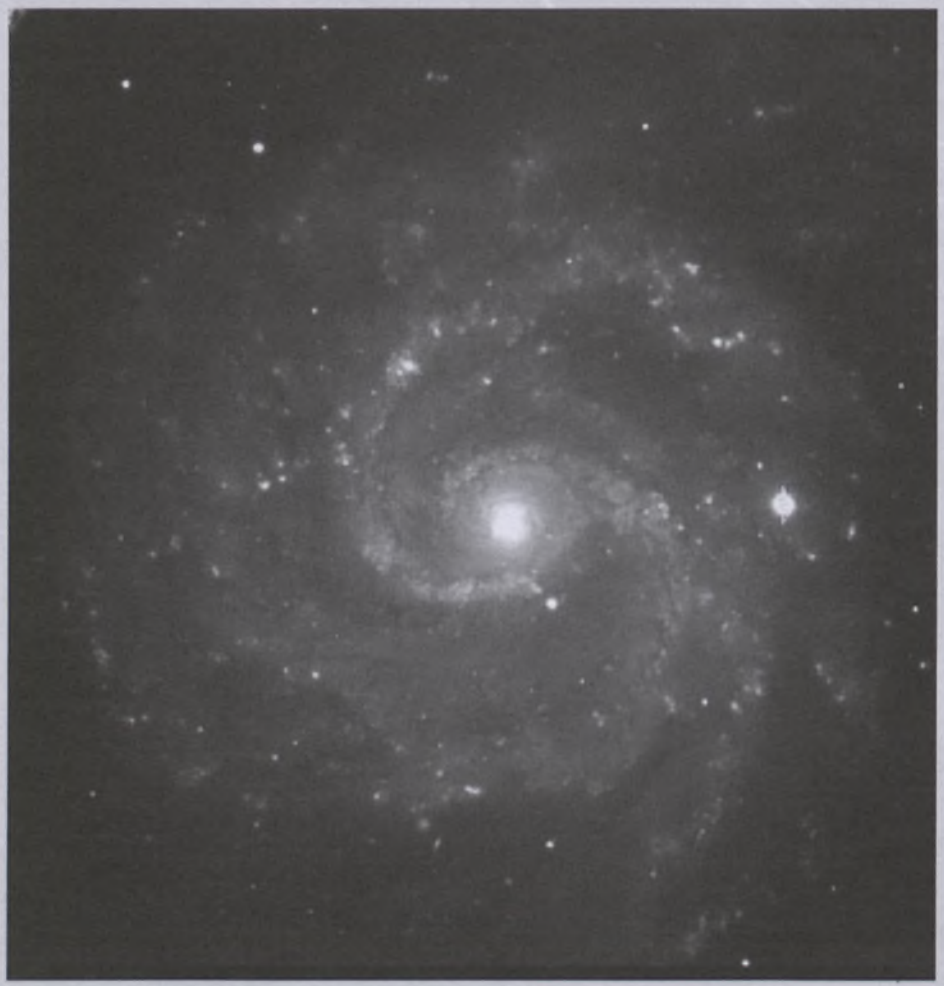
a (J2000)	10^h, $18{,}3^m$
d (J2000)	+41° 25'
Gwiazdozbiór	Wielka Niedźwiedzica
Typ	Galaktyka spiralna Sc
Jasność fotograficzna	10,3
Jasność wizualna	9,6
Jasność absolutna Mv	—
Rozmiar	6,9'×6,8'
Odległość	11,5 Mpc
Prędkość radialna	+592 km/s



Rysunek NGC 3184 wykonany 20-cm teleskopem Netwona, przy powiększeniu 122 razy

Galaktyka ta została odkryta przez Williama Herschela i oznaczona jako H I.168. Jej opis z katalogu Dreyera: „dość jasna, bardzo rozległa, okrągła, stopniowo silnie jaśniejąca ku środkowi". Można ją dostrzec z pomocą 12-cm teleskopu jako bardzo słabą, okrągłą poświatę, bez wyraźnego jądra. W teleskopie o średnicy co najmniej 30 cm można próbować dostrzec przebieg dwóch ramion spiralnych, a także przyjrzeć się lepiej jaśniejszemu, centralnemu obszarowi, w którym znajduje się słabe, gwiazdopodobne jądro.

Niebieskawa barwa galaktyki jest spowodowana obecnością w niej jasnych, gorących gwiazd rozsianych wzdłuż jej kilku ramion spiralnych. Zgrubienie centralne jest bardzo małe. Galaktyka jest dość jasnym źródłem rentgenowskim. Pochodzenie tej emisji wiąże się z obecnością wielu młodych gromad gwiazd, które podgrzewają gaz międzygwiazdowy do temperatury kilku milionów stopni — w istocie emisja ta jest najsilniejsza w obrębie ramion spiralnych, a szczególnie silna w obszarach zjonizowanego przez gorące, młode gwiazdy wodoru — HII.



Zdjęcie NGC 3184 wykonane Nordyckim Teleskopem Optycznym

Kilka lat temu pojawiła się w tej galaktyce supernowa oznaczona jako 1999gi. Jest to już czwarta supernowa wykryta w NGC 3184 w ciągu ostatniego stulecia. Była to supernowa typu II z długim okresem stałej jasności po wybuchu trwającym około 100 dni. Masę gwiazdy, która wybuchła, oszacowano w granicach 9—15 mas Słońca, a obserwacje spektroskopowe wykonane jeden dzień po wybuchu ujawniły, że materia odrzucona z gwiazdy oddalała się od niej z niezwykle dużą prędkością rzędu 30 tys. km/s! Obserwacje supernowej pozwoliły wyznaczyć odległość do tej galaktyki na około 11 Mpc, co jest wielkością zbliżoną do tej otrzymanej przy wykorzystaniu metody Tully-Fishera. Wynik ten jest o tyle ciekawy, że dwie inne pobliskie galaktyki NGC 3319 i 3198, które uważało się za tworzące z NGC 3184 powiązaną grawitacyjnie grupę galaktyk, znajdują się w odległości około 2 Mpc większej. Na zakończenie dodam, że bardzo blisko jądra galaktyki znajdują się dwa słabe kwazary oznaczane jako NGC 3184 U3 i U4.

Dariusz Graczyk

ASTROKRAK

F.P.U.H. **ASTROKRAK**, ul. Mogilska 51, 31-545 Kraków
e-mail: astrokrak@astrokrak.pl - **www.astrokrak.pl**
tel.: **(12) 413 55 26**, fax: (12) 417 31 81
sklep czynny: pon. - pt. 9-17, sob. 10-15

Zobacz również nowe forum miłośników astronomii - *www.astromaniak.pl*

BRESSER

Absolutna nowość na rynku!!!

SERIA MESSIER
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z najbogatszym wyposażeniem dodatkowym)

Refraktor R-90 ..... 1299.00
Refraktor R-102 ..... 1999.00
Refraktor R-127L 2899.00
Refraktor R-127S 2999.00
Refraktor R-152 ..... 3799.00
Newton N-130 ..... 1299.00
Newton N-150 ..... 1799.00
Newton N-203 ..... 2499.00

ORION

SERIA SKYVIEW PRO
(Teleskopy na montażu paralaktycznym SkyView Pro wraz z napędem w dwóch osiach z pilotem)

Refraktor 80mm ED APO 4150.00
Refraktor 100mm 2690.00
Refraktor 100mm ED APO 5999.00
Refraktor 120mm 3450.00
Newton 150mm 2650.00
Newton 203mm 3250.00

SOLIGOR
Digital • Photo • Optic • Video

LORNETKI ASFERYCZNE NIGHT VISION
7x50 ..... 485.00
10x50 ..... 495.00

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA
Plössl (4-40mm/1,25") ..... od 95.00
RKE (26-40mm/2") ..... od 195.00
Barlow 2x/1,25" 95.00
Barlow 2x/2" 250.00

SERIA MT
(Teleskopy Newtona na montażu paralaktycznym)

MT-910 114mm 1099.00
MT-750 152mm 1650.00
MT-800 200mm 2250.00

Sky-Watcher

TELESKOPY

Dobson 203mm (pyrex) 1830.00
Dobson 252mm (pyrex) 2850.00
Refraktor 102mm EQ3 ..... 2030.00
Maksutow 102mm EQ2 ..... 1820.00
Maksutow 127mm EQ3 ..... 2860.00

ANTARES

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA

Plössl (6-40mm/1,25") ..... od 105.00
Ortoskop. (6-12,5mm/1,25") ..... od 250.00
Erfla (30-52mm/2") ..... od 315.00
Szerokokątne (67°/5,7-25mm) ... od 299.00
Szerokokątne (82°/7,5-18mm) ... od 499.00
Barlow 2x/1,25 ..... 105.00
Barlow 1,6x/2" 350.00
Plössl podświetlany (10mm/1,25") .. 525.00

NASADKI KĄTOWE

45° 1,25"/1,25" 105.00
90° 1,25"/1,25" 125.00
45° M42x1/1,25" 125.00
90° M42x1/1,25" 145.00
90° 2"/2" 98% 395.00
Prowadząca 90° 2"/T2 z podgl. 625.00

FILTRY

ALP 1,25" 225.00
ALP 2" 415.00
ND 13 1,25" (szary) 45.00
ND 13 2" (szary) 105.00
Kolorowe 7 szt. 1,25" ... 285.00
Kolorowe 7 szt. 2" 475.00

MEADE

SERIA LX200GPS
(Teleskopy Schmidta-Cassegraina na montażu widłowym z pełną automatyką naprowadzania GO-TO)

8" (203mm) 13950.00
10" (254mm) 17250.00
12" (305mm) 24500.00
14" (356mm) 33950.00
16" (406mm) 65250.00

SERIA LDX-75
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z systemem GO-TO)

5" (127mm refraktor) 5650.00
6" (152mm refraktor) 6725.00
6" (152mm Schmidt-Newton) 5420.00
8" (203mm Schmidt-Newton) 6350.00
8" (203mm Schmidt-Cassegrain) 8650.00
10" (254mm Schmidt-Newton) 7595.00

SERIA ETX
(Teleskopy Maksutowa na montażu widłowym z systemem GO-TO)

90AT (90mm) 3125.00
90PE (90mm) 3995.00
105AT (105mm) 4125.00
105PE (105mm) 4895.00
125AT (125mm) 5395.00
125PE (125mm) 6250.00

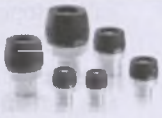
SERIA LIGHTBRIDGE
(Teleskopy trussowe na montażu Dobsona)

Newton 203mm ..... wkrótce u nas!
Newton 254mm ..... wkrótce u nas!
Newton 305mm ..... wkrótce u nas!

Akcesoria MEADE

OKULARY Z SERII 5000

Plössl (60°/5,5-40mm) ... od 505.00
SWA (68°/16-40mm) ..... od 915.00
UWA (82°/4,7-30mm) .. od 1090.00



KAMERY CCD
(Z oprogramowaniem Autostar Suite)

LP Imager 775.00
DS Imager 1550.00
Reduktor/korektor CCD f/3,3 ..... 925.00

CORONADO

TELESKOPY I FILTRY SŁONECZNE Hα
Już od 2915.00

LUMICON

OKULARY PODŚWIETLANE
(Z krzyżem nitek)

12,5mm ortoskop. 585.00
25mm Kellner 275.00

FILTRY MGŁAWICOWE

Deep Sky 1,25" 375.00
Deep Sky 2" 730.00
UHC 1,25" 375.00
UHC 2" 730.00
OIII 1,25" 375.00
OIII 2" 730.00
H-Beta 1,25" 375.00
H-Beta 2" 730.00
Comet 1,25" 375.00
Comet 2" 730.00

NASADKI KĄTOWE

Enhanced 1,25" 365.00
Enhanced 2" 695.00
LumiBrite 1,25" 98% ... 550.00
LumiBrite 2" 98% 875.00

KSIĄŻKI I ATLASY

Night Sky Observer's Guide tom I i II 135.00
Uranometria tom I i II 179.00
Uranometria tom III 195.00
Sky Atlas 2000.0 wersja deluxe 179.00
Atlas of the Moon 135.00

MAPY I GLOBUSY

Karta Messiera 13.00
Karta Caldwella 13.00
Mapa Księżyca 13.00
Globus nieba 330.00
Globus Księżyca 225.00

OPROGRAMOWANIE

RedShift 5 ..... 425.00
Starry Night Pro 625.00
Starry Night Enth. 335.00
CoolSky 2.0 ..... 39.00
Maxim DL 1250.00
SkyMap Pro 375.00
SkyChart III 169.00
Desktop Universe 825.00
SkyTools 2 CD 425.00

SKY PUBLISHING

ASTROKRAK

TELESKOPY I AKCESORIA

Jesteśmy producentem wysokiej klasy teleskopów i akcesoriów astronomicznych. Wykonujemy teleskopy o aperturze od 250 do 600mm. Zbudowaliśmy największy amatorski teleskop w Polsce! Ponadto oferujemy usługi projektowe, naprawcze i regulacyjne w zakresie optyki i mechaniki a także wykonujemy sprzęt na indywidualne zamówienie klienta.

ZŁĄCZKI I REDUKCJE

M42/Canon EOS 49.00
M42/Nikon 49.00
M42/T2 ..... 45.00
1,25"/M42 ..... 35.00
2"/M42 ..... 45.00
M42/web kamera 45.00
L-adapter mały 20.00
L-adapter duży 25.00

WYCIĄGI OKULAROWE
(Do refraktora, Newtona lub Cassegraina)

Obrotowy 1,25" 115.00
Przesuwny 1,25" 195.00
Przesuwny 2" 275.00

Niniejszy cennik jest jedynie niewielkim fragmentem oferty. Sprawdź wszystkie nasze produkty na *www.astrokrak.pl*

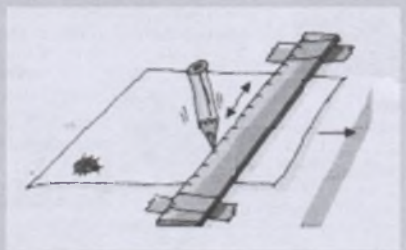
PROSTE DOŚWIADCZENIA Z FIZYKI

(XII seminarium dla nauczycieli)

1. Ruch jednostajny. Jest to modyfikacja doświadczenia z rurką. Gładki kątownik aluminiowy o długości 60—100 cm ustawiamy pod kątem. Na kątowniku kładziemy magnes pierścieniowy (rys. 1). Kąt nachylenia dobieramy tak, aby ruch magnesu był powolny, ale pewny. Bardzo szybko siły działające na magnes równoważą się i otrzymujemy ruch jednostajny. Jeśli na kątowniku naniesiemy podziałkę (np. kreski co 10 cm), będziemy mogli przeprowadzić ilościowe badania ruchu. W doświadczeniu bardzo przydatny jest stoper z zapisem czasów pośrednich. Takie stopery znajdują się na niektórych płytach CD dołączanych do podręczników (Ginter, Mostowski, Blinowski), a także posiadają je niektóre telefony komórkowe (np. Nokia 3510i). W czasie pokazu używałem aluminiowego ceownika (rynienki) o wymiarach 1 × 1 cm, zakupionego w OBI.

Rys. 1

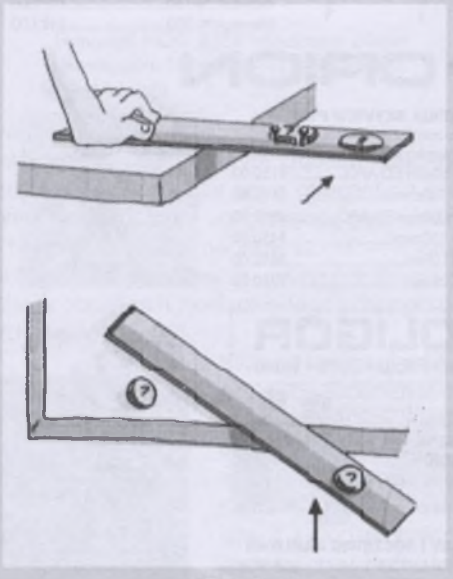
2. Względność ruchu. Linijkę, z podłożonymi pod jej końce dwoma monetami, przytwierdzamy do stołu taśmą klejącą. Pod linijkę wsuwamy arkusz papieru z narysowaną np. biedronką. Przesuwamy powoli papier, wodząc ołówkiem wzdłuż linijki tam i z powrotem (rys. 2). Stawiamy uczniom pytania: jaki jest tor ruchu ołówka względem biedronki, jaki jest tor ruchu ołówka względem nas, czy szybkości ruchu ołówka są w obu układach odniesienia takie same?



Rys. 2

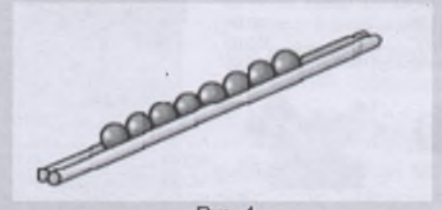
3. Zasada niezależności ruchów. W listewkę wbijamy dwa gwoździki w takiej odległości, aby moneta, której użyjemy, nie mogła się miedzy nimi przesunąć. Część listewki wysuwamy poza krawędź stołu. Kładziemy monety (rys. 3). Dociskamy lekko listewkę do stołu, a wolną ręką uderzamy w wystający koniec listewki, stawiając przedtem uczniom pytanie: która z monet uderzy wcześniej o podłogę? Przy pewnej wprawie można się obejść bez gwoździków — rysunek poniżej.

4. Zderzenia kulek. Kilka stalowych kulek (z łożyska) o średnicy 1 cm lub więcej kładziemy na dwóch równoległych prętach lub ceowniku, jak w doświadczeniu 1. Tor musi być dokładnie wypoziomowany. Kulki muszą się stykać (rys. 4). Odsuwamy jedną z kulek i energicznie popychamy w stronę pozostałych. Odskakuje jedna z szeregu. Odsuwamy dwie i popychamy jak poprzednio. Odskakują dwie. Możemy powtórzyć doświadczenie z 3, 4 kul-



Rys. 3

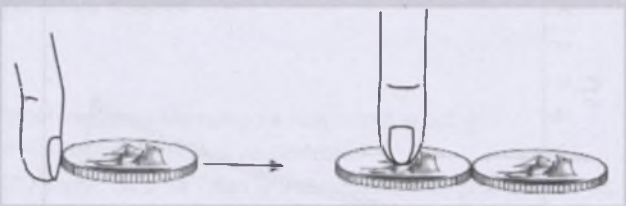
kami. Problem dla uczniów: dlaczego liczba kulek odskakujących musi być równa liczbie kulek uderzających? Doświadczenie można wzbogacić o piękny problem. Niezbędny jest mały, walcowy magnes neodymowy (5 × 5 mm). Do pierwszej z szeregu kulek przykładamy magnes. Jedną kulkę bardzo lekko popychamy w stronę szeregu (od strony magnesu). Ostatnia z kulek odskakuje z bardzo dużą prędkością. Problem: dlaczego tak wolno tocząca się kulka przekazała tak dużą energię? Tego doświadczenia nigdzie nie opisywałem, w CAMK-u pokazałem je publicznie po raz pierwszy.



Rys. 4

5. Fale sprężyste. Potrzebne są 3 monety. W zasadzie dowolne, ale lepiej większe. Dwie stykające się monety kładziemy na stole. Jedną z nich dociskamy bardzo silnie palcem do płyty stołu (rys. 5). Nadajemy pewną prędkość

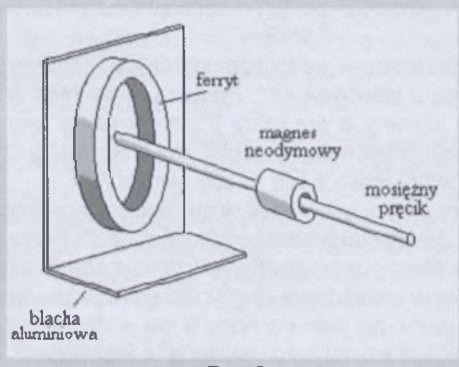
trzeciej monecie tak, aby uderzyła w dociskaną. Swobodna moneta odskakuje. Problem dla ucznia: dlaczego moneta odskoczyła?



Rys. 5

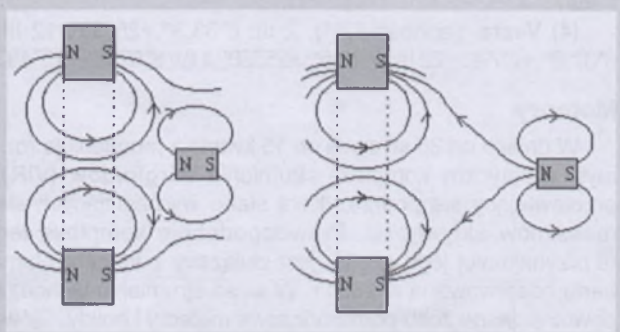
6. Modelowanie oddziaływania międzycząsteczkowego.

Kawałek blachy aluminiowej o wymiarach ok. 8 × 15 cm wyginamy w kształt litery L (rys. 6). Do blachy przyklejamy (klejem Super Glue lub podobnym) pierścieniowy magnes ferrytowy. Ze względu na kruchość ferrytu lepiej go przewiercić i umocować śrubą z nakrętką. Wymiary magnesu to ok.: średnica zewnętrzna 75 mm, wewnętrzna 40 mm. Pręt mosiężny o średnicy 4 mm i długości ok. 120 mm (z nagwintowanym jednym końcem) przykręcamy do blachy w środku magnesu. Jeden z neodymowych magnesów pierścieniowych nasuwamy na pręt. Magnesy powinny być zwrócone do siebie przeciwnymi biegunami.



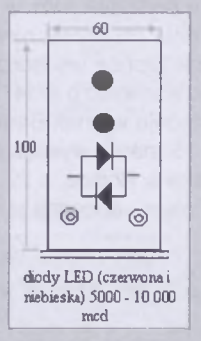
Rys. 6

Magnes neodymowy zatrzymuje się w położeniu równowagi. Jeśli przysuniemy go bliżej do ferrytu, odskakuje. Jeśli oddalimy, jest przyciągany. Szkic (rys. 7) powyżej pokazuje przybliżony przebieg linii pola. Inną wersję przyrządu opisałem w [1].



Rys. 7

7. Prąd zmienny. Płytkę z diodami (rys. 8) łączymy przez kondensator o pojemności 1 μF ze źródłem napięcia stałego 3 V (dwa „paluszki" połączone szeregowo). Diody nie świecą (uczniowie wiedzą — kondensator to płytki metalowe przedzielone warstwą dobrego izolatora). Źródło napięcia stałego zastępujemy źródłem napięcia zmiennego (np. transformator dzwonkowy lub prądniczka rowerowa). Obie diody świecą (na przemian).



Rys. 8

8. Prądy wirowe. Okrągłe aluminiowe naczynie (można je uformować z grubszej folii aluminiowej) stawiamy na powierzchni wody w większym naczyniu (np. talerzu). Silny magnes neodymowy np. **MP 20×4×5/N35** (a lepiej trzy) zawieszamy na mocnej nici lub stalowym drucie uformowanym w haczyk i wprawiamy w ruch wirowy tuż nad pływającym naczyniem (rys. 9).

Rys. 9

9. Przemiany energii. Cykl przemian energii demonstrowałem, zasilając niewielki silniczek elektryczny z baterii słonecznej oświetlonej żarówką o mocy 100 W. Zadanie dla ucznia — wymień przemiany energii zachodzące w tym doświadczeniu. Zwracam tu uwagę Państwa na tablicę przemian energii w [2].

Doświadczenia z poprzednich lat opisałem w „Uranii–Postępach Astronomii" 1/2003, 1/2004 i 2/2005.

[1] Juliusz Domański, *Doświadczenia pokazowe z fizyki*, Res Polona, Łódź 2002.

[2] Juliusz Domański, *Fizyka i astronomia — ćwiczenia i zadania*, cz. 1, Nowa Era, Warszawa 2004.

Juliusz Domański

Marzec

Słońce

W punkcie równonocy wiosennej znajdzie się w tym roku 20 marca o 18^h27^m. Punkt ten nosi historyczną nazwę „punktu Barana" (zaczyna się od niego zodiakalny znak Barana) i spełnia bardzo ważną rolę w astronomii: od niego mierzy się na niebie współrzędne kątowe: rektascensję i długość ekliptyczną. Chwilę, w której Słońce znajduje się w punkcie Barana, uważamy za początek wiosny astronomicznej.

W ciągu marca dnia przybywa równo o dwie godziny: w Warszawie 1 marca Słońce wschodzi o 5^h23^m, zachodzi o 16^h15^m, a 31 marca wschodzi o 4^h14^m, zachodzi o 17^h08^m. W marcu Słońce wstępuje w znak Barana.

W nocy z 14 na 15 marca wystąpi półcieniowe zaćmienie Księżyca, widoczne w Polsce, a 29 marca całkowite zaćmienie Słońca, w Polsce widoczne jako częściowe.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006		P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
III	1	–21,49	–7,22	179,39
	3	–21,98	–7,24	153,05
	5	–22,45	–7,25	126,70
	7	–22,90	–7,25	100,35
	9	–23,31	–7,24	74,00
	11	–23,70	–7,23	47,64
	13	–24,07	–7,20	21,29
	15	–24,40	–7,17	354,93
	17	–24,71	–7,13	328,56
	19	–25,00	–7,08	302,20
	21	–25,25	–7,02	275,83
	23	–25,48	–6,95	249,46
	25	–25,68	–6,88	223,09
	27	–25,85	–6,80	196,72
	29	–25,99	–6,70	170,34
III	31	–26,11	–6,61	143,96

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

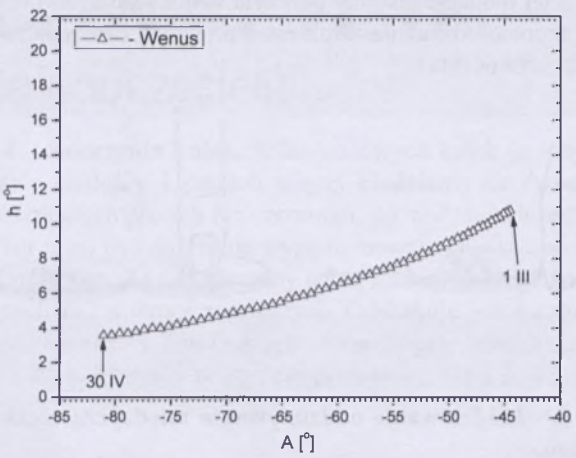
$14^d14^h46^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli pod koniec marca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $6^d20^h16^m$, pełnia $14^d23^h35^m$, ostatnia kwadra $22^d19^h10^m$ i nów $29^d10^h15^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się w dniu 13 marca o 1^h43^m, a w perygeum 28 marca o 7^h11^m.

Planety i planetoidy

W pierwszych dniach marca, wieczorem, nisko nad zachodnim horyzontem można zaobserwować **Merkurego**, zbliżającego się do Słońca po lutowej elongacji. W dniu 1 marca pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca) znajdziemy go na wysokości 10° nad horyzontem, świecącego z jasnością $0,6^m$. Korzystne usytuowanie orbity planety względem Ziemi pozwoli wtedy na zaobserwowanie przez teleskop jej tarczy o średnicy ponad 8", w fazie zaledwie 0,27.



Rys. 1. Wenus nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w marcu i kwietniu 2006 na początku świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca)

W marcu pogarszają się warunki porannej widzialności **Wenus**, świecącej z jasnością $-4,5^m$. O ile na początku miesiąca znajdziemy ją (na początku świtu cywilnego) na wysokości 11° nad południowo-wschodnim horyzontem, o tyle pod koniec marca obniży się ona do jedynie 6°, co znacznie utrudni obserwacje planety. W tym okresie średnica tarczy Wenus maleje od 32" do 22", natomiast faza zbliża się do kwadry.

Wieczorem, w gwiazdozbiorze Byka, widoczny jest **Mars**, świecący z jasnością $+1^m$. Przez teleskop można zobaczyć tarczę planety o średnicy 6", o wyraźnej fazie, jednak w związku z tak małymi rozmiarami obserwacje szczegółów powierzchniowych będą raczej niemożliwe.

W drugiej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Wagi, widoczny jest **Jowisz** jako obiekt o jasności $-2,3^m$. Przez teleskopy można obserwować zmiany w układzie chmur planety oraz zjawiska w układzie jej księżyców galileuszowych.

W pierwszej połowie nocy w gwiazdozbiorze Raka odnajdziemy **Saturna** jako „gwiazdę" o jasności 0^m.

Uran i **Neptun** przebywają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Pluton jest widoczny nad ranem w gwiazdozbiorze Węża, jednakże jego jasność wynosi jedynie $13,9^m$ i do jego zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

W marcu w pobliżu opozycji znajduje się jasna planetoida:

(4) Vesta, (jasność $7,4^m$). 2 III: $6^h33,3^m$,+25°35'; 12 III: $6^h37,0^m$,+25°45'; 22 III: $6^h43,5^m$,+25°50', 1 IV: $6^h52,3^m$,+25°49'.

Meteory

W dniach od 25 stycznia do 15 kwietnia promieniuje rozmyty ekliptyczny kompleks strumienia **Wirginidów (VIR)**, przejawiający się poprzez kilka słabo wyróżniających się maksimów aktywności. Prawdopodobnie kompleks ten (a przynajmniej jego część) jest związany z kometą Gambarta obserwowaną w 1834 r. W skład strumienia wchodzą powolne, jasne żółto-pomarańczowe meteory i bolidy. Głównym składnikiem strumienia Wirginidów są **alfa Wirginidy**, których słabo wyróżnione maksimum aktywności przypada

na 24 marca. Rozmyty radiant meteorów ma duży ruch własny, a w okresie maksimum leży w gwiazdozbiorze Panny i jego środek ma współrzędne rekt. 13^h00^m, dekl. –4°. Obserwacje tego słabego roju w tym roku ułatwi zbliżający się do nowiu Księżyc.

* * *

1^d04^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 4°.

1^d19^h Uran w koniunkcji ze Słońcem.

2^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

$2^d01^h53^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 4/2003].*

2^d07^h Merkury nieruchomy w rektascensji.

4^d23^h Jowisz nieruchomy w rektascensji.

5^d14^h Zakrycie gromady otwartej Plejady przez ciemny brzeg Księżyca przed pierwszą kwadrą, widoczne w całej Polsce, m.in. zakrycie najjaśniejszej gwiazdy gromady, η Tau (Alcyone, $2{,}9^m$) (Kraków 14^h14^m — Gdańsk 14^h26^m).

$5^d22^h07^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2003].*

6^d06^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 2°.

7^d01^h Maksymalna libracja Księżyca (9,7°) w kierunku *Mare Australe* (oświetlone).

$9^d20^h52^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}7^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 5/2002].*

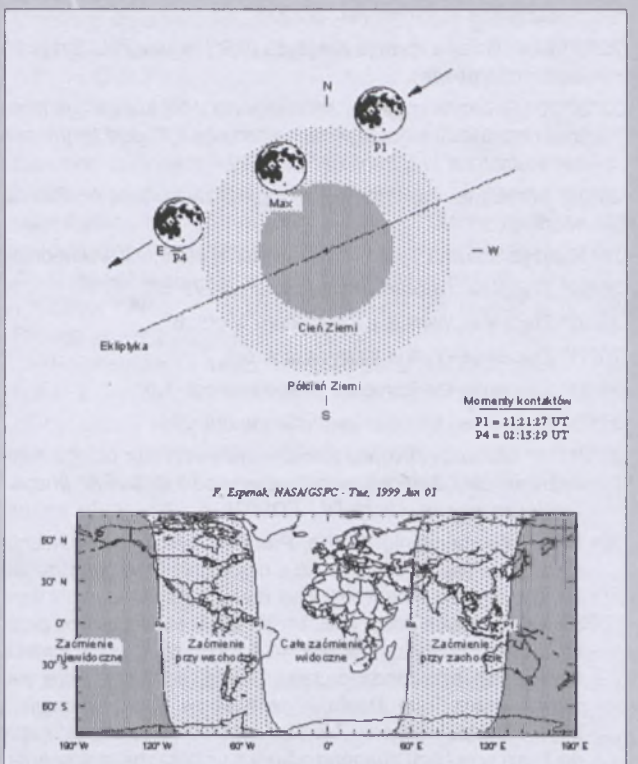
$9^d21^h10^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2003].*

10^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

10^d21^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 3°.

12^d03^h Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

14^d Półcieniowe zaćmienie Księżyca, widoczne w Europie, Afryce, Grenlandii, wschodniej części Ameryki Południowej i na Atlantyku; w pozostałej części Ameryki Południowej, większości Ameryki Północnej (poza Alaską) przy wschodzie Księżyca, oraz w Azji, zachodniej Australii i Oceanie Indyjskim przy zachodzie Księżyca. Przebieg zaćmienia: początek zaćmienia półcieniowego: 21^h21^m, maksimum zaćmienia: 23^h47^m, koniec zaćmienia półcieniowego: 2^h13^m. Zaćmienie widoczne w Polsce przy wysokości Księżyca nad horyzontem zmniejszającej się od 38° do 24°.

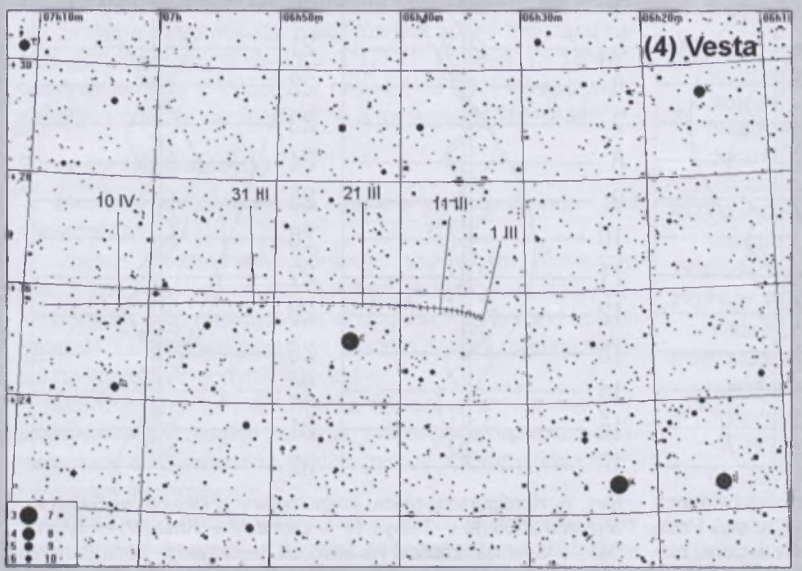


Rys. 3. Schemat półcieniowego zaćmienia Księżyca w dniu 14 marca 2006 [wg F. Espenak, NASA/GSFC]

14^d19^h Minimalna libracja Księżyca (2,1°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

$15^d00^h42^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2002].*

16^d Gwiazda zmienna długookresowa V CrB (miryda) ($15^h49{,}5^m$, +39°34') osiąga maksimum jasności ($7{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2005].*



Rys. 2. Trasa planetoidy (4) Vesta na tle gwiazd gwiazdozbioru Bliźniąt w marcu i kwietniu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)

18^d Gwiazda zmienna długookresowa W And (miryda) ($2^h17{,}6^m$, +44°18') osiąga maksimum jasności ($7{,}4^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2003].*

18^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

19^d12^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 6°.

$20^d01^h28^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2002].*

$20^d18^h27^m$ Słońce wstępuje w znak Barana, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 0°; mamy początek wiosny astronomicznej i zrównanie dnia z nocą.

21^d Gwiazda zmienna długookresowa X Oph (miryda) ($18^h38{,}3^m$, +8°50') osiąga maksimum jasności ($6{,}8^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 2/2003].*

$22^d00^h30^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}6^m$) *[mapka za-*

mieszczona w „Uranii-PA" 3/2003].

22^d07^h Maksymalna libracja Księżyca (9,9°) w kierunku *Sinus Iridium* (oświetlona).

$22^d20^h22^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 5/2002].*

25^d08^h Wenus w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości 47°.

26^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

26^d02^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 5°.

26^d02^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 6°.

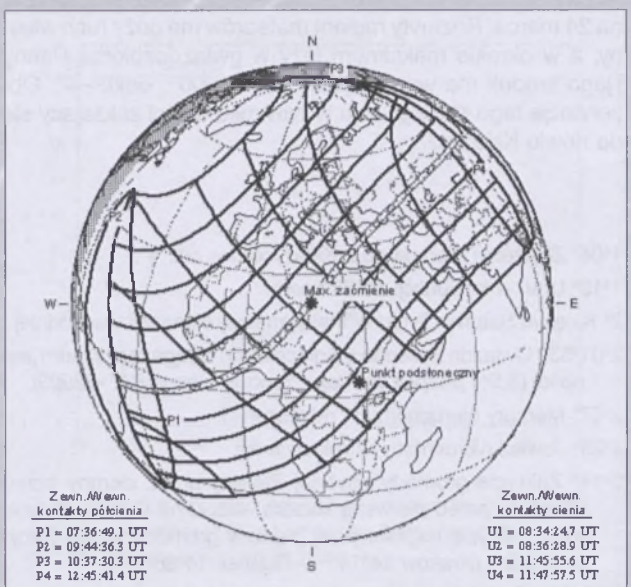
26^d11^h Złączenie Wenus z Uranem w odl. 2°.

26^d21^h Złączenie Merkurego z Uranem w odl. 1,6°.

27^d17^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 2°.

$27^d21^h34^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 5/2002].*

29^d Całkowite zaćmienie Słońca. Pas fazy całkowitej zaćmienia rozpocznie się 29 marca 2006 r. o godzinie 8^h36^m na brazylijskim wybrzeżu Atlantyku, nad rzeką Piranhas, w punkcie o współrzędnych $\varphi = 6°18'S$, $\lambda = 37°18'W$. Następnie, po przekroczeniu Atlantyku, wejdzie na kontynent Afryki w Zatoce Gwinejskiej, przechodząc przez Ghanę i jej stolicę Akrę, następnie przez Togo, Benin, Nigerię, Niger, Czad, wschodnią Libię. Po przekroczeniu Morza Śródziemnego pas wkroczy do Turcji w pobliżu znanego ośrodka wypoczynkowego Antalya. Po przejściu przez Azję Mniejszą, na wschód od Ankary, przekroczy Morze Czarne i przez Kaukaz wkroczy do Kazachstanu. Zaćmienie zakończy się 29 marca 2006 o godzinie 11^h46^m w Mongolii, tuż przy granicy z Kazachstanem, w punkcie o współrzędnych $\varphi = 51°34'N$, $\lambda = 98°47'E$. W Polsce zaćmienie widoczne jako częściowe o fazie od 0,428 (Szczecin, 10^h51^m) do 0,573 (Lublin, 10^h58^m).



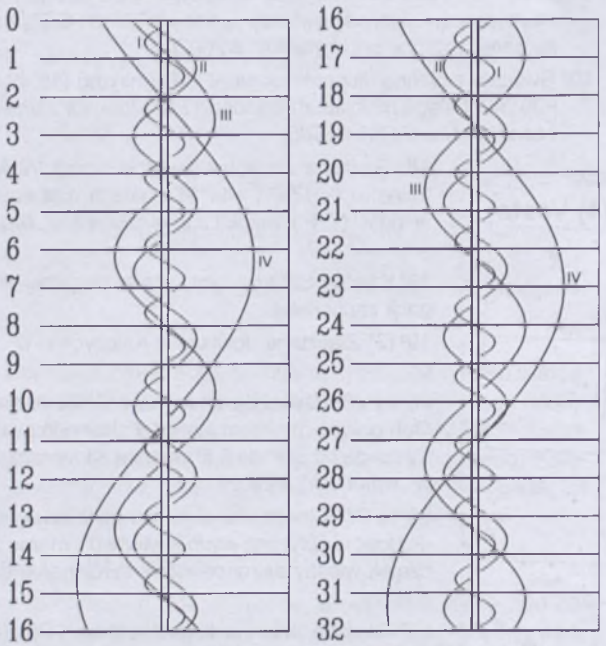
Rys. 4. Schemat całkowitego zaćmienia Słońca w dniu 29 marca 2006 [wg F. Espenak, NASA/GSFC]

29^d07^h Minimalna libracja Księżyca (2,0°) w kierunku *Mare Fecunditatis* (zacienione).

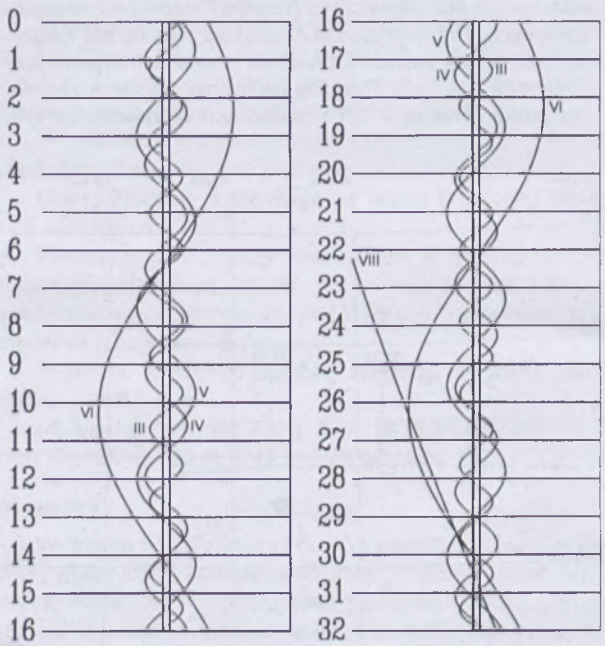
29^d10^h Pluton nieruchomy w rektascensji.

$30^d18^h50^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 4/2003].*

31^d Gwiazda zmienna długookresowa R And (miryda) ($0^h24,0^m$, +38°35') osiąga maksimum jasności ($6,9^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2004].*



Rys. 5. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w marcu 2006 (I — Io, II — Europa, III — Ganimedes, IV — Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 6. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w marcu 2006 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Tytan, VIII — Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

Kwiecień

Słońce

Wznosi się po ekliptyce coraz wyżej ponad równik niebieski, w związku z czym dzień jest coraz dłuższy. W ciągu miesiąca dnia przybywa prawie o dwie godziny: w Warszawie 1 kwietnia Słońce wschodzi o 4^h11^m, zachodzi o 17^h10^m, a 30 kwietnia wschodzi o 3^h08^m, zachodzi o 17^h59^m. W kwietniu Słońce wstępuje w znak Byka.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2005		P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
IV	1	–26,16	–6,55	130,77
	3	–26,23	–6,44	104,38
	5	–26,27	–6,32	77,99
	7	–26,29	–6,20	51,60
	9	–26,27	–6,06	25,20
	11	–26,23	–5,92	358,80
	13	–26,15	–5,78	332,40
	15	–26,05	–5,62	305,99
	17	–25,92	–5,47	279,59
	19	–25,76	–5,30	253,17
	21	–25,57	–5,13	226,76
	23	–25,35	–4,95	200,34
	25	–25,10	–4,77	173,92
	27	–24,82	–4,58	147,49
IV	29	–24,51	–4,39	121,07
V	1	–24,17	–4,19	94,64

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$10^d21^h49^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli pod koniec kwietnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $5^d12^h01^m$, pełnia $13^d16^h40^m$, ostatnia kwadra $21^d03^h28^m$ i nów $27^d19^h44^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się $9^d13^h16^m$ a w perygeum $25^d10^h34^m$.

Planety i planetoidy

Merkury znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Wenus można nadal odnaleźć nad ranem, nisko nad południowo-wschodnim horyzontem, jednak warunki jej obserwacji w ciągu miesiąca nadal pogarszają się i pod koniec kwietnia, na godzinę przed wschodem Słońca, będzie świecić na wysokości jedynie niecałe 4°.

Warunki widzialności **Marsa** w porównaniu z marcem praktycznie nie ulegają zmianie, jednak w związku z oddalaniem się od Ziemi nadal maleje jasność planety (do $+1,5^m$) i średnica jej tarczy (do 5").

Przez całą noc w gwiazdozbiorze Wagi jest widoczny zbliżający się do opozycji **Jowisz**, świecący jako obiekt o jasności $-2,5^m$. Pod koniec kwietnia planeta osiąga największą w 2006 r. średnicę tarczy, przekraczającą 44". Maksymalne rozmiary osiągają także tarcze księżyców galileuszowych: Io (1,1"), Europy (1,0"), Ganimedesa (1,6") i Callisto (1,5"), co umożliwia ich dostrzeżenie już w teleskopie o średnicy lustra 15 cm przy powiększeniu 200×.

Wieczorem nadal w gwiazdozbiorze Raka odnajdziemy **Saturna** świecącego z jasnością $0,1^m$. Osiągający maksymalną wartość w 2006 r. kąt nachylenia płaszczyzny pierścieni planety do Ziemi (przy nadal dużej ich średnicy) ułatwi dostrzeżenie „Przerwy Cassiniego" między pierścieniem A i B nawet w teleskopach o średnicy obiektywu 10 cm.

Uran i **Neptun** nadal przebywają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Poprawiają się nieco warunki porannej widzialności **Plutona**, który na początku świtu astronomicznego (ok. 2 godziny przed wschodem Słońca) wznosi się na wysokość ponad 20° nad południowym horyzontem.

W kwietniu w pobliżu opozycji nie znajduje się żadna jasna planetoida.

Meteory

W dniach od 16 do 25 kwietnia promieniują **Lirydy (LYR)**, związane z kometą Thatchera obserwowaną w 1861 r. W skład roju wchodzą białe, stosunkowo powolne meteory. W latach 1803 i 1922 były obserwowane deszcze meteorów z tego roju. Maksimum aktywności w tym roku spodziewane jest 22 kwietnia o godzinie 16^h30^m. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma współrzędne rekt. 18^h04^m, dekl. +34°. Warunki obserwacji w tym roku są bardzo dobre, gdyż w obserwacjach w pierwszej połowie nocy nie będzie przeszkadzał Księżyc po ostatniej kwadrze.

* * *

3^d Gwiazda zmienna długookresowa RR Sgr (miryda) ($19^h55,9^m$, –29°11') osiąga maksimum jasności ($6,8^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 2/2004].*

3^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

3^d21^h Maksymalna libracja Księżyca (9,6°) w kierunku *Mare Australe* (oświetlone).

3^d21^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl.3°.

5^d Gwiazda zmienna długookresowa R Sgr (miryda) ($19^h16,7^m$, –19°18') osiąga maksimum jasności ($7,3^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2005].*

5^d10^h Saturn nieruchomy w rektascensji.

6^d20^h Zakrycie brzegowe gwiazdy λ Cnc ($5,9^m$) przez ciemny brzeg Księżyca po pierwszej kwadrze, widoczne w pasie przechodzącym m.in. przez Bydgoszcz, Radom i Sandomierz (w granicach Polski: 20^h27^m — 20^h40^m). Na zachód od tej linii widoczne jako zakrycie gwiazdy przez ciemny brzeg Księżyca (Szczecin 20^h13^m — Krosno 20^h29^m).

$6^d23^h05^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 4/2003].*

7^d02^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 3°.

$7^d02^h52^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2003].*

8^d18^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości 28°.

9^d Gwiazda zmienna długookresowa o Cet (Mira, miryda) ($2^h19,3^m$, –2°58') osiąga maksimum jasności ($3,4^m$).

11^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

11^d07^h Minimalna libracja Księżyca (1,7°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

13^d Gwiazda zmienna długookresowa R Leo (miryda) ($9^h47,6^m$, +11°26') osiąga maksimum jasności ($5,8^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2004].*

15^{d} Gwiazda zmienna długookresowa T Aqr (miryda) (20^{h}49,9^{m}, –5°09') osiąga maksimum jasności (7,7^{m}) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2003].*

15^{d}12^{h} Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 5°.

16^{d} Gwiazda zmienna długookresowa S CMi (miryda) (7^{h}32,7^{m}, +8°20') osiąga maksimum jasności (7,5^{m}) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 2/2005].*

17^{d}20^{h}27^{m} Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^{m}) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2003].*

18^{d}13^{h} Złączenie Wenus z Uranem w odl.0,3°.

18^{d}16^{h} Maksymalna libracja Księżyca (9,0°) w kierunku *Sinus Iridium* (oświetlona).

19^{d} Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

20^{d}05^{h}25^{m} Słońce wstępuje w znak Byka, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 30°.

20^{d}22^{h}20^{m} Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^{m} do 6,6^{m} *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2002].*

22^{d}13^{h} Złączenie Neptuna z Księżycem w odl.4°.

24^{d}03^{h} Złączenie Urana z Księżycem w odl.2°.

24^{d}15^{h} Złączenie Wenus z Księżycem w odl.0,7°.

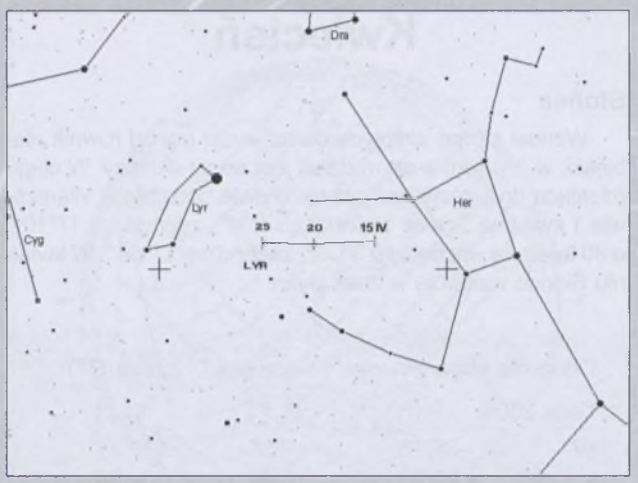
25^{d}10^{h} Minimalna libracja Księżyca (0,4°) w kierunku *Mare Crisium* (zacienione).

25^{d}23^{h}06^{m} Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^{m} do 6,6^{m} *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2002].*

26^{d}04^{h} Złączenie Merkurego z Księżycem w odl.3°.

27^{d} Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

28^{d} Gwiazda zmienna długookresowa U Cyg (miryda) (20^{h}19,6^{m}, +47°53') osiąga maksimum jasności (7,2^{m}).



Rys. 7. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Lirydów (LYR) w okresie od 15 do 25 kwietnia

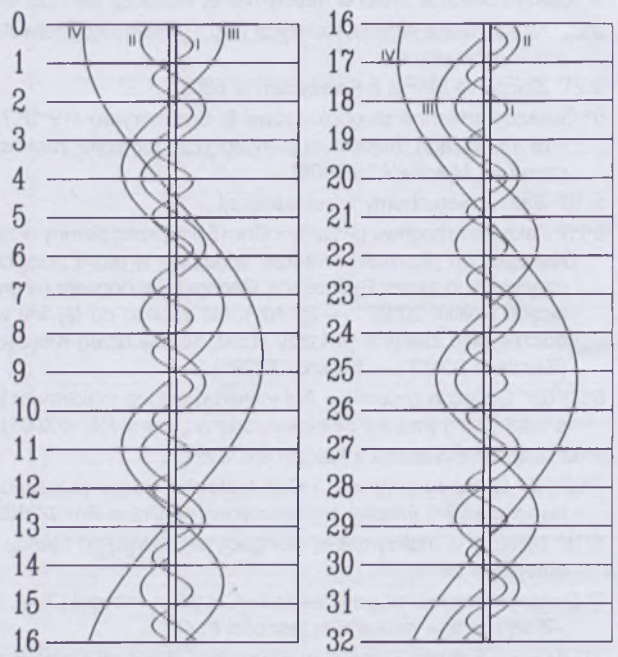
30^{d}23^{h}53^{m} Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^{m} do 6,6^{m} *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2002].*

UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

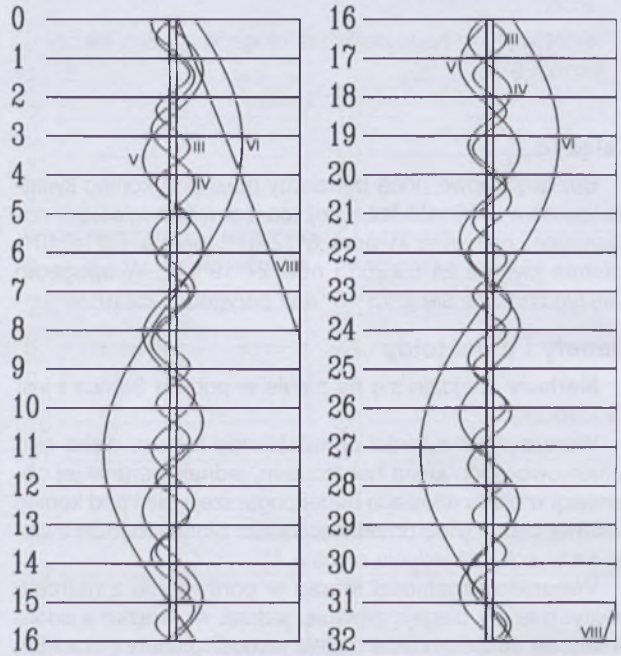
Aby otrzymać datę w obowiązującym w marcu w Polsce „czasie zimowym", należy dodać 1 godzinę, aby otrzymać datę w obowiązującym w kwietniu w Polsce „czasie letnim", należy dodać 2 godziny.

Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

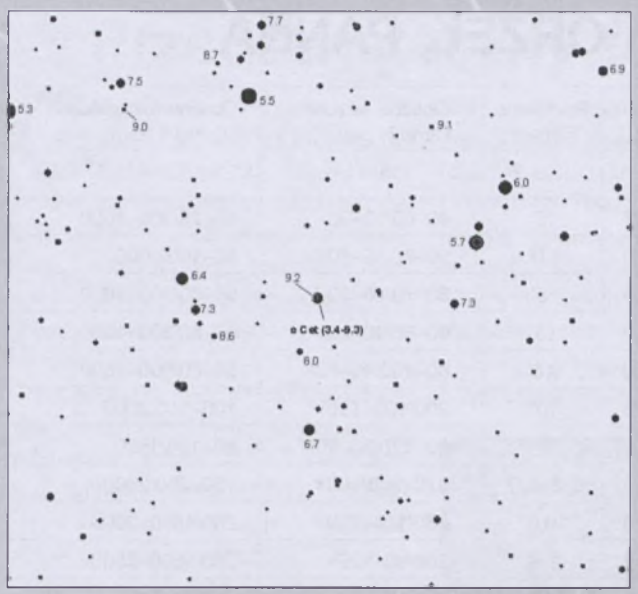
Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.



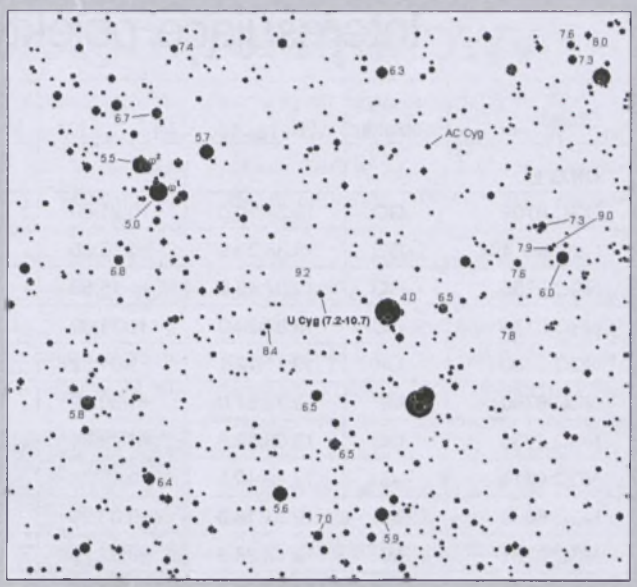
Rys. 8. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w kwietniu 2006 (I — Io, II — Europa, III — Ganimedes, IV — Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 9. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w kwietniu 2006 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Tytan, VIII — Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo



Rys. 10. Mapa gwiazdozbioru Wieloryba do obserwacji gwiazdy zmiennej *o* Cet (Miry) ($2^h19^m20{,}8^s$, –2°58'37"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 6°, północ u góry)



Rys. 11. Mapa gwiazdozbioru Łabędzia do obserwacji gwiazdy zmiennej U Cyg ($20^h19^m36{,}6^s$, +47°53'39"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 6°, północ u góry)

Opr. T. Ściężor

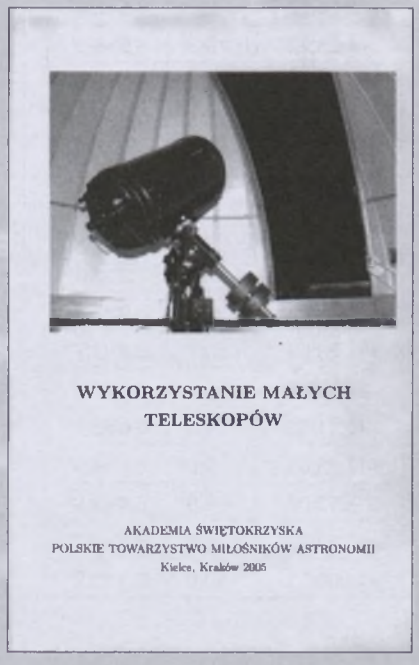
recenzje Uranii-PA

Wykorzystanie małych teleskopów, **Katarzyna Bajan** i **Piotr Flin (red.)**, wyd. Akademia Świętokrzyska i PTMA, Biblioteka Uranii nr 27, 118 s., Kielce–Kraków 2005.

Z nadzwyczajnym uznaniem należy przyjąć inicjatywę prof. Piotra Flina i dra Henryka Brancewicza, Prezesa PTMA, którzy w niespełna pięć miesięcy od zorganizowanej na AŚ w Kielcach (przez Zakład Astrofizyki IF AŚ) konferencji potrafili opublikować jej rezultaty w zwartym wydawnictwie; stało się to też możliwe dzięki dotacji JM Rektora Akademii Świętokrzyskiej.

Rzeczona pozycja zawiera 14 referatów-artykułów wygłoszonych w dniu 5 czerwca 2005 r. (oraz następnie napisanych) przez 22 autorów z dziesięciu ośrodków astronomicznych w Polsce (w tym — z dostrzegalni PTMA w Chorzowie). Wypada podkreślić, iż łącznie w konferencji wzięło udział około 40 uczestników z ośrodków astronomicznych w Polsce, jak również miłośnicy astronomii.

Rola niewielkich, tanich instrumentów dla rozwoju astrofizyki oraz mikrosoczewkowania grawitacyjnego została już dawno podkreślona przez prof. Bohdana Paczyńskiego. Okazało się bowiem, iż duże teleskopy, mimo swego zasięgu, mają zbyt małe pole widzenia, by jednorazowo objąć wiele obiektów na sferze niebieskiej. Wobec istnienia odbiorników CCD i komputerów najnowszej generacji małe instrumenty okazały się o wiele sprawniejsze w odkrywaniu nowych obiektów i zjawisk na sferze niebieskiej.



Zbiór otwiera właśnie artykuł *ASAS — Fotometryczny Przegląd Nieba* G. Pojmańskiego. Następne cztery referaty-artykuły dotyczą rozmaitych gwiazd zmiennych, łącznie z zaćmieniowymi (o których mówił wybitny specjalista w tej dziedzinie, prof. J. M. Kreiner).

Kolejne cztery referaty-artykuły przedstawiają obserwacje fotometryczne i astrometryczne małych ciał w Układzie Słonecznym — głównie planetoid, meteorów i meteoroidów.

Należy ponadto zwrócić szczególną uwagę na artykuł o fotometrii tranzytów planet pozasłonecznych. Szkoda tylko, że liczni jego autorzy jakoś nie odnieśli się do zaobserwanego przeze mnie swego czasu ewentualnego tranzytu planety przed gwiazdą HD 3765 (zob. Acta Astr., **29**, No 1, 1979).

Natomiast cztery ostatnie referaty dotyczą różnych tematów: badania błysków gamma, obserwacji kamerą internetową, budowie półmetrowego teleskopu PTMA w Planetarium Śląskim w Chorzowie, wreszcie o małym teleskopie (o średnicy 30 cm) w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Opolskiego.

Życzenia i pozdrowienia dla organizatorów oraz uczestników konferencji w Kielcach przesłał również Prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, prof. Andrzej Woszczyk.

T. Zbigniew Dworak

Interesujące obiekty: **ORZEŁ, PANNA**

Obiekt	Rodzaj obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ' : "]	V [mag.]	Rozmiary kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] /F[mm]
ORZEŁ							
NGC 6709	GO	18:51:30,0	+10:21:00	6,7	15'	40–60/10–30×	40–70/300–1000
Collinder 401	GO	19:38:24,0	+0:20:00	7,0	1,0'	50–70/50–100×	80–100/2000
NGC 6755	GO	19:07:49,0	+4:15:59	7,5	15'	50–70/10–30×	60–80/300–1000
NGC 6738	GO	19:01:24,0	+11:36:00	8,3	15'	60–90/40–80×	60–80/300–1000
NGC 6760	GK	19:11:12,1	+1:01:52	9,0	9,6'	60–100/40–80×	60–80/500–1500
NGC 6790	MP	19:22:57,0	+1:30:49	10,5	10"	200/100–150×	100–150/2000
NGC 6756	GO	19:08:42,5	+4:42:21	10,6	4'	80–120/60–90×	80–100/1500
NGC 6814	G	19:42:40,5	–10:19:28	11,3	3,2'×3,0'	170–200/100×	150–200/2000
NGC 6803	MP	19:31:16,3	+10:03:26	11,4	10,0"	250/100–150×	250/1500–3000
NGC 6781	MP	19:18:28,3	+6:32:25	11,4	1,9'	250/80–120×	250/1500–2500
NGC 6741	MP	19:02:37,0	–0:26:56	11,5	8,0"	250/150–200×	250/3000–4000
PK52–2,2	MP	19:39:06,0	+15:56:00	11,8	3,0"		
Pal 11	GK	19:45:18,0	–8:02:00	11,9	3,2'	250/80–120×	200/1000–2000
NGC 6751	MP	19:05:55,5	–5:59:30	11,9	26,0"	250/150–200×	250/2000–4000
IC 4846	MP	19:16:28,3	–9:02:35	11,9	11,0"		
PANNA (V<=10 mag.)							
M 104	G	12:39:59,3	–11:37:21	8,3	8,7'×3,5'	60–80/30–60×	60–80/600–1000
M 49	G	12:29:46,7	+8:00:00	8,3	10,2'×8,3'		
M 87	G	12:30:49,4	+12:23:26	8,6	8,3'×6,6'		
M 60	G	12:43:39,8	+11:33:11	8,8	7,4'×6,0'		
M 86	G	12:26:11,5	+12:56:47	8,9	8,9'×5,8'		
NGC 4697	G	12:48:35,8	–5:48:00	9,2	6,0'×3,8'	70–100/40–80×	80/800–1200
M 84	G	12:25:03,6	+12:53:13	9,2	6,5'×5,6'		
M 61	G	12:21:54,9	+4:28:22	9,3	6,5'×5,8'		
NGC 4636	G	12:42:49,7	+2:41:14	9,4	6,2'×5,0'		
M 90	G	12:36:50,0	+13:09:50	9,4	9,5'×4,4'		
NGC 5634	GK	14:29:37,3	–5:58:33	9,5	5,5'		
NGC 4699	G	12:49:02,2	–8:39:50	9,6	3,5'×2,7'	80–120/40–80×	100/800–1200
NGC 4365	G	12:24:28,2	+7:19:03	9,6	6,9'×5,0'		
NGC 4526	G	12:34:02,8	+7:41:56	9,6	7,2'×2,3'		
M 58	G	12:37:43,7	+11:49:06	9,6	5,9'×4,7'		
M 59	G	12:42:02,2	+11:38:50	9,7	5,4'×3,7'		
NGC 5068	G	13:18:54,5	–21:02:17	9,8	6,9'×6,3'		
NGC 4535	G	12:34:20,2	+8:11:51	9,8	6,8'×5,0'		
NGC 5247	G	13:38:02,9	–17:53:05	9,9	5,6'×4,9'		
NGC 4753	G	12:52:22,1	–1:12:00	9,9	5,4'×2,9'		
M 89	G	12:35:39,9	+12:33:22	9,9	5,1'×4,7'		
NGC 4438	G	12:27:45,6	+13:00:31	10,0	9,3'×3,9'		

G — galaktyka
GO — gromada otwarta
GK — gromada kulista
MP — mgławica planetarna

Wiesław Skórzyński

Przedświąteczny felieton porządkowy

Gdy piszę ten tekst, rok 2005 zbliża się wielkimi krokami do finiszu, na niebie jasno świeci Księżyc, nowinek astronomicznych jak na lekarstwo, a w sferze muzycznej też cisza. Krótko mówiąc, bardzo sprzyjające warunki do… uporządkowania sterty papierów i płyt, jakie nagromadziły się wokół biurka.

Na początek małe wyjaśnienie. Eksploatowany niemiłosiernie przez całą rodzinę odtwarzacz DVD doszedł chyba do wniosku, że ma już dość i przestał czytać większość moich płyt (łaskawie odnosi się tylko do krążków VideoCD z bajkami najmłodszej córki). Co prawda, można by zastępczo w jego roli użyć komputera, ale siedzenie przed monitorami w pracy zniechęca mnie skutecznie do dalszego gapienia się w monitor nawet w celach rekreacyjnych. I tym sposobem odłogiem leży kilka ostatnich nabytków, a między nimi stary, ale wciąż robiący wrażenie koncert zespołu Pink Floyd zarejestrowany w Pompejach. W wersji oryginalnej materiał znany mi jest od lat, ale dopiero niedawno zdecydowałem się na nabycie wersji reżyserskiej wydanej na DVD. Po zapoznaniu się z nią (nie wytrzymałem i jednak odtworzyłem na komputerze) jestem mile zaskoczony jej „kosmicznym wymiarem". Całość zaczyna się przelotem przez Układ Słoneczny. Zbliżamy się do Błękitnej Planety, wchodzimy w atmosferę i już jesteśmy w ruinach greckiego amfiteatru. Zaczyna się Wielki Spektakl... W trakcie grania utworu „Set The Controls On The Heart Of The Sun" pojawiają się sekwencje wybuchów protuberancji. Czy mogło być lepiej? Tak! Gdyby misterium nie przerywały gadki muzyków i reżysera. To psuje nastrój.

Następny krążek czekający na pełnowymiarowy odsłuch to najnowsza stu-

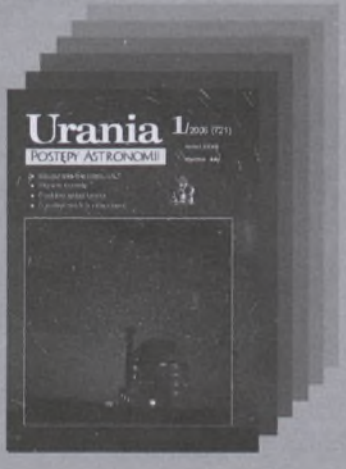
dyjna płyta wysoko cenionego przeze mnie Klausa Schulze pt. „Moonlake" z bardzo pomysłową okładką przedstawiającą powierzchnię Księżyca usianą kraterami, a w jednym z nich widzimy zwierciadlane odbicie Ziemi. Gdy powstawał materiał na tę płytę (2003—2005) modny był temat istnienia wody na Księżycu. Dlatego pewnym zaskoczeniem było znalezione w książeczce dołączonej do płyty stwierdzenie, iż swój tytuł płyta zawdzięcza Jezioru Księżycowemu znajdującemu się… na terenie Austrii. Aż z ciekawości uruchomiłem aplikację Google Earth, by zobaczyć to miejsce.

Kolejna nienależycie wysłuchana płyta to „The Orbit Of Dreams" duetu Spacelab zawierająca materiał muzyczny prezentowany w Planetarium Śląskim we wrześniu br. Przy okazji warto wspomnieć, że ta szacowna placówka obchodziła właśnie swoje 50-lecie! Zawarta na płycie muzyka to zapis bogatej we wrażenia podróży kosmicznej.

I jeszcze jedna godna odnotowania płyta: Patrick Kosmos „Cosmic Resonance". Zakupiona okazyjnie na internetowej giełdzie Allegro składankowa płyta muzyka, który już artystycznym pseudonimem dał wyraz swoim fascynacjom (jego prawdziwe nazwisko to Willie). Twórca, wierny szkole berlińskiej lat 70., zachowujący ciepłe brzmienia analogowych syntezatorów, wzbogacający je o dźwięki saksofonu, fletów i gitar. Płyta zawiera materiał zarejestrowany podczas koncertów, których w karierze Patricka było bardzo wiele. Tak sobie myślę, że jego twórczości należałoby chyba poświęcić cały jeden odcinek „Astronomii i muzyki".

Najpierw jednak zastanowię się, jak wspomóc Mikołaja, by pod choinką pojawił się nowy odtwarzacz…

Jacek Drążkowski



INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2006 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 1160220200000000055305241

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii" i „Uranii-PA" udziela:

Karolina Wojtkowska
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

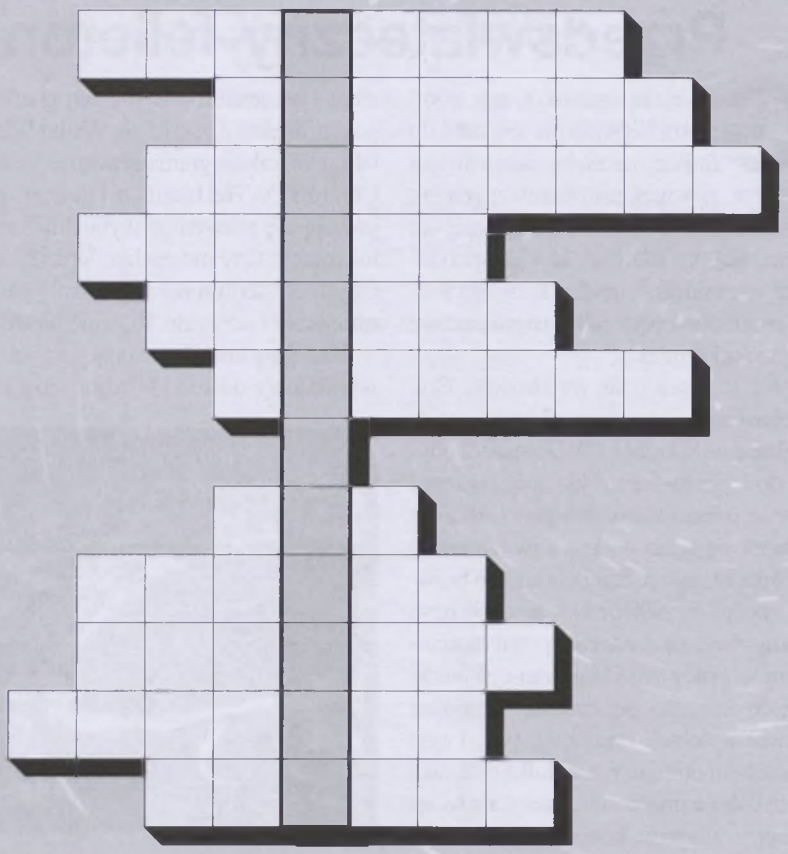
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

Kupon konkursowy Uranii-PA 1/2006

Rozwiązaniem krzyżówki z „Uranii-PA" nr 5/2005 jest hasło: „REMOTE SPACES". Nagrody w postaci płyt CD wylosowali: **Grzegorz Kubicki** z Ostrowca Świętokrzyskiego i **Rafał Królikowski** ze Zduńskiej Woli. Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą.

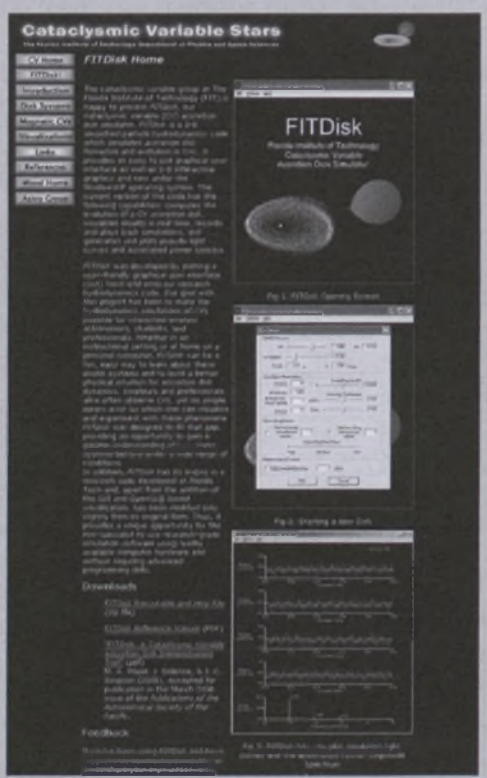
Tym razem nie podajemy żadnych słów kluczowych do wypełnienia sąsiedniego diagramu. Otóż do diagramu należy tak dopasować nazwy własne księżyców Urana, aby w zaznaczonych polach powstało sensowne (i związane tematycznie z księżycami!) hasło złożone z dwóch słów. Uwaga! Rozwiązaniem tej nietypowej krzyżówki jest podanie nazw własnych czterech księżyców, które nie zostały wykorzystane w diagramie!

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwie nagrody książkowe. Na rozwiązania czekamy do końca lutego br. Osoby nie będące prenumeratorami „Uranii-PA" muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.



Słowa kluczowe w krzyżówce z „Uranii-PA" 5/05:

1. Brown, 2. Odległe, 3. Fermiony, 4. Topologia, 5. Fluktuacje, 6. Phaeton, 7. Jansky, 8. Comptona, 9. Planck, 10. Wrocław, 11. Dżety, 12. Sahsa.



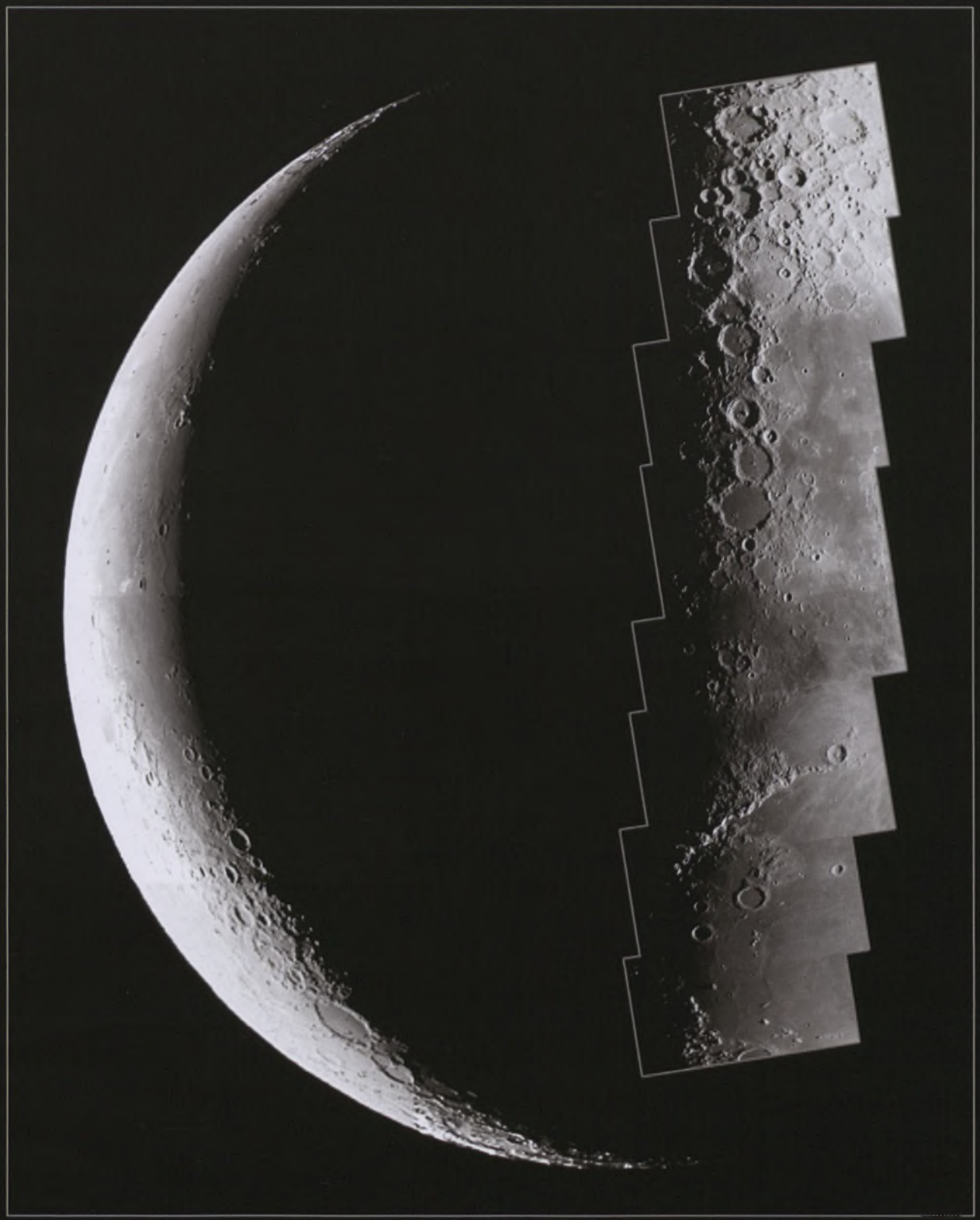
Ciekawe strony internetowe...

Dziś proponuję obejrzeć stronę poświęconą zmiennym kataklizmicznym (znajdującą się jeszcze w trakcie powstawania, stąd szereg łączy jest jeszcze ubogich lub nieaktywnych). Mimo to można znaleźć trochę informacji na temat wspomnianych obiektów (więcej o tej kategorii zmiennych na http://www.orion.pta.edu.pl). Jednak chciałbym zwrócić uwagę na program pozwalający symulować powstawanie i ewolucję dysków akrecyjnych w układach kataklizmicznych oraz generować na tej podstawie krzywe blasku i związane z nimi widma mocy (http://www.astro.fit.edu/cv/fitdisk.html). Program powstał w oparciu o kod hydrodynamiczny używany przez astronomów z Florida Institute of Technology. Do programu jest dołączona 11-stronicowa instrukcja obsługi oraz artykuł (mający ukazać się w marcowym numerze Publications of the Astronomical Society of the Pacific) zawierający m.in. szczegóły związane z podejściem fizycznym jak i metodami numerycznymi zastosowanymi w programie. Oferowana wersja pracuje pod MS Windows — autorzy piszą o Windows XP, ale pod Win98 udało mi się ją uruchomić bez problemów.

(*rs*)

Zwycięzcą naszego konkursu na „Zdjęcie obiektów letniego nieba" został Jerzy Łągiewka z Katowic dzięki imponującemu cyklowi cyfrowych mozaik powierzchni Księżyca. Jury doceniło tu w szczególności perfekcję wykonanych prac

Galeria Uranii



Po lewej mozaika 6 zdjęć sierpa Księżyca wykonana 31.08.2005 r. w godz. 4:10-4:39 CWE, teleskopem Cassegraina syst. Ritchey-Chretiena o średnicy zwierciadła 225 mm i ogniskowej 2300 mm z zainstalowaną w ognisku głównym kamerą cyfrową SX 410z (korpus aparatu cyfrowego bez obiektywu). Każdy ze składników mozaiki to ok. 50–80 zdjęć wykonanych w trybie naświetlania seryjnego w rozdzielczości VGA (640×480 pikseli) i przetworzonych w programie RegiStax (nakładanie i wyostrzanie). Ekspozycja 1/4s. Po prawej mozaika 8 zdjęć terminatora z 27.08.2005 r., godz. 1:17-2:00 CWE. Sprzęt i technika jak wyżej, z tym że ogniskowa teleskopu została wydłużona przy pomocy telekonwertera ×2. Warto dodać, iż miejscem wykonania tych zdjęć był... balkon 4 piętra bloku mieszkalnego

ISSN 0032-5414

Gdy obrócicie Państwo tę stronę o 90 stopni nie będziecie mieć wątpliwości, że przedstawia fantastyczny, górski krajobraz. A to jest krajobraz kosmiczny nazwany „Szczyty Kreacji" (Mountains of Creation), położony w gwiazdozbiorze Kasjopei w odległości ok. 7 tys. l. św. od nas.

Prezentowany obraz został uzyskany przez pracujący w podczerwieni teleskop kosmiczny Spitzera. Jest złożony z 4 oddzielnych obrazów otrzymanych w 4 barwach. Przedstawia chmury materii międzygwiazdowej zimnego gazu i pyłu „wyrzeźbione" przez wiatry i promieniowanie gorących i masywnych gwiazd, które leżą w pobliżu, ale poza kadrem tego obrazu. Kadr mierzy ok. 70 l. św. Jest to fragment większego obszaru rodzenia się gwiazd, znanego pod nazwą katalogową W5 lub IC 1848.

Fot. L. Allen i inni. (Harvard-Smithsonian CfA, JPL, NASA)

Urania

Postępy Astronomii

2/2006 (722)

tom LXXVII

marzec—kwiecień

- Pionierskie lata astronomii w Toruniu
- Aktywność magnetyczna Słońca
- Towarzyskie planetoidy

Pawilon teleskopu Schmidta-Cassegraina w Piwnicach od strony południowo-zachodniej

Współczesna „załoga" Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika prawie w komplecie — październik 2005 r.

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

fot. A. Dauksza-Wiśniewska

Prenumeratorów naszego czasopisma spotyka w tym miesiącu nagroda — wszyscy otrzymują dwa zeszyty „Uranii–Postępów Astronomii". Jeden, to regularny zeszyt noszący datę marzec-kwiecień 2006 r., a drugi to bonus *— specjalne wydanie „Uranii". Zawiera ono referaty wygłoszone na angielskojęzycznych sesjach w czasie Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego we wrześniu 2005 r. we Wrocławiu. Skupiają się one wokół dwóch zagadnień: gwiazd pulsujących (w tym astrosejsmologii) i fizyki Słońca. Autorzy są znakomitymi specjalistami tych dziedzin, a całość stanowi doskonały obraz problemów współczesnych astronomii w tych tematach. Komitet Organizacyjny Zjazdu znalazł pieniądze na wydanie materiałów zjazdowych i zrobienie prezentu naszym najwierniejszym Czytelnikom, za co jesteśmy mu bardzo wdzięczni.*

Nasz zwykły, polskojęzyczny nr 2 (722) otwiera, kreślone piórem niżej podpisanego, wspomnienie pionierskich lat astronomii w Toruniu, rodzącej się wraz z powstaniem Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Uniwersytet ten świętował w 2005 r. swoje 60-lecie. Uznaliśmy, że wypada też przypomnieć z tej okazji, jak to się narodził i rósł toruński ośrodek astronomiczny, który dzisiaj nosi miano Centrum Astronomii UMK. Następnie naszą uwagę kierujemy na najważniejszy obiekt nieba — Słońce. O badaniu naszej dziennej gwiazdy i procesach zachodzących w jej zewnętrznych warstwach opowiada heliofizyk Paweł Rudawy z Wrocławia. Analizuje głównie zjawiska zachodzące między polem magnetycznym a plazmą słoneczną. Oddziaływania te leżą u podstaw zjawisk tzw. aktywności słonecznej, które są pilnie obserwowane nie tylko przez profesjonalnych astronomów, ale też i przez tysiące miłośników astronomii. Zaskakującymi odkryciami ostatnich lat były księżyce planetoid. Najpierw sonda kosmiczna Galileo w drodze do Jowisza sfotografowała w 1993 r. asteroidę 243 Ida, ale dopiero po analizie wszystkich zdjęć, kilka miesięcy później, w 1994 r. stwierdzono, że planetka ta ma satelitę. Nazwano go Daktyl, bo w mitologii Daktyle były dziećmi Zeusa i nimfy Idy. Na odkrycie następnych księżyców planetoid nie trzeba było długo czekać. Odkrywano je z obserwacji kosmicznych i z obserwacji naziemnych. O tym, jak odkrywano, jak bada się takie układy i jakie „pożytki" czerpiemy z tych badań, pisze Agnieszka Kryszczyńska, astronom poznański, od lat zaangażowany w badania planetoid.

W Rozmaitościach *dostarczamy Państwu wiele informacji o najnowszych odkryciach astronomicznych — niektóre z nich zmieniają istotnie naszą dotychczasową wiedzę o wybranych ciałach czy zjawiskach niebieskich. Radzimy zajrzeć też na strony internetowe naszego serwisu edukacyjnego ORION, by pogłębić podane tu informacje i zapoznać się z materiałami źródłowymi dotyczącymi opisywanych odkryć.*

Jak zwykle mamy w tym numerze wszystkie tradycyjne działy „Uranii". W Astronomii w szkole *Juliusz Domański opowiada o gwiazdach neutronowych i różnych sposobach przybliżenia ich natury uczniom. Dariusz Graczyk prezentuje kolejne obiekty w* Galerii galaktyk. *Wiesław Skórzyński proponuje ciekawe obiekty do obserwacji w gwiazdozbiorach Pegaza i Perseusza, a Tomasz Ściężor przedstawia zjawiska astronomiczne, jakich spodziewać się możemy w maju i czerwcu.*

Recenzja ciekawej książki, felieton muzyczny, krzyżówka i wskazanie ciekawych stron internetowych dopełniają treść tego zeszytu.

Życzę Państwu przyjemnej lektury

Toruń, w lutym 2006

BIBLIOTEKA Uniwersytecka w TORUNIU

Szanowna Redakcjo!

Chciałbym przesłać do Was rozwiązanie krzyżówki z numeru 1/2006, ale napotkałem na poważne problemy z jej kompletnym rozwiązaniem i są to problemy chyba zawinione przez szanowną Redakcję.

Autor krzyżówki powiada, aby wpisać 11 nazw własnych księżyców Urana i pozostałe 4 niewpisane nazwy to rozwiązanie. Otóż patrząc na tabelę księżyców Urana w tym samym numerze pisma na s. 15, stwierdzamy łatwo, że księżyców Urana posiadających własną nazwę jest 21, a nie, jak sugeruje krzyżówka, 11+4=15. Problem ten obszedłem, uznając, że autorowi krzyżówki chodzi o 15 księżyców odkrytych do misji Voyagera włącznie (choć to nieco sztuczne założenie, acz konieczne). I tu nie koniec problemów, bo wg krzyżówki istnieje jeden księżyc mający w nazwie tylko trzy litery, a według tabeli najkrótszym w nazwie jest Puck. Problem ten pominąłem, uznając, że autor krzyżówki miał na myśli nazwę, która pojawia się w niektórych źródłach a brzmiącą „Puk". Analizując dalej, doszedłem do wniosku, że hasłem jest „System Urana". Jeżeli się nie mylę, to pozostają konsekwencje w postaci dwóch następnych problemów:

Trzecim wyrazem — nazwą księżyca jest słowo 9-literowe. A więc albo Desdemona, albo Rosalinda. Oba mają jako trzecią literę „S", a więc oba pasują, zatem nazwę którego z tych księżyców należy podać jako rozwiązanie krzyżówki (czyli cztery nieużyte nazwy)? Drugim problemem jest księżyc, którego nazwę należy wpisać jako 8 z kolei w krzyżówce. Albowiem mamy, licząc z góry:

1. Cressida
2. Tytania
3. Desdemona/Rosalinda
4. Portia (*)
5. Oberon (*)
6. Umbriel

[przerwa]

7. Puk (Puck)
8. ?
9. Miranda
10. Belinda
11. Bianca (*)

Ósma nazwa powinna mieć 6 liter. W systemie Urana mamy 4 księżyce o sześciu literach w nazwie, oznaczone gwiazdkami powyżej: Portia, Oberon i Bianca oraz nie użyta jeszcze w krzyżówce Juliet. Ponieważ aby utworzyć hasło „System Urana" trzeba te trzy oznaczone gwiazdkami nazwy użyć w 4, 5 i 11 wierszu. Zostaje dla wiersza 8 tylko nazwa „Juliet", która nie pasuje do hasła „System Urana".

Na pewno nie pasuje do krzyżówki: Ariel, Ophelia, Cordelia oraz albo Desdemona, albo Rosalinda. Niestety, Juliet również nie pasuje.

Jeżeli hasłem jest „System Urana", to sądzę, że zbyt dużo tu błędów jak na tak małą krzyżówkę, jeżeli zaś nie, to ze wstydem przepraszam za narobienie zamętu.

Pozdrawiam

Piotr Brych
Warszawa

***Red.**: Faktycznie, rację ma Pan Piotr, a winny za to całe zamieszanie bardzo przeprasza wszystkich Czytelników, którzy bezskutecznie próbowali znaleźć właściwe rozwiązanie. Byłoby dobrze, gdyby rozwiązaniem pozostało tradycyjnie samo hasło z diagramu i nie przyszło mi w ostatniej chwili do głowy komplikowanie całości. Przyznaję, że bazowałem na tabeli księżyców z „Atlasu Układu Słonecznego NASA" (Warszawa 1999), który często w kwestii nazewnictwa obiektów traktuję jako wzorcowy. No cóż, musiałem doraźnie zastąpić autorkę krzyżówek, Joannę, a jak widać po efektach, całkiem mi to nie wyszło…*

Jacek Drążkowski

Tu może być reklama Twojej Firmy!

Nasz cennik jest następujący:

cała strona kolorowa: 1000,00 zł
cała strona czarno-biała: 400,00 zł

Przy mniejszych formatach dla stron czarno-białych:

1/2 s.: 300,00 zł
1/4 s.: 200,00 zł
1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł".

Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

Astronomiczny Nobel dla prof. Bohdana PACZYŃSKIEGO

W styczniu br. Amerykańskie Towarzystwo Astronomiczne ogłosiło nazwiska laureatów swych nagród. Najważniejszą nagrodą, im. Henry Norrisa Russella (the Henry Norris Russell Lectureship), przyznawaną za dorobek naukowy życia, uhonorowano Profesora Bohdana Paczyńskiego, argumentując (w wolnym tłumaczeniu): *za jego wysoce oryginalny wkład do wielu dziedzin astronomii, w tym ewolucji gwiazd, natury wybuchów promieniowania gamma, akrecji w systemach podwójnych, soczewkowania grawitacyjnego i kosmologii. Jego prace wyróżniają się odkrywczym i szerokim traktowaniem problemów oraz stały się inspiracją do wielce produktywnych badań obserwacyjnych.*

Cieszymy się bardzo i serdecznie gratulujemy Laureatowi tej nagrody. Jest to najwyższy wyraz uznania środowiska astronomicznego dla astronoma. Nagrodę im. H. N. Russella nazywa się po prostu astronomicznym Noblem. Pierwszym jej laureatem był sam Henri Noris Russell (ten od słynnego diagramu!) w 1946 r., a otrzymali ją m. in. S. Chadrasekhar, Harlow Shapley, Jan H. Oort, Otto Struve, Fred Hoyle, Fred L. Whipple. Są to największe sławy nowoczesnej astronomii. Mamy więc wszyscy ogromny powód do dumy, że nasz Kolega i Rodak zajął tak poczesne i w pełni zasłużone miejsce wśród współczesnych koryfeuszy nauki o gwiazdach i galaktykach.

Sylwetkę naukową Profesora Paczyńskiego przedstawiliśmy w „Uranii–Postępach Astronomii" nr 6, s. 244, rok 2005 z okazji nadania Mu doktoratu honorowego przez Uniwersytet Wrocławski. Jego dorobkowi naukowemu była też poświęcona jedna z sesji naukowych Zjazdu PTA we Wrocławiu we wrześniu 2005 r.

E. 1000/06

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się **„Uranii"** — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i **„Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CBK PAN

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomii
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81
Poczta elektroniczna (E-mail address)**:**
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.pta.edu.pl
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Karolina Wojtkowska, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2006 kosztuje 54 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 zł.

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Zarząd Główny – Sekretariat
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146
E-mail: hania@camk.edu.pl
WWW: www.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w lutym roku 2006

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

W NUMERZE

52 ***Pionierskie lata astronomii w Toruniu***
Andrzej Woszczyk

W roku 2005 Uniwersytet Mikołaja Kopernika z wielką pompą obchodził swoje 60-lecie. Dnia 5 stycznia 1946 r. odbyła się oficjalna inauguracja pierwszego roku akademickiego. Astronom, prof. Władysław Dziewulski wygłosił wykład inauguracyjny o dziele Kopernika i jego znaczeniu dla współczesnej astronomii. Z tej okazji przypominamy narodziny i pierwsze lata astronomii w mieście Mikołaja Kopernika

60 ***Aktywność magnetyczna Słońca***
Paweł Rudawy

Słońce jest naszą najbliższą gwiazdą. Dzięki niej istniejemy. A jej niewielka odległość od Ziemi pozwala na szczegółowe badanie zjawisk zachodzących na jej powierzchni i natury ich wzajemnych powiązań. Autor koncentruje tu swoją uwagę na tzw. aktywności magnetycznej Słońca, która w istocie świadczy o oddziaływaniach pól magnetycznych i plazmy słonecznej

68 ***Towarzyskie planetoidy***
Agnieszka Kryszczyńska

Małe ciała niebieskie Układu Planetarnego są dzisiaj przedmiotem dużego zainteresowania astronomów – stało się to za sprawą odkrycia planetoid tzw.transneptunowych, których istnienie przewidział Gerard Kuiper przeszło 50 lat temu. Obecnie coraz częstsze są doniesienia o istnieniu księżyców planetoid zarówno pasa Głównego, jak i Pasa Kuipera.
Autorka kierowała zespołem, który odkrył podwójną naturę planetoidy 809 Lundia w 2005 r.

w kolorze: Obserwatorium astronomiczne w Piwnicach pod Toruniem (okł. II, IV); Aktywnośćmagnetyczna słońca (wkł. II, IV); Superbańka N44 (wkł. II-III); Galeria Uranii (okł. III)

rozmaitości: *Nowe oblicze Urana (73); Słowo o Charonie (73); Jak zimny jest Pluton (73); Nowa planeta w Pannie (74); Gwiazdy, które nie powinny istnieć (74); Stardust powrócił (74); Ciemna galaktyka (75); Nowe Horyzonty (75); Halo (75)*

76 *Powrót króla*

80 ***galeria obiektów NGC:*** *NGC 3242, NGC 3344, NGC 3384*

84 ***astronomia w szkole:*** *Gwiazdy neutronowe*

88 ***kalendarz astronomiczny 2006:*** *Maj — czerwiec*

93 ***poradnik obserwatora:*** *Interesujące obiekty: Pegaz, Perseusz*

94 ***recenzje:*** *Michał Heller, Granice Kosmosu i kosmologii*

95 ***astronomia i muzyka:*** *Kosmos Konrada K.*

96 ***relaks z Uranią:*** *Krzyżówka*

96 ***ciekawe strony internetowe***

NA OKŁADCE

Na pierwszej stronie okładki panorama pawilonów Obserwatorium Astronomicznego w Piwnicach. Na pierwszym planie zbudowany w latach 1961–1962 pawilon teleskopu Schmidta-Cassegraina, największego teleskopu optycznego w Polsce.

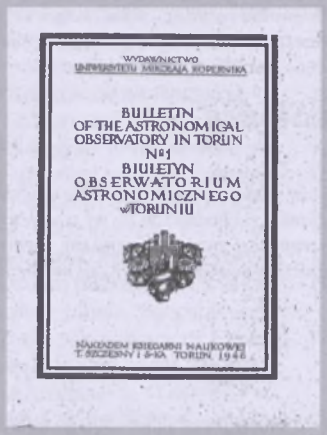
Na ostatniej stronie okładki teleskop Schmidta-Cassegraina ze spektrografem kanadyjskim zamontowanym w ognisku Cassegraina na krańcach widełek teleskopu.

NA ROZKŁADÓWCE

Superbańka N44 – mgławica emisyjna w Wielkim Obłoku Magellana. Środkowa, pusta przestrzeń ma rozmiar ok. 250 lat światła. Astronomowie myśleli, że wiatry wiejące z masywnych gwiazd znajdujących się wewnątrz „jamy" rozepchnęły świecące gazy, ale okazało się, że to tłumaczenie nie jest zgodne z pomiarami prędkości wiatrów. Innym tłumaczeniem jest, że stare otoczki gwiazd nowych wyrzeźbiły te niezwykłe jamy. Niedawno odkryto niespodziewanie umykający z N44 gorący gaz świecący w promieniowaniu X. Prezentowany obraz został uzyskany 8-m teleskopem Gemini na Cerro Pachon (Chile) w trzech barwach i komputerowo wyostrzony

Andrzej Woszczyk

Pionierskie lata astronomii w Toruniu



Okładka pierwszego zeszytu Biuletynu Obserwatorium Astronomicznego UMK

Profesor Władysław Dziewulski 1878–1962

Profesor Wilhelmina Iwanowska 1905–1999

Zdjęcia w tekście: A. Woszczyk, S. Krawczyk; portrety wyżej: A. Czarnecki

W dniu 5 stycznia 1946 r. odbyła się w Toruniu uroczysta inauguracja I roku akademickiego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Wykład inauguracyjny wygłosił prorektor nowo utworzonego uniwersytetu, kierownik katedry astronomii, prof. Władysław Dziewulski. Mówił o dziele Mikołaja Kopernika i jego znaczeniu dla rozwoju astronomii. Można przyjąć, że po tym publicznym wykładzie istnienie astronomii w Toruniu doszło do świadomości tutejszego społeczeństwa i można od tego momentu śledzić jej dzieje. Z tej okazji pragnę przybliżyć P.T. Czytelnikom „Uranii–Postępów Astronomii" historię tworzenia i rozwijania ośrodka badań astronomicznych na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w ciągu pierwszych kilkudziesięciu lat istnienia. Można powiedzieć w okresie dziecięcym i młodzieńczym... Na okres „dojrzały" trzeba by poświęcić dużo więcej miejsca, niż mogłaby na to przeznaczyć „Urania", aczkolwiek wielokrotnie pisała o wielu rodzajach badań astronomicznych prowadzonych w Toruniu.

Prehistoria

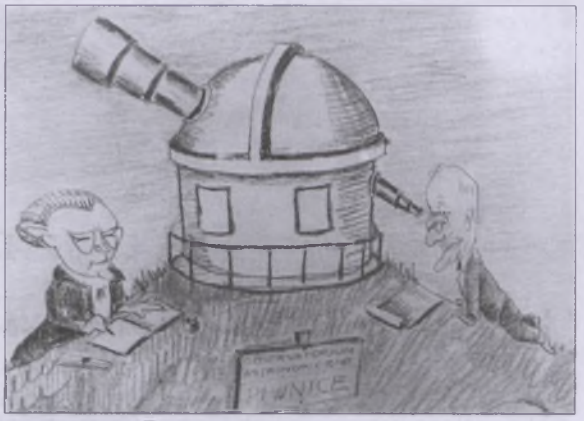
Toruń, miasto urodzin Mikołaja Kopernika, od kilku stuleci doceniał swego najsłynniejszego obywatela i był z niego dumny. Pierwszy pomnik (epitafium) wystawiono Mu tutaj w roku 1580, a następny, bardziej okazały w 1766 r. Później, w XIX w., rocznice urodzin Kopernika wielokrotnie były wykorzystywane do różnych form manifestacji patriotycznych. Pokłosiem takich manifestacji z okazji obchodów 400-lecia urodzin Kopernika było np. powołanie do życia Towarzystwa Naukowego w Toruniu, pierwszej polskiej organizacji naukowej na Pomorzu. Towarzystwo to ustanowiło dzień urodzin Kopernika jako dzień swych dorocznych Walnych Zgromadzeń i tradycja ta trwa do dzisiaj. Po odzyskaniu niepodległości po I wojnie światowej, w 450 rocznicę urodzin Kopernika, 19 lutego 1923 r. odbyła się w Toruniu wielka manifestacja patriotyczna. Na tę uroczystość zjechali się też do Torunia astronomowie polscy, aby radzić nad przyszłością uprawianej przez nich nauki w odrodzonej Ojczyźnie. Na tym

zgromadzeniu powołano do życia Polskie Towarzystwo Astronomiczne i postanowiono utworzyć Narodowy Instytut Astronomiczny, jako miejsce uprawiania astronomicznych badań naukowych i kształcenia kadr na najwyższym ówczesnym poziomie. Później zawiązało się w Gimnazjum Toruńskim, istniejącym od 1568 r., kółko astronomiczne, którego celem było zgłębianie życia i nauk Kopernika. Konsekwencją działalności kółka były nie tylko długie rejestry obserwacji Słońca i gwiazd zmiennych, ale też i nadanie imienia Mikołaja Kopernika najstarszemu toruńskiemu gimnazjum oraz zainicjowanie ogólnomiejskich uroczystych wieczornic kopernikowskich w dniu rocznicy Jego urodzin. I ta tradycja trwa do dzisiaj. O powołaniu w Toruniu wielowydziałowej wszechnicy były czynione starania co najmniej od roku 1595. Zmiany zachodzące po wyzwoleniu ziem polskich spod okupacji niemieckiej te starania wprost spotęgowały. I do pozostających poza nowymi wschodnimi granicami naszej Ojczyzny jeździli emisariusze władz wojewódzkich i miejskich, którzy zachęcali tamtejszych uczonych do zainteresowania się miastem urodzin Mikołaja Kopernika.

Nic więc dziwnego, że uczeni, którzy w wyniku rezultatów II wojny światowej zostali zmuszeni opuścić swe macierzyste uczelnie Wilna i Lwowa, zwrócili uwagę na przyjazny klimat dla nauki w Toruniu i do tego miasta przybyli, by, czasem po raz kolejny, przystąpić do budowania warsztatów pracy naukowej i służby społeczeństwu.

Narodziny astronomii w Toruniu

W lipcu 1945 r. przybyła z Wilna do Torunia, transportem repatriacyjnym adresowanym do Łodzi, liczna grupa pracowników Uniwersytetu Stefana Batorego. Pozostali oni w Toruniu i to przesądziło o utworzeniu w mieście Kopernika uniwersytetu nazwanego imieniem Wielkiego Toruńczyka. Wśród przybyłych znalazło się troje astronomów: prof. Władysław Dziewulski, odnowiciel Obserwatorium Astronomicznego w Wilnie i były rektor USB, senior konwoju, doc. Wilhelmina Iwanowska, astrofizyk i dr Stanisław Szeligowski, adiunkt USB, specjalista mechaniki nieba. To ich obecność i ranga naukowa sprawiły, że na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym nowo powołanego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika utworzono dwie katedry: Katedrę Astronomii i Katedrę Astrofizyki. Ta ostatnia była pierwszą w Polsce katedrą astrofizyki. Katedrę Astronomii objął prof. Władysław Dziewulski, a Katedrę Astrofizyki doc. Wilhelmina Iwanowska. Prof. Dziewulskiemu przypadł też trud pracy, przez dwie kadencje, w randze prorektora nad budowaniem zrębów nowego uniwersytetu (władze nie zgodziły się, by został jego rektorem) oraz zaszczyt wygłoszenia wykładu inauguracyjnego na pierwszej inauguracji roku akademickiego na UMK (5 stycznia 1946).



Rys. Leon Jeśmanowicz (1950)

Przybyli do Torunia astronomowie, obok obowiązków związanych z organizacją uniwersytetu i własnego bytowania w nowym miejscu, musieli niejako od początku, po przerwie spowodowanej wojną, podjąć trud badań naukowych i organizacji astronomicznego warsztatu pracy. Nie było tu prawie żadnej tradycji astronomicznej, brakowało książek i instrumentów. Zajęli się najpierw tym, co jako najcenniejsze przywieźli z Wilna: swymi przedwojennymi obserwacjami i rachunkami. Wiedzieli, że jedyną drogą zdobywania literatury naukowej była wymiana publikacji między obserwatoriami. Opracowywali więc pilnie posiadane materiały badawcze: wieloletnie fotograficzne dwubarwne obserwacje fotometryczne 10 cefeid dokonane w Wilnie tamtejszym refraktorem z trypletem Zeissa (∅ 150 mm, F = 150 cm), analizowali obserwacje spektrofotometryczne innych cefeid, wykonane przed wojną w Obserwatorium Sztokholmskim w Saltsjöbaden, rachowali ruch różnych rodzin gwiazdowych w przestrzeniach naszej Galaktyki, mierzyli perturbacje w ruchu małych planet, wyznaczali krzywe blasku wielu gwiazd z prowadzonych także w czasie wojny obserwacji wizualnych. Podjęli też obowiązek pisania „wspomnień" o swych kolegach, którzy zginęli w zawierusze wojennej. Wyniki ich prac badawczych stały się treścią Biuletynów Obserwatorium Astronomicznego w Toruniu. Pierwszy Biuletyn ukazał się już w czerwcu 1946 r. i był także pierwszą publikacją naukową Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Rozesłano go do placówek astronomicznych na całym świecie wraz z informacją o nowym obserwatorium i apelem o nadsyłanie powstałych w czasie wojny publikacji, katalogów i innych książek oraz dzieł naukowych. Przez następne prawie trzy dziesięciolecia Biuletyn Obserwatorium Astronomicznego UMK, publikowany głównie w ramach wydawnictw Towarzystwa Naukowego w Toruniu, był ważnym świadectwem toruńskiego życia astronomicznego i środkiem wymiennym dla zdobywania wielu cennych pozycji bibliograficznych. Pierwsze przesyłki z książkami nadeszły z Poznania — tamtejsza Biblioteka Uniwersytecka oddała do Torunia posiadane dublety katalogów i map nieba oraz wielu kompletów czasopism.

Wraz z odzewem na apel o książki i czasopisma nadszedł też odzew na stawiane niektórym obserwatoriom pyta-

Prof. W. Dziewulski z przyjaciółmi przed pawilonem teleskopu Drapera (1951)

nia o instrumenty, które nie były im niezbędne, a które mogłyby jeszcze pełnić astronomiczną służbę w nowo powstałym toruńskim ośrodku badań astronomicznych. Nie można bowiem było mieć nadziei, aby w tak zniszczonym wojną kraju, jakim była Polska, rząd znalazł pieniądze na tak mało praktyczne rzeczy, jak instrumenty astronomiczne. Pierwsza odpowiedź nadeszła od prof. Harolda Shapleya z Harvard College Observatory w Cambridge w USA: „Mamy wolny 8-calowy teleskop Drapera i natychmiast wysyłamy go Wam". Teleskop rzeczywiście nadszedł do Torunia w czerwcu roku 1947 i stał się zalążkiem dzisiejszego Obserwatorium Astronomicznego UMK.

Budynek główny Obserwatorium w Piwnicach, rok 1959

Fakt posiadania teleskopu stał się silnym impulsem do pracy nad utworzeniem obserwatorium astronomicznego. Wiadomo było, że obserwatorium nie może być budowane w mieście, że trzeba odsunąć miejsce obserwacji od świateł, pyłów i dymów miejskich. Ale też nie można odsuwać się za daleko od miasta, bo przecież obserwatorium, warsztat pracy astronomów, musi funkcjonować w łonie uniwersytetu, jemu służyć i żyć jego życiem. Pracownicy i studenci muszą w rozsądnym czasie dotrzeć do obserwatorium i w rozsądnym czasie dojechać z obserwatorium do uniwersytetu — a w owym czasie dostępnym środkiem transportu był transport konny! I rzeczywiście bryczka, zaprzężona w parę koni, przez jakiś czas woziła astronomów między Obserwatorium a Toruniem.

Po wielu, wcześniej już przeprowadzonych, rekonesansowych wyprawach wokół Torunia wybór padł na odległy o 12 km na północ od centrum miasta majątek Piwnice. Bardziej naturalną lokalizacją obserwatorium byłoby jakieś miejsce na południe od miasta, tak aby horyzont południowy nie zakłócał światłami i dymami świateł gwiazd, ale tam panowało wojsko, co nie dawało żadnej nadziei lokalizacyjnej. Zdecydowano się na Piwnice, bo tu teren lekko się wznosił, osiągając najwyższe położenie w promieniu ok. 30 km od Torunia, był oddzielony od miasta głębokim na 4 km pasem zieleni (w tym rezerwat dębów), mało zaludniony i bez, w dającej się przewidzieć przyszłości, perspektyw budowlanych. Plany rozwoju Torunia wskazywały na jego naturalną rozbudowę wzdłuż Wisły, w kierunku wschód–zachód, a nie na północ, w okalających go lasach. Wybór Piwnic na miejsce budowy obserwatorium pociągnął za sobą starania o „przydzielenie" tego majątku uniwersytetowi. Własny, odpowiednio duży teren z zapleczem gospodarczym dawał bowiem szansę na odpowiednie wsparcie istnienia i przyszłą rozbudowę obserwatorium oraz jego ochronę przed szkodliwymi dla obserwacji astronomicznych skutkami „rozwoju cywilizacyjnego" okolicy. I od samego początku zdawano sobie sprawę z tego, że nie przystępuje się do budowy obserwatorium na miarę współczesnego stanu astronomii i jej potrzeb instrumentalnych. Nie tylko dlatego, że nie stać nas było na odpowiednio wielkie instrumenty, ale też i dlatego, że nasz klimat i rozległe równiny okolic dolnej Wisły czyniłyby bezowocnymi obserwacje dokonywane nawet największymi teleskopami. Z całą świadomością rozpoczynano więc budowę obserwatorium uniwersyteckiego, spełniającego elementarne potrzeby badawcze i służącego głównie celom dydaktycznym, a przede wszystkim kształceniu przyszłych astronomów na tyle obeznanych ze współczesnymi metodami i technikami obserwacyjnymi, aby mogli łatwo i efektywnie korzystać z większych teleskopów i innych udogodnień placówek zagranicznych. Zresztą już w 1923 r., na zjeździe w Toruniu, astronomowie polscy podjęli uchwałę o potrzebie budowy w Polsce ponaduniwersyteckiego, ogólnonarodowego, dobrze wyposażonego ośrodka badań astronomicznych. I zaczęli tę ideę wcielać w życie, najpierw przed II wojną światową — pod nazwą Narodowego Instytutu Astronomicznego, a później, od 1953 r., pod nazwą Centralnego Obserwatorium Astronomicznego Polskiej Akademii Nauk. Później szwedzcy miłośnicy astronomii, za namową prof. Bertila Lindblada, opiekuna naukowego prof. W. Iwanowskiej z okresu przygotowywania przez nią doktoratu w Sztokholmie, wykonali dla UMK, za symboliczną opłatą, 2 instrumenty: teleskop paraboliczny w układzie Newtona o średnicy lustra 25 cm i kamerę Schmidta o średnicy lustra 35 cm i średnicy płyty korekcyjnej 30 cm. Te instrumenty przybyły do Torunia w 1951 r.

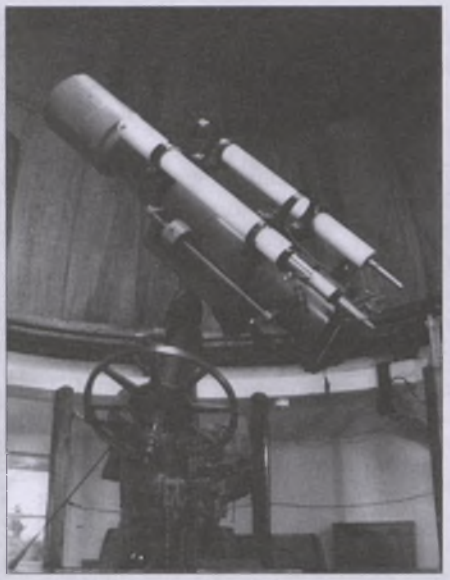
Jesienią 1947 r. rozpoczęła się budowa pierwszego pawilonu obserwacyjnego Obserwatorium Astronomicznego UMK z obrotową kopułą o średnicy 5 m. Przywieziona z Wilna dokumentacja podobnego budynku znakomicie ułatwiła sprawę i w ten sposób stoi w Piwnicach, zaklęta w betonowych kształtach, wileńska pamiątka astronomiczna. Nadesłany z Cambridge w USA teleskop, po niezbędnych adaptacjach (np. inna szerokość geograficzna Cambridge i Torunia), został ustawiony wiosną 1949 r. i od lipca 1949 r. podjął regularną pracę obserwacyjną. W roku 1999 minęło 50 lat od rozpoczęcia w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika zawodowych obserwacji gwiaździstego nieba, co uczczono odpowiednią sesją naukową.

Teleskop Drapera to jeden z pierwszych na świecie astrografów. Zbudowany został w roku 1891 jako „pomnik" przedwcześnie zmarłego amerykańskiego fizyka Henry Drapera. Anna Maria, żona tego pioniera spektroskopii, wsparła w ten sposób prowadzony przez Edwarda C. Pickeringa ambitny pro-

gram Obserwatorium Harwarda, polegający na opracowaniu katalogu jasności fotograficznych i fotowizualnych gwiazd oraz ich klasyfikacji widmowej. Teleskopem tym wykonano w Cambridge przeszło 60 tys. fotometrycznych i widmowych zdjęć nieba i tak dalece przyczynił się on do realizacji zamierzenia Pickeringa, że opracowany katalog zawierający prawie ćwierć miliona gwiazd nazywa się katalogiem Drapera — Henry Draper Catalogue. Imiona gwiazd HD są do dzisiaj używane i znają je wszyscy astronomowie na świecie.

Fotograficzna metoda obserwacji astronomicznych była w 1949 r. wciąż nowoczesną i dającą wiele nowych i ciekawych rezultatów metodą badań astronomicznych. Podjęto więc w Toruniu program badań, do którego posiadany teleskop był szczególnie predysponowany: fotograficzną fotometrię i spektrofotometrię gwiazd. Postanowiono z jednej strony podjąć program obserwacyjny zmierzający do wyznaczenia struktury Galaktyki i ekstynkcji międzygwiazdowej w wybranych, po konsultacji z odpowiednimi Komisjami Międzynarodowej Unii Astronomicznej, polach Drogi Mlecznej oraz dwubarwne obserwacje fotograficzne wybranych cefeid i gwiazd typu RR Lyrae.

Fotometryczne prace kalibracyjne, fotometria fotograficzna i fotowizualna oraz klasyfikacja widmowa gwiazd toruńskich pól Drogi Mlecznej i fotometria gwiazd zmiennych stały się przedmiotem pierwszych „obserwacyjnych" prac magisterskich, doktorskich, a nawet habilitacyjnych. Później tematyka prac badawczych rozszerzała się na inne dziedziny astronomii, stosownie do wzrostu własnego wyposażenia, kontaktów z ośrodkami zagranicznymi i rozwoju zainteresowań badawczych rosnącej kadry. W roku 1953 rozpoczęła pracę ustawiona w prowizorycznej „budce" wspomniana wyżej szwedzka kamera Schmidta zaopatrzona w pryzmat obiektywowy. Jej program badawczy dotyczył spektrofotometrii wybranych gwiazd, głównie w aspekcie ich spektroskopowych różnic populacyjnych. Następnie, w 1958 r., przeniesiono ją i drugi 25 cm paraboliczny teleskop szwedzki (też zaopatrzony w pryzmat obiektywowy) do nowo zbudowanych bliźniaczych pawilonów obserwacyjnych z kopułami o średnicy 5 m. W tym też czasie, na ciągle powiększającej swe rozmiary działce obserwatorium, zbudowano „budynek główny" obserwatorium mieszczący pracownie naukowe, bibliotekę, warsztat mechaniczno-elektryczny i pokoje noclegowe dla astronomów.



Teleskop Drapera — astrograf, D = 20 cm, F = 145 cm — teleskop, który rozpoczął historię Obserwatorium Astronomicznego w Piwnicach

Kolejne etapy rozwoju

W drugiej połowie lat 50. i na początku lat 60. nastąpiły istotne zmiany w profilu badawczym i wyposażeniu toruńskiej astronomii. Z jednej strony rozpoczęto działania zmierzające do podjęcia w Toruniu obserwacji radiowego promieniowania ciał niebieskich, a z drugiej, w ramach realizacji projektu Centralnego Obserwatorium Astronomicznego PAN, zakupiono w firmie Zeissa w Jenie teleskop Schmidta i do czasu zbudowania COA zainstalowano go w Obserwatorium w Piwnicach.

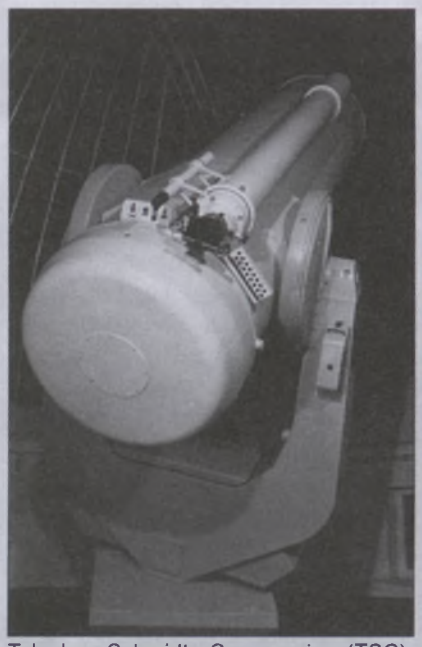
Przygotowania do uruchomienia badań radioastronomicznych rozpoczęły się odpowiednim seminarium naukowym w roku 1956 i następnie budową anten i odbiorników. Duszą działań organizacyjnych i budowniczym pierwszych anten był Henryk Iwaniszewski, a projektantami i wykonawcami odbiorników Stanisław Gorgolewski i Kazimierz Grzesiak, pracownicy Katedry Fizyki Doświadczalnej UMK. Pierwszym instrumentem radioastronomicznym w Toruniu była, zbudowana w drugiej połowie 1957 r., antena cylindryczno-paraboliczna o rozmiarach 12×26 m. Z jej pomocą udało się zarejestrować m.in. promieniowanie aktywnego Słońca w dniu 6 lutego 1958 r. Po tym wyczynie antena runęła pod naciskiem nadmiernego oblodzenia i zimowej wichury. Na jej miejsce zbudowano w ciągu paru miesięcy inną, sterowalną w azymucie i wysokości antenę paraboliczną o średnicy 12 m. Używano jej do obserwacji Słońca na częstości 127 MHz (2,36 m) w latach 1958–1960. Zapoczątkowane wówczas badania radiowej emisji Słońca na falach metrowych są prowadzone do dziś w formie codziennej służby, chociaż anteny były kilkakrotnie zmieniane. Obserwacje te pozwoliły m.in. mierzyć długoczasową zmienność aktywności radiowej korony słonecznej. Odnotowano wyraźnie różne cykle 11-letnie oraz opóźnienia maksimum aktywności radiowej względem mak-

Panorama Obserwatorium w Piwnicach w roku 1959

simum aktywności plamotwórczej. Zebrane w ramach tej służby dane stanowią obecnie najdłuższy na świecie ciąg obserwacji radiowych Słońca na tak niskich częstościach.

Inny wieloletni program badawczy radioastronomów toruńskich dotyczył zakryć radioźródeł przez koronę słoneczną. Do tego programu zbudowano interferometr trójantenowy, o dłuższej bazie równej 1400 m, pracujący na częstości 32,5 MHz w latach 1961–1975. Wykryto anomalie w zachowaniu się korony, polegające na nieoczekiwanie małych rozproszeniach fal radiowych w koronie w okresach wzrastającej już aktywności, duże gradienty gęstości elektronowej i okresowe wzmocnienia strumienia radioźródła Tau A (mgławicy Krab) przez koronę. W późniejszym okresie zbudowano jeszcze parę innych przyrządów, głównie do obserwacji centrów aktywnych na Słońcu.

Z okazji Roku Kopernikowskiego (1973) udało się uzyskać środki na budowę obszernego budynku na radioastronomiczne pracownie naukowe, pracownie elektroniczne i warsztaty mechaniczno-elektryczne. Marzono o dużym ośrodku radioastronomicznym z 5 teleskopami o średnicy 25 m. Pieniędzy starczyło tylko na budynek i rozpoczęcie działań w celu budowy jednej 15-m anteny. Radioastronomowie wprowadzili się do nowych pomieszczeń w roku 1974/1975, a później (w latach 90.) uzupełnili budynek o odpowiednie sterownie radioteleskopów i zaplecze hotelowe. Antena paraboliczna o średnicy 15 m powstała dzięki pasji i szczególnemu oddaniu tej sprawie Zygmunta Turły, z Pracowni Astrofizyki PAN w Toruniu i inżynierów Bibrohutu z Gliwic — Zygmunta Bujakowskiego i Eugeniusza Śledziewskiego. Opracowany przez nich projekt został zrealizowany przez Mostostal i oddany w ręce astronomów w 1978 r.



Teleskop Schmidta-Cassegraina (TSC). Średnica głównego lustra 90 cm, średnica płyty korekcyjnej 60 cm, ogniskowa w układzie Schmidta 180 cm, w układzie Cassegraina 1350 cm. Pole widzenia w układzie Schmidta 5°

Kanadyjski Spektrograf Kopernikowski (CCS) zamontowany w ognisku Nasmystha na widłach teleskopu TSC w 1975 r.

We wszystkich tych pionierskich latach istniało ścisłe współdziałanie pracowników Uniwersytetu i Pracowni Astrofizyki PAN. Dzięki tej współpracy powstała aparatura badawcza do sputnika KOPERNIK 500 (głównie Jan Hanasz) wprowadzonego na orbitę 19 kwietnia 1973 r. oraz idea i realizacja budowy 15-m radioteleskopu parabolicznego oddanego do eksploatacji w 1978 r. i niewielki sterowalny radioteleskop paraboliczny do służby Słońca na częstości 2,8 GHz

W dziedzinie optycznej współpraca obu toruńskich instytucji astronomicznych była ciągle obecna. Jej owocem jest m.in. ulokowanie w Piwnicach, w 1962 r., największego wówczas polskiego teleskopu, który jest wspólną własnością Uniwersytetu Mikołaja Kopernika i Polskiej Akademii Nauk. Jest to teleskop typu Schmidta z wyprowadzonym, jako wtórnym, systemem optycznym Cassegraina (nazywamy go TSC). W ten sposób jest to instrument „uniwersalny", bo z jednej strony jest szerokokątną i światłosilną kamerą fotograficzną (pole widzenia o średnicy 5°, światłosiła F/3) do obserwacji dużych obszarów nieba, a z drugiej — teleskopem pozwalającym badać indywidualne gwiazdy, np. za pomocą fotometru fotoelektrycznego czy spektrografu. Średnica jego lustra głównego (sferycznego) wynosi 90 cm, średnica płyty korekcyjnej Schmidta 60 cm, ogniskowa w układzie Schmidta 180 cm, a w układzie Cassegraina 1350 cm. Ówcześnie standardem było budowanie takich „uniwersalnych" teleskopów. Takie też rozwiązania optyczne zastosowano w największym na świecie 137/200 cm teleskopie Schmidta w Tautenburgu w Niemczech i tak zbudowano u Zeissa 4 mniejsze teleskopy dla Budapesztu, Jeny, Pekinu i Torunia. Toruński teleskop TSC został wyposażony w 2 pryzmaty obiektywowe, dające dyspersję widm gwiazdowych odpowiednio ok. 500 Å/mm i 250 Å/mm około linii wodorowej Hα (4340 Å). W sumie teleskop ten pozwalał uzyskiwać widma gwiazd do 13 wielkości gwiazdowej i głównym jego programem badawczym stało się opracowanie Widmowego Przeglądu Drogi Mlecznej. Program realizowany był wspólnie z toruńską Pracownią Astrofizyki PAN.

Cennym dla Obserwatorium uzupełnieniem instrumentarium było uzyskanie w 1975 r. spektrografu szczelinowego, tzw. Kanadyjskiego Spektrografu Kopernikowskiego, mogącego współpracować z TSC. Został on wykonany przez G.A. Bradleya i E.H. Richardsona w Dominijnym Obserwatorium Astrofizycznym w Wiktorii w Kanadzie i jest kopernikowskim „darem Nauki i Polonii Kanadyjskiej dla Uniwersytetu Mikołaja Kopernika". Do takiej formy kopernikowskiego daru dla Polski, Naukę i Polonię kanadyjską skłonili prof. Ryszard Bauer, toruński fizyk i Jan Smoliński, toruński astronom, ówcześnie przebywający na stażach w Kanadzie, oraz, w sposób szczególny, prof. Wilhelmina Iwanowska. Pani Profesor odbyła swoiste kopernikowskie tournée po Kanadzie, wygłaszając w ośrodkach naukowych i polonijnych wykłady o Koperniku i problemach nauki w Polsce. Wyjątkową cechą tego spektrografu jest oszczędność, z jaką wykorzystuje zebrane przez teleskop światło gwiazdy, m.in. zamiast klasycznej szczeliny używa tzw. *image slicer,* autorskiego pomysłu Richardsona, który wprowadza do spektrografu znacznie więcej światła (praktycznie w naszych warunkach 3 razy) przy tej samej rozdzielczości widma. Swoje wielkie dni spektrograf ten przeżył już w końcu 1975 r., uzyskując — jako pierwszy na świecie

— serię widm Nowej Cygni 1975 we wczesnych stadiach jej wybuchu. Później był głównym instrumentem w badaniach widm gwiazd magnetycznych i innych gwiazd osobliwych.

Kolejnym instrumentem obserwacyjnym w Piwnicach był 60-cm teleskop paraboliczny Zeissa, zainstalowany w 1989 r. w kopule na miejsce szwedzkiego, amatorskiego 25-cm teleskopu. Teleskop ten był pierwszym profesjonalnym instrumentem zakupionym przez UMK dla Obserwatorium w Piwnicach. Pracuje on, od samego początku, z szybkim fotometrem fotoelektrycznym, obserwując różne gwiazdy zmienne. Ten rodzaj obserwacji w Piwnicach został ostatnio (2002 r.) wzbogacony poprzez zainstalowanie tzw. „małej kamery CCD". Jest to skomputeryzowany 20-cm teleskop Schmidta-Cassegraina zaopatrzony w kamerę CCD, który razem z jeszcze jedną, pracującą na tym samym montażu kamerą CCD z teleobiektywem fotograficznym, służy do obserwacji fotometrycznych dużych liczb gwiazd w wybranych polach, czyli tzw. masowej fotometrii gwiazd. Jest to realizacja idei prof. Bohdana Paczyńskiego, wsparta też przez Niego ofiarowaną kamerą CCD. Za pomocą tego instrumentu prowadzi się monitorowanie jasności gwiazd w wybranych obszarach północnego nieba i obserwacje gwiazd zmiennych.

Lata 80. i 90. to okres budowy w Piwnicach 32 m anteny toruńskiego radioteleskopu, skrótowo nazywanego RT-4. Radioteleskop ten został uroczyście „uruchomiony" w dniu 22 października 1994 r. i otrzymał wtedy imię Mikołaja Kopernika. Głównymi konstruktorami tego instrumentu byli, wspominany już mgr inż. Zygmunt Bujakowski i inż. Stanisław Drwięga z Gliwic, a w procesie inwestycyjnym brało udział 59 krajowych firm. Generalnym wykonawcą był MOSTOSTAL Gdańsk, generalnym koordynatorem realizacji poszczególnych zadań był ówczesny rektor UMK prof. Stanisław Łęgowski, przy wydatnym udziale pracowników Katedry Radioastronomii.

Jest to reflektor paraboliczny o ciągłej powierzchni luster, pracujący w układzie Cassegraina, i o klasycznym montażu horyzontalnym. Dokładność powierzchni jego lustra głównego sięga 0,4 mm i jest systematycznie kontrolowana i poprawiana. Ten 630-tonowy instrument śledzi gwiazdy z dokładnością 10 sekund łuku. Pod względem czułości i rozdzielczości ustępuje tylko dwóm największym radioteleskopom europejskim (100 m w Effelsbergu w Niemczech i 76 m w Jodrell Bank w Wielkiej Brytanii). Radioteleskop ten jest wyposażony w nowoczesne, kriogenicznie chłodzone systemy odbiorcze na pasma 1,4; 1,6; 5; 6,8 i 30 Ghz, które są zamontowane w kabinie ogniskowej teleskopu. Są to radiometry mierzące dwie ortogonalne składowe polaryzacji w szerokim paśmie odbieranych częstotliwości (500 MHz). Są one komputerowo sterowane i strojone, posiadają też przemianę częstotliwości fazowo zsynchronizowaną do wodorowego wzorca częstotliwości i czasu. Wzorcem tym jest maser wodorowy pracujący nieprzerwanie od roku 1994, posiadający dokładność 10^{-14} s. Na pomocniczy osprzęt radioteleskopu składają się również odbiorniki czasu GPS, szybki szerokopasmowy spektrograf, zwany „maszyną pulsarową", autokorelacyjny cyfrowy „4×4096"-kanałowy spektrograf oraz stacja meteorologiczna. Obecnie (2005 r.) trwają, prowadzone wraz z radioastronomami z Jodrell Bank, intensywne prace nad budową i zainstalowaniem na tym radioteleskopie siatki 100 odbiorników na falę o długości 1 cm (30 GHz), czyli systemu OCRA. Ten projekt umożliwi dokonanie w Piwnicach pionierskiego przeglądu nieba na tej długości fali. W ramach Szóstego Europejskiego Programu Ramowego radioastronomowie toruńscy uczestniczą obecnie, razem z ośrodkami badawczymi w Wielkiej Brytanii, Włoszech, Holandii i Australii w programach Faraday i Pharos, których celem jest wypracowanie nowych, bardzo efektywnych technologii obserwacji radiowych ciał niebieskich, a w szczególności dokonywanie przeglądów nieba na wybranych długościach fali. Udział i doświadczenia zdobyte poprzez uczestnictwo we wspomnianych wyżej programach otworzą radioastronomom toruńskim pełnoprawny dostęp do uczestnictwa w budowie i eksploatacji planowanego radioteleskopu-olbrzyma, SKA (Square Kilometre Array) — radioteleskopu o powierzchni zbierającej równej jednemu kilometrowi kwadratowemu.

Nowe perspektywy i możliwości stworzyła w Piwnicach przeprowadzona w 2004 r. renowacja obydwu (60 cm i 90 cm) teleskopów optycznych oraz wyposażenie ich w nowe kamery pomiarowe i podglądowe. Wszystkie lustra teleskopów zostały poaluminizowane w zakładach ZEISS w Jenie. Superczuła, sprzężona ze wzmacniaczem obrazu kamera do podglądu szczeliny spektrografu pozwoli na pracę z tzw. *image slicerem*, wydatnie zwiększającym zasięg i zdolność rozdzielczą Spektrografu Kanadyjskiego. Fotometr diafragmowy na teleskopie 60 cm został zastąpiony szybką, fotometryczną kamerą CCD o rozmiarach 2,5×2,5 cm (1000×1000 pikseli SBIG STL-1001). Najciekawsze perspektywy wydają się rysować przed spektrofotometrią bezszczelinową opartą na teleskopie 90 cm w systemie Schmidta z pryzmatem obiektywowym i nową kamerą CCD o rozmiarach 3,6×2,5 cm (4000×2700 pikseli SBIG STL-11000M) i z gładką charakterystyką spektralną.

Niewątpliwie największy przełom w dziedzinie dostępu astronomów to-

Radioteleskop cylindryczny 12×26 m — pierwszy duży radioteleskop w Piwnicach (1958–1960)

ruńskich do nowoczesnych instrumentów badawczych w dziedzinie optycznej stanowi udział Polski (w tym UMK) w budowie i eksploatacji wielkiego, 10-m teleskopu SALT (Southern African Large Telescope). W roku 1998 Polska wraz z Republiką Południowej Afryki, Stanami Zjednoczonymi, Zjednoczonym Królestwem, Nową Zelandią i Niemcami przystąpiła do Konsorcjum, którego celem jest budowa i eksploatacja w Afryce wielkiego teleskopu tranzytowego, podobnego do teleskopu HETa w Teksasie. Jego celem będzie badanie, głównie metodami spektroskopowymi, obiektów południowego nieba. Polska ma 10% wkład w koszty budowy tego teleskopu i taki też będzie polski udział w wykorzystywaniu czasu obserwacji. Astronomowie toruńscy są obecni w gremiach kierowniczych tego projektu i pilnie przygotowują się do pracy z tym teleskopem.

Struktury organizacyjne

Początkowo powstały na UMK dwie katedry: Katedra Astronomii i Katedra Astrofizyki. Później tworzyły one Zespół Katedr z Obserwatorium Astronomicznym jako odrębną jednostką. Od roku 1956 jednostkom tym towarzyszyła toruńska Pracownia Astrofizyki I Zakładu Astronomii PAN. Zakład Astronomii PAN został powołany do życia w tym samym roku jako zalążek przyszłego Centralnego Obserwatorium Astronomicznego Polskiej Akademii Nauk. To obserwatorium nigdy nie powstało, ale widomym świadkiem tej idei, obok CAMK-u w Warszawie, jest 60/90-cm teleskop Schmidta-Cassegraina, stojący i pracujący od 1962 r. w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach.

W roku 1969, w ramach ogólnej reformy Szkolnictwa Wyższego, Zespół Katedr został przekształcony w Instytut Astronomii UMK, w którego skład wchodziły, jako zakłady, poprzednie katedry z lekko zmienioną nazwą. Były to: Zakład Astrofizyki i Astronomii Gwiazdowej, Zakład Mechaniki Nieba oraz Obserwatorium Astronomiczne. Z Zakładu Astrofizyki i Astronomii Gwiazdowej wydzielił się wkrótce Zakład Radioastronomii, którego zalążek funkcjonował wcześniej jako Zespół Radioastronomii w ramach Katedry Astrofizyki. W roku 1979 Zakład ten uzyskał samodzielność instytucjonalną jako Katedra Radioastronomii. Ten stan organizacyjny trwał do końca roku 1996. Z dniem 1 stycznia 1997 r. połączono wszystkie uniwersyteckie jednostki organizacyjne astronomii w jedno Centrum Astronomii UMK z podziałem na Katedrę Astronomii i Astrofizyki oraz Katedrę Radioastronomii. Zakład Mechaniki Nieba znalazł się w strukturze Katedry Astronomii i Astrofizyki, ale jego kadra zachowała swą tematykę badawczą i perspektywę wydzielenia się w odrębną jednostkę organizacyjną.

Zakład Astronomii PAN w Warszawie w roku 1975 zmienił nazwę na Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika. Toruńska Pracownia Astrofizyki I, od tego momentu należąca do CAMK, choć była w sensie formalno-prawnym odrębną jednostką naukowo-badawczą, fizycznie znajdowała się w łonie astronomii uniwersyteckiej aż do roku 1993. Od początku swego istnienia, tj. do roku 1976, kierowana była przez prof. Wilhelminę Iwanowską, a jej pracownikami byli i są absolwenci toruńskiej astronomii. Wzajemnie też przenikały się programy badawcze i prowadzone były wspólne seminaria naukowe. W 1993 r. pracownia ta przeprowadziła się do nowo odrestaurowanej staraniem CAMK kamieniczki mieszczańskiej na Starym Mieście w Toruniu i stanowi, obecnie nawet w sensie terytorialnym, odrębną toruńską astronomiczną jednostkę badawczą. Niemniej jednak niektórzy pracownicy, obecnie już Zakładu Astrofizyki PAN na tzw. częściowych etatach, zasilają kadrę naukowo-dydaktyczną Centrum Astronomii UMK, prowadząc wykłady i ćwiczenia oraz zdobywając w ten sposób młodych adeptów astronomii jako doktorantów i pracowników tej placówki astronomicznej Polskiej Akademii Nauk w Toruniu.

Radioteleskopowy tandem Obserwatorium w Piwnicach: radioteleskopy RT-3 (15 m) i RT-4 (32 m)

Profil badawczy

Astronomia gwiazdowa, mechanika nieba i astrofizyka były specjalnością naukową twórców toruńskiej astronomii i w tych też kierunkach ukształtował się profil badawczy założonego przez nich ośrodka. Astronomia gwiazdowa to dziedzina, która zajmuje się ruchami i rozmieszczeniem gwiazd w naszej Galaktyce, posługując się głównie metodami statystycznymi. Prof. Władysław Dziewulski, wraz z pierwszymi uczniami, wyznaczał kierunek i tempo ruchu Słońca względem różnego rodzaju „rodzin" gwiazdowych i ruchy w Galaktyce różnych kategorii gwiazd (np. gwiazd szybkich, gwiazd podwójnych, gwiazd typu A itp.). Dużo też czasu poświęcał prof. Dziewulski badaniom ruchu i perturbacji wiekowych planetoid, wywołanych działaniem planet. Pomagali Mu pierwsi asystenci-studenci Katedry Astronomii (H. Gadzikowska-Hutorowicz, H. Iwaniszewski). Tej tematyki dotyczyła też rozprawa habilitacyjna Stanisława Szeligowskiego, broniona w 1947 r. Później uczestniczyli w tych badaniach S. Gąska i T. Boenigk, którzy uzyskali doktoraty w dziedzinie mechaniki nieba jeszcze pod opieką prof. Dziewulskiego. Nie było wtedy maszyn liczących — tablice logarytmiczne były podstawową pomocą naukową, a zdobyty po jakimś czasie, napędzany ręcznie, zwykły arytmometr stał się najbardziej zapracowanym instrumentem badawczym Katedry. Z biegiem czasu problemy stabilności orbit ciał układu planetarnego i badania orbit planetoid stały się głównym przedmiotem badań Zakładu Mechaniki Nieba. Dzisiaj toruńscy „mechanicy nieba" aktywnie uczestniczą w wypracowaniu metod analizy obserwacji pozasłonecznych układów planetarnych, ich odkrywania i analizy ich dynamiki. Owocem działalności astronomów toruńskich w dziedzinie mechaniki nieba jest kilkadziesiąt publikacji naukowych, 7 doktoratów

i 3 habilitacje własnych wychowanków.

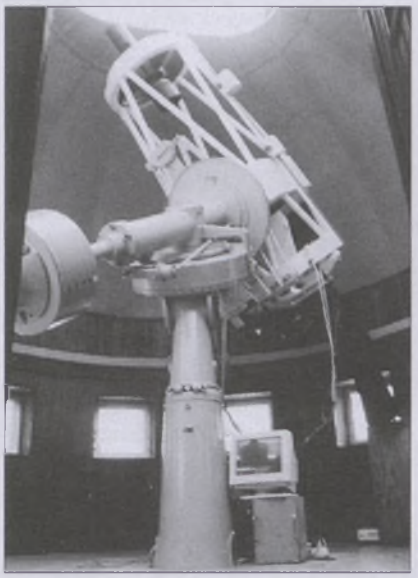
Astrofizyka posługuje się głównie fotometrią, mierząc strumień dochodzącego do nas promieniowania ciał niebieskich, i spektroskopią, rozkładając ten strumień według długości fal i badając ten rozkład i szczegóły jego struktury. Do tego rodzaju badań doskonale nadawał się teleskop Drapera i program badawczy Katedry Astrofizyki został dopasowany do jego możliwości. Dość długa seria prac magisterskich i doktorskich dotyczyła dwubarwnych badań fotometrycznych różnych obszarów nieba. Z fotometrii fotograficznej, na podstawie własnych, zebranych w Piwnicach materiałów obserwacyjnych, wnoszono o strukturze Drogi Mlecznej w wybranych polach i o zmienności różnych gwiazd zmiennych, w tym gwiazd typu RR Lyrae. Dla tych ostatnich W. Iwanowska wcześniej odkryła spektroskopowe różnice związane z przynależnością do różnych populacji, wskazujące na dwudzielność tej grupy gwiazd, uważanej za jednorodną. Należało więc przesunąć punkt zerowy skali relacji „okres–jasność absolutna" i w konsekwencji to odkrycie stanowiło poważny argument dla podwojenia skali odległości we Wszechświecie, co rzeczywiście dokonało się w początku lat 50. Prowadzono też analizę spektrofotometryczną różnych grup gwiazdowych w aspekcie uchwycenia spektroskopowych kryteriów ich różnej przynależności populacyjnej. W długiej serii prac W. Iwanowska z szeregiem współpracowników — magistrantów i asystentów poszukiwała statystycznych wskaźników przynależności populacyjnej różnego rodzaju „rodzin" gwiazdowych i mgławic planetarnych.

Uruchomienie w Piwnicach teleskopu Schmidta-Cassegraina zintensyfikowało badania spektrofotometryczne. Głównym programem obserwacyjnym tego teleskopu było opracowanie spektrofotometrycznego katalogu gwiazd Drogi Mlecznej i okolic bieguna galaktycznego w dwóch dyspersjach, stosownie do posiadanych pryzmatów obiektywowych (pracowali nad tym m.in. R. Głębocki i J. Smoliński, A. Strobel). Ponadto prowadzono obserwacje spektrofotometryczne wybranych gwiazd osobliwych, np. węglowych, nowych, a nawet komet. Kanadyjski spektrograf szczelinowy ukierunkował badania na spektrofotometrię gwiazd osobliwych, najpierw magnetycznych gwiazd Ap, później obserwowane były m.in. gwiazdy nowe, gwiazdy symbiotyczne i inne. Użycie teleskopu Schmidta do bezpośrednich zdjęć nieba w okresie powrotu komety Halleya wykazało jego znakomitą jakość optyczną i przydatność do pomiarów astrometrycznych. Przy okazji odkryto kilka planetoid.

Staże toruńskich astronomów w ośrodkach zagranicznych zaowocowały rozszerzeniem tematyki badań macierzystego ośrodka. Długoterminowe pobyty 3 młodych pracowników w Instytucie Astrofizycznym w Liège w Belgii i we Francji (A. Woszczyk, A. Stawikowski, S. Grudzińska) wprowadziły do Torunia trwającą do dziś tradycję badań kometarnych. S. Gorgolewski przez rok specjalizował się w badaniach radioastronomicznych w Cambridge i zaszczepiał później w Toruniu radiowe badania Słońca i nowe idee instrumentalne. Później, jego śladem do MRAO w Cambridge jechał A. Kus, do MPIfR w Bonn — A. Wolszczan, a do NRAO w USA — Z. Turło. Zaowocowało to nowymi stopniami naukowymi, programami badawczymi i nowymi instrumentami, co procentuje we współczesnych badaniach radioastronomicznych. W USA odbywali też swe podoktorskie staże młodzi astrofizycy. Badania atmosfer gwiazdowych, materii międzygwiazdowej i atmosfer planetarnych weszły lub zostały pogłębione w planach badawczych w Toruniu. Przyjeżdżali też do Torunia astronomowie z całego świata.

W Toruniu odbyły się: Nadzwyczajny Kongres Międzynarodowej Unii Astronomicznej (1973), 4 specjalistyczne sympozja pod patronatem tej organizacji (1973, 1974, 1976 i 1987) oraz kongres Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego (1993). Dziś badania struktury Galaktyki, fizyki materii międzygwiazdowej, gwiazd symbiotycznych i innych gwiazd kataklizmicznych, gwiazd Wolfa-Rayeta oraz gwiazd w późnych stadiach ewolucji, w tym mgławic planetarnych i pulsarów, są głównymi zagadnieniami, nad którymi pracują toruńscy astrofizycy.

Ogromnego wysiłku wymagała budowa, najpierw oddanego do użytku w 1978 r., 15-m radioteleskopu RT-3, a następnie uruchomionego w 1995 r. radioteleskopu RT-4. Ten ostatni to instrument o europejskiej klasie, mający średnicę paraboloidalnej czaszy równą 32 m. Pierwszy z tych instrumentów wprowadził radioastronomów toruńskich do międzynarodowej wielkobazowej sieci interferometrycznej VLBI i dostarczył niezbędnych doświadczeń do budowy RT-4. Ten ostatni stał się istotnym elementem światowej sieci VLBI i pozwolił na przedsięwzięcie nowej, atrakcyjnej tematyki badawczej. Tutaj wspomnijmy tylko, że chodzi o badania aktywnych jąder galaktyk tzw. AGN-ów, międzygwiazdowych maserów, kwazarów itp. obiektów. We współpracy z Uniwersytetem w Manchesterze i jego 76-m radioteleskopem w Jodrell Bank, przy pomocy technologii zaczerpniętej z przygotowywanych misji kosmicznych Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA, planuje się pionierski przegląd nieba na długości fali 1 cm itd. „Urania" więcej pisała o tym instrumencie m.in. w nr 1 z 2005 r.



60-cm teleskop paraboliczny Zeissa z szybkim fotometrem fotoelektrycznym

Kilkaset (przeszło 600) publikacji naukowych, przeszło 200 astronomicznych dyplomów magisterskich, przeszło 70 doktoratów, 30 habilitacji, 10 nominacji profesorskich wychowanków toruńskiej astronomii — to w skrócie tylko niektóre liczby obrazujące dorobek 60 lat uprawiania astronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Autor, profesor astrofizyki i Redaktor Naczelny „Uranii–Postępów Astronomii" jest świadkiem i uczestnikiem rozwoju toruńskiej astronomii od roku 1951

Paweł Rudawy

Aktywność magnetyczna Słońca

Wszyscy wiemy, że Słońce jest niczym nie wyróżniającą się gwiazdą ciągu głównego, położoną na peryferiach typowej, dużej, spiralnej Galaktyki, w jednym z jej ramion, zwanym ramieniem Oriona, około 28 tys. lat św. od centrum. Ani typ widmowy: G2V, ani jasność bolometryczna $M_{bol} = 4^m,74$, ani wreszcie średnica na poziomie fotosfery $D_\odot = 1\,392\,520$ km ± 140 km czy masa $M_\odot = (1{,}9891 \pm 0{,}0012) \times 10^{30}$ kg niczym nie wyróżniają Słońca spomiędzy, jak się ocenia, ponad 120 a może nawet 150 mld gwiazd ciągu głównego w Galaktyce. Do początku lat 90. XX w. jedyną istotną cechą Słońca, wyróżniającą je spomiędzy innych gwiazd, był własny układ planetarny, zresztą jedyny, którego istnienie było wówczas potwierdzone obserwacyjnie. Niestety, odkrycie do dziś 180 planet w 147 układach planetarnych, w tym licznych układów planetarnych wokół gwiazd ciągu głównego, pozbawiły Słońce ostatniego tytułu do roszczenia sobie przez nie prawa do uznania jego wyjątkowości… Czy warto więc zajmować się czymś tak pospolitym jak Słońce?

Czy warto zajmować się Słońcem?

Słońce jest jedyną gwiazdą położoną na tyle blisko Ziemi (jego średnia odległość od Ziemi wynosi zaledwie $149{,}6 \times 10^6$ km), że bez trudu można je obserwować jako dwuwymiarowy obiekt – tarczę o stosunkowo dużej średnicy widoczną na tle sfery niebieskiej. Widoma średnia średnica kątowa Słońca obserwowanego w świetle widzialnym wynosi aż $\Phi_\odot = 1919''$ łuku, co oznacza, że na środku jego tarczy 1" łuku odpowiada około 726 km.

Słońce, jak wszystkie gwiazdy ciągu głównego, jest kulą plazmową, której gęstość zmniejsza się (w niektórych warstwach nawet dość szybko) przy oddalaniu się od centrum, jednak nigdzie nie spada gwałtownie do zera. Ponieważ w Słońcu brak jest wyróżnionej powierzchni granicznej, dlatego za umowną granicę jego wnętrza przyjęto dolną część fotosfery, czyli cienkiej, o grubości zaledwie około 300–400 km warstwy plazmy, emitującej znakomitą większość promieniowania widzialnego (a dokładniej mówiąc miejsce, gdzie jej grubość optyczna w dziedzinie optycznej wynosi $\tau_{500}=1$, czyli staje się ona praktycznie nieprzezroczysta). Warto wspomnieć, że gęstość plazmy fotosferycznej w miejscu, gdzie temperatura materii słonecznej osiąga minimum (spada do 4200 K), wynosi zaledwie $4{,}9 \times 10^{-6}$ kg/m^3, czyli 33 mld razy mniej od gęstości plazmy w jądrze Słońca, a nawet 272 000 razy mniej od gęstości atmosfery ziemskiej! Dlaczego więc brzeg Słońca w świetle widzialnym nie jest rozmyty, lecz wydaje się bardzo ostry? Otóż niezależnie od kierunku, w jakim patrzymy na fotosferę, niemal „pionowo z góry" (przy obserwacjach obiektów widomych blisko środka tarczy słonecznej) bądź też niemal „stycznie" (przy obserwacjach obiektów widomych w pobliżu krawędzi tarczy), już dla niewielkiej głębokości geometrycznej wzdłuż linii widzenia jest wystarczająco dużo materii, by stała się ona nieprzezroczysta. Tak więc, ponieważ grubość fotosfery w stosunku do długości promienia Słońca jest bardzo mała (mniej niż 0,1%), a Słońce obserwujemy z niebagatelnej odległości około 150 mln km, brzeg jego tarczy wydaje się nam idealnie ostry.

Obserwacje Słońca mogą być prowadzone z dużą przestrzenną, spektralną i czasową zdolnością rozdzielczą. Konkretne minimalne wartości tych parametrów zależą oczywiście od przedziału widmowego, ale dla orientacji warto podać, że najlepsze naziemne obserwacje wąskopasmowe (filtrogramowe) w dziedzinie widzialnej, uzyskiwane np. duńskim teleskopem próżniowym DOT (ang. Dutch Open Telescope), mają po opra-

cowaniu numerycznym przestrzenną zdolność rozdzielczą sięgającą 0,1"–0,2" łuku (czyli 75–150 km na Słońcu), a efektywna czasowa zdolność rozdzielcza spektralnych obserwacji radiowej emisji Słońca w przedziale decymetrowym, wykonywanych radioteleskopem Uniwersytetu Toruńskiego z podłączoną tzw. Maszyną Pulsarową, wynosi poniżej 1 ms. Największy na świecie koronograf, zainstalowany w Instytucie Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego, pozwala w sprzyjających warunkach uzyskać obrazy o przestrzennej zdolności rozdzielczej do 0,5" łuku, a instrument zaćmieniowy SECIS, który 29 marca 2006 r. zostanie użyty przez brytyjsko-polską ekspedycję do obserwacji emisji korony słonecznej podczas całkowitego zaćmienia Słońca w Libii, pozwala rejestrować do 140 obrazów korony na sekundę.

Choć Słońce jest najjaśniejszym obiektem na sferze niebieskiej (M_{vis} = $-26^m,7$), to precyzyjne pomiary jego wielu parametrów fizycznych, np. pomiary rozkładu pól magnetycznych, wymagają zebrania większej ilości energii i lepszych zdolności rozdzielczych, niż mogą to zapewnić największe obecnie istniejące teleskopy heliofizyczne. Dlatego od 2000 r. trwają prace przygotowawcze, niestety bez udziału Polski, do budowy teleskopu heliofizycznego ATST (ang. Advanced Technology Solar Telescope), czyli w luźnym tłumaczeniu Zaawansowanego Technologicznie Teleskopu Słonecznego. ATST będzie miał zwierciadło główne o średnicy 4 m (!), zintegrowaną optykę adaptywną (przestrzenna zdolność rozdzielcza ~0,1"), niski poziom światła rozproszonego (<10% dla plam słonecznych, 10^{-6} w podczerwieni) oraz najnowocześniejsze, łatwo modyfikowalne instrumenty badawcze. Teleskop ten umożliwi, między innymi, badania bardzo słabych pól magnetycznych (dokładność pomiaru polaryzacji: 10^{-4} natężenia), w tym pomiary pól magnetycznych w koronie (!), testowania modeli dynama turbulentnego w górnej części strefy konwektywnej, pomiary oscylacji pętli/rur pola magnetycznego oraz testowanie modeli grzania chromosfery i korony, testowanie modeli wypływania strumieni magnetycznych formujących obszary aktywne z obszaru działania dynama w rejonie dolnej krawędzi warstwy konwektywnej i wiele innych.

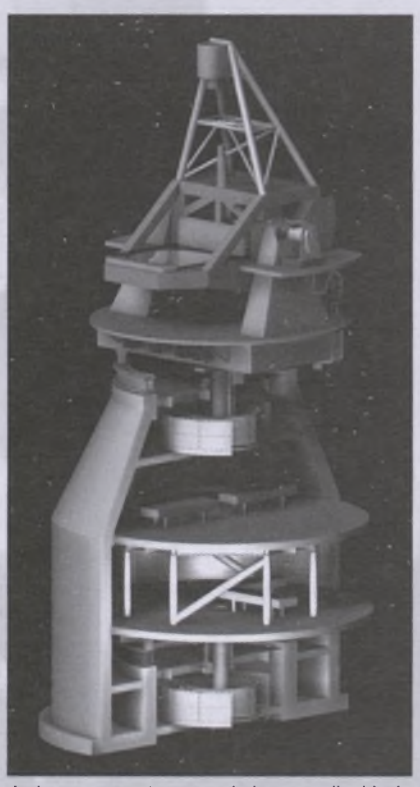
Obserwacje Słońca są interesujące nie tylko dla heliofizyków czy astrofizyków, którzy przy rozwiązywaniu niektórych problemów z dziedziny fizyki gwiazd mogą wykorzystywać Słońce jako „stanowisko testowe". Obserwacje zjawisk zachodzących na Słońcu wzbudzają także wielkie zainteresowanie badaczy zajmujących się np. fuzją termonuklearną, gdyż skale przestrzenne i czasowe oraz parametry fizyczne zachodzących na Słońcu procesów (oddziaływania silnych pól magnetycznych w ośrodku plazmowym, temperatury i gęstości plazmy) daleko przekraczają wartości możliwe do uzyskania w ziemskich laboratoriach.

Struktura atmosfery Słońca

Rozkład wertykalny i horyzontalny parametrów fizycznych materii i pól w atmosferze Słońca jest bardzo niejednorodny. Jeszcze w latach 50. ubiegłego wieku atmosferę Słońca modelowano jako układ czterech, dość homogenicznych, koncentrycznych warstw plazmy o wyraźnie różnych podstawowych parametrach (w szczególności temperaturze i gęstości), a mianowicie: fotosfery o grubości około 300 km, jej temperatura efektywna wynosi T_{eff} = 5770 ±2,5 K (jest to temperatura ciała doskonale czarnego, którego widmo emisji najlepiej odpowiada widmu Słońca), chromosfery o grubości około 2500 km i temperaturze rzędu 6–10 000 K, warstwy przejściowej o grubości ocenianej na kilkadziesiąt kilometrów, w której temperatura gwałtownie rośnie do wartości koronalnych i korony o temperaturze rzędu 1–2 MK w obszarach spokojnych.

Wyniki analizy rozkładu pól magnetycznych i ich oddziaływania z plazmą wnętrza Słońca i jego atmosfery stopniowo doprowadziły do powstania współczesnego modelu atmosfery Słońca, której nie można już podzielić na wyraźnie różne warstwy materii o odmiennych parametrach, lecz raczej należy postrzegać ją jako wysoce dynamiczny i niejednorodny, trójwymiarowy ośrodek wypełniony materią, której poszczególne, wydzielone obszary bądź struktury mają parametry (w szczególności gęstość i temperaturę) uznawane za typowe bądź charakterystyczne dla materii typu koronalnego, warstwy przejściowej czy też chromosferycznej. „Współczesna" atmosfera Słońca jawi się nam więc jako ośrodek, w którym np. zgęstki materii typu chromosferycznego, posiadające własną warstwą przejściową, mogą być ze wszystkich stron (w tym także „od dołu") otoczone materią koronalną.

Bardzo interesującym problemem badawczym jest znany od ponad pół wieku fakt, że temperatura plazmy w atmosferze Słońca zaczyna wzrastać(!) powyżej poziomu minimum temperatury (T = 4200 K) na granicy fotosfery. W spokojnych obszarach korony temperatura plazmy osiąga średnio $(1–2)\times10^6$ K, a w obszarach aktywnych nawet 4×10^6 K. Łączne straty energii tak gorącej korony słonecznej poprzez promieniowanie, przewodnictwo do chromosfery oraz energię unoszoną przez wiatr słoneczny w obszarach o otwartej konfiguracji pól magnetycznych (w dziurach koronalnych) wynoszą około $(1–3)\times10^2$ Wm^{-2}, a w obszarach z polami magnetycznymi o zamkniętej konfiguracji (w szczególności w otoczeniu obszarów aktywnych) sięgają nawet 10^4 Wm^{-2}. Tak więc całkowite straty energii z korony wynoszą około 5×10^{-5} pełnej mocy promieniowania Słońca ($L_\odot = (3,854\pm0,006)\times10^{26}$ W). Pomimo tak wielkich strat oraz ustawicznie zachodzących w koronie słonecznej



Jedna z rozpatrywanych koncepcji układu optycznego i konstrukcji teleskopu ATST. Teleskop zbudowany będzie w układzie alt-azymutalnym, średnica lustra głównego wyniesie 4 m, instrumenty badawcze zostaną umieszczone na obrotowych podłogach w celu kompensacji rotacji obrazu. Na rysunku pominięto pawilon teleskopu wraz z kopułą obrotową oraz cały blok pomieszczeń technicznych, laboratoriów i pracowni badawczych

procesów i zjawisk znacząco zmieniających jej lokalną temperaturę i bilans energii (takich jak rozbłyski słoneczne i formowanie się protuberancji, wiatr słoneczny), korona rozpatrywana jako całość stale utrzymuje temperaturę rzędu miliona K. Niewątpliwie następuje więc kompensowanie jej strat energii przez stale działający proces — lub kilka jednocześnie działających procesów — tak zwanego globalnego grzania korony. Do chwili obecnej nie udało się jednoznacznie zidentyfikować mechanizmu przenoszenia energii do korony (jest to podstawowy cel badawczy wspomnianej wcześniej ekspedycji zaćmieniowej) oraz jej dyssypacji w koronie. Dominuje jednak pogląd, że globalne grzanie korony następuje prawdopodobnie w wyniku bardzo licznych nanorozbłysków (o energiach rzędu E ~10^{16} J na nanorozbłysk) i, dodatkowo, w wyniku dyssypacji w koronie energii fal magnetohydrodynamicznych.

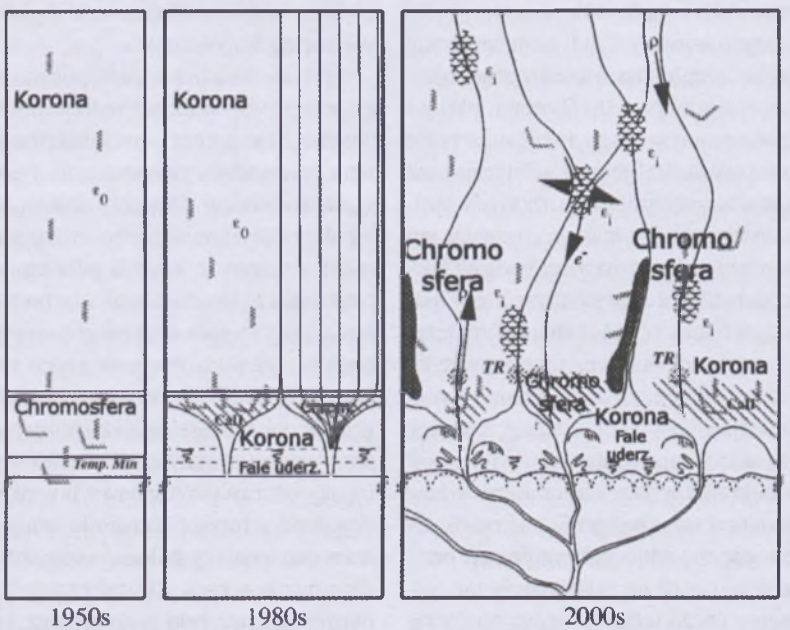
Głębokość formowania się poszczególnych linii widmowych w atmosferze naszej gwiazdy zależy od przestrzennego (zarówno wertykalnego, jak i horyzontalnego) rozkładu parametrów fizycznych materii i pól: temperatury, gęstości, składu chemicznego, pól prędkości, pola magnetycznego i wielu innych. Tak więc, wybierając do obserwacji odpowiednią linię widmową bądź przedział widmowy jest możliwe wydzielenie emisji materii słonecznej o określonych parametrach fizycznych i o z grubsza określonej lokalizacji w atmosferze. Analizując sekwencje czasowe takich obserwacji oraz łącząc wyniki obserwacji prowadzonych różnymi instrumentami i w różnych przedziałach widma, niekiedy jest możliwe także mniej czy bardziej doskonałe odtworzenie przestrzennej struktury i ewolucji obserwowanych zjawisk, co pozwala z kolei modelować przebiegające tam procesy fizyczne.

Niestety, trudno mówić tu o pełnej analogii pomiędzy takim odtwarzaniem przestrzennego rozkładu struktur w atmosferze Słońca a chociażby tomografem stosowanym w medycynie, pozwalającym bez uszczerbku dla zdrowia „pokroić" pacjenta na plasterki. Jak wiemy, dotychczas obserwacje Słońca były prowadzone niestety wyłącznie instrumentami dającymi nie powiązane bezpośrednio ze sobą obrazy struktur słonecznych, wszystkie rzutowane na płaszczyznę (obrazy 2D). Na podstawie tych obrazów nie można było wprost odtworzyć przestrzennego rozkładu natężenia emisji.

Dopiero dane, które spodziewamy się uzyskać za pomocą pary satelitów nowej misji kosmicznej STEREO (ang. Solar Terrestrial Relations Observatory), mogą być początkiem nowej ery heliofizyki obserwacyjnej. Start pary satelitów STEREO jest przewidziany w lecie bieżącego roku, nominalny czas działania misji wynosi 2 lata. Dwa niemal bliźniacze satelity zostaną umieszczone na niezwykle interesujących pod względem mechaniki nieba orbitach: jeden z nich będzie wyprzedzał na swej orbicie linię łączącą Ziemię ze Słońcem w tempie 22°/rok, a drugi o tyle samo będzie się opóźniał. W wyniku tego wzajemna kątowa odległość satelitów widzianych ze Słońca będzie wzrastała o około 44°/rok. Dzięki takiej lokalizacji satelity w ciągu pierwszych dwu–trzech lat działania będą dostarczały pary „stereoskopowych" obrazów tak zwanych koronalnych wyrzutów materii (CME), przy czym ich pole widzenia rozpoczyna się już około 0,1 $R_\odot$ ponad jego powierzchnią, pozwalając wprost odtworzyć 3D strukturę CME. Dane te będą miały fundamentalne znaczenie dla zrozumienia ewolucji pól magnetycznych w koronie i ich oddziaływania z materią, badań tzw. pogody kosmicznej, czyli stanu ośrodka międzyplanetarnego i wpływu na niego różnych przejawów aktywności słonecznej oraz związków Ziemia—Słońce. Później, w 4–5 roku misji, satelity znajdą się niemal po przeciwnych stronach Słońca i jeżeli jeszcze będą działały, pozwolą na obserwację CME „z dwóch stron".

Jeżeli zestawimy ze sobą obrazy Słońca wykonane w świetle białym (emisja fotosferyczna), w linii Hα wodoru (λ = 656,3 nm, emisja chromosferyczna) oraz pasmach λ = 19,5 nm i λ = 17,1 nm z zakresu UV i 0,3–2 nm w zakresie X (emisja koronalna) oraz magnetogram tarczy słonecznej, czyli mapę rozkładu natężenia pola magnetycznego na powierzchni Słońca, od razu stwierdzamy uderzającą zgodność pomiędzy rozkładem obszarów koncentracji silnych pól magnetycznych na tarczy a 3-wymiarowymi obszarami rozciągającymi się od fotosfery poprzez całą atmosferę słoneczną, zawierającymi rozliczne struktury morfologiczne (plamy, pola pochodni, włókna, pętle i arkady pętli itd.). Wiele z tych struktur występujących ponad fotosferą wykazuje podwyższone natężenie emisji; w obszarach tych zachodzą liczne, niekiedy bardzo energetyczne procesy (rozbłyski słoneczne, erupcje protuberancji itd.). Wnioskujemy z tego, że o rozkładzie przestrzennym materii atmosfery słonecznej i jej parametrach fizycznych oraz o ewolucji i dynamice zachodzących procesów w znacznym stopniu decyduje rozkład i ewolucja pól magnetycznych.

Słońce obserwowane jako gwiazda nie jest obiektem wykazującym szczególnie



Szkic modeli struktury atmosfery słonecznej z lat 50. i 80. XX stulecia oraz model współczesny. Szczegółowy opis modeli jest zawarty w tekście głównym. Ilustrację zaczerpnięto z pracy Schrijvera (2001)

silną zmienność. Analizując zmiany czasowe rozkładu natężenia całkowitej emisji Słońca, stwierdzamy, że można wyróżnić dwie składowe tej zmienności: składową krótkookresową (skala czasowa zmian od minut do miesięcy) oraz składową długookresową (o skalach od lat do dziesięcioleci i być może stuleci). O zmianach emisji wywołanych zwykłymi przemianami ewolucyjnymi gwiazdy nie będziemy tu dyskutować. W przypadku rozpatrywania zmian krótkookresowych najbardziej istotnymi cechami zmienności emisji Słońca są: zaniedbywalnie małe zmiany natężenia emisji w paśmie widzialnym (na poziomie ułamków promili strumienia średniego), słabe zmiany w paśmie radiowym oraz bardzo silne w krótkofalowej części widma (UV i X), gdzie zmiany mogą być nawet 10 000-krotne. Takie zróżnicowanie amplitudy zmian w różnych pasmach widma jest spowodowane lokalizacją i naturą różnych procesów aktywności słonecznej. Na zmiany krótkotrwałe (rzędu minut do dni) nakładają się zmiany o dłuższych okresach: okresowość około miesiąca wywołana rotacją Słońca, modulacja z okresem około 11-letnim, związana z cyklem aktywności dynama słonecznego (będziemy o tym dyskutować poniżej) i prawdopodobnie występujące modulacje o dłuższych okresach.

Oddziaływanie plazmy z polem magnetycznym

Nim przejdziemy do dalszych rozważań, krótka uwaga: plazma jest to ośrodek zjonizowany, czyli składający się częściowo lub całkowicie z jonów i elektronów. Procesy oddziaływania plazmy z polem magnetycznym są niezwykle skomplikowane, jednak wiele zjawisk zachodzących na Słońcu można wyjaśnić, posługując się intuicyjnym pojęciem „wmrożenia" pola magnetycznego w plazmę, czyli analogią gorącej plazmy słonecznej i… lodu. Jeżeli zanurzymy nitkę w wodzie, to praktycznie bez wysiłku możemy ją poprzez wodę przemieszczać. Sytuacja ulega dramatycznej zmianie, gdy wodę zamrozimy, bo „wmrożona" w niej nitka zostaje na trwałe związana z lodem. Gdy silnie pociągniemy za nitkę w poprzek lodu, możemy nawet przesunąć lód, gdy zaś popchniemy lód, pociągnie on za sobą nitkę. Co ciekawe, jeżeli wmrożona nitka jest gładka, bez większego trudu kostka lodu może się z niej ześlizgnąć, przesuwając się wzdłuż nitki. W naszym modelu nitka była odpowiednikiem linii sił pola magnetycznego, woda odpowiednikiem materii neutralnej, a lód — plazmy).

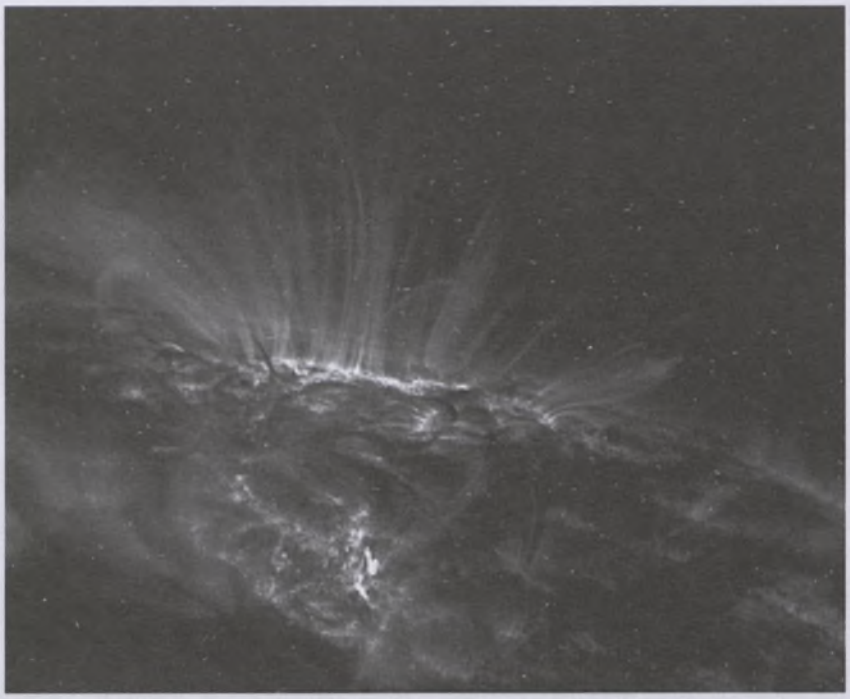
Plazma słoneczna jest bardzo dobrym przewodnikiem prądu (jej przewodnictwo jest większe niż miedzi). Każdy ruch pola względem plazmy słonecznej (lub plazmy względem pola) jest więc niczym innym jak ruchem świetnego przewodnika w polu magnetycznym. Mamy więc do czynienia z działaniem doskonale nam znanego generatora elektromagnetycznego, a generowane w tym procesie jest takie nowe pole magnetyczne, że niweluje wszelkie skutki ruchów względnych plazmy i pierwotnego pola magnetycznego. Jeżeli więc plazma jest stosunkowo gęsta, a pole względnie słabe, to każde przemieszczenie plazmy będzie generowało takie pole magnetyczne, by pociągnąć za sobą pole pierwotne, a więc by „wlec" za plazmą pole magnetyczne tak, jak kawałek lodu ciągnie za sobą wmrożoną w niego nitkę. Natomiast gdy pole magnetyczne jest względnie silne a plazma rzadka, to ruchy pola magnetycznego powodują przemieszczanie plazmy. Plazma może w zasadzie swobodnie przemieszczać się wzdłuż linii sił pól magnetycznych, tak jak gaz w rurze, podlegając oczywiście wszelkim prawom dynamiki płynów. Wzdłuż takich rur pola magnetycznego może też łatwo być transportowana energia, zarówno pod postacią wiązek cząstek naładowanych, jak i w bardziej gęstym ośrodku, poprzez przewodnictwo. Natomiast ruch plazmy w poprzek linii sił pola magnetycznego jest praktycznie niemożliwy, bardzo niski jest też współczynnik przewodnictwa cieplnego w poprzek pola. Plazma jest więc rzeczywiście „wmrożona" w pole.

O charakterze oddziaływania plazmy z polem decyduje wzajemna relacja pomiędzy gęstością energii pola magnetycznego a gęstością energii plazmy, opisywaną syntetycznie parametrem $\beta = 8\pi P/B^2$. W podfotosferycznych warstwach Słońca i w samej fotosferze, gdzie gęstość plazmy jest duża i współczynnik $\beta >> 1$, ruchy plazmy (zarówno konwekcyjne, jak i makroskopowe przepływy związane z rotacją różnicową warstwy konwektywnej i cyrkulacją południkową) decydują o generacji, a także w znacznym stopniu o ewolucji i konfiguracji pól magnetycznych. W szczególności u podstawy warstwy konwektywnej upatruje się miejsca działania głównego składnika mechanizmu, tzw. ω–α dynama słonecznego, czyli mechanizmu generacji pola magnetycznego kosztem energii kinetycznej plazmy.

Na granicy fotosfery i atmosfery Słońca następuje znaczne zmniejszenie się gęstości plazmy i w bardzo grubej warstwie atmosfery Słońca, od fotosfery aż do wysokości około 3 $R_\odot$, tam, gdzie obserwujemy najważniejsze przejawy aktywności słonecznej, energia pól magnetycznych dominuje nad energią plazmy (typowa temperatura materii koronalnej to 1–2 MK, gęstość elektronowa $n_e \approx 10^8$–10^9 cm^{-3}, $\beta < 1$). W tym obszarze ewolucja pól decyduje o ewolucji plazmy, w szczególności rozkład przestrzenny plazmy jest zdominowany przez rozkład przestrzenny pola. Wszelkiego rodzaju zmiany konfiguracji pola magnetycznego wymuszają przemieszczanie plazmy uwięzionej w tym polu, zaś z powodu znikomej grubości optycznej materii koronalnej oraz silnej anizotropii wielu parametrów plazmy (w tym współczynnika przewodnictwa cieplnego w silnych polach magnetycznych), w koronie słonecznej występują, niekiedy w bliskim sąsiedztwie, struktury chłodne i gorące. Obserwowane są tam zarówno protuberancje o temperaturach $T \sim (6–8) \times 10^3$ K, pętle koronalne o temperaturach dochodzących do $T \sim (1–2) \times 10^6$ K, jak i jądra rozbłysków, w których temperatura plazmy przekracza $T \sim 2 \times 10^7$ K.

Na marginesie warto wspomnieć, iż w zasadzie umiemy dość dobrze mierzyć rozkład pól magnetycznych jedynie na poziomie fotosfery, stosując magnetografy mierzące jedynie składową pola wzdłuż linii widzenia lub mierzące pełen wektor pola magnetycznego (choć i tu istnieje niejednoznaczność ±180° w określaniu azymutu składowej transwersalnej). Pomiary natężenia pól magnetycznych w koronie są natomiast bardzo trudne (wykonuje się je, wykorzystując subtelny wpływ efektu Hanlego na emisję materii) i najczęściej nimi po prostu nie dysponujemy. Z tego powodu większość naszej wiedzy o rozkładzie pól magnetycznych w koronie pochodzi z ekstrapolacji rozkładów pól fotosferycznych do korony, dokonywanych metodami numerycznymi przy zastosowaniu wielu upraszczających założeń. Nie bez kozery heliofizycy-obserwatorzy twierdzą, że najlepszym magnetografem jest sama świecąca plazma słoneczna,

wypełniająca poszczególne struktury magnetyczne.

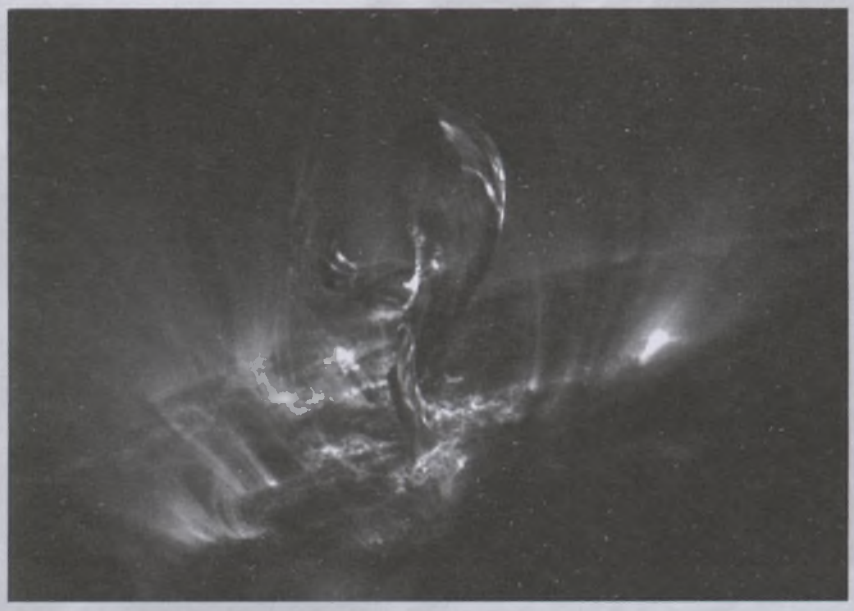


Struktura przestrzenna pola magnetycznego w obszarach aktywnych NOAA 9169 oraz NOAA 9167, uwidoczniona poprzez emisję plazmy zawartej w pętlach magnetycznych. Zdjęcie pokazuje fragment Słońca tuż przy zachodnim brzegu. Zostało wykonane 29 września 2000 r. przez satelitę TRACE (NASA) w paśmie λ = 17,1 nm. Jasne struktury są wypełnione plazmą o temperaturze rzędu 1 MK, ciemne struktury są wypełnione plazmą o temperaturze około 8–10 000 K, która byłaby widoczna w emisji np. w świetle linii Hα wodoru

Dynamo słoneczne

Dominująca rola pól magnetycznych w przebiegu zjawisk w atmosferze Słońca skłania do krótkiego wyjaśnienia mechanizmu generacji pola magnetycznego na Słońcu. Zacznijmy ten opis od przypomnienia bardzo interesującego zjawiska rotacji różnicowej Słońca, to jest zróżnicowania prędkości kątowej, z jaką różne części warstwy konwektywnej okrążają Słońce (warstwa konwektywna rozciąga się od fotosfery do głębokości 0,715 $R_\odot$ około 198 360 km pod fotosferą). Warto wspomnieć, że w 2005 r. pojawiły się prace, np. Asplund, Grevesse i Sauval, wskazujące na niższą zawartość metali w zewnętrznej warstwie Słońca niż dotychczas przyjmowano podczas obliczania tzw. Standardowych Modeli Słońca (30%–40% mniej C, N, O, Ne, Ar). Ta drobna zmiana składu chemicznego powoduje jednak bardzo znaczące zmiany w SMS: podstawa warstwy konwektywnej byłaby nieco wyżej (0,728 $R_\odot$), znacznej zmianie ulega metaliczność jądra słonecznego, a wyniki modelu rozkładu prędkości dźwięku i gęstości materii we wnętrzu Słońca są w gorszej zgodności z obserwacjami heliosejsmologicznymi niż dla modeli starszych.

Na poziomie fotosfery najszybciej okrąża Słońce plazma znajdująca się w okolicach równika słonecznego, zużywając na jeden obieg zaledwie 25 dni, na szerokości heliograficznej 45° okres ten wzrasta do 27,6 dnia, a w okolicach biegunów sięga 30,8 dnia. Co ciekawe, wyniki badań heliosejsmologicznych, a więc wyniki badań wnętrza Słońca na podstawie analizy jego drgań (coś w rodzaju słonecznej sejsmologii), wskazują, iż część Słońca leżąca pod warstwą konwektywną rotuje jak ciało sztywne, a u podstawy warstwy konwektywnej, w tak zwanej tachoklinie, następuje gwałtowny skok prędkości ruchu plazmy.



Erupcja protuberancji w dniu 14 września 1997 r., zarejestrowana przez instrument SOHO/EIT (ESA & NASA) w świetle linii λ = 30,4 nm (HeII). Materia protuberancji o temperaturze rzędu 10 000 K jest ciemna, ponieważ jest znacznie chłodniejsza od otaczającej ją materii koronalnej o temperaturze około 1 MK. Erupcje protuberancji spowodowane destabilizacją struktury pola magnetycznego w obszarze aktywnym często są stowarzyszone z rozbłyskami słonecznymi i koronalnymi wyrzutami materii

Rotację różnicową można bardzo łatwo zaobserwować oraz zmierzyć jej zmiany dla różnych szerokościach heliograficznych. Wystarczy w tym celu przez dłuższy czas w każdy pogodny dzień starannie zaznaczać na rysunku widomej tarczy Słońca położenia wszystkich dostrzeżonych plam słonecznych, zapisując również moment dokonania obserwacji. Mierząc następnie starannie zarówno dzienne zmiany położenia wybranych plam na tle tarczy, jak i zmiany ich wzajemnych położeń, bardzo łatwo jest wykryć, iż najszybciej przesuwają się po tarczy plamy położone najbliżej równika, najwolniej zaś plamy najbardziej od niego odległe.

Cały kompleks procesów fizycznych zaangażowanych w generację pól magnetycznych na Słońcu nazywamy dynamem słonecznym. Zasadnicze procesy dynama zachodzą w obszarze o grubości około 20 000 km, rozciągającym się tuż nad tachokliną, u podstawy warstwy konwektywnej. Gdy rozpoczyna się kolejny cykl działania dynama słonecznego, u podstawy warstwy konwektywnej plazma słoneczna (czyli doskonały przewodnik)

przesuwa się prostopadle do linii sił pierwotnego, mniej więcej południkowo rozciągniętego (poloidalnego) globalnego słonecznego pola magnetycznego. Ponieważ plazma ta jest bardzo gęsta, wlecze za sobą wmrożone pole magnetyczne. W wyniku działania rotacji różnicowej, plazma stopniowo rozciąga linie sił pola w kierunku równoleżnikowym, a więc jakby obraca je niemal o 90°. Jednocześnie z obracaniem linii sił następuje wzrost natężenia pola kosztem energii kinetycznej ruchu plazmy i w ten sposób generowane jest nowe, silne pole magnetyczne, zwane toroidalnym z racji niemal równoległego do równika przebiegu linii sił. Wygenerowane toroidalne pole magnetyczne (czyli pole o liniach sił niemal równoległych do równoleżników słonecznych) stopniowo wypływa ku powierzchni Słońca i w postaci wielu rur magnetycznych przebija się przez powierzchnię fotosfery, by w końcu przyjąć formę szeregu pętli pola magnetycznego, zakotwiczonych na obu końcach w fotosferze. Ponieważ pole magnetyczne musi zachować ciągłość, każda z widocznych w koronie pętli magnetycznych zakotwiczona jest w obszarach o przeciwnych biegunowościach pola. Lokalne zmiany tych pól i ich oddziaływania z plazmą słoneczną wywołują we wszystkich warstwach plazmy, od warstwy konwektywnej po koronę słoneczną, ogromne bogactwo zjawisk określanych zbiorczą nazwą aktywności słonecznej.

Znacznie mniej dokładnie poznane są procesy regeneracji pola poloidalnego o przeciwnej biegunowości, zamykające półcykl aktywności dynama. Najnowsze prace Schüssleraa, Chatterjee i innych badaczy pozwalają jednak na podanie spójnego modelu tego procesu. Uważne analizy map synoptycznych słonecznych pól magnetycznych (czyli map rozkładu pól na tarczy słońca w długich przedziałach czasu, rzędu 20–30 lat) wyraźnie pokazują, że w miarę trwania cyklu aktywności magnetycznej pola magnetyczne wypływają ku powierzchni Słońca na coraz niższych szerokościach heliograficznych, przy czym z reguły osie powstających obszarów aktywnych są nieznacznie nachylone ku równikowi słonecznemu. Z reguły również koncentracja pól magnetycznych o biegunowości prowadzącej jest znacznie wyższa niż koncentracja pól o biegunowości przeciwnej (przypomnijmy, że w ciągu cyklu niemal wszystkie obszary aktywne na jednej półkuli Słońca mają taką samą biegunowość prowadzącą, identyczną z biegunowością obszarów okołobiegunowych na początku cyklu (reguła Hale-Nicholsona), zaś średni kąt nachylenia osi grupy do równoleżnika wynosi 5,6°, przy czym plama prowadząca położona jest bliżej równika). Z tego powodu silne pola magnetyczne obszarów aktywnych o przeciwnych biegunowościach prowadzących, zbliżających się stopniowo ku równikowi słonecznemu na przeciwnych półkulach, mają statystycznie większe szanse na wzajemną neutralizację, natomiast w kierunku biegunów dryfują słabe i rozproszone pola z części postępujących obszarów aktywnych, stopniowo odwracające biegunowość obszarów okołobiegunowych i tym samym odbudowujące pole poloidalne o przeciwnej biegunowości niż na początku cyklu. Migracje słabych pól ku biegunom potęguje wspomniana wcześniej powolna cyrkulacja południkowa obserwowana w warstwie konwektywnej, przenosząca materię z okolic równika ku biegunom z prędkością około 15 m/s.

W literaturze naukowej i popularnonaukowej z reguły znajdujemy informację, iż cykl aktywności słonecznej trwa średnio 11,2 roku. Ten okres jest wyznaczony na podstawie obserwacji zmian ilości zjawisk aktywnych na Słońcu. W ciągu 11 lat dynamo słoneczne nie tylko zmienia liczbę pól magnetycznych docierających do powierzchni Słońca, ale także odwraca biegunowość globalnego pola magnetycznego Słońca. Dlatego, w zasadzie, pełen cykl aktywności dynama słonecznego, w ciągu którego globalne pole magnetyczne Słońca wraca do pierwotnego rozkładu biegunowości, trwa 22 lata. W ciągu takiego cyklu aktywności globalne pole magnetyczne Słońca dwukrotnie zmienia swoją biegunowość i dwukrotnie jest obserwowany najpierw stopniowy wzrost jego aktywności (trwający 3–4 lata) aż do osiągnięcia maksimum, a następnie stopniowy spadek wielkości i liczebności wszystkich przejawów aktywności słonecznej (trwający zwykle 6–7 lat).

Dynamo słoneczne działa cyklicznie, ale jest to cykl o zmiennej długości i zmiennej amplitudzie, niekiedy obserwuje się znaczne zaburzenia długości trwania cyklu, sięgające nawet kilku lat. Szczegółowe analizy zmian aktywności słonecznej wskazują, że cykl 11-letni jest tylko jedną z wielu okresowości występujących w pracy dynama słonecznego. Zdarzają się również okresy, gdy działanie dynama ulega znacznemu osłabieniu lub, być może, niemal całkowitemu zanikowi. Po raz ostatni nastąpiło to na przełomie XVI i XVII w., podczas tzw. „minimum Maundera", gdy w Europie nastała tak zwana mała epoka lodowcowa (podobno w owym czasie zimą można było saniami jeździć do Szwecji przez zamarznięty Bałtyk).

Przejawy aktywności magnetycznej Słońca

Najłatwiejszym do zaobserwowania przejawem aktywności słonecznej są plamy słoneczne, ciemne obszary o mniej lub bardziej regularnych kształtach, widoczne w świetle białym na tle fotosfery. Duże plamy słoneczne składają się zazwyczaj z ciemnego cienia, otoczonego nieco jaśniejszym półcieniem, który zajmuje około 70% całkowitej powierzchni plamy. Tylko najmniejsze plamy, zwane porami, są pozbawione cienia.

Średnia temperatura plazmy w cieniu plamy wynosi około 4200–4500 K, a więc jest o około 1500 K niższa niż temperatura fotosfery, natomiast temperatura półcienia wynosi około 5300 K. Jak już wspominaliśmy, natężenie emisji fotosfery dobrze opisują własności emisji ciała doskonale czarnego. Ilość emitowanej energii zależy więc od czwartej(!) potęgi temperatury, co nawet przy tak sto-

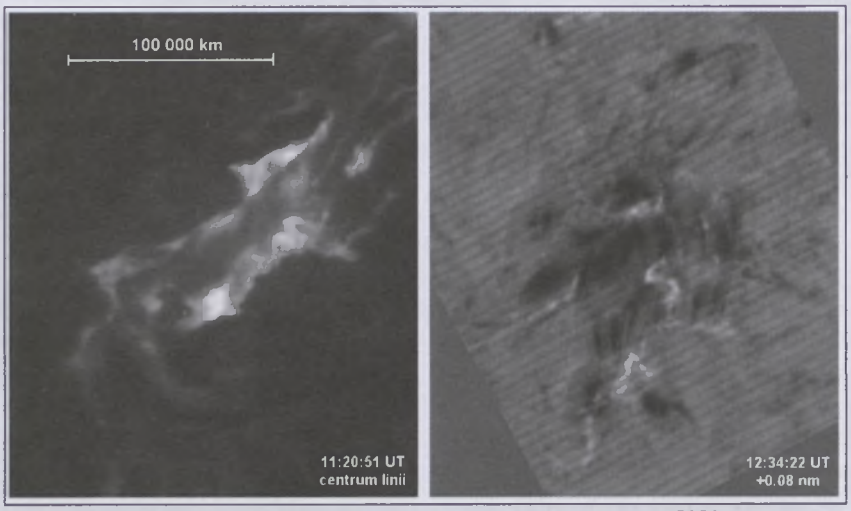
Protuberancja typu spray sfotografowana w świetle linii Hα wodoru (λ = 656,3 nm) z pomocą koronografu 53 cm Uniwersytetu Wrocławskiego 20 kwietnia 1984 r.

sunkowo niewielkiej różnicy temperatur pomiedzy materią plamy a otaczającej ją fotosfery powoduje powstanie wielokrotnej różnicy w jasności. Cień plamy wydaje się przez to czarny na tle fotosfery (choć jest tak gorący jak łuk elektryczny!).

Średnice plam słonecznych wynoszą od 2–3 tys. km w przypadku porów do ponad 50 000 km dla największych plam (można je dostrzec bez pomocy przyrządów optycznych, posługując się jedynie wysokiej jakości filtrem osłabiającym blask Słońca dla ochrony wzroku przed uszkodzeniem). Czas życia plam wynosi od kilku godzin dla najmniejszych plam do wielu miesięcy dla plam największych. Plamy słoneczne zazwyczaj występują w wyraźnie wyodrębnionych grupach. Liczba plam w grupie, ich rozmieszczenie, etap rozwoju odzwierciedlają przemiany lokalnych pól magnetycznych i są najłatwiejszymi do dostrzeżenia oznakami ewolucji obszarów aktywnych.

Plamy słoneczne powstają w miejscach, gdzie przez powierzchnię fotosfery przebija się bardzo silny strumień pola magnetycznego, o indukcji sięgającej 0,3–0,4 T, czyli 3–4 tys. Gs. Dla porównania warto wspomnieć, iż pole magnetyczne Ziemi jest rzędu 0,5 Gs. Takie silne, lokalne pole magnetyczne o mniej czy bardziej równoległych i wertykalnie ustawionych liniach sił możemy sobie wyobrazić jako gigantyczną rurę magnetyczną wstawioną w plazmę. Ponieważ suma ciśnienia plazmy i ciśnienia magnetycznego wewnątrz rury musi być równa ciśnieniu plazmy na zewnątrz rury (aby cały układ pozostał w równowadze), ciśnienie plazmy w rurze jest nieco niższe niż na tym samym poziomie w fotosferze. W takim układzie dochodzi do zaburzenia transportu konwektywnego energii z wnętrza Słońca oraz zmiany parametrów emisji samej plazmy, przez co cień plamy ulega ochłodzeniu i, co już wiemy, znacznemu pociemnieniu.

Pole magnetyczne skoncentrowane w obszarach aktywnych nie tylko powoduje powstanie ciemnych plam słonecznych, ale także może powodować wystąpienie jasnych pól pochodni fotosferycznych, czyli obszarów nieco jaśniejszych — i nieco gorętszych, o około 300 K — niż otaczająca je fotosfera. Są one szczególnie łatwo dostrzegalne w pobliżu brzegów tarczy Słońca, gdzie efekt pociemnienia brzegowego tarczy znakomicie podwyższa kontrast. Pochodnie fotosferyczne często pojawiają się przed powstaniem pierwszych plam w obszarze aktywnym i zanikają dopiero po zaniku w nim plam.



Rozbłysk słoneczny klasy GOES X17+ zaobserwowany 28 października 2003 r. za pomocą koronografu 53 cm i spektrografu MSDP Uniwersytetu Wrocławskiego. 2-D obrazy monochromatyczne zostały zbudowane po numerycznym opracowaniu obserwacji spektralnych zjawiska. Obraz po lewej stronie wykonano w centrum linii Hα wodoru (λ = 656,3 nm) około 20 min po początku zjawiska. Doskonale są widoczne wstęgi rozbłysku oraz rozległa arkada „przekoszonych" pętli magnetycznych zakotwiczonych we wstęgach. Obraz po lewej wykonano w czerwonym skrzydle linii Hα (+0,08 nm), doskonale widać dolne części pętli arkady, wzdłuż których materia ścieka ku chromosferze. Czasowa zdolność rozdzielcza obserwacji wynosi 45 s, przestrzenna około 1"–2" łuku

Jak już wspomnieliśmy, wypływanie pola magnetycznego podczas każdego cyklu aktywności koncentruje się w dwóch pasach, położonych po obu stronach równika niebieskiego, przesuwających się stopniowo ku niemu. Pasy te rozciągają się początkowo aż do mniej więcej 45° od równika, by następnie, w miarę upływu cyklu, zbliżać się do niego na odległość około 5°. Z reguły w połowie okresu trwania cyklu liczba plam osiąga maksimum, a pasy aktywności leżą w okolicach ±20° szerokości heliograficznej. W tym okresie obserwuje się także pojedyncze, małe, krótko żyjące (o czasie życia rzędu jednego dnia) plamy i grupy plam należących do tzw. obszarów efemerycznych, położonych nawet do ±70° szerokości heliograficznej.

Wykres przedstawiający zmiany czasowe położenia plam na tarczy Słońca nazywamy wykresem motylkowym z racji jego wyglądu, przypominającego skrzydła motyla. Uważny obserwator plam słonecznych, posługując się wykresem motylkowym, może dostrzec jeszcze jedną bardzo interesującą cechę wypływania pól magnetycznych: gdy plamy słoneczne pod koniec pewnego cyklu są skupione w pobliżu równika słonecznego, na dużych szerokościach heliograficznych, rzędu 45°, już zaczynają się pojawiać plamy związane z następnym cyklem.

Niezwykle widowiskowym przejawem aktywności magnetycznej Słońca są protuberancje słoneczne. Pod pojęciem protuberancja słoneczna rozumie się w zasadzie wszelkie jasne struktury emisyjne widoczne nad brzegiem tarczy Słońca w świetle wielu linii widmowych, np. Hα wodoru (a także ciemne struktury absorpcyjne widoczne na tle tarczy), niezależnie od ich genezy i powiązania z innymi przejawami aktywności słonecznej. Plazma protuberancji ma zwykle większą gęstość ($n_e = 10^{11}$–10^{12} cm^{-3}) i niższą temperaturę (T = 6–8000 K) niż otaczająca je korona. W praktyce heliofizycznej jednak bardzo wyraźnie określa się różne rodzaje protuberancji, biorąc pod uwagę właśnie mechanizm ich generacji (czym innym jest spokojna protuberancja utrzymująca się w atmosferze przez kilka czy kilkanaście tygodni, a czym innym „spray" wyrzucany z prędkością kilkuset km/s, choć obie widoczne są nad brzegiem Słońca jako struktury emsyjne). Protuberancje zasadniczo klasyfikuje się, stosując dwa kryteria: morfologii oraz aktywności i ewolucji (w szczególności stosowany jest podział na protuberancje spokojne i aktywne — eruptywne).

Protuberancje obszarów spokojnych Słońca mogą istnieć stosunkowo długo (od kilku dni do kilku miesięcy) i wyka-

zują niewielkie zmiany kształtu podczas swojego życia. Typowe rozmiary protuberancji spokojnych: długość od kilkudziesięciu tysięcy do miliona (!) km, wysokość kilkanaście do stu tysięcy km, zaś grubość zaledwie kilka–kilkanaście tysięcy km. Dlatego dobrym modelem spokojnej protuberancji jest długa deska ustawiona krawędzią nad tarczą Słońca. Protuberancje spokojne przybierają różne formy morfologiczne: żywopłoty, łuki, drzewa, leje, ale najbardziej typowe i majestatyczne są protuberancje typu „żywopłot": tworzą one rozciągłe, niekiedy lekko powyginane kurtyny, stykające się z powierzchnią Słońca w nielicznych stopach, rozmieszczonych w obszarach między supergranulami. Niekiedy protuberancje ulegają nagłej aktywacji i erupcji, często związanych z powstaniem koronalnych wyrzutów materii i będących przejawem gwałtownej przebudowy gigantycznych struktur magnetycznych.

Niezwykle ciekawym problemem, który do dziś nie został w pełni rozwiązany, jest mechanizm podtrzymywania materii protuberancji w polu grawitacyjnym Słońca. Pierwszy taki model, zaproponowany niemal pół wieku temu przez Kippenhahna i Schültera, zakłada podtrzymywanie materii w wygiętych ku dołowi łukach pola magnetycznego, prostopadłych do osi protuberancji (jak pamiętamy, plazma praktycznie nie może „przeciekać" w poprzek pola). Model ten nie potrafi jednak poprawnie opisać stabilności układu pól podtrzymujących włókna protuberancji. Inny model, zaproponowany przez Kuperusa i Raadu, zakłada, że protuberancja formuje się w warstwie neutralnej pola magnetycznego.

Inny rodzaj protuberancji to tzw. protuberancje obszarów aktywnych. Są zazwyczaj mniejsze, znacznie bardziej aktywne, obserwuje się w nich często szybkie przepływy materii, zdarzają się okresy gwałtownej przebudowy ich struktury, czas ich życia jest znacznie krótszy od czasu życia protuberancji spokojnych. Do najbardziej charakterystycznych typów protuberancji aktywnych zalicza się surge i spraye.

Surge (używamy zazwyczaj spolszczenia *serdż*, *serdże*) to przepływy materii chromosferycznej z prędkością 50–200 km/s wzdłuż zamkniętych pętli magnetycznych, zakotwiczonych w obszarach aktywnych. Surge może wznieść się na wysokość do kilkuset tysięcy kilometrów, zanim jego materia stanie się niewidoczna lub zanim opadnie z powrotem do chromosfery. Czas życia surge'a wynosi średnio 10–20 min. W przypadku wyrzutu materii z bardzo dużymi prędkościami, gdy energia kinetyczna materii jest większa niż energia pola magnetycznego pętli, materia porusza się, pociągając za sobą linie sił pola magnetycznego, może też dojść do przełączeń pól magnetycznych i powstania indywidualnych plazmoidów, widocznych w koronie jako wydzielone zgęstki materii, szybko wznoszące się po niemal prostoliniowych trajektoriach z prędkościami od 200 do 2000 km/s (!), czyli znacznie większymi od prędkości ucieczki.

Jeżeli plamy słoneczne to najłatwiejszy do zaobserwowania przejaw aktywności słonecznej, protuberancje — przejaw najpiękniejszy, rozbłyski słoneczne są z pewnością przejawem najpotężniejszym. Można powiedzieć, że rozbłyski słoneczne są niezwykle złożonym zespołem zjawisk i procesów wywołanym nagłym wydzieleniem w atmosferze Słońca ogromnej energii (nawet do $E \sim 10^{25}$–10^{27} J w jednym rozbłysku, warto przeliczyć, ileż to wody dałoby się zagotować taką ilością energii), zakumulowanej wcześniej w polach magnetycznych obszarów aktywnych. Czas trwania rozbłysku waha się od kilkunastu minut dla najsłabszych zjawisk aż do kilku–kilkunastu godzin dla najsilniejszych.

Zjawiska tworzące łącznie rozbłysk słoneczny przebiegają we wszystkich warstwach atmosfery słonecznej, a nawet częściowo w fotosferze. Podczas rozbłysku są emitowane ogromne ilości energii w postaci fal elektromagnetycznych (od gamma do radiowych) oraz strumienie cząstek (elektronów, protonów, jonów) o prędkościach dochodzących do 70% prędkości światła. Zazwyczaj rozbłysk słoneczny przebiega w kilku fazach, z których najważniejsza jest tzw. faza impulsowa, podczas której gwałtownie wydzielana energia pól magnetycznych powoduje nagły (rzędu sekund do minut) wzrost natężenia emisji promieniowania elektromagnetycznego, oraz fazy spadku, gdy wydzielanie energii z pól magnetycznych spada i plazma koronalna stopniowo stygnie. Z reguły, podczas silnych rozbłysków, dochodzi do znacznej przebudowy lokalnych pól magnetycznych, co wiąże się z powstaniem arkad pętli magnetycznych, erupcjami protuberancji, wyrzutami koronalnymi itp.

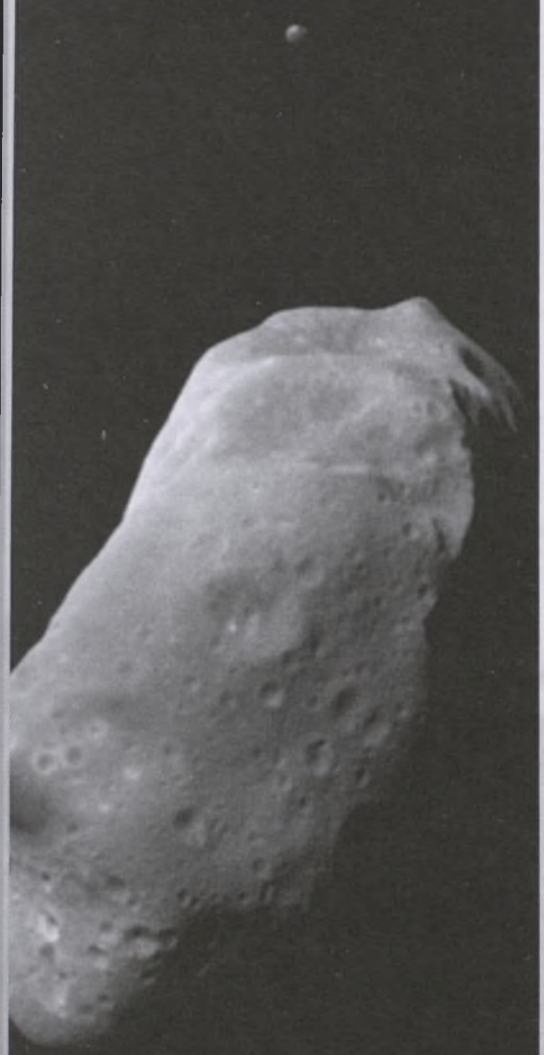
Obrazy rozbłysków słonecznych wykonane w promieniowaniu rentgenowskim ukazują między innymi zwarte źródła podwyższonej emisji odpowiadającej miejscom wydzielania energii z pól magnetycznych, położone w pobliżu szczytów pętli rozbłyskowych lub w miejscu styku oddziałujących pętli magnetycznych. W miejscach tych następuje efektywne przekształcanie energii pola magnetycznego w inne formy energii, np. w promieniowanie, energię termiczną, energię kinetyczną ruchów makroskopowych plazmy. Temperatura plazmy koronalnej, emitującej promieniowanie rentgenowskie obserwowane w pętlach koronalnych dochodzi do 20×10^6 K. Rozbłysk obserwowany w promieniowaniu widzialnym (np. w linii Hα wodoru) widać natomiast jako bardzo jasne, ogromne pojaśnienia chromosfery, często rozwijające się w równoległe pasma w miejscach zakotwiczeń arkad pętli magnetycznych. Najsilniejsze rozbłyski mogą być widoczne nawet w świetle białym jako lokalne pojaśnienia fotosfery w obszarze aktywnym (zazwyczaj w grupie plam słonecznych). Przebieg oddziaływania pól magnetycznych z innymi polami i plazmą w każdym z rozbłysków słonecznych zależy od indywidualnych cech topologii i dynamiki lokalnych pól magnetycznych, zarówno w obszarze zakotwiczeń, jak i w atmosferze.

Ten niezwykle skrótowy opis oddziaływania plazmy z polem magnetycznym na Słońcu zaledwie wspomina o niektórych zjawiskach i procesach obserwowanych w atmosferze Słońca. Opis fizyki, własności i ewolucji przepięknych arkad pętli magnetycznych wypełnionych gęstą plazmą, majestatycznych erupcji protuberancji i wyrzutów koronalnych, dynamicznych sprayów i surge'ów to jednak materiał na zupełnie odrębną opowieść.

Heliofizyk dr hab. Paweł Rudawy jest profesorem Uniwersytetu Wrocławskiego i wicedyrektorem Instytutu Astronomicznego we Wrocławiu. Jest zainteresowany m.in. zjawiskami aktywności słonecznej i naturą pól magnetycznych naszej dziennej gwiazdy

Agnieszka Kryszczyńska

Towarzyskie planetoidy



Ida i Daktyl sfotografowane przez sondę Galileo w 1993 r. Fot. JPL/NASA

Wprowadzenie

Przez wiele dziesięcioleci (a nawet dłużej) uważano, że w naszym Układzie Słonecznym księżyce mogą istnieć tylko wokół planet. Jednak obserwacje z ostatnich 12 lat dowodzą, że planetoidy naszego Układu Słonecznego również mogą posiadać jednego lub wielu towarzyszy.

Bezpośrednie obserwacje pierwszego satelity planetoidy zostały przeprowadzone podczas zbliżenia sondy Galileo do planetoidy 243 Ida w sierpniu 1993. Jednak Dactyl został zidentyfikowany po raz pierwszy dopiero po przesłaniu na Ziemię wszystkich danych z Galileo w lutym 1994. Dactyl swoją nazwę zawdzięcza mitologicznym „stworom", które żyły na górze Ida i chroniły młodziutkiego Zeusa ukrytego i wychowywanego przez nimfę Idę. Inne podania mówią, że Dactyle były dziećmi Zeusa i Idy.

Dactyl i 243 Ida są planetoidami tzw. głównego pasa, zaliczanymi do typu S, co oznacza, że są zbudowane w większości ze skał krzemianowych. Prawdopodobnie powstały w wyniku zderzenia większego ciała macierzystego z inną planetoidą. W wyniku kolizji mogło powstać wiele mniejszych obiektów, z których dwa związały się ze sobą grawitacyjnie. Inny scenariusz powstania układu Ida-Dactyl zakłada, że Ida została uderzona przez inną mniejszą planetoidę, która wybiła z jej powierzchni materiał skalny, a z niego po reakumulacji materii powstał Dactyl. Teoretycznie też jest możliwe, że oba obiekty powstały niezależnie, a Dactyl został przechwycony przez pole grawitacyjne Idy podczas jej wędrówki w Układzie Słonecznym.

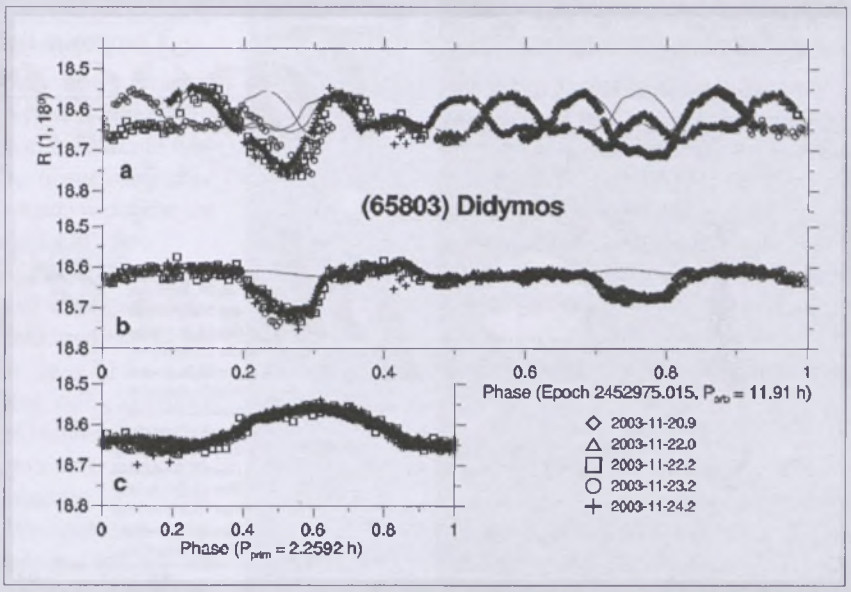
Podwójne NEAs

Na kolejne obserwacje księżyców planetoid nie musieliśmy długo czekać, ale tym razem były to obserwacje pośrednie. Okazało się, że układy podwójne istnieją wśród planetoid zbliżających się do Ziemi (NEAs — Near Earth Asteroids). Obserwacje fotometryczne planetoidy 1994 AW1, obiektu należącego również do grupy tzw. PHA (Potentially Hazardous Asteroids, czyli obiektów potencjalnie zagrażających Ziemi), przeprowadzone na początku 1994 r. w ESO (Chile) i Ondrejovie (Czechy) pokazały, że jego zmiany jasności można rozbić na dwie składowe. Jedna to klasyczna sinusoidalna zmienność, o okresie ok. 2,52 h, związana z rotacją wokół osi głównego składnika tego układu. Druga składowa, o okresie ok. 22,3 h, jest związana ze wzajemnym zasłanianiem się składników i przypomina charakterystyczne spadki jasności, podobne jak w przypadku gwiazd zmiennych zaćmieniowych. Aby jednak dostrzec zakrycia składników układu planetoid, obserwator musi znajdować się blisko płaszczy-

zny ich orbity. W przypadku NEAs, obserwowanych głównie w czasie zbliżenia do Ziemi, geometria obserwacji zmienia się w szerokim zakresie i zjawisko zasłaniania się składników układu może bardzo szybko pojawiać się lub zanikać.

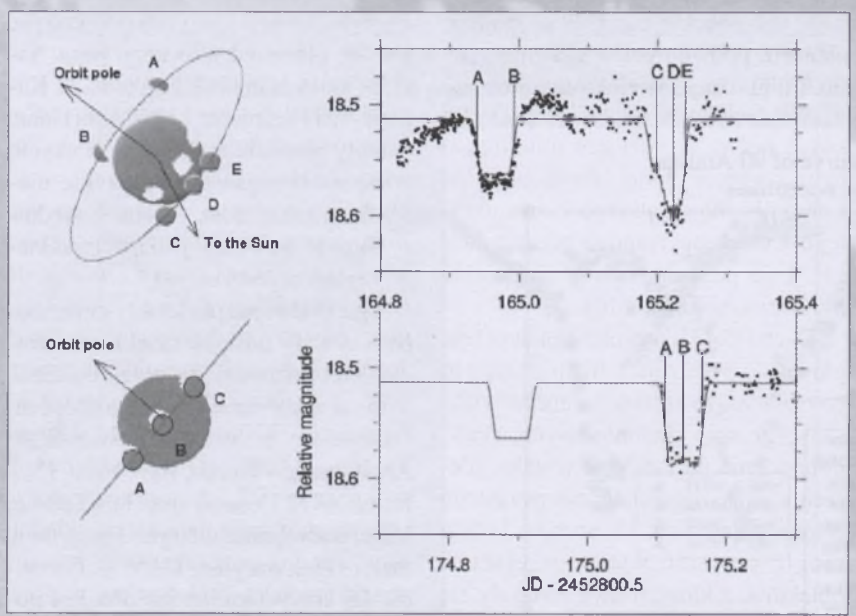
Kolejne lata przyniosły nowe odkrycia następnych układów podwójnych wśród NEAs. Stwierdzono istnienie satelitów m.in. dla planetoid 3671 Dionysus, 1991 VH, 1996 FG3, 65803 Didymos itd. Przykładowy wykres zmian jasności planetoidy 65803 Didymos znajduje się na rys. 1. Krzywa **a** to oryginalne dane obserwacyjne, pokazujące zależność względnej jasności od czasu. Obserwacje są złożone z okresem orbitalnym równym 11,91 h. Taką krzywą można rozłożyć na dwie składowe. Krzywa **b** (właśnie o okresie 11,91 h) jest związana ze wzajemnym zasłanianiem się składników. Krzywa **c**, o okresie 2,2592 h, jest związana z rotacją głównego składnika układu wokół osi, a jej niewielka amplituda świadczy o jego prawie sferycznym kształcie. Rys. 2. wyjaśnia mechanizm powstawania takich krzywych zmian jasności w zależności od orientacji osi obrotu. Krzywe zmian jasności innych podwójnych NEAs mają podobny wygląd.

W 2000 r. odkryto towarzysza planetoidy 2000 DP107. Tym razem stało się to przy użyciu techniki radarowej



Rys. 1. Krzywe zmian jasności planetoidy 65803 Didymos: krzywa **a** to oryginalne dane obserwacyjne, czyli zależność względnej jasności od czasu. Obserwacje są złożone z okresem orbitalnym równym 11,91 h. Krzywa **b** (o okresie 11,91 h) związana jest ze wzajemnym zasłanianiem się składników. Krzywa **c**, o okresie 2,2592 h, związana jest z rotacją głównego składnika układu. Wykres od Petra Praveca, Obserwatorium w Ondrejovie, Czechy

i największego na świecie radioteleskopu w Arecibo. Dzięki użyciu radaru można zarejestrować sygnał odbity od badanej planetoidy a także od jej towarzysza, jeśli istnieje. Obserwacje radarowe pozwalają bardzo dokładnie wyznaczyć rozmiary i kształty ciał układu i umożliwiają bardzo precyzyjne wyznaczenie orbity układu wokół Słońca, co ma niebagatelne znaczenie zwłaszcza w przypadku tzw. PHAs. Ponadto w przypadku planetoid podwójnych jest możliwe również wyznaczenie masy składników oraz ich gęstości, która jest bardzo istotnym wskaźnikiem ich składu i budowy wewnętrznej. Niestety, zasięg obserwacji radarowych jest ograniczony. Natężenie sygnału odbitego od powierzni planetoidy maleje z czwartą potęgą odległości, dlatego też radarem można zaobserwować wiele NEAs i niestety bardzo niewiele planetoid głównego pasa.



Rys. 2. Model systemu podwójnego 65803 Didymos widzianego z Ziemi. Punkty to dane obserwacyjne, linia ciągła została wymodelowana. Litery A-E pokazują poszczególne położenia satelity względem składnika głównego oraz odpowiadające im fazy krzywej. Widoczna poza minimami zmiana jasności spowodowana obrotem głównego składnika wokół osi nie była modelowana. Rysunek od Petra Praveca, Obserwatorium w Ondrejovie, Czechy

Skąd biorą się podwójne planetoidy w pobliżu Ziemi? Prawdopodobnie za ich powstawanie są odpowiedzialne siły pływowe działające w momencie ich zbliżenia do planet wewnętrzych Układu Słonecznego. Siły te mogą powodować rozrywanie tzw. ciał macierzystych, a z odłamków po rozpadzie mogą tworzyć się układy podwójne. Podobny los spotkał w 1992 r. kometę Shoemaker-Levy 9, która rozpadła się na wiele fragmentów pod wpływem grawitacji Jowisza.

Innym mechanizmem odpowiedzialnym za powstawanie układów podwójnych może być efekt YORP (Yarkovsky-O'Keefe-Rubincam-Paddack). Powoduje on przyspieszanie rotacji planetoid i ich rozpad na skutek działania sił bezwładności.

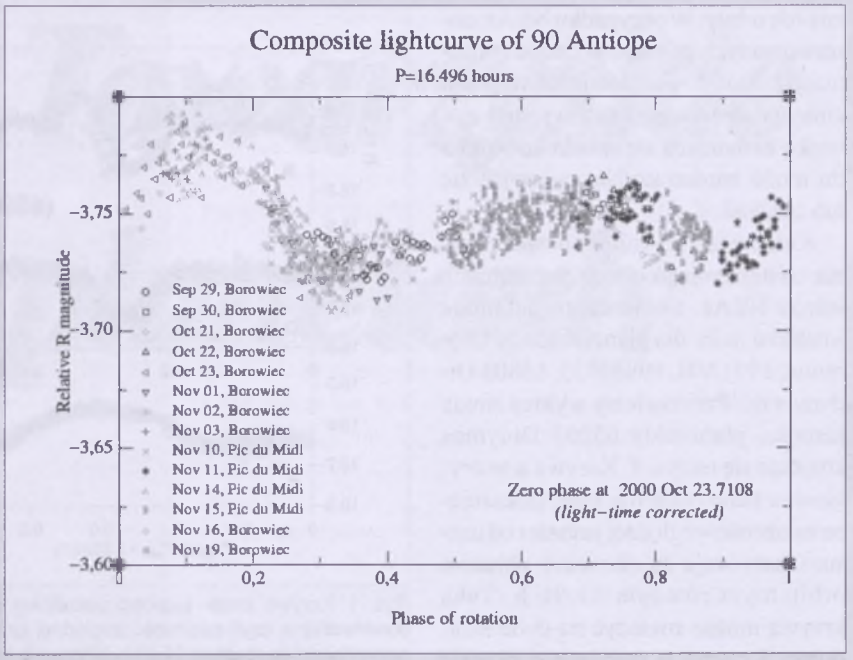
Ilość układów podwójnych wśród NEAs można oszacować, badając duże kratery meteorytowe na powierzchni Ziemi. Okazuje się, że ok. 10% kraterów o średnicach w większości powyżej 18 km posiada towarzysza, przy czym oba kratery charakteryzują się

tym samym czasem powstania. Ich pochodzenie upatruje się w upadku na Ziemię planetoidy podwójnej. Podobne podwójne kratery znajdują się również na powierzchni Wenus. Kratery te są za duże i zbyt odległe od siebie, aby mogły być rezultatem upadku ciała, które uległo rozpadowi w atmosferze ziemskiej (lub wenusjańskiej). Najnowsze statystyki mówią, że wśród NEAs nawet 16% obiektów może być podwójnych.

Podwójne MBAs

Pierwsza podwójna planetoida głównego pasa (Main Belt Asteroid — MBA) odkryta z Ziemi w 1998 r. przez CFHT (Canada-France-Hawaii-Telescope) z systemem optyki adaptacyjnej to 45 Eugenia i jej satelita nazwany później Petit Prince, czyli Mały Książę (fot. 1). Na zdjęciu mamy superpozycję 5 obserwacji satelity z kilku nocy w listopadzie 1998. Dzięki tym obserwacjom wyznaczono okres orbitalny satelity na 4,7 doby i promień jego orbity na 1190 km. Składnik główny, Eugenia, ma średnicę blisko 215 km, a Petit Prince 13 km. Księżyc jest 285 razy słabszy od składnika głównego i znajduje się bardzo blisko niego (odległość wynosi tylko 5 średnic składnika głównego). Aby zwiększyć kontrast pomiędzy tymi obiektami, zastosowano technikę dekonwolucji obrazów.

Co ciekawe, odkrycie z Ziemi pierwszej planetoidy podwójnej w głównym pasie było możliwe już w 1996 r., kiedy wykonano pierwsze

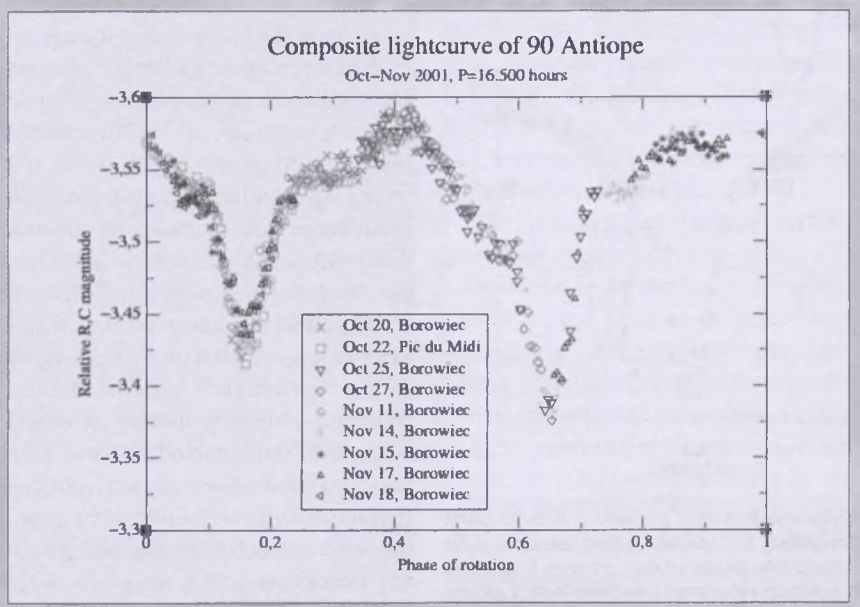


Rys. 3. Krzywa zmian jasności układu podwójnego Antiope z 2000 r. Na krzywej nie obserwowano zaćmień składników. Zmiany jasności spowodowane są tylko obrotem składników wokół osi

obserwacje fotometryczne planetoidy 90 Antiope. Jej krzywa zmian blasku o okresie ok. 16,5 h i amplitudzie 0,7 mag. nie miała charakterystycznego dla planetek sinusoidalnego przebiegu i do złudzenia przypominała krzywe zmian blasku gwiazd zmiennych zaćmieniowych. Niestety, jej autorzy nie podali właściwej interpretacji obserwacji. Dopiero w 2000 r. obserwacje przeprowadzone na teleskopie Keck II ukazały Antiope jako układ podwójny, składający się z dwóch prawie równej wielkości składników. Układ 90 Antiope jest obecnie najlepiej poznanym układem podwójnym w głównym pasie, m. in. dzięki wielokrotnym obserwacjom fotometrycznym. Zaćmienia składników tego układu nie występują w każdej opozycji: dla porównania krzywa zmian jasności bez zaćmień z roku 2000 (rys. 3) i z zaćmieniami z roku 2001 (rys. 4). Takie obserwacje pozwoliły wyznaczyć położenie orbity tego układu względem ekliptyki. Współrzędne bieguna orbity wynoszą: $\lambda = 17°, \beta = 25°$.

Dzięki przeglądowym obserwacjom prowadzonym przy użyciu największych na świecie teleskopów: Keck II, CFHT, Gemini North (wszystkie z optyką adaptacyjną) odkryto kolejne satelity planetoid głównego pasa. Satelity mają m.in. 762 Pulcova, 22 Kaliope, 121 Hermione, 130 Elektra i inne. Satelity planetoid odkryte przy użyciu teleskopów gigantów są zwykle niewielkich rozmiarów. Stosunek średnicy satelity do średnicy ciała centralnego rzadko przewyższa 0,1.

Inne podwójne planetoidy głównego pasa zostały odkryte dzięki obserwacjom fotometrycznym przeprowadzonym na dużo mniejszych teleskopach. Okazało się, że bardzo podobne do 90 Antiope są 854 Frostia, 1089 Tama, 1313 Berna, 4492 Debussy oraz 809 Lundia, której podwójność odkryto niedawno w Stacji Obserwacyjnej UAM w Borowcu. Jej krzywa zmian jasności jest pokazana na rys. 5. 809 Lundia to, jak do tej pory, jedyna planetoida, której podwójność odkryto w Polsce. Jest 10. obiektem podwójnym z głównego pasa



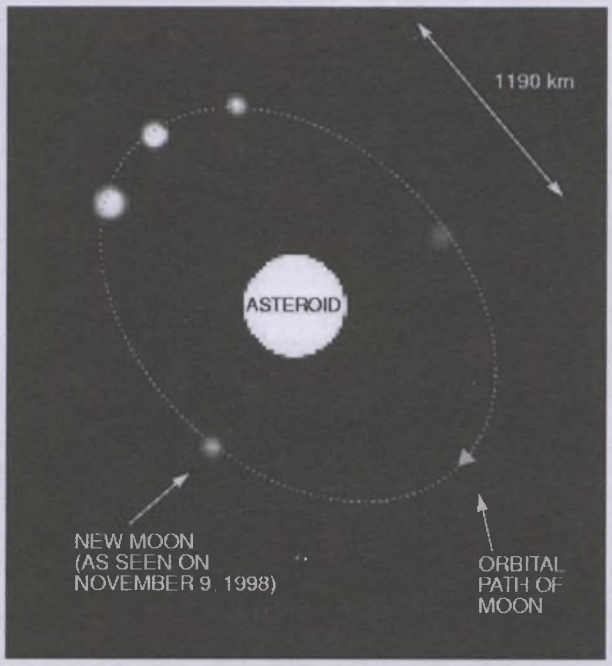
Rys. 4. Krzywa zmian jasności układu podwójnego Antiope z 2001r.

odkrytym poprzez fotometrię. Prace nad modelem tego układu oraz badania spektroskopowe powierzchni składników układu nadal trwają.

Na krzywych zmian blasku takich układów obserwuje się gwałtowne spadki jasności do 0,75 mag., co świadczy o podobnych rozmiarach składników. Dodatkowo pomiędzy minimami obserwuje się tzw. *shoulder-like shape* — kształt krzywej przypomina ludzkie ramiona, a jest związany z cieniowaniem się składników układów. Układy te rotują synchronicznie lub prawie synchronicznie (składniki są zwrócone do siebie zawsze tą samą stroną), z okresami dłuższymi niż 15 h. Przy pomocy fotometrii odkryto też kilka układów niesynchronicznych. Krzywe zmian jasności tych obiektów mają bardziej skomplikowany przebieg, ale również w takim przypadku jest możliwe rozłożenie obserwowanej krzywej na 2 składowe (podobnie jak w przypadku NEAs).

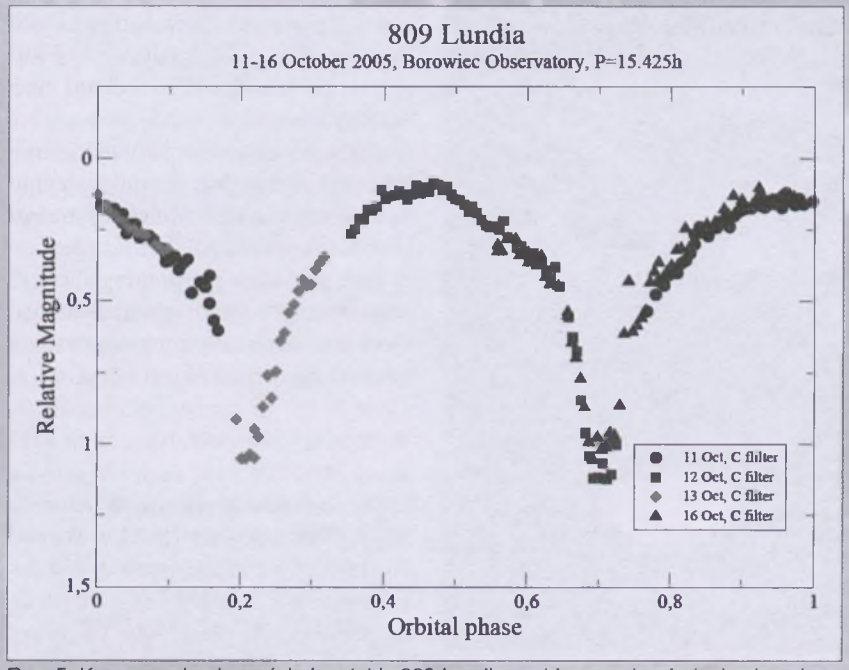
11 sierpnia 2005 r. Frank Marchis (Uniwesytet Berkeley) oraz Pascal Descamps, Daniel Hestroffer i Jerome Berthier (IMCCE, OA w Paryżu) ogłosili sensacyjne odkrycie pierwszego potrójnego układu wśród planetoid. Obserwacje przeprowadzone na VLT Yepun (z optyką adaptacyjną i kamerą czułą w podczerwieni) od sierpnia do października 2004 r., potwierdziły istnienie znanego już, dzięki obserwacjom z Kecka II w 2001 r., satelity planetoidy 87 Sylvia oznaczanego S/2001(87)1 oraz ukazały nowy księżyc Sylvii S/2004(87)1, fot. 2. Złożenie wielu obserwacji tego układu widoczne jest na fot. 3.

Na tej „składance" widać orbity satelitów, które są odległe o 710 i 1360 km od głównego składnika i obiegają go z okresami odpowiednio 33 i 87,6 h. Wewnętrzny księżyc ma tylko 7 km średnicy, zewnętrzny 18 km. Księżyce 87 Sylvii nazwano Remus (mniejszy) i Romulus (większy). Rea Sylwia (łac. Rhea Sylvia) była mityczną westalką, którą przygarnął do siebie Mars. W wyniku „uścisku" Marsa Sylvia urodziła bliźnięta: Romulusa i Remusa, późniejszych założycieli Rzymu. (Pochodzenie nazwy samej planetoidy (Sylvia) jest wątpliwe do dziś. Możliwe, że planetoida ta otrzymała jednak imię pierwszej żony francuskiego popularyzatora astronomii Camilla Flammariona — Sylvii Petiaux-Hugo Flammarion.)



Fot. 1. 45 Eugenia i jej satelita Petit Prince, czyli Mały Książę. Na zdjęciu superpozycja 5 obserwacji satelity z kilku nocy w listopadzie 1998. (http://www.boulder.swri.edu/merline/press-release/)

Układy podwójne (lub wielokrotne) w głównym pasie stanowią prawdopodobnie ok. 2% ogólnej liczby planetoid, a za ich pochodzenie jest odpowiedzialna głównie ewolucja zderzeniowa. Możliwe, że wartość ta ulegnie zmianie dzięki intensywnie prowadzonym kolejnym obserwacjom.



Rys. 5. Krzywa zmian jasności planetoidy 809 Lundia z widocznymi zaćmieniami, z obserwatorium w Borowcu

Podwójne TNO

Choć pierwszy obiekt z pasa poza orbitą Neptuna został odkryty zaledwie 14 lat temu, obecnie znamy ich już ponad 1000. Do tzw. obiektów transneptunowych (Trans Neptunian Objects — TNOs) należą klasyczne obiekty z Pasa Kuipera (Kuiper Belt Objects — KBOs) lub inaczej Pasa Edgeworth-Kuipera (EKOs) oraz tzw. obiekty rozproszone (Scattered Disc Objects — SDOs), które obiegają Słońce po orbitach o dużych mimośrodach. Bardzo ciekawy jest fakt, że również wśród tych bardzo pierwotnych obiektów mamy wiele układów podwójnych lub wielokrotnych. Pierwszy podwójny TNO (poza układem Plutona i Charona, który również należy do TNO) to 1998 WW31. Odkryto go dzięki obserwacjom przeprowadzonym na CFHT w styczniu i grudniu 2000 r. Składniki układu w momencie obserwacji były oddalone od siebie o 1,2 s łuku, co daje aż 40 000 km (dla porównania odległość Plutona i Charona to ok. 19 600 km). Różnica jasności obiektów o 0,4 mag. pozwala oszacować stosunek mas składników

na 1,7 (dla Plutona i Charona stosunek ten wynosi 8).

Ponad połowa dotychczas znanych układów podwójnych wśród TNOs została odkryta przy użyciu teleskopu kosmicznego Hubble'a. 31 października 2005 r. ogłoszono odkrycie kolejnych dwóch satelitów Plutona i układ ten wg opinii większości astronomów jest uznawany za pierwszą poczwórną planetoidę (problem, czy Pluton jest planetą czy planetoidą to już temat na artykuł). Obserwacje nowych księżyców Plutona przerowadzono również przy użyciu teleskopu Hubble'a w maju 2005.

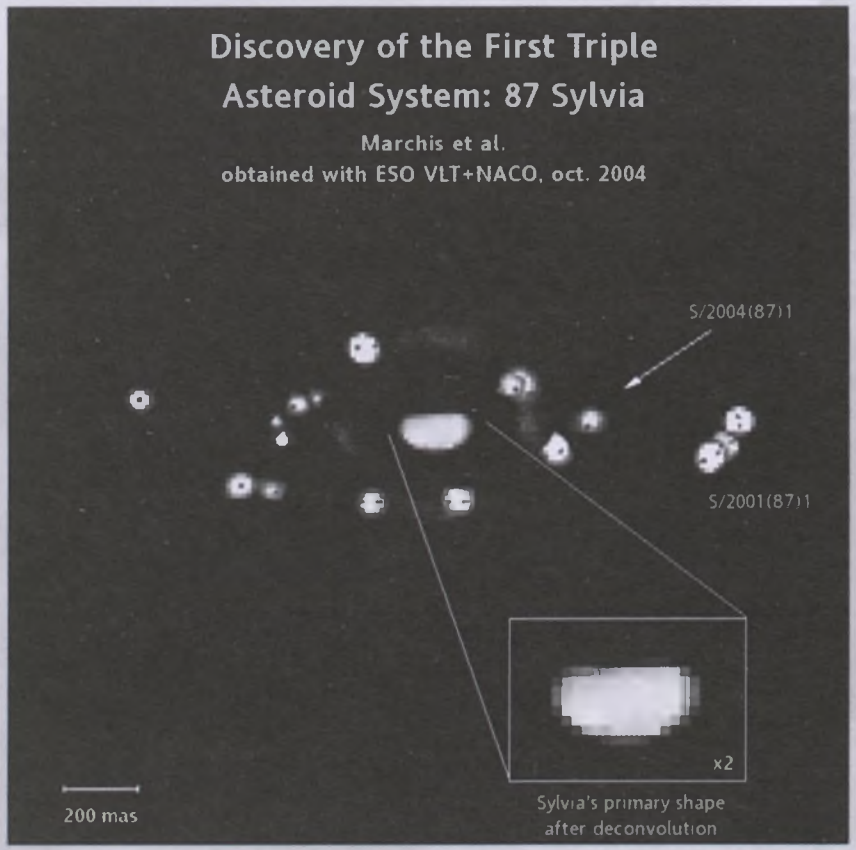
29 listopada 2005 r. grupa kierowana przez Mike'a Browna (California Institute of Technology) ogłosiła odkrycie pierwszego układu potrójnego wśród TNOs. Tym razem satelity planetoidy 2003 EL61 odkryto dzięki obserwacjom z Kecka II. Orbity satelitów tego układu, podobnie jak orbity nowych księżyców Plutona, nie są jeszcze dokładnie wyznaczone.

Przypuszcza się, że wśród TNO układy podwójne lub wielokrotne mogą stanowić kilkanaście, a nawet 20% ich populacji.

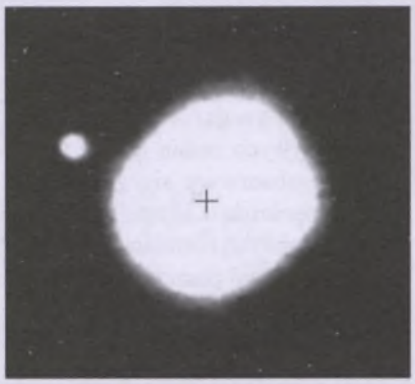
Wiele układów wśród TNOs charakteryzuje się podobnymi masami składników oraz bardzo wydłużonymi orbitami, których rozmiary są większe niż 100 promieni głównego składnika. Za powstawanie tego typu układów odpowiadają przede wszystkim wzajemne oddziaływania grawitacyjne pomiędzy nowo powstałymi ciałami w dysku protoplanetarnym. Scenariusz opisany w „Nature" przez zespół Yoko Funato zakłada wymianę składników w układach podwójnych. Układ podwójny, w którym główny składnik jest dużo większy, może oddziaływać z trzecim ciałem, którego masa jest porównywalna z głównym składnikiem układu podwójnego. W wyniku takiego oddziaływania małomasywny satelita zostaje wyrzucony z układu, a jego miejsce zajmuje trzecie ciało na dużej, mocno wydłużonej orbicie.

Statystyka podwójnych planetoid

Obecnie w naszym Układzie Słonecznym mamy 83 planetoidy podwójne: 25 NEAs, 33 MBAs, 22 TNOs. Znaleziono także 1 układ podwójny wśród Trojańczyków (planetoid na orbitach takich jak Jowisz) i 2 wśród



Fot. 3. Pozycje statelitów 87 Sylvii od sierpnia do października 2004. Sylvia o średnicy 280 km jest pokazana w powiększeniu. Credit: Marchis et al., 2005, Nature 436



Fot. 2. Obraz z teleskpu VLT Yepun z 9 sierpnia 2004. Credit: Marchis et al., 2005, Nature 436

obiektów przecinających orbitę Marsa, tzw. MCAs (Mars Crossing Asteroids). Ich liczba rośnie bardzo szybko. Aktualną liczbę księżyców planetoid i ich parametry można znaleźć na wielu stronach internetowych, z których najbardziej warte polecenia to:

www.asu.cas.cz/~asteroids/binneas.htm dla NEAs,

www.johnstonsarchive.net/astro/asteroidmoons.html

Wiele ciekawych informacji o satelitach planetoid znajduje się na stronie

www.boulder.swri.edu/merline/

Podsumowanie

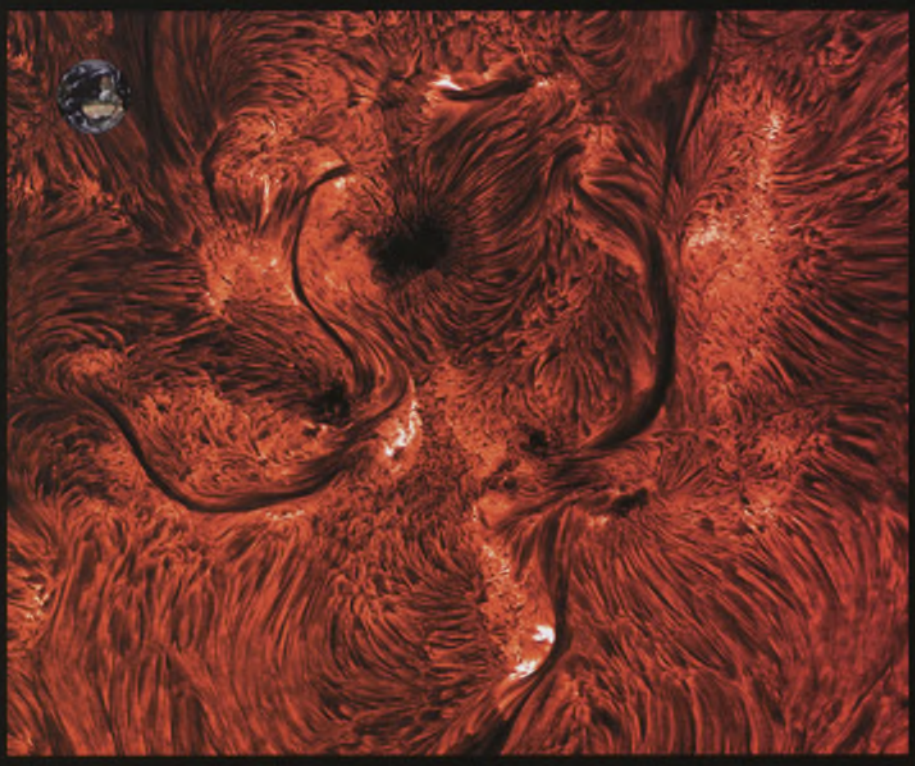
Badanie układów podwójnych wśród planetoid daje nam możliwość wyznaczenia ich masy i gęstości. Okazuje się, że obiekty te mogą mieć gęstość porównywalną z gęstoścla ziemskich minerałów, np. 3,8 g/cm^3 (130 Elektra), lub o wiele mniejszą 1,2 g/cm^3 (87 Sylvia), a nawet 0,9 g/cm^3 (283 Emma), czyli mniejszą niż woda. Świadczy to o zupełnie innej budowie i ewolucji tych obiektów.

Pełne zrozumienie ewolucji planetoid jest niezbędne do odtworzenia wczesnych stadiów istnienia naszego Układu Słonecznego, kiedy z planetazymali powstawały planety. Dzięki temu będziemy mogli lepiej zrozumieć ewolucję dysków protoplanetarnych istniejących wokół innych gwiazd.

Dr Agnieszka Kryszczyńska jest adiunktem Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu. Prowadzi badania planetoid. Ostatnio kierowała zespołem, który odkrył podwójną naturę planetki 809 Lundia

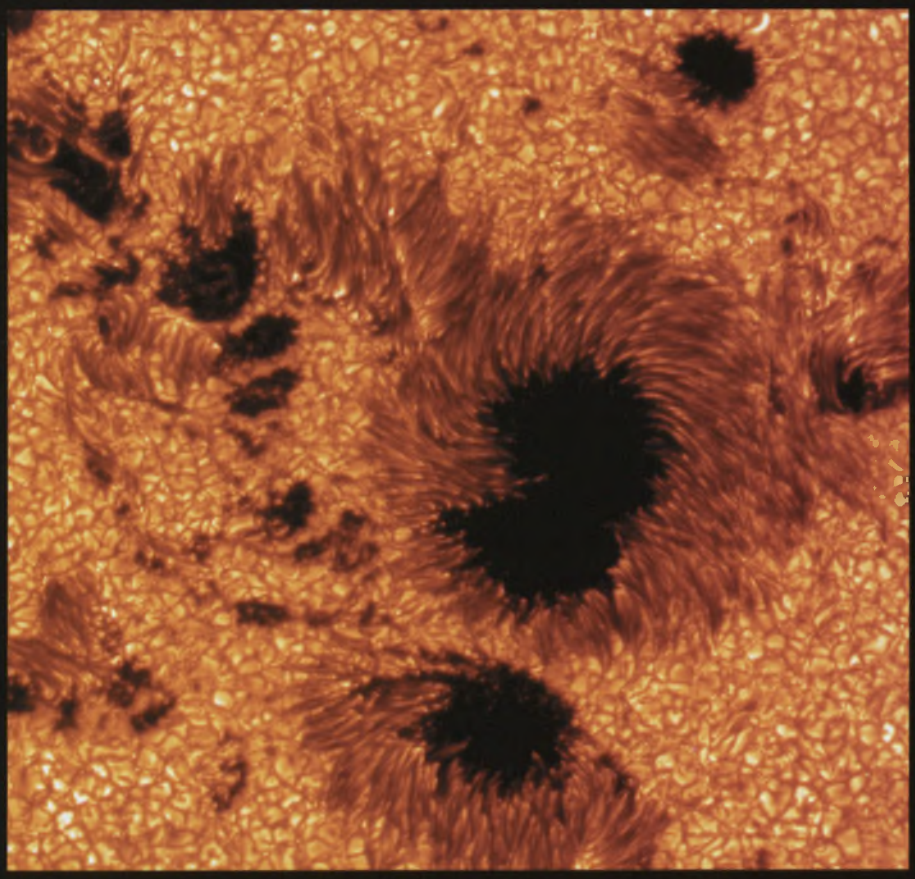
Aktywność magnetyczna Słońca

(patrz artykuł P. Rudawego na s. 60)



Obszar aktywny NOAA 10786, obserwowany w dniu 8 czerwca 2005 r. w świetle linii Hα wodoru (λ = 656,3 nm) duńskim teleskopem DOT. Pole widzenia obejmuje 182"×133" (132 000 km × 96 500 km na Słońcu). Kolor czerwony został nałożony na oryginalne zdjęcie monochromatyczne w celu upodobnienia jego wyglądu do rzeczywistego obrazu tarczy słonecznej.

W lewym górnym rogu zdjęcia pokazano Ziemię w tej samej skali. Duża, owalna struktura w środku górnej części zdjęcia to plama słoneczna (na obrazach wykonywanych w linii Hα wodoru, ukazujących materię chromosferyczną, położoną ponad fotosferą, z reguły są widoczne tylko największe plamy). Rozległe, stosunkowo jasne obszary to pola pochodni chromosferycznych. Cały widomy fragment chromosfery Słońca jest pokryty tzw. fibrylami (włókienkami), będącymi drobnymi rurami magnetycznymi wypełnionymi plazmą. Układ przestrzenny fibryl doskonale zarysowuje przebieg linii sił pola magnetycznego pomiędzy obszarami o przeciwnych biegunowościach magnetycznych. Najdłuższe, ciemne włókna to protuberancje obszaru aktywnego

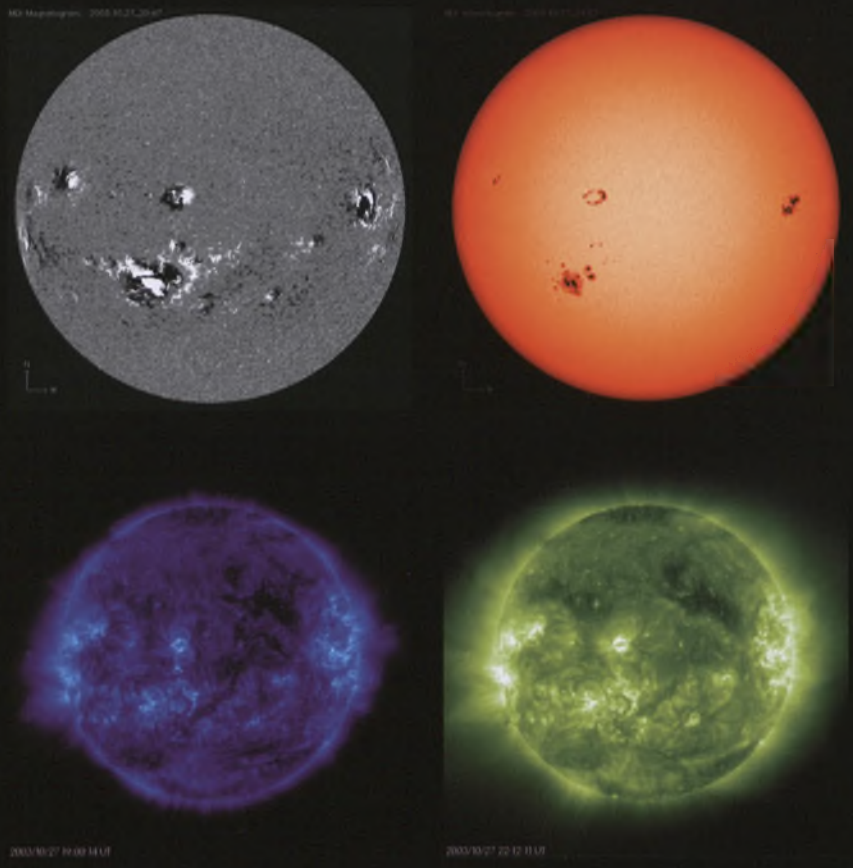


Obszar aktywny NOAA 10030, obserwowany w dniu 15 lipca 2002 r. w świetle o długości λ = 487,7 nm. Zdjęcie wykonane szwedzkim teleskopem próżniowym SSVT o średnicy 1 m. Widoczny obszar 58 000 km × 58 000 km. Zdjęcie przedstawia strukturę obszaru aktywnego na poziomie fotosfery. Doskonale jest widoczna dobrze rozwinięta grupa plam słonecznych (typ magnetyczny $\beta\chi\delta$), a szczególnie włóknista struktura półcieni plam, składających się z licznych rur magnetycznych, odgałęziających się z głównej rury magnetycznej formującej cień i kielichowo rozchylających się na zewnątrz plamy. Cała powierzchnia fotosfery poza plamami jest pokryta granulami fotosferycznymi, niektóre są widoczne nawet pod rurami magnetycznymi (włóknami) półcieni plam. Granule fotosferyczne stanowią najmniejsze przestrzennie komórki konwekcji warstwy konwektywnej Słońca, ich średnice wynoszą średnio 2 000 km, czas życia około 5–10 min. Liczne włókienka (fibryle) są zakotwiczone w przestrzeniach międzygranularnych

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

Aktywność magnetyczna Słońca

(patrz artykuł P. Rudawego na s. 60)



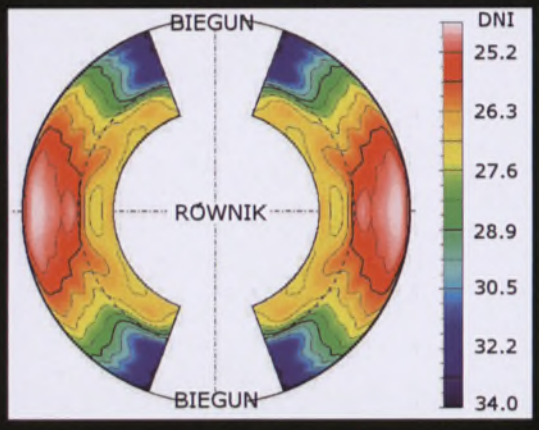
Porównanie rozkładu pól magnetycznych na powierzchni Słońca z rozkładem różnych struktur obserwowanych w jego atmosferze. Wszystkie obrazy zostały wykonane 27 października 2003 r. przez satelitę SOHO (ESA & NASA), na dzień przed rozbłyskiem słonecznym klasy GOES X17+, przedstawionym na rysunku 11.

Rys. a. Magnetogram pokazujący rozkład składowej równoległej do linii widzenia wektora pola magnetycznego (tzw. LOS magnetogram) o godz. 20:47 UT, wykonany instrumentem MDI. Warto zwrócić uwagę na lokalne koncentracje silnych pól magnetycznych o przeciwnych biegunowościach, będących obszarami występowania pól magnetycznych poszczególnych obszarów aktywnych. Analizując obraz, należy pamiętać, że o ile w centrum obrazu składowa LOS pola magnetycznego jest niemal prostopadła do powierzchni Słońca, to w pobliżu brzegu składowa LOS jest niemal równoległa do powierzchni.

Rys. b. Obraz tarczy Słońca w świetle białym, wykonany instrumentem MDI około godz. 11 UT. Doskonale są widoczne grupy plam w poszczególnych obszarach aktywnych, pociemnienie brzegowe tarczy słonecznej oraz, w pobliżu brzegu, pola pochodni fotosferycznych.

Rys. c. Obraz tarczy Słońca w paśmie 17,1 nm, wykonany instrumentem EIT o 19:00 UT. Emisja materii słonecznej o temperaturze około 1 MK. Doskonale są widoczne liczne pętle magnetyczne, zakotwiczone w obszarach aktywnych, w obszarach pól magnetycznych o przeciwnych biegunowościach. Obszary szczególnie ciemne na zdjęciu to tzw. dziury koronalne, gdzie dominują pola magnetyczne o otwartej konfiguracji.

Rys. d. Obraz tarczy Słońca w paśmie 19,5 nm, wykonany instrumentem EIT o 22:12 UT. Emisja materii słonecznej ma temperaturę około 1,4 MK



Wykres rozkładu prędkości obiegu materii wokół osi Słońca w warstwie konwektywnej na podstawie pomiarów instrumentem SOHO/MDI (ESA & NASA). Ze względu na zależność prędkości obiegu od szerokości heliograficznej oraz głębokości we wnętrzu Słońca, rotację taką nazywamy rotacją różnicową. Najszybciej rotują płytko położone obszary okołorównikowe (oznaczone kolorem czerwonym), najwolniej obszary okołobiegunowe (oznaczone kolorem niebieskim). Różnica prędkości liniowych tych dwu obszarów wynosi około 5000 km/h. Rotację różnicową można bez trudu wykryć, obserwując zmiany położeń plam słonecznych

Protuberancja sfotografowana w świetle linii Hα wodoru (λ = 656,3 nm) za pomocą koronografu 53 cm Uniwersytetu Wrocławskiego 17 maja 1989 r. o godz. 11:40:48 UT. Kolor czerwony został nałożony na oryginalne zdjęcie monochromatyczne w celu upodobnienia jego wyglądu do rzeczywistego obrazu protuberancji słonecznych. Widoczna jest drobna struktura włókien tworzących protuberancję; ich kształt odzwierciedla konfigurację pola magnetycznego

Nowe oblicze Urana

Teleskop Hubble'a sfotografował nowe dwa pierścienie i dwa małe księżyce krążące dookoła Urana. Pierścienie są prawie dwa razy większe od dotychczas znanych i znajdują się tak daleko, że zostały nazwane „drugim systemem pierścieni" Urana.

Jeden z odkrytych księżyców Mab krąży po tej samej orbicie co zewnętrzny, nowo odkryty pierścień. Pył jest tutaj wciąż wyrzucany w przestrzeń, ale obserwacje dowodzą, że pierścień jest niezmiennie zasilany nowym materiałem. Roje meteorytów uderzające w Mab wybijają pył z jej powierzchni do pierścienia, gdy tymczasem stary pył osiada z powrotem na satelicie.

Drugi odkryty pierścień położony bliżej Urana nie posiada na swojej drodze żadnego widocznego ciała, które mogłoby dostarczać pyłu. Podejrzewa się, że pierścień może się składać z pasa wielu bardzo niewielkich — kilku do kilkusetmetrowych obiektów.

Pierwsze 9 pierścieni Urana zostało odkrytych w 1977 r. podczas obserwacji atmosfery planety. W czasie przelotu Voyagera w pobliżu Urana odkryto 2 nowe pierścienie i 10 księżyców. Na dwa dodatkowe pierścienie, leżące zbyt daleko, nikt wówczas nie zwrócił uwagi, choć po wnikliwej analizie można się ich było na zdjęciach dopatrzyć. Dopiero obrazy z teleskopu Hubble'a z września 2005 ewidentnie je pokazują.

Dane z Hubble'a wskazują również na znaczne zmiany parametrów orbit znanych już księżyców planety.

Odkrycie nowych obiektów pozwoli lepiej zrozumieć, jaką drogę przemierza i jakim procesom podlega pył, z którego powstają układy planetarne.

W 2007 r. wszystkie pierścienie będą do nas nachylone pod bardzo małym kątem, wówczas będzie im się można przyjrzeć dokładniej. (*kw*)

Fot. MIT/NASA

Słowo o Charonie

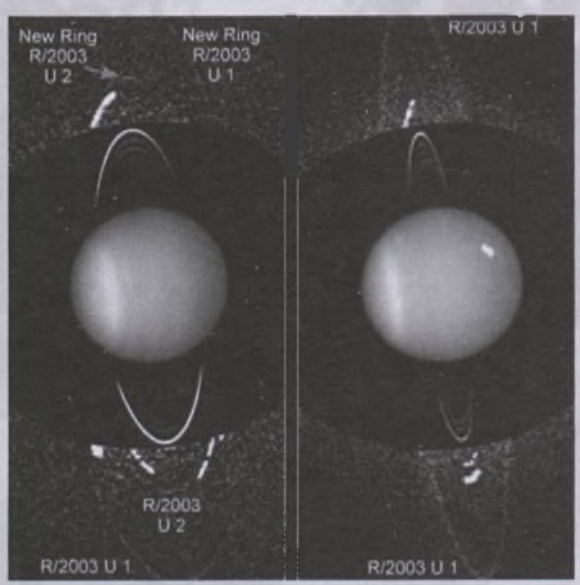
Astronomowie z MIT i Williams College donoszą, że Charon, największy księżyc Plutona, nie posiada żadnej znaczącej atmosfery. Jeśli jednak jakaś istnieje, jej gęstość nie może być większa niż jedna milionowa gęstości atmosfery ziemskiej.

Latem ubiegłego roku naukowcy zdołali zaobserwować prawie minutowe przejście satelity przed tarczą gwiazdy C313.2, dzięki czemu wykluczyli istnienie atmosfery oraz dokonali niezwykle dokładnych pomiarów obiektu. Promień satelity to 606 ± 8 km, a błąd pomiaru jest spowodowany lokalnymi nierównościami gruntu i prawdopodobnie niesferycznym kształtem księżyca. Jego gęstość jest mniej więcej równa 1/3 gęstości Ziemi, co potwierdza podejrzenie o skalisto-lodowej strukturze Charona.

Mniej więcej o połowę mniejszy od swej planety Charon tworzy z nią bardzo unikalną parę w naszym Układzie Słonecznym. Brak widocznej atmosfery nie jest zgodny z tezą, jakoby Pluton i Charon uformowały się ze stygnącego i kondensującego się gazu i pyłu międzyplanetarnego. Bardziej prawdopodobne jest to, że satelita powstał w wyniku zderzenia jakiegoś ciała niebieskiego z proto-Plutonem, co bardzo przypomina jedną z teorii o powstaniu naszej rodzimej pary Ziemia-Księżyc.

Grupa MIT-Williams zapowiada szersze użycie swojej metody zakryciowej w celu poszukiwań atmosfer wokół obiektów Pasa Kuipera o rozmiarach zbliżonych do Plutona.

(*kw*)

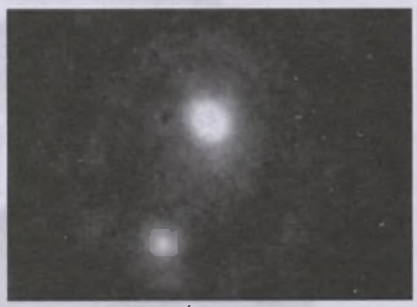


Nowe pierścienie Urana. Źródło: NASA

Jak zimny jest Pluton?

Oczywisty jest fakt, że im dalej od Słońca leży planeta, tym jest zimniejsza. Dotyczy to także Plutona — ostatniej planety (czy też ciała z Pasa Kuipera, które póki co jest traktowane jako planeta) w naszym Układzie Słonecznym. Położone 30 razy dalej od Słońca niż Ziemia Pluton i Charon (naturalny satelita Plutona) otrzymują bardzo niewielką dawkę promieniowania słonecznego. Ze współczesnych modeli teoretycznych dotyczących temperatury Plutona wynikało jednak, że powinien on być jeszcze chłodniejszy niż dotąd przyjmowana wartość teoretyczna 53 K.

Dotychczas używane instrumenty, za pomocą których dokonywano pomiarów emisji cieplnej Plutona i Charona, nie pozwalały rozdzielić danych i dostarczyć informacji o każdym z tych ciał osobno. Charon i Pluton krążą dookoła wspólnego środka masy w bardzo ciasnym układzie i nigdy nie oddalają się od siebie o więcej niż 0,9 sekundy łuku (to tyle, ile



Pluton i Charon. Źródło: NASA/Harvard-Smithsonian CfA

ołówek widziany z odległości 50 km). Dopiero astronomowie z Harvard-Smithsonian Centre for Astrophysics wykorzystali interferometryczne dane z SMA (Submillimeter Array) na Hawajach i potwierdzili, że temperatura Plutona jest nawet niższa od Charona i wynosi 43 K.

Orbita Plutona jest bardzo wydłużona, wobec czego jego odległość od Słońca zmienia się od 30 do 50 jednostek astronomicznych, a to powoduje znaczne zmiany temperatury na jego powierzchni. Gdy planeta oddala się od gwiazdy, jej cienka atmosfera zamarza i spada na powierzchnię jako lód. Niższą, niż by to wynikało z oddalenia od Słońca, temperaturę powierzchni powoduje zużycie części energii słonecznej do przetworzenia lodu azotowego w gaz zamiast na ogrzanie planety.

(*kw*)

Nowa planeta w Pannie

Nowe odkrycie dotyczy planety krążącej dookoła bardzo młodej gwiazdy oddalonej od nas o około 100 l. św. Niezwykłością tego odkrycia jest użycie stosunkowo niewielkiego teleskopu o prawie metrowym lustrze i zamontowanego na nim specjalnego instrumentu do poszukiwania planet ET (Exoplanet Tracker).

Dotychczasowe optyczne poszukiwania planet leżących poza naszym Układem Słonecznym borykały się z bardzo podstawowym problemem. Planety są niewidoczne, gdyż promieniowanie gwiazdy macierzystej przesłania ich światło. Dopiero użycie spektrografów i metod dopplerowskich oraz analiza pomiarów prędkości obiektów, a raczej przesunięć linii spektralnych w ich widmach, pozwoliły wykryć ponad 160 nowych, pozasłonecznych planet. Ale i w tej metodzie tkwiły wady. Dotychczas używane spektrografy zbierały jedynie niewielki procent fotonów docierających ze źródła. Musiały być instalowane na ogromnych teleskopach, by zbierać możliwie najwięcej światła, a i tak zadowalające pomiary otrzymywano jedynie dla odległych obiektów.

ET wynaleziony przez grupę współpracujących naukowców z wielu uniwersytetów (Uniwersytet na Florydzie, Uniwersytet Stanowy Tennessee, Instytut Astrofizyki na Wyspach Kanaryjskich, Uniwersytet Stanu Pensylwania i Uniwersytet Teksański) eliminuje ten problem dzięki zestawieniu spektrografu z interferometrem. Taki układ dostarcza dokładniejszych danych o prędkościach radialnych i potrafi przetworzyć aż do 20% docierającego promieniowania.

W ostatnich dwóch dekadach udało się przebadać około 3000 gwiazd podejrzanych o posiadanie planet. W ciągu najbliższych 20 lat z ET będzie możliwe zebranie danych dla kilku setek tysięcy gwiazd!

ET1 — pierwsza planeta odkryta instrumentem Exoplanet Tracker Źródło: Univeristy of Florida News

Nowa planeta jest co najmniej tak masywna, jak połowa Jowisza, a gwiazda, dookoła której krąży, nie jest starsza niż 600 mln lat (nasze Słońce ma już ok. 5 mld lat). Jest to jedna z najmłodszych gwiazd, wokół której odkryto towarzysza. Pewne niejasności stwarzała teza, że jako bardzo młody obiekt nowa gwiazda z pewnością szybko rotuje, wytwarzając silne pole magnetyczne. Dzięki temu polu na powierzchni mogły powstawać plamy — zupełnie podobne do tych na naszym Słońcu. Mogło się okazać, że to plamy, wykazując inne prędkości radialne w widmie, symulują istnienie planety, oszukując obserwatorów. W celu wyeliminowania pomyłki astronomowie wykonali dodatkowe, niezależne pomiary zmian jasności gwiazdy podczas jej ruchu obrotowego i jednoznacznie udowodnili istnienie planety.

Nowa planeta obiega swoje słońce w 5 dni i jest położona zdecydowanie zbyt blisko niego, aby można było podejrzewać jakiekolwiek przejawy życia.

Naukowcy pracują nad nową wersją ET, który będzie w stanie obserwować około 100 obiektów jednocześnie.

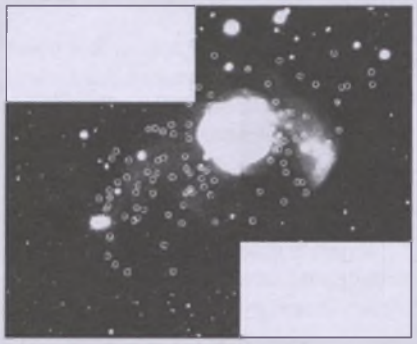
Odkrycie daje nowe możliwości dla małych teleskopów, które rozmieszczone niemal na całej kuli ziemskiej mogłyby obserwować niebo wręcz bez przerwy, a liczba zebranych danych byłaby niewiarygodna.

(*kw*)

Gwiazdy, które nie powinny istnieć

Astronomowie z Arizony odkryli grupy gwiazd, których powstanie nie było przewidziane. Te słabe, niebieskie gromady nie mają jeszcze 100 mln lat i znajdują się w bliskim otoczeniu galaktyki NGC 2782 w konstelacji Rysia. Galaktyka NGC 2782 powstała około 200 mln lat temu w wyniku zderzenia się dwóch innych galaktyk — jednej o rozmiarze zbliżonym do naszej Drogi Mlecznej i drugiej znacznie mniejszej. W wyniku fuzji powstały dwa nieregularne ogony gazu, wzdłuż których rozmieszczone są „nowe" gromady. Naukowcy z Eastern Tennessee University przestudiowali skład tych ogonów i okazało się, że jeden z nich zawiera niewielką ilość zarówno wodoru neutralnego, jak i cząsteczkowego, natomiast drugi posiada sporo HI przy całkowitym braku wodoru molekularnego.

Współczesne teorie powstawania gromad gwiazd przewidują istnienie ogromnej chmury H2 jako warunku koniecznego. Fakt odkrycia młodych obiek-



Fot. UA Steward Observatory

tów w miejscu braku obecności takiej postaci pierwiastka zaskoczył naukowców i stał się bardzo mocnym argumentem do zrewidowania modeli dotyczących powstawania gromad gwiazd.

Odkrycia dokonano za pomocą kamery CCD zainstalowanej na 1,8-m teleskopie watykańskim VATT (Vatican Advanced Technology Telescope) w Międzynarodowym Obserwatorium na Mount Graham w stanie Arizona, USA.

(*kw*)

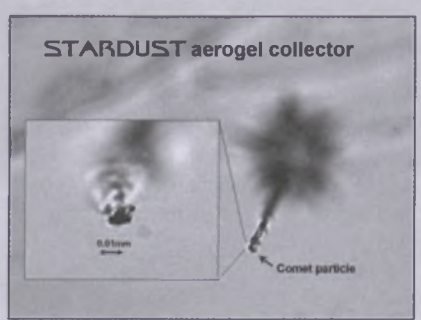
Stardust powrócił

Wystrzelony w 1999 r. statek kosmiczny Stardust wrócił w niedzielę, 15 stycznia na Ziemię. Dwa lata temu przeleciał niedaleko komety Wild 2, wykonał zdjęcia jej jądra i pobrał próbki materiału z warkocza oraz pyłu międzygwiazdowego otaczającego kometę.

Komety są obiektami bardzo intrygującymi. Powstają w zewnętrznych partiach Układu Słonecznego i sądzi się, że są najwierniejszymi nośnikami materii, z którego powstał nasz Układ. Kometa Wild 2 ma około 4,6 mld lat, a przywiezione próbki zdecydowanie poszerzą wiedzę i pomogą rozwikłać kilka zagadek dotyczących ewolucji bliższego i dalszego otoczenia Słońca.

Kapsuła została otwarta w Johnson Space Center w Houston. Okazało się, że Sturdust zdołał pobrać do miliona cząstek, niektóre z nich o grubości nawet 1mm.

Niezwykłym urządzeniem, dzięki któ-



Ślad po złapanej drobince z warkocza komety Wild 2

remu udała się kolekcja, jest próbnik o rozmiarze i kształcie rakiety tenisowej wykonanym z aerożelu. Jest to substancja lekka, podobna do bardzo suchej gąbki o najmniejszej gęstości, jaką mógł uzyskać człowiek — 0,2% materii to silikon, a reszta to... powietrze. Jedna strona rakiety pobrała materiał z komety, natomiast druga — pył. Naukowcy oceniają liczbę ziarenek zebranego pyłu na około 200 o wielkości nie przekraczającej 1 mikrona.

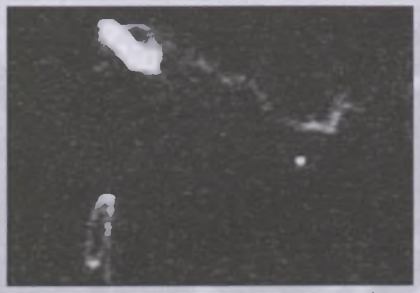
Drobinki zostaną rozesłane do ponad 150 naukowych laboratoriów, a ponad 65 000 wolontariuszy otrzyma dane i używając własnych komputerów, będzie próbowało pomóc w lokalizacji i identyfikacji cząsteczek.

(*kw*)

Ciemna galaktyka

W gromadzie galaktyk w Pannie odkryto tajemniczą chmurę wodorową VIRGO HI 21. Oddalona od Ziemi o 50 mln l. św. nie emituje żadnego światła, więc została uznana za galaktykę składającą się z ciemnej materii.

Obserwacje przeprowadzono na radioteleskopie w Holandii (Westerbork Synthesis Radio Telescope) na długości fali 21cm, w zakresie łączonego projektu grup badawczych z obserwatorium w Arecibo i Uniwersytetu w Cardiff.



Okolice odkrytej chmury wodorowej

Z pomiarów wynika, że owa chmura rotuje, co przy dodatkowych danych implikuje istnienie galaktyki o masie ok. 10 mld razy większej od Słońca. Tylko jeden procent tej masy został zidentyfikowany jako wodór neutralny — reszta to czarna materia. Mimo kontrargumentów przeciwników tej hipotezy nie da się ukryć, że obecnością ciemnej galaktyki można wytłumaczyć pewne niejasności dotyczące pobliskiego obiektu NGC 4254. Jest to galaktyka spiralna o bardzo nieregularnym kształcie z jednym, bardzo wydłużonym ramieniem znacznie większym od reszty. Takie zniekształcenie jest dość powszechnie obserwowane w sytuacjach, gdy są obecne dwie galaktyki, które uległy zderzeniu ze sobą. W przypadku NGC 4254 towarzyszącego obiektu nie zaobserwowano, a VIRGOHI 21 znakomicie by się na tę drugą galaktykę nadawała. Gaz z tej pierwszej jest wciąż wyrywany przez ciemną chmurę, tworząc niejako pomost łączący oba obiekty. W ciągu dalszego ruchu ewolucyjnego galaktyki się rozdzielą, a ramię NGC 4254 wróci do swojej normalnej pozycji.

(*kw*)

Atlas V — odpalenie rakiety. Fot. NASA

Nowe Horyzonty

19 stycznia 2006 r. z przylądka Canaveral na Florydzie odpalono rakietę Atlas V, która wyniosła w przestrzeń kosmiczną statek New Horizons (pl. Nowe Horyzonty), rozpoczynając tym samym amerykańską misję dotarcia do obrzeży Układu Słonecznego.

Statek ma na celu dolecieć do Plutona, ostatniej planety naszego Układu, Charona, jego naturalnego satelity oraz do przynajmniej jednego obiektu z Pasa Kuipera oddalonego od Plutona jeszcze o około 1 jednostkę astronomiczną.

W tak odległe tereny nie doleciał jeszcze żaden statek kosmiczny. Najlepsze dotychczas zdjęcie Plutona wykonał teleskop Hubble'a, a i tak wygląda on na nim jak zgrupowanie pikseli w różnych odcieniach szarości. Pluton nie przypomina ani skalistych planet wewnętrznych, ani gazowych zewnętrznych, lecz jest planetą lodową. Pochodzi prawdopodobnie z Pasa Kuipera — otaczającego nasz Układ Słoneczny dysku lodowo-pyłowego składającego się z blisko pół miliona zimnych ciał, których wiek osiąga 4 mld lat.

Na pokładzie Nowych Horyzontów znajdują się kamery, urządzenia do pomiarów wiatru słonecznego, pyłu międzyplanetarnego, cząstek wysokoenergetycznych oraz radiowe instrumenty do wyznaczenia temperatury powierzchni i atmosfery planety. Zasilanie nuklearne pozwoli sondzie przelecieć niedaleko Jowisza około roku 2007. Po jego minięciu naukowcy wyłączą większość urządzeń elektronicznych na pokładzie, zostawiając jedynie te niezbędne do kontynuacji lotu. Hibernujący statek co tydzień będzie wysyłał kontrolny sygnał na Ziemię, a raz w roku wszystkie urządzenia będą ponownie włączane, a ich sprawność zdalnie testowana. Zakończenie misji przewiduje się na rok 2015.

(*kw*)

Halo

Za pomocą kosmicznego teleskopu rentgenowskiego Chandra odkryto chmurę gorącego gazu, w której jest zatopiona bardzo masywna galaktyka spiralna NGC 5746. Halo ma promień około 60 000 l. św.

Galaktyki spiralne powstają z ogromnych obłoków gazu międzygalaktycznego, które zapadając się grawitacyjnie, zaczynają tworzyć rotujące struktury dyskowe. Rodzące się w dysku gwiazdy wyrzucają część materii na zewnątrz, a z niej powstaje obłok widziany jako halo.

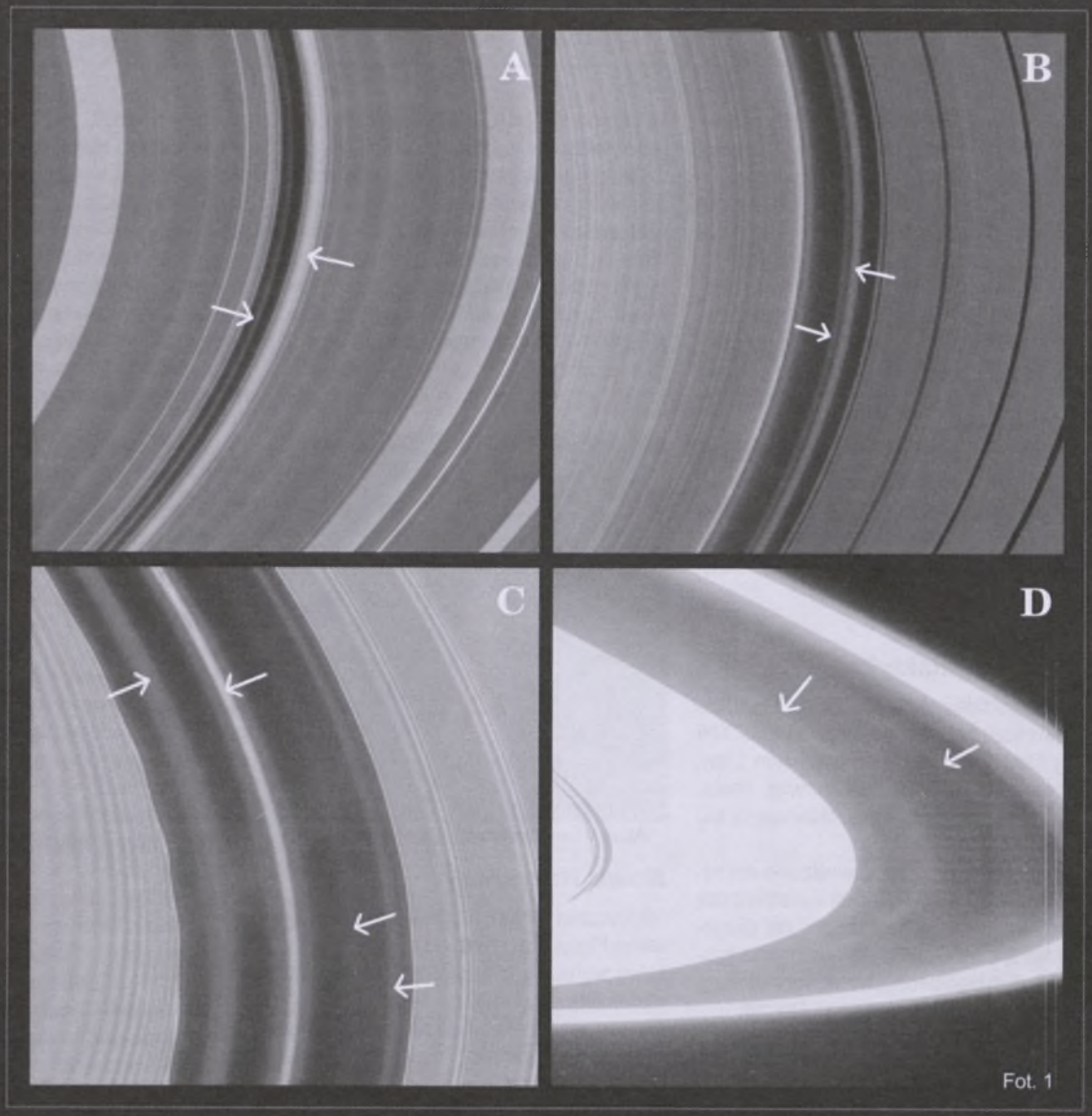
Oryginalność ostatniego odkrycia Chandry tkwi w fakcie, że NGC 5746 ani nie posiada żadnych większych obszarów formowania się gwiazd, ani nie wykazuje znaczącej aktywności w okolicach jądra galaktycznego. Halo gorącego gazu nie mogło zatem powstać tutaj jako efekt tworzenia się nowych gwiazd. Symulacje komputerowe i dane z Chandry są zgodne i sugerują powstanie obłoku z materii międzygalaktycznej, która pozostała po formowaniu się galaktyki i cały czas na nią opada.

Mimo że nowe halo jest bardzo słabo widoczne, obserwacja była możliwa dzięki ułożeniu galaktyki NGC 5746 brzegiem do obserwatora.

(*kw*)

Galaktyka z nowo odkrytym halo gorącego gazu

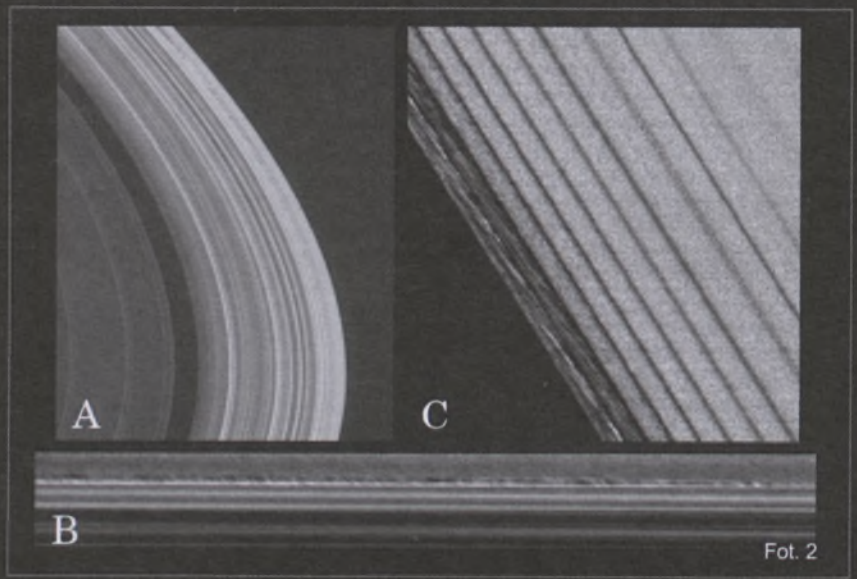
Powrót króla



Fot. 1

Na wieczornym niebie znów gościmy planetę z pierścieniami. Saturna przebywającego w sąsiedztwie gromady otwartej Praesepe (M44) w Raku polecamy wszystkim posiadaczom lornetek i teleskopów.

O misji sondy Cassini i jej wynikach staramy się na bieżąco informować Czytelników „Uranii–PA". Dziś proponujemy krótki wgląd w przebogatą galerię NASA, dostępną w Internecie pod adresem http://saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/index.cfm

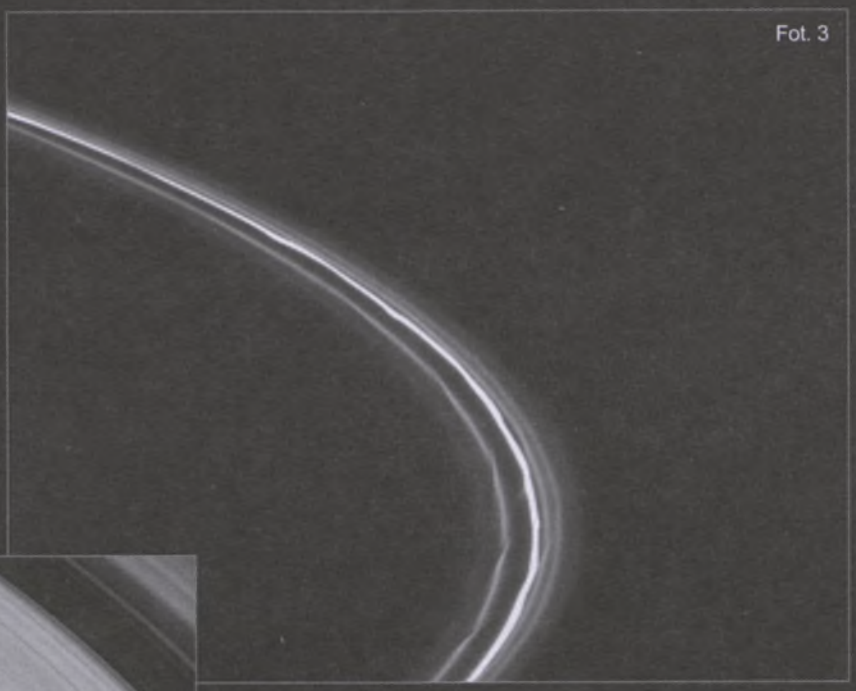


Fot. 2

System pierścieni niezawodnie przykuwa uwagę wszystkich obserwatorów planety. Tradycyjnie oznacza się największe, widoczne nawet w amatorskich teleskopach, struktury literami A, B, C, z przerwą Cassiniego między zewnętrznym pierścieniem A oraz wewnętrznymi B i C. Obrazy z sondy Cassini ujawniły istnienie do tej pory niewidocznych, słabych pierścieni w niektórych przerwach (przykłady widzimy na fot. 1), co z kolei sugeruje obecność małych, niewidocznych księżyców w ich pobliżu. Zaobserwowano też nowe struktury w pierścieniach (fot. 2) jako kombinacje grawitacyjnych oddziaływań Saturna, jego księżyców i samych cząstek wchodzących w skład pierścieni. Rozdzielczość fragmentu C sięga 270 m na piksel, a sprawcą niejednorodnych wzorów na wewnętrznej krawędzi widocznego pierścienia jest niewielki (o rozmiarach ok. 25 km) satelita Pan.

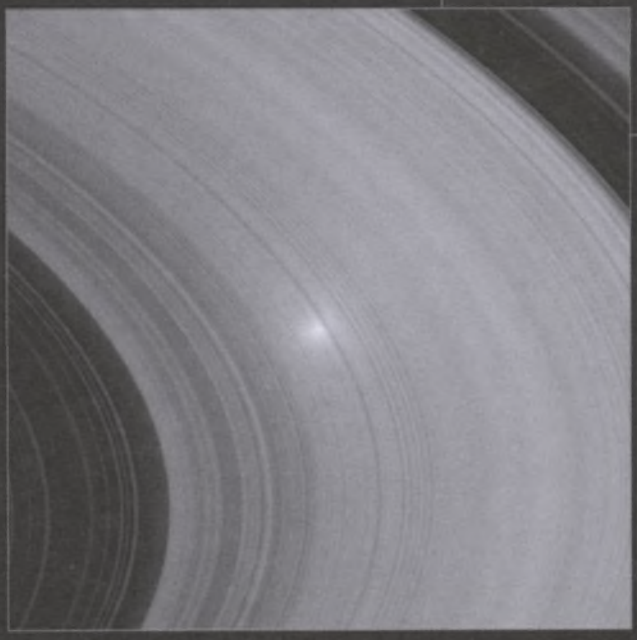
Jeszcze wyraźniej skutki zbliżeń księżyca do pierścienia widoczne są na fot. 3, gdzie 100-km średnicy Prometeusz zaburzył strukturę słabego, zewnętrznego pierścienia F. Badanie struktury pierścieni umożliwia też śledzenie odbicia w nich światła słonecznego.

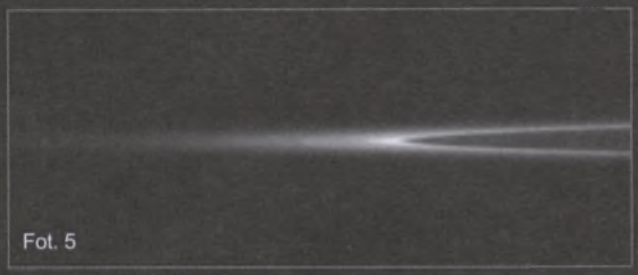
Na fot. 4 oglądamy w pełnej krasie duży fragment pierścienia B z odległości niespełna pół miliona km (rozdzielczość zdjęcia: 3km/piksel).



Fot. 3

Fot. 4

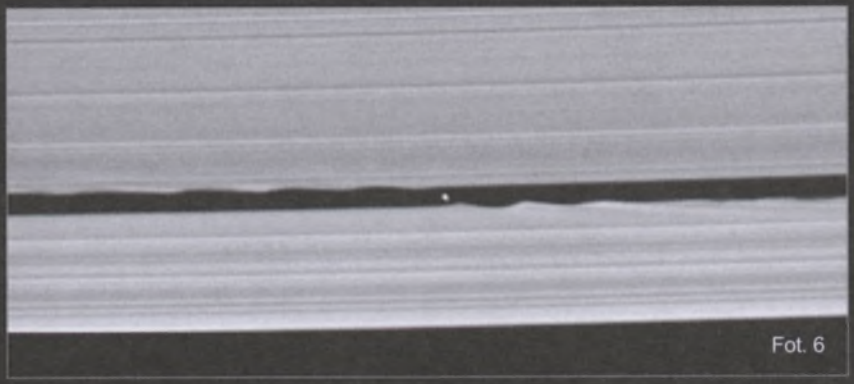




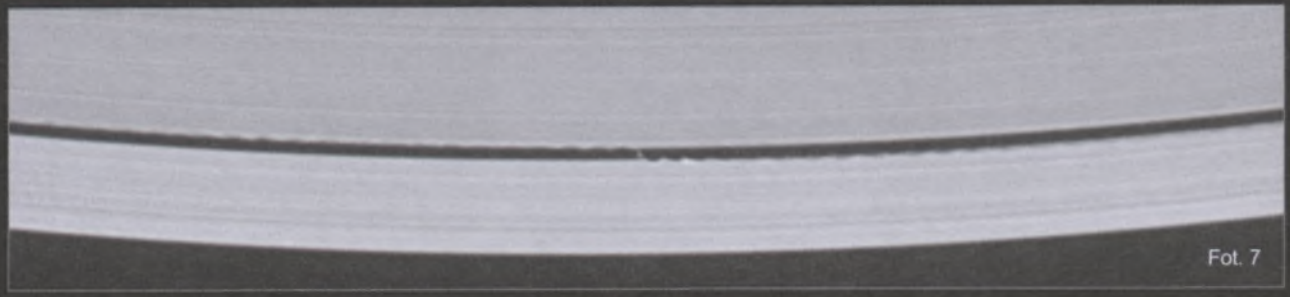
Fot. 5

Na fot. 5 pierścień G, rozciągający się w odległości od 166 do 173 tys. km od środka Saturna. Warto zwrócić uwagę na kontrast między ostro zaznaczoną jego wewnętrzną krawędzią (złożoną z drobin lodu o rozmiarach ziaren pyłu) oraz rozmytą krawędzią zewnętrzną.

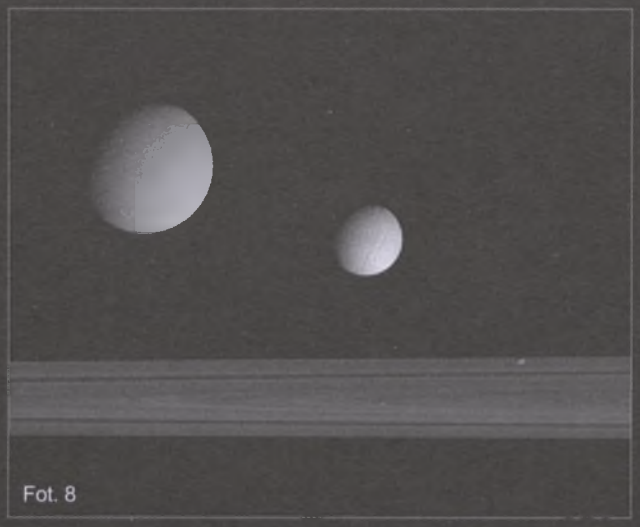
Na zdjęciu 6 odkryty przez sondę Cassini 7-km średnicy satelita S/2005 S1 w niewielkiej przerwie Keelera. Ten sam księżyc jest widoczny też na fot. 7, gdzie także doskonale widać w jego bezpośrednim sąsiedztwie pofalowania na krawędzi niewielkiej przerwy. Tak naprawdę uwagę badaczy przykuły najpierw te pofalowania — widoczne już na zdjęciach uzyskanych w czasie zbliżania się sondy do planety, sam księżyc odnaleziono prawie rok później.



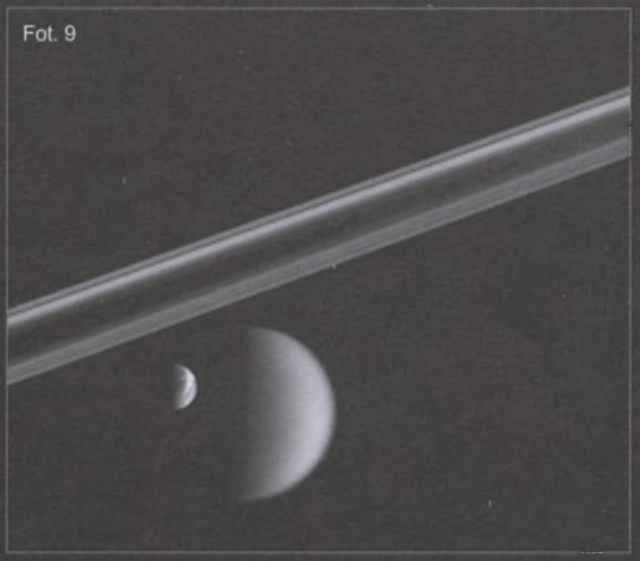
Fot. 6



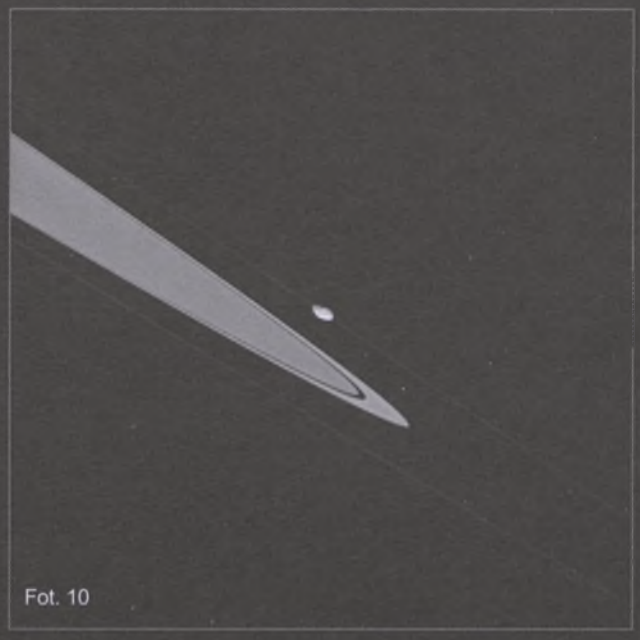
Fot. 7



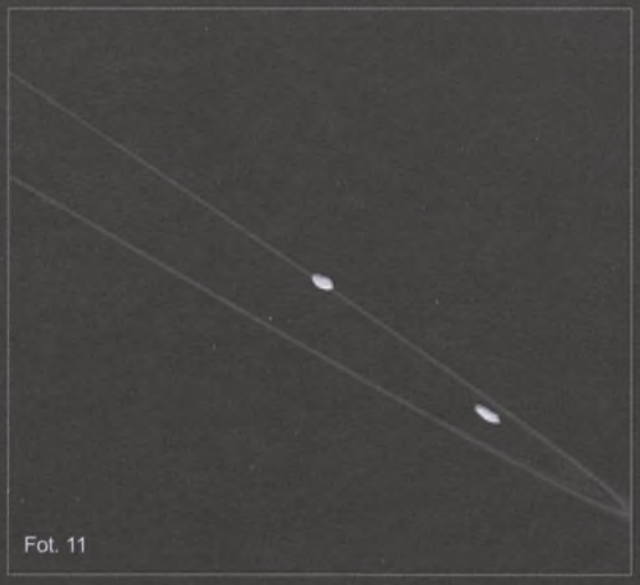
Fot. 8



Fot. 9



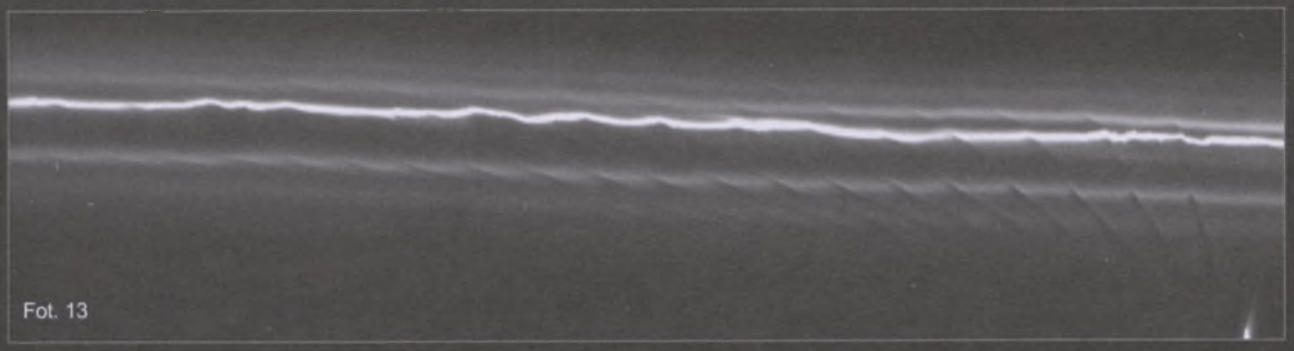
Fot. 10



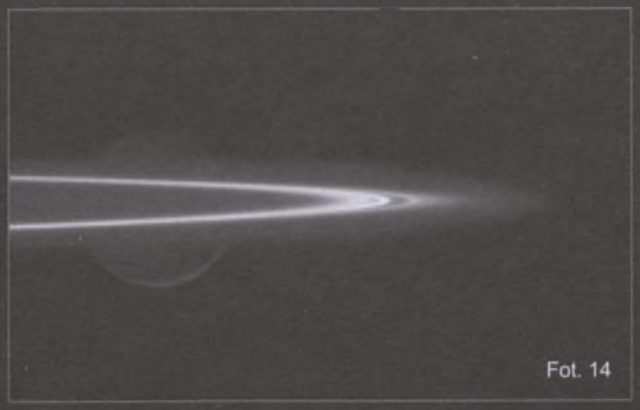
Fot. 11

Fot. 12

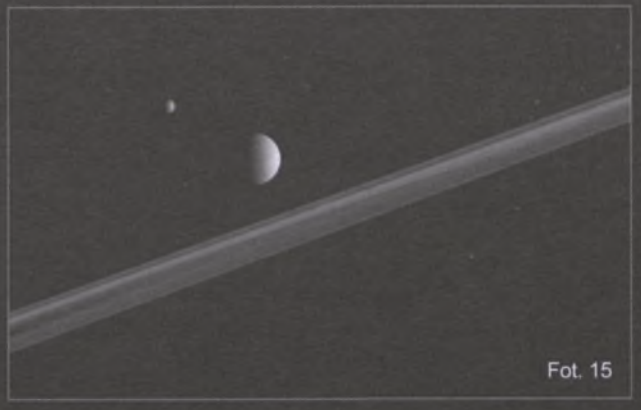
Tańczące z pierścieniami — księżyce Saturna w najrozmaitszych konfiguracjach możemy podziwiać już na dziesiątkach zdjęć. Przedstawiamy niewielką ich próbkę. Na fot. 8 kolejno od lewej Dione, Tethys i Pandora, o rozmiarach odpowiednio 1126, 1071 i 84 km. Zdjęcie wykonano 22 września ub. roku. Z kolei na fot. 10 przenosimy się już w zewnętrzne obszary pierścieni. Na obrazie uzyskanym przy nachyleniu do płaszczyzny pierścieni nie przekraczającym 1° możemy podziwiać Pandorę na tle cieniutkiego pierścienia F. Zdjęcie wykonano 29 X ub. roku, od księżyca dzielił sondę dystans niespełna pół miliona km. Na fot. 9 są widoczne aż cztery księżyce: u dołu Tytan i Dione (5150 i 1126 km średnicy odpowiednio), Prometeusz (102 km) przy zewnętrznej krawędzi pierścieni oraz Telesto (24 km) jako świecąca kropka powyżej ich płaszczyzny. Fot. 11 ukazuje słaby zewnętrzny pierścień F oraz jego dwa księżyce pasterskie: po lewej Prometeusz, po prawej Pandora (ten drugi księżyc jest na orbicie zewnętrznej w stosunku do pierścienia i znajdował się nieco bliżej sondy w chwili wykonania zdjęcia). Oglądanie pierścieni Saturna blisko ich płaszczyzny może dawać dodatkowe ciekawe efekty, co pokazuje fot. 12. W górnej części zdjęcia (przy kącie nachylenia rzędu kilku minut) pojawiła się świetlista aureola przy zewnętrznej krawędzi pierścienia. Zaproponowano kilka hipotez na jej wyjaśnienie: od efektów czysto optycznych po obecność niewidocznego ciała o rozmiarach rzędu kilometra. Z kolei w dolnej części (przy kącie nachylenia poniżej jednej minuty) jest widoczne ciemne pasmo pyłu przecinające płaszczyznę pierścienia.



Fot. 13



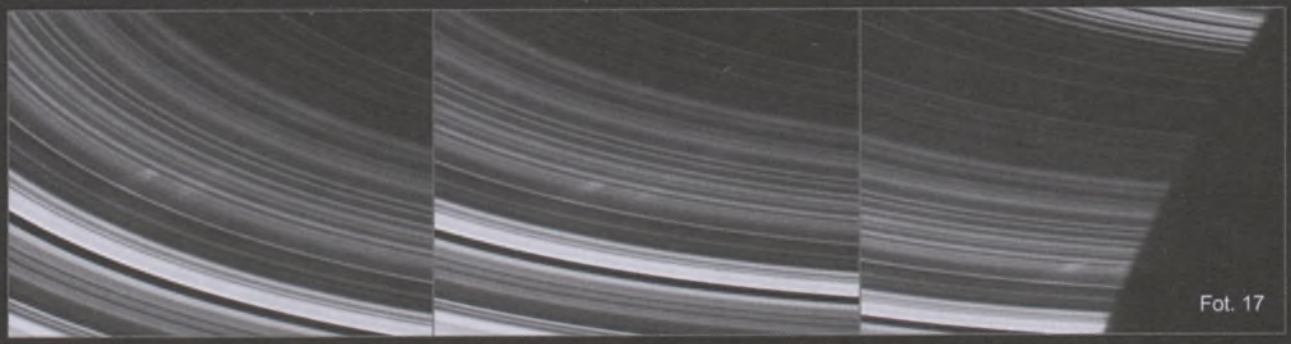
Fot. 14



Fot. 15

Fot. 16

Fot. 13 to mozaika 15 obrazów wykonanych przez sondę Cassini. Ukazuje ona, jak Prometeusz, zbliżając się na swej eliptycznej orbicie do pierścienia F co niespełna 15 godzin, wpływa na jego strukturę. Poszczególne obrazy przetworzono tak, by „wyprostować" pierścień na końcowym zdjęciu — obejmuje ono obszar 147 tys. km na osi poziomej (co odpowiada kątowej rozciągłości ok. 60° dla tego pierścienia) oraz 1,5 tys. km na osi pionowej (w poprzek pierścienia). Każde ciemne pasmo to pozostałość po zbliżeniu księżyca do pierścienia. Co ciekawe, zgodnie z komputerowymi symulacjami, najmłodsze ślady — po prawej stronie — są prawie pionowe, podczas gdy starsze zostają stopniowo rozciągnięte wskutek nierównomiernej prędkości rotacji pierścienia. Jak oceniają naukowcy, do końca bieżącej dekady wpływ Prometeusza na strukturę pierścienia będzie się jeszcze nasilał wskutek zmiany kształtu orbity księżyca. Pierścień F możemy też podziwiać na fot. 14, gdzie w tle jest widoczny księżyc Rhea w słabej poświacie (odpowiedzialne jest za nią „światło popielate", odbite wcześniej od planety i jej pierścieni). Na fot. 15 zdecydowanie brakuje wrażenia przestrzennej perspektywy. Po lewej Mimas (397 km), w rzeczywistości za zewnętrzną krawędzią pierścieni, po prawej zaś Dione — również za zewnętrzną ich krawędzią, ale za to bliżej sondy, która wykonała to zdjęcie 18 grudnia ub. roku. Fot. 16 to portret Mimasa w niewielkiej fazie oraz położonej na lewo od niego kropki — niewielkiej Heleny (32 km), dzielącej orbitę wraz z niewidoczną tu Dione. Z kolei na fot. 17 są widoczne świetliste smugi na tle pierścienia B. Te trzy zdjęcia uzyskano w ciągu niespełna pół godziny, widoczne jest przemieszczanie się tych struktur. Tym razem dalsze ich śledzenie uniemożliwiła sama planeta, okrywając całą scenerię mrokiem swojego cienia. Pozostaje nam mieć nadzieję na wiele dalszych udanych obserwacji prowadzonych przez sondę Cassini, a Czytelnikom życzyć kolejnych zapierających dech w piersiach widoków tego niesamowitego świata. (*kr*)



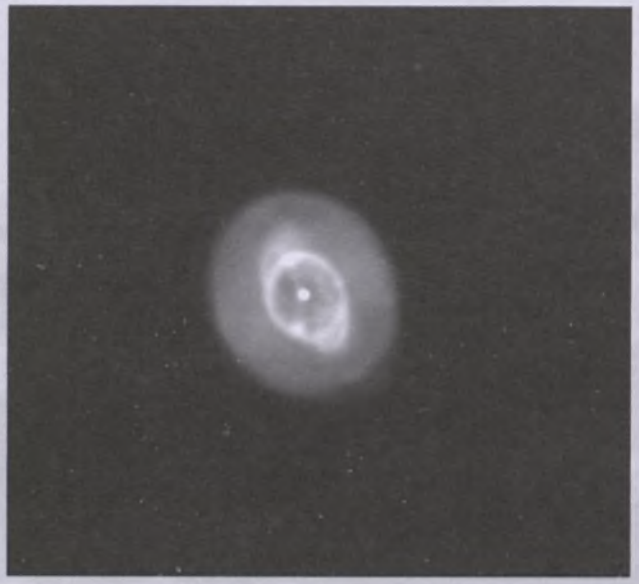
Fot. 17

NGC 3242

α (J2000)	10^h, $24{,}8^m$
δ (J2000)	–18° 39'
Gwiazdozbiór	Hydra
Typ	Mgławica planetarna
Jasność fotograficzna	8,6
Jasność wizualna	7,7
Jasność absolutna Mv	—
Rozmiar	45"×36"
Odległość	500÷1000 pc (??)
Prędkość radialna	+5km/s

Mgławica planetarna oznaczona numerem NGC 3242 została odkryta przez Williama Herschela 7 lutego 1785 r. i skatalogowana przez niego jako H IV.27. Mgławica ta nosi nazwę „Duch (cień) Jowisza", ponieważ jej rozmiary kątowe przypominają rozmiary Jowisza. Jej opis w katalogu Dreyera jest następujący: „mgławica planetarna, bardzo jasna, nieco wydłużona, średnica 45", niebieska".

Ze względu na dużą jasność powierzchniową i dość duże rozmiary mgławica ta jest chętnie obserwowana i fotografowana. W silnej lornetce wygląda jak nieco wydłużona gwiazda zanurzona w niewielkiej poświacie. Instrument o średnicy około 10 cm przy powiększeniu około 100 razy powinien wyraźnie ukazać owalny kształt mgławicy (przy mniejszym powiększeniu przypomina ona nieostry obraz gwiazdy), jej niejednorodność i znacznie mniejsze rozmiary niż Jowisza przy takim samym powiększeniu. W teleskopie o średnicy około 20 cm zwraca uwagę wyraźna zielonkawoniebieska barwa mgławicy. Rozróżnić można wewnętrzny, jaśniejszy, trójkątny w kształcie obszar o średnicy około 20" i zewnętrzne, słabsze halo o średnicy około 45". Większy teleskop pozwala dokładniej przyjrzeć się podwójnej strukturze mgławicy: wewnętrzny obszar jest otoczony jaśniejszym pierścieniem, który odgranicza go od zewnętrznego, słabszego obszaru, ponadto w poprzek jaśniejszej, wewnętrznej części mgławicy rozciąga się ciemniejszy pas, w środku którego przy pomocy teleskopu o średnicy około 30 cm można bez problemu zobaczyć centralną gwiazdę.



Zdjęcie wykonane 50-cm telekopem Ritchey-Cretien złożone z trzech 40-minutowych ekspozycji RGB. Pole widzenia około 4 minuty łuku

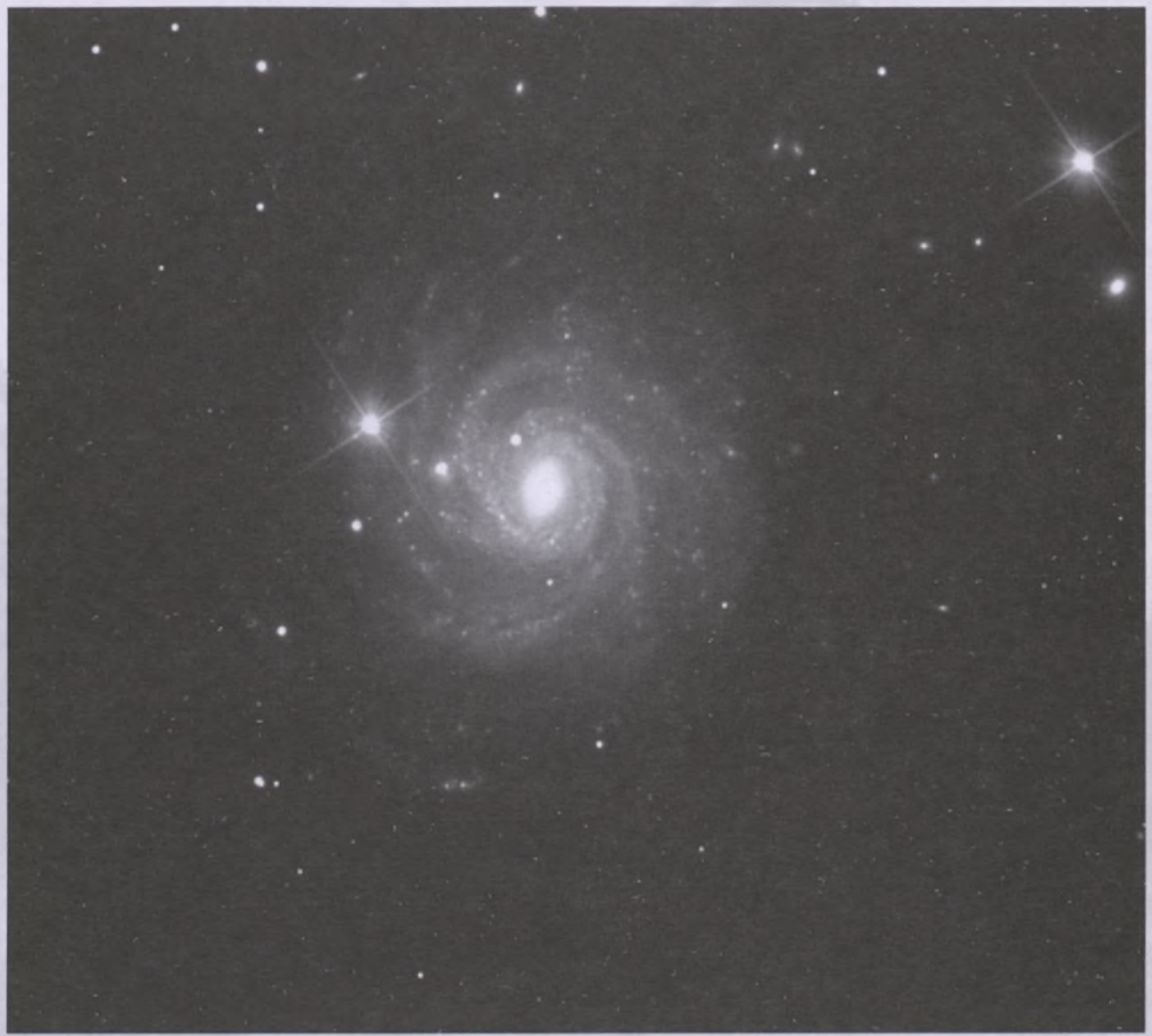
Gwiazda ta ma oznaczenie HD 90255 i jasność 12,1 mag. Jej masa jest szacowana obecnie na około 0,6 $M_\odot$, a temperatura powierzchni na 75 tys. K. Kinematycznie mgławicę można podzielić na cztery (a może nawet pięć) części. Wewnętrzny eliptyczny fragment jest najjaśniejszy, rozszerza się z prędkością około 30 km/s i ma średnicę 20", co odpowiada rozmiarom liniowym wynoszącym około 0,05÷0,1 pc. Na zewnątrz niego znajduje się jasna otoczka o średnicy około 50", oznaczana literą A. Obie te części są typowo rejestrowane wizualnie lub na zdjęciach. Otoczka A jest sferyczna i jaśniejsza na brzegach, nie ma też widocznej wewnętrznej struktury. Na zewnątrz niej znajduje się otoczka B o średnicy około 2' i wreszcie widoczna w formie wielu oddzielonych od siebie zagęszczeń otoczka C o średnicy 3'. Otoczki B i C mogą być zarejestrowane tylko przy długich ekspozycjach na zdjęciach wykonanych z pomocą specjalnych filtrów mgławicowych, np. w linii wzbronionej [OIII] 5007 Å. Wreszcie, w pobliżu mgławicy NGC 3242 znajdują się pewne włókniste struktury rozciągające się prawie na 20' od niej samej, które być może powstały we wczesnym etapie ewolucji centralnej gwiazdy, gdy była ona na gałęzi olbrzymów. Temperatura wewnętrznego halo A mgławicy jest wysoka i wynosi około 16 tys. K. Tak wysoką temperaturę tego obszaru tłumaczy się szybkim przejściem przez niego frontu jonizacyjnego, który powstał w momencie, gdy główna (tzn. centralna) część mgławicy planetarnej stała się optycznie cienka (tzn. przezroczysta) dla fotonów o energiach zdolnych do jonizacji materii znajdującej się w halo emitowanych przez gorące jądro mgławicy.

NGC 3344

α (J2000)	10^h, $43{,}5^m$
δ (J2000)	+24° 55'
Gwiazdozbiór	Mały Lew
Typ	Galaktyka spiralna Sc
Jasność fotograficzna	10,5
Jasność wizualna	9,7
Jasność absolutna Mv	—
Rozmiar	6,9'× 6,5'
Odległość	6,5+12,5 Mpc (??)
Prędkość radialna	+576 km/s

William Herschel odkrył tę galaktykę spiralną w 1785 r. i skatalogował jako H I.81. Opis w katalogu Dreyera jest następujący: „dość jasna, duża, stopniowo jaśniejąca ku środkowi, zawiera gwiazdy, dwie gwiazdy za nią". Galaktykę tę widzimy niemal dokładnie z „góry", dzięki czemu możemy podziwiać jej strukturę spiralną. Można ją zobaczyć przez niewielki 10-cm teleskop, w którym widać zwarty, jaśniejszy centralny obszar (można go utożsamić z jądrem). Wokół niego znajduje się bardzo słaba otoczka (niewidoczna przez tak mały instrument na podmiejskim niebie), na tle której na wschód od jądra świecą dwie gwiazdy 10 wielkości gwiazdowej. Struktura tej otoczki pozostaje niewidoczna nawet w dużym 25–30 cm teleskopie, natomiast jądro jest wyraźniejsze, ale nie jest ono gwiazdopodobne. Aby wyraźnie zauważyć ramiona spiralne i ciemniejsze pasma pyłu z nimi powiązane, trzeba dysponować teleskopem o średnicy około 50 cm albo jeszcze większym, gdyż są one dość subtelne.

Galaktyka bywa zaliczana do grupy galaktyk, do której należy NGC 3184, choć przynależność ta ze względu na brak jednoznacznie wyznaczonej odległości jest problematyczna. Większość analiz przestrzennych położenia tej galaktyki zdaje się wskazywać, że jest ona izolowana w przestrzeni i nie ma żadnej bliskiej dużej galaktyki. NGC 3344 jest galaktyką wczesnego typu Sc, czyli z małym jądrem i rozległymi, dobrze rozwiniętymi ramionami spiralnymi. W obrębie centralnych obszarów można zauważyć wewnętrzny, owalny w kształcie pierścień o średnicy około 54", z którego zaczynają rozwijać się ciasno nawinięte ramiona, oraz małą poprzeczkę. Na zewnątrz znajduje się drugi, większy pierścień o średnicy około 360". Środek tego pierścienia nie pokrywa się ze środkiem geometrycznym galaktyki. Oba pierścienie składają się w większości z młodych jasnych gwiazd, co sugeruje niebieski kolor tych obszarów. Kinematyka tej galaktyki jest dość osobliwa, gdyż wydaje się, że zewnętrzne obszary galaktyki rotują w przeciwnym kierunku niż obszary centralne. Dziwne jest też to, że zarejestrowano bardzo duże zmiany (duży gradient) zawartości metali w materii w kierunku od środka galaktyki na zewnątrz. Jest to nietypowe dla galaktyk typu Sb lub Sc. Jak na razie nie znaleziono zadowalającego wyjaśnienia owych „nieprawidłowości".



Zdjęcie wykonane 40-cm teleskopem Ritchey-Cretien złożone z trzech 30-minutowych ekspozycji RGB

NGC 3384

α (J2000)	10^h, $48{,}3^m$
δ (J2000)	+12° 38'
Gwiazdozbiór	Lew
Typ	Galaktyka soczewkowa E-S0
Jasność fotograficzna	10,9
Jasność wizualna	9,9
Jasność absolutna Mv	–19,6
Rozmiar	5,4'×2,7'
Odległość	12,6 Mpc
Prędkość radialna	+704 km/s

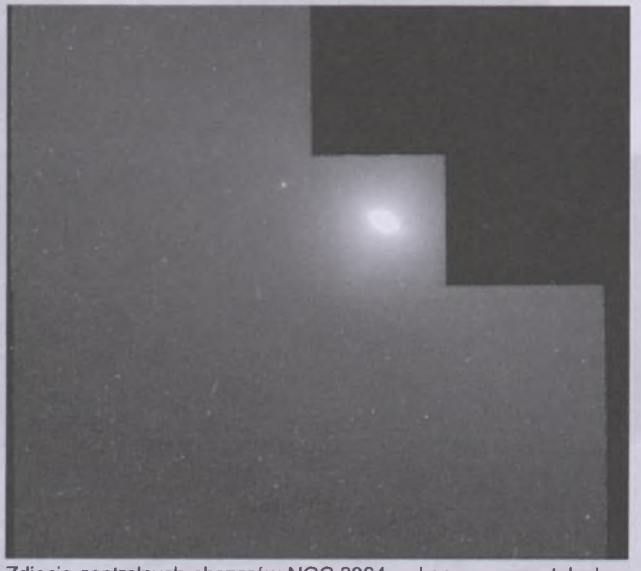
Jest to galaktyka soczewkowa (wydłużona w kształcie). Została odkryta przez Williama Herschela 11 marca 1784 r. i oznaczona jako H I.18. Jej opis z katalogu Dreyera: „bardzo jasna, duża, zaokrąglona, stosunkowo nagle jaśniejąca ku środkowi, druga z trzech". Można się też dość często spotkać z błędnie podawanym odnośnikiem do niej NGC 3371. Galaktyka ta leży w bliskim sąsiedztwie dwóch innych galaktyk: M105 (NGC 3379) i NGC 3389. Pierwsza z nich to wielka galaktyka eliptyczna, druga jest galaktyką spiralną — patrz zdjęcie obok. Dwie pierwsze należą do grupy galaktyk nazywanej Lew I (Leo I) od nazwy gwiazdozbioru, gdzie leży środek tej grupy, natomiast MGC 3389 jest najprawdopodobniej obiektem leżącym w jej tle, gdyż ma prawie dwa razy większą prędkość radialną niż typowy członek tej grupy. Do grupy tej należą również galaktyki M95 i M96. NGC 3384 jest rozległa, ma bardzo dużą jasność powierzchniową, nieznacznie tylko mniejszą niż jej większa sąsiadka M105, w dodatku leży bardzo blisko niej, dlatego wydaje się zdumiewające, że odkryciu M105 (Pierre Mechain 24 marca 1871 r.) nie towarzyszyło jej odkrycie. Parę tę można bowiem obserwować nawet przez najmniejsze teleskopy o średnicy 5 cm! Być może została zauważona (i to przez kilku co najmniej obserwatorów), ale trzeba było dopiero skrupulatności genialnego Williama Herschela, aby obiekt ten skatalogować.

Obserwując NGC 3384 w teleskopie o średnicy około 10–15 cm, można łatwo zauważyć jaśniejszy, centralny obszar i okrągłą, stopniowo słabnącą otoczkę wokół niego. Duże teleskopy pozwalają lepiej przyjrzeć się centralnym częściom galaktyki i wyróżnić gwiazdopodobne jądro, uwidacznia się też wyraźnie owalność galaktyki — jej wydłużenie. Nawet największe teleskopy nie ujawniają struktury galaktyki, chociaż na zdjęciach wykonanych przez teleskop Hubble'a w zakresie widzialnym można zauważyć słaby zarys spiralnych pasm pyłowych w zewnętrznych obszarach dysku tej galaktyki.

W pobliżu NGC 3384 znajduje się wielki, niezwykle masywny kompleks neutralnego wodoru HI, który w istocie jest częścią ogromnego pierścienia materii otaczającego tę galaktykę wraz z jej sąsiadką. Pierścień ten składa się z wielu oddzielnych fragmentów, a jego promień sięga 100 kpc! Pomiary prędkości radialnych sugerują, że cały obłok obraca się z okresem około 4 mld lat. Płaszczyzna tego pierścienia prawie dokładnie pokrywa się z płaszczyzną dysku NGC 3384 (obie są nachylone pod kątem około 50° do kierunku widzenia) i ma ten sam kierunek rotacji. Sugeruje się więc, że jest to pozostałość, coś w rodzaju pramaterii, po wielkim kompleksie materii, który utworzył tę grupę galaktyk. Dysk NGC 3384 jest zanurzony w rozległym wybrzuszeniu centralnym, którego natura nie jest do końca zrozumiała, ponadto w centralnej części wokół samego jądra znajduje się jasny pierścień materii. Jak do tej pory zarówno obserwacje naziemne, jak i te prowadzone z Kosmosu nie pozwoliły rozróżnić samego jądra galaktyki — w centrum znajduje się rozciągły obszar o dość jednolitej jasności, bez wyraźnego maksimum. Uważa się, że galaktyka ta posiada poprzeczkę, co wynika z analizy profili jasności i prędkości radialnych mierzonych w obrębie dysku. Warto dodać, że w bardzo bliskiej odległości od centrum galaktyki odkryto sześć kwazarów o jasności około 19 mag. mających przesunięcia ku czerwieni rzędu około $z = 1$. Kwazary te układają się mniej więcej na jednej linii wychodzącej od NGC 3384. Sugerowana interpretacja tego faktu obserwacyjnego, że są to obiekty wyrzucone z jądra tej galaktyki, czyli obiekty bliskie i młode, a nie odległe w czasie i przestrzeni, jak do tej pory, nie doczekała się wystarczająco dogłębnej dyskusji i analizy.

Dariusz Graczyk

Tryplet galaktyk: od lewej NGC3379 (M105), NGC 3384 i NGC 3389 sfotografowany przez 0,9-m teleskop



Zdjęcie centralnych obszarów NGC 3384 wykonane przez teleskop Hubble'a w filtrze 555 nm. Czas ekspozycji 350 s. Pole widzenia około 3 min łuku

ASTROKRAK

F.P.U.H. **ASTROKRAK**, ul. Mogilska 51, 31-545 Kraków
e-mail: astrokrak@astrokrak.pl - **www.astrokrak.pl**
tel.: **(12) 413 55 26**, fax: (12) 417 31 81
sklep czynny: pon. - pt. 9-17, sob. 10-15

Zobacz również nowe forum miłośników astronomii - *www.astromaniak.pl*

BRESSER

Absolutna nowość na rynku!!!

SERIA MESSIER
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z najbogatszym wyposażeniem dodatkowym)

Refraktor R-90 ..... 1299.00
Refraktor R-102 ..... 1999.00
Refraktor R-127L 2899.00
Refraktor R-127S 2999.00
Refraktor R-152 ..... 3799.00
Newton N-130 ..... 1299.00
Newton N-150 ..... 1799.00
Newton N-203 ..... 2499.00

ORION

SERIA SKYVIEW PRO
(Teleskopy na montażu paralaktycznym SkyView Pro z opcjonalnym napędem lub Intelliscope)

Refraktor 80mm ED APO ..... od 3750.00
Refraktor 100mm ED APO ..... od 5750.00
Refraktor 120mm ..... od 3350.00
Maksutow 127mm ..... od 3350.00
Maksutow 150mm ..... od 4650.00
Newton 203mm ..... od 3650.00

SOLIGOR

Digital • Photo • Optic • Video

LORNETKI ASFERYCZNE NIGHT VISION

7x50 ..... 485.00
10x50 ..... 495.00

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA

Plössl (4-40mm/1,25") ..... od 95.00
RKE (26-40mm/2") ..... od 195.00
Barlow 2x/1,25" 95.00
Barlow 2x/2" 250.00

SERIA MT
(Teleskopy Newtona na montażu paralaktycznym)

MT-910 114mm 1099.00
MT-750 152mm 1650.00
MT-800 200mm 2250.00

Sky-Watcher

TELESKOPY

Dobson 203mm (pyrex) 1830.00
Dobson 252mm (pyrex) 2850.00
Refraktor 102mm EQ3 ..... 2030.00
Maksutow 102mm EQ2 ..... 1820.00
Maksutow 127mm EQ3 ..... 2860.00

ANTARES

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA

Plössl (6-40mm/1,25") ..... od 105.00
Ortoskop. (6-12,5mm/1,25") ..... od 250.00
Erfla (30-52mm/2") ..... od 315.00
Szerokokątne (67°/5,7-25mm) ... od 299.00
Szerokokątne (82°/7,5-18mm) ... od 499.00
Barlow 2x/1,25 ..... 105.00
Barlow 1,6x/2" 350.00
Plössl podświetlany (10mm/1,25") .. 525.00

NASADKI KĄTOWE

45° 1,25"/1,25" 105.00
90° 1,25"/1,25" 125.00
45° M42x1/1,25" 125.00
90° M42x1/1,25" 145.00
90° 2"/2" 98% 395.00
Prowadząca 90° 2"/T2 z podgl. 625.00

FILTRY

ALP 1,25" 225.00
ALP 2" 415.00
ND 13 1,25" (szary) 45.00
ND 13 2" (szary) 105.00
Kolorowe 7 szt. 1,25" ... 285.00
Kolorowe 7 szt. 2" 475.00

MEADE

SERIA LX200GPS
(Teleskopy Schmidta-Cassegraina na montażu widłowym z pełną automatyką naprowadzania GO-TO)

8" (203mm) 13500.00
10" (254mm) 16900.00
12" (305mm) 23900.00
14" (356mm) 30900.00
16" (406mm) 59900.00

SERIA LDX-75
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z systemem GO-TO)

5" (127mm refraktor) 5150.00
6" (152mm refraktor) 6150.00
6" (152mm Schmidt-Newton) 5250.00
8" (203mm Schmidt-Newton) 6150.00
8" (203mm Schmidt-Cassegrain) 8390.00
10" (254mm Schmidt-Newton) 7490.00

SERIA ETX
(Teleskopy Maksutowa na montażu widłowym z systemem GO-TO)

90AT (90mm) 3125.00
90PE (90mm) 3895.00
105AT (105mm) 4150.00
105PE (105mm) 4950.00
125AT (125mm) 5450.00
125PE (125mm) 6250.00

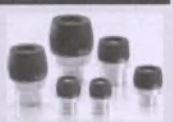
SERIA LIGHTBRIDGE
(Teleskopy trussowe na montażu Dobsona)

Newton 203mm ..... od 1699.00
Newton 254mm ..... od 2350.00
Newton 305mm ..... od 3899.00

Akcesoria MEADE

OKULARY Z SERII 5000

Plössl (60°/5,5-40mm) .... od 499.00
SWA (68°/16-40mm) ..... od 899.00
UWA (82°/4,7-30mm) .. od 1050.00



KAMERY CCD
(Z oprogramowaniem Autostar Suite)

LP Imager 550.00
DS Imager 1525.00
DS Imager Pro 1950.00
Reduktor/korektor CCD f/3,3 ..... 799.00

CORONADO

TELESKOPY I FILTRY SŁONECZNE Hα

Już od 2825.00

LUMICON

OKULARY PODŚWIETLANE
(Z krzyżem nitek)

12,5mm ortoskop. 585.00
25mm Keliner 275.00

FILTRY MGŁAWICOWE

Deep Sky 1,25" 375.00
Deep Sky 2" 730.00
UHC 1,25" 375.00
UHC 2" 730.00
OIII 1,25" 375.00
OIII 2" 730.00
H-Beta 1,25" 375.00
H-Beta 2" 730.00
Comet 1,25" 375.00
Comet 2" 730.00

NASADKI KĄTOWE

Enhanced 1,25" 365.00
Enhanced 2" 695.00
LumiBrite 1,25" 98% 550.00
LumiBrite 2" 98% 875.00

KSIĄŻKI I ATLASY

Night Sky Observer's Guide tom I i II 135.00
Uranometria tom I i II 179.00
Uranometria tom III 195.00
Sky Atlas 2000.0 wersja deluxe 179.00
Atlas of the Moon 135.00

MAPY I GLOBUSY

Karta Messiera 13.00
Karta Caldwella 13.00
Mapa Księżyca 13.00
Globus nieba 330.00
Globus Księżyca 225.00

OPROGRAMOWANIE

RedShift 5 ..... 425.00
Starry Night Pro 625.00
Starry Night Enth. 335.00
CoolSky 2.0 ..... 39.00
Maxim DL 1250.00
SkyMap Pro 375.00
SkyChart III 169.00
Desktop Universe 825.00
SkyTools 2 CD 425.00

SKY PUBLISHING

ASTROKRAK

TELESKOPY I AKCESORIA

Jesteśmy producentem wysokiej klasy teleskopów i akcesoriów astronomicznych. Wykonujemy teleskopy o aperturze od 250 do 600mm. Zbudowaliśmy największy amatorski teleskop w Polsce! Ponadto oferujemy usługi projektowe, naprawcze i regulacyjne w zakresie optyki i mechaniki a także wykonujemy sprzęt na indywidualne zamówienie klienta.

ZŁĄCZKI I REDUKCJE

M42/Canon EOS 49.00
M42/Nikon 49.00
M42/T2 ..... 45.00
1,25"/M42 ..... 35.00
2"/M42 ..... 45.00
M42/web kamera 45.00
L-adapter mały 20.00
L-adapter duży 25.00

WYCIĄGI OKULAROWE
(Do refraktora, Newtona lub Cassegraina)

Obrotowy 1,25" 115.00
Przesuwny 1,25" 195.00
Przesuwny 2" 275.00

Niniejszy cennik jest jedynie niewielkim fragmentem oferty. Sprawdź wszystkie nasze produkty na *www.astrokrak.pl*

Gwiazdy neutronowe

Z gwiazdami neutronowymi możemy łatwo związać cztery daty: 1054, 1932, 1939 i 1967. W 1054 r. astronomowie chińscy obserwują, oczywiście nie zdając sobie z tego sprawy, narodziny gwiazdy neutronowej. W 1932 r. James Chadwick odkrywa neutron. W tym samym roku Lew Landau sugeruje możliwość istnienia supergęstej materii złożonej wyłącznie z neutronów. W 1939 r. Robert Oppenheimer, George Volkoff i Richard Tolman formułują warunki równowagi dla gwiazd neutronowych i wreszcie w 1967 r. Jocelin Bell i Anthony Hewish (Nobel 1974) dokonują niespodziewanego odkrycia. Hewish uzyskał właśnie do swojego radioteleskopu aparaturę o wysokiej czasowej zdolności rozdzielczej (rzędu milisekund) i postanawia badać migotanie gwiazd spowodowane przez atmosferę. Już pierwsze obserwacje radioźródła uznawanego za stałe pokazały, że odbierany sygnał ma strukturę bardzo regularnie powtarzających się impulsów. Początkowo uznano to za zakłócenia z jakiegoś ziemskiego źródła. Możliwość zakłóceń została dość szybko wykluczona, tym bardziej że w krótkim czasie odkryto 3 podobne radioźródła. Okresy odkrywanych wówczas obiektów zawierały się w przedziale 0,25—2 s (pulsary milisekundowe odkryto nieco później). Rok po odkryciu (1968) Thomas Gold sugeruje, że pulsary (tak nazwano nowo odkryte obiekty) są szybko obracającymi się gwiazdami neutronowymi. Gęstość takich obiektów powinna być rzędu gęstości materii jądrowej, czyli 10^{18} kg/m^3 (ramka 1). Obliczmy, jaki promień powinna mieć gwiazda neutronowa o masie Słońca (ramka 2).

Dlaczego wg Golda gwiazdy neutronowe wirują bardzo szybko? Wynika to z zasady zachowania momentu pędu (ramka 3). Wykonując obliczenia dla Słońca (których tu nie przytaczamy), stwierdzamy, że dzięki zmniejszeniu promienia do 17 km okres obrotu gwiazdy maleje z 25 dni do ok. 1 sekundy! Zwróćmy uwagę na zbieżność uzyskanego wyniku z okresem odbieranych impulsów od gwiazd neutronowych [1], [2].

Odkrycie gwiazd neutronowych było wielkim zaskoczeniem. Jeśli nawet wierzono, że takie obiekty istnieją, nie spodziewano się, że kiedykolwiek uda się je zobaczyć. Gwiazda neutronowa powinna być bardzo gorąca (gdy gwiazda kurczy się, jej temperatura rośnie). Zacznijmy od obliczenia mocy promieniowania Słońca (ramka 4), a następnie obliczmy moc promieniowania gwiazdy neutronowej, przypisując jej zawrotną temperaturę 1 000 000 K (ramka 5).

Potraktowaliśmy promieniowanie gwiazdy neutronowej jako promieniowanie termiczne (wynikające z jej temperatury) ciała doskonale czarnego (gwiazdy promieniują z bardzo

Ramka 1

10^{18} kg/m^3 to 10^{12} kg/cm^3. Mówiąc obrazowo, kostka do gry ($\approx$ 1 cm^3) wykonana z materii gwiazdy neutronowej miałaby masę 10^{12} kg lub inaczej miliard ton. Porównaj masę tej kostki z masą wszystkich ludzi żyjących na Ziemi. Przyjmij za średnią masę jednego człowieka 50 kg.

$$6\,000\,000\,000 \times 50\ \text{kg} = 3\times10^{11}\ \text{kg}$$

Masa wszystkich ludzi jest ok. 30 razy mniejsza!

Ramka 2

Masa Słońca $M_\odot = 2\times10^{30}$ kg.

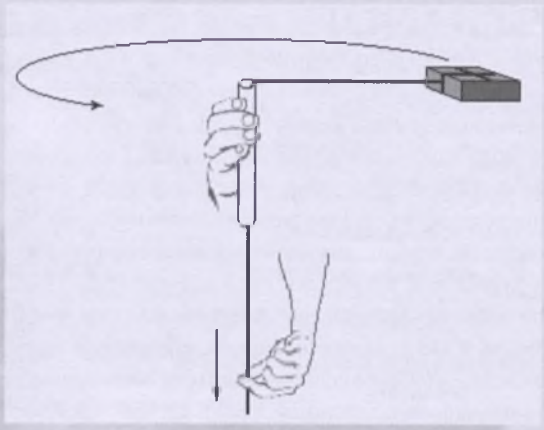
$$M_\odot = \frac{4}{3}\pi R^3\rho \Rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{3M_\odot}{4\pi\rho}} \cong 17000\ \text{m} = 17\ \text{km}$$

Ramka 3

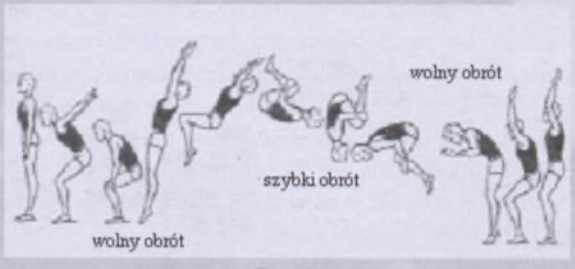
Wykonaj następujące proste doświadczenie. Do mocnej nitki przywiąż gumkę ołówkową. Nitkę przełóż przez rurkę o gładkich brzegach. Poruszając lekko rurką wprawiaj gumkę w ruch po okręgu o dość dużym promieniu (rys. 1). Ciągnąc za nitkę w dół, zmniejszaj promień okręgu. Jak zachowuje się gumka? Doświadczenie ilustrowało zasadę zachowania momentu pędu

$$J = m \times r^2 \times \omega = \text{const.}$$

To prawo wykorzystuje m. in. gimnastyk, wykonując salto do tyłu. Wybijając się, wyrzuca ręce przodem nad głowę, nadając swemu ciału niewielką prędkość kątową związaną z obrotem wokół osi przechodzącej przez środek masy (znajdujący się w przybliżeniu na poziomie pasa). W najwyższym punkcie swego toru gimnastyk „kurczy się", szybko podciągając kolana pod brodę i obejmując je rękoma. Dzięki temu prędkość kątowa wzrasta, pozwalając szybko wykonać obrót. Podczas lądowania gimnastyk wyprostowuje się, zwalniając tym samym obrót (rys. 2). W podobny sposób postępują łyżwiarze, wykonując piruet i skoczkowie z trampoliny.



Rys. 1



Rys. 2

Ramka 4

Dość łatwo możemy wyznaczyć stałą słoneczną S [3]. Wynosi ona 1360 W/m^2. Stała słoneczna to ilość energii, jaką otrzymuje od Słońca 1 m^2 powierzchni ustawionej prostopadle do padających na nią promieni słonecznych na powierzchni Ziemi (a więc w odległości 150 mln km od Słońca) w czasie 1 sekundy.
Zatem całkowita moc promieniowania Słońca:

$$P = 4\pi R_{z-s}^2 S \cong 3{,}82\times10^{26}\ \mathrm{W}$$

Ramka 5

Moc promieniowania gwiazdy neutronowej obliczymy z prawa Stefana-Boltzmana: $E = \sigma T^4$, gdzie E to moc wysyłana przez jednostkę powierzchni a $\sigma = 5{,}67\times10^{-8}$ W/m^2/K^4.

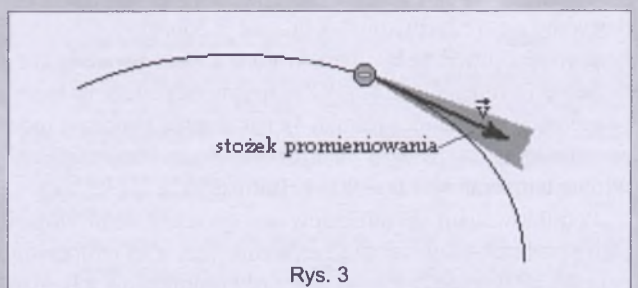
$$P = 4\pi\sigma T^4 R^2 = 2\times10^{20}\ \mathrm{W}.$$

Moc promieniowania naszej gwiazdy neutronowej jest ponad milion razy mniejsza od mocy promieniowania Słońca! Tak słaby obiekt nie jest możliwy do dostrzeżenia nawet przez największe teleskopy.

dobrym przybliżeniem jak ciała doskonale czarne [4]). Rozkład energii na poszczególne długości fal w widmie promieniowania termicznego ciała doskonale czarnego jest dobrze znany (Max Planck, 1900). Szybko okazało się, że rozkład ten w widmie gwiazd neutronowych jest inny, odpowiada raczej promieniowaniu synchrotronowemu. Promieniowanie takie wysyłają cząstki naładowane poruszające się w polu magnetycznym z prędkościami bliskimi prędkości światła. Wysyłane w wąskim stożku w kierunku zgodnym z chwilową prędkością przyśpieszanych cząstek (rys. 3). Z promieniowaniem synchrotronowym mają do czynienia fizycy posługujący się różnego rodzaju akceleratorami (przyspieszaczami) cząstek np. synchrotronami czy betatronami. Czyżby na gwiazdach neutronowych jakieś małe zielone ludziki budowały gigantyczne akceleratory?

Wzrost prędkości kątowej i wzrost temperatury to nie jedyne skutki kurczenia się gwiazdy. Jeśli gwiazda posiada pole magnetyczne (a z reguły tak jest), to kompresji ulega również pole. Metoda jest znana od dawna i bywa wykorzystywana w laboratoriach dla uzyskiwania silnych pól magnetycznych [5]. Przeciętna gwiazda (np. Słońce) posiada pole magnetyczne o indukcji 0,001 T. Obliczmy indukcję pola pulsara powstałego z takiej gwiazdy (ramka 6).

Ogólnie przyjęte wyjaśnienie (T. Gold) jest następujące. Oś obrotu pulsara tworzy pewien kąt z kierunkiem pola magnetycznego, co powoduje w otoczeniu powstanie okresowo zmiennego pola magnetycznego. Wykazano, że w magnetosferze pulsara znajduje się silnie zjonizowany gaz (plazma). Zmienne pole magnetyczne przyspiesza naładowane cząstki plazmy do prędkości bliskich prędkości światła i kieruje je głównie wzdłuż osi pola, a te z kolei emitują promieniowanie synchrotronowe. Jeśli Ziemia omiatana jest przez taką wiązkę, gwiazda neutronowa objawia się nam jako pulsar (rys. 4).



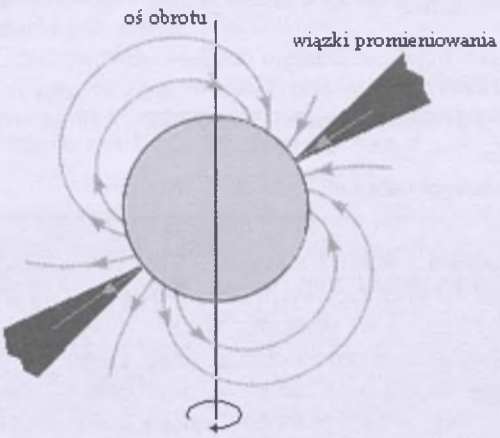
Rys. 3

Ramka 6

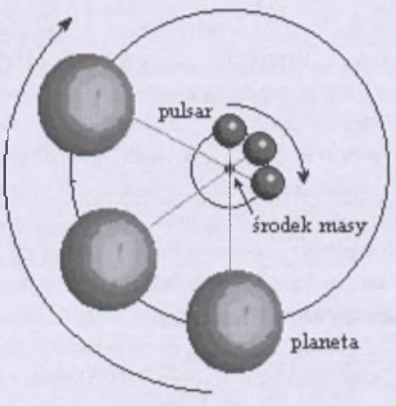
$$B = B_\odot \left(\frac{R_\odot}{R}\right)^2 \cong 1{,}7\times10^6\ \mathrm{T}$$

Tak potężnego pola nie potrafimy sobie nawet wyobrazić. Najsilniejsze stałe pola wytwarzane w ziemskich laboratoriach mają indukcję rzędu 30 T a impulsowe do 300 T.

Olbrzymia, szybko wirująca masa jest bardzo stabilna. Dlatego pulsary są bardzo dobrymi zegarami. Pozwoliło to Aleksandrowi Wolszczanowi w 1992 r. odkryć pierwsze pozasłoneczne planety obiegające pewien pulsar. Naprawdę to zarówno planety, jak i pulsar obiegają wspólny środek masy (rys. 5). Dzięki temu obserwowany pulsar okresowo zbliża



Rys. 4



Rys. 5

się i oddala od Ziemi. Odstęp pomiędzy odbieranymi impulsami zmniejsza się (przy zbliżaniu) lub wydłuża (przy oddalaniu). Wykres odchyleń Δt wygląda jak na rysunku 6. Jeśli pulsar obiegają dwie planety, wykres nieco się komplikuje (rys. 7a). Istnieją jednak narzędzia matematyczne pozwalające na rozdzielenie przyczynków pochodzących od obu planet (rys. 7b i c). Z otrzymanych wykresów mamy natychmiast okresy obiegu obu planet. W rzeczywistości nie jest to takie proste (obserwacji dokonujemy z poruszającej się Ziemi, orbity planet są z reguły elipsami, Ziemia nie znajduje się w płaszczyźnie ruchu planet itd.). Na pierwszym po odkryciu wykładzie prof. Wolszczana w Toruniu ktoś zadał pytanie: „Dlaczego dla opracowania wyników używał pan tak potężnych komputerów?". Odpowiedź brzmiała: „Bo chciałem mieć wyniki jeszcze za mojego życia".

W 1905 r. Albert Einstein publikuje szczególną teorię względności a w 1917 ogólną. O ile sprawdzenie wniosków wynikających z teorii szczególnej było możliwe w laboratoriach (niezbędne duże prędkości uzyskuje się w akceleratorach cząstek naładowanych), to z teorią ogólną było dużo gorzej. Do jej sprawdzenia niezbędne są silne pola grawitacyjne, a takich w laboratorium nie wytworzymy. Pomóc mogły tylko obserwacje astronomiczne. Natężenie pola grawitacyjnego na powierzchni Ziemi $\gamma = 9{,}81$ m/s^2. Oblicz natężenie pola na powierzchni gwiazdy neutronowej ($M = M_O$, $R = 17$ km — ramka 7).

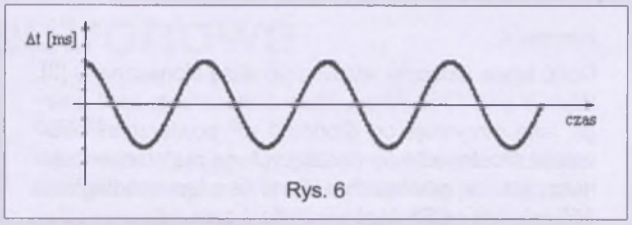
Ramka 7

Natężenie pola wyraża się wzorem $\gamma = \frac{GM}{R^2}$, zatem $\gamma_{gn} = \ldots = 4{,}6\times10^{17}$ m/s^2.

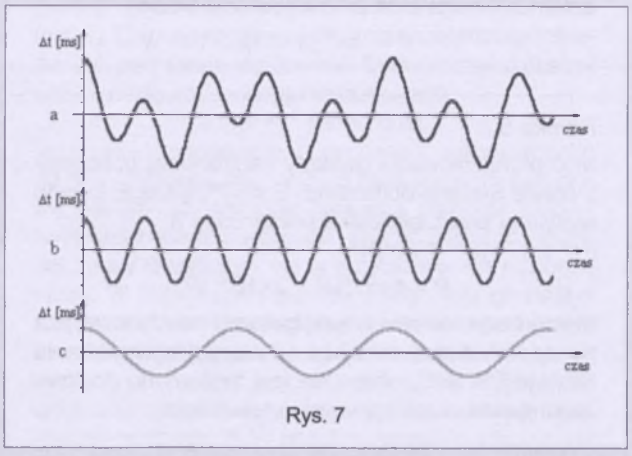
Niewyobrażalne!

Jednym z wniosków z ogólnej teorii względności jest istnienie fal grawitacyjnych. Bezpośrednia detekcja tych fal dotychczas się nie powiodła. W 1974 r. wykryto układ podwójny gwiazd neutronowych. Jedna z nich jest pulsarem (gdyby tak nie było, nic nie zobaczylibyśmy). Po dłuższej obserwacji w 1981 r. Joseph Taylor i Russel Hulse (Nobel 1993) mogli ogłosić: „Układ traci energię (orbita się zacieśnia i okres obiegu maleje), przy tym strata ta jest dokładnie równa energii fal grawitacyjnych, które układ powinien emitować". Otrzymaliśmy pośredni dowód istnienia fal grawitacyjnych (rys. 8). O innych wnioskach z OTW sprawdzonych dzięki gwiazdom neutronowym możemy przeczytać w [6].

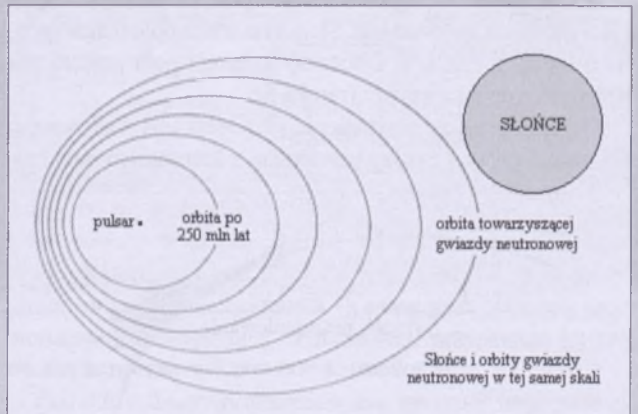
Odkrycie gwiazd neutronowych potwierdziło też poprawność teorii ewolucji gwiazd [7]. Jeśli początkowa masa gwiazdy nie przekracza ok. 5 M_O, wytwarza jądro zbudowane głównie z węgla i tlenu (te o mniejszych masach mogą poprzestać na jądrze helowym). Utworzeniu jądra o dużej gęstości (do 10^6 kg/m) towarzyszy rozszerzanie się otoczki. Gwiazda staje się czerwonym olbrzymem lub nadolbrzymem. Otoczka rozpływa się w przestrzeni i stygnące jądro staje się białym karłem [8]. Zgodnie z wynikiem uzyskanym przez Subrahmaniana Chandrasekhara (Nobel 1983) masa białego karła nie może przekroczyć wartości 1,44 M_O (ciśnienie zdegenerowanego gazu elektronowego nie może zrównoważyć większych ciśnień grawitacyjnych). Gwiazdy o masach z przedziału 5—8 M_O mogą być zdolne do ściągnięcia części materii z otoczki do jądra i może dojść do wybuchowego zapalenia węgla. Jest to jeden z rodzajów wybuchu supernowej. Gwiazdy o masach większych od 8—10 M_O są zdolne w wyniku reakcji termojądrowych do wytworzenia w jądrze cięższych pierwiastków, do żelaza włącznie. Gdy masa żelaznego jądra przekroczy granicę Chandrasekhara, ciśnienie gazu elektronowego nie wystarcza i jądro się kurczy. Protony w wyniku reakcji $p \rightarrow n + e^+ + n$ ulegają przemianie w neutrony z obfitą emisją neutrin. Mamy do czynienia z innym rodzajem wybuchu supernowej. Zdegenerowany gaz neutronowy stabilizuje jądro, pod warunkiem, że jego masa nie przekroczy kolejnej granicy zwanej granicą Oppenheimera-Volkoffa. Nie jest ona dokładnie znana, ale jest rzędu 2 M_O. Powstaje gwiazda neutronowa. Silny strumień neutrin został zarejestrowany w roku 1987, w czasie wybuchu supernowej w Wielkim Obłoku Magellana. Gwiazdy o jeszcze większych masach, prawdopodobnie przekraczających 20 M_O, kończą



Rys. 6



Rys. 7



Rys. 8

jeszcze bardziej dramatycznie, przechodząc prawdopodobnie w stadium czarnej dziury.

Zaczęliśmy od wydarzenia z 1054 r. i na nim zakończmy. Astronomowie chińscy na tyle dokładnie określili położenie na niebie supernowej, że dziś możemy stwierdzić, iż w tym miejscu znajduje się mgławica Krab (fot.) z położonym w jej środku pulsarem. Jest to jeden z bardzo nielicznych obiektów wysyłających impulsy w prawie całym zakresie widma elektromagnetycznego.

Średnica kątowa mgławicy Krab nadal powiększa się o 0,"145 rocznie. Z obserwacji linii emisyjnych wyznaczono przesunięcie dopplerowskie spowodowane ekspansją mgławicy $\Delta\lambda/\lambda = 0{,}0043$. Korzystając z tych danych, oblicz odległość mgławicy Krab i pulsara PSR 0531+21 (ramka 9).

Juliusz Domański

Literatura

[1] Moszkowski S., *Gwiazdy neutronowe,* Postępy Fizyki 2/1977.

[2] pr. zb. *Encyklopedia fizyki współczesnej,* PWN, Warszawa 1985.

[3] Domański J., *Wyznaczamy temperaturę Słońca,* Fizyka w Szkole 3/1991.

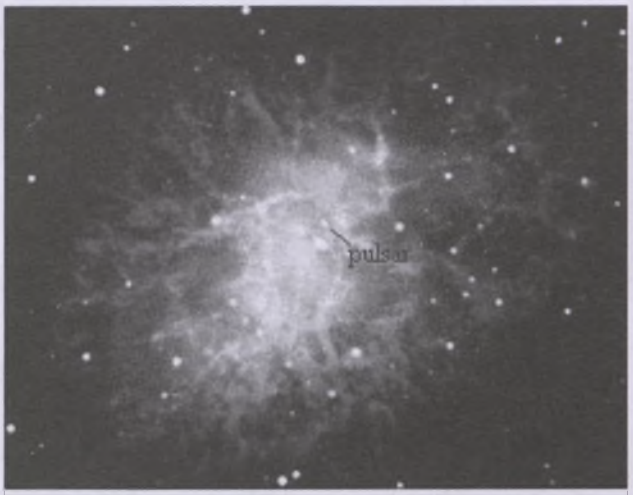
[4] Domański J., *„Astronomiczne" doświadczenia z fizyki,* Urania–Postępy Astronomii, 1/2003.

[5] Furth H., i in. *Wytwarzanie silnych pól magnetycznych,* w tomie *W laboratoriach fizyków,* PWN, Warszawa 1966.

[6] Jarzębowski T., *Gdyby Einstein dożył naszych czasów,* Postępy Astronomii, 3/1991.

[7] Paczyński B., *Późne stadia ewolucji gwiazd,* Postępy Fizyki 2/1981.

[8] Domański J., *Psia gwiazda na lekcjach astrofizyki,* Urania–Postępy Astronomii 3/1998.



Ramka 9

$\alpha = 0{,}"145 = 7{,}048\times10^{-7}$ rad

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \Rightarrow v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}\cdot c = 1290 \text{ km/s}$$

$$\Delta s = \frac{v\cdot t}{2} \cong 2\times10^{10} \text{ km}$$

$r = \Delta s/(\alpha/2) = 5{,}676\times10^{16}$ km $\cong$ 6000 l. św.

950 lat temu Chińczycy zobaczyli wybuch supernowej (powstanie pulsara).

W rzeczywistości wybuch nastąpił ok. 5000 roku p.n.e. (1054—6000 $\cong$ –5000), a więc w epoce neolitu (dawna nazwa — epoka kamienia gładzonego). Neolit datuje się na lata 7000—2000 p.n.e.

Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA OSOP 2006

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zaprasza na szósty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA „OSOP 2006".

Obóz odbędzie się w dniach 20—31 lipca 2006 r. w schronisku „Cicha Dolina" w Roztokach Górnych (południowa część Bieszczad, na południe od Cisnej). Celem obozu jest nauczenie wszystkich chętnych podstaw obserwacji nieba.

W planie obozu znajduje się szkolenie w zakresie:

— orientowania się na niebie,
— podstaw określania czasu i współrzędnych w astronomii,
— podstaw optyki astronomicznej,
— obserwacji Słońca,
— obserwacji Księżyca, planet, planetoid oraz komet,
— obserwacji gwiazd zmiennych,
— obserwacji meteorów,
— obserwacji obiektów mgławicowych,
— obserwacji zjawisk zakryciowych.

Przewidziane są zarówno dzienne zajęcia teoretyczne, jak też obserwacje nocne. Instruktorami będą doświadczeni obserwatorzy, członkowie PTMA. Ponadto przewidziane są wykłady popularnonaukowe z dziedziny astrofizyki i kosmologii oraz planuje się przeprowadzenie wycieczek turystycznych po Bieszczadach.

Przewidywany koszt obozu to około 330 zł. Kwota ta obejmuje:

— nocleg w schronisku (należy wziąć własne śpiwory),
— transport z Krakowa (cena transportu zależy od ilości uczestników),
— ubezpieczenie.

Wyżywienie każdy uczestnik Obozu zapewnia we własnym zakresie. Można skorzystać ze stołówki schroniska, co jednak podnosi koszty.

Organizatorzy Obozu zapewniają zaopatrzenie w wystarczającą liczbę teleskopów, jednakże mile widziane jest posiadanie własnego sprzętu obserwacyjnego.

Warunkiem uczestnictwa w obozie jest:

— członkowstwo PTMA. Osoby nie należące do PTMA muszą się wcześniej zapisać;
— ukończone 18 lat. Osoby w wieku 16-18 lat muszą przedstawić pisemną zgodę rodziców. Osoby w wieku poniżej 16 lat mogą brać udział w Obozie wyłącznie wraz z pełnoletnim opiekunem.

Liczba miejsc ograniczona! Listę uczestników zatwierdzi Zarząd Oddziału Krakowskiego PTMA, a osoby zakwalifikowane zostaną powiadomione. Ostatecznym terminem przyjmowania zgłoszeń jest 31 maja 2006. Osoby zakwalifikowane muszą wpłacić podaną kwotę w ciągu tygodnia od chwili otrzymania potwierdzenia. Zgłoszenia oraz wszelkie pytania prosimy kierować do kierownika Obozu, dra Tomasza Ściężora (tel. 012 266 12 41, e-mail sciezor@vistula.wis.pk.edu.pl) lub do dra Sławomira Stachniewicza (tel. kom. 0504 836 142, e-mail Slawomir.Stachniewicz@ifj.edu.pl).

Maj

Słońce

Wznosi się po ekliptyce nadal coraz wyżej ponad równik niebieski, w związku z czym dzień jest coraz dłuższy i w ciągu miesiąca przybywa go o ponad godzinę: w Warszawie 1 maja Słońce wschodzi o 3^h06^m, zachodzi o 18^h01^m, a 31 maja wschodzi o 2^h22^m, zachodzi o 18^h46^m.

W maju Słońce wstępuje w znak Bliźniąt.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006		P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
V	1	–24,17	–4,19	94,64
	3	–23,81	–3,99	68,21
	5	–23,41	–3,78	41,77
	7	–22,99	–3,57	15,33
	9	–22,54	–3,35	348,89
	11	–22,06	–3,13	322,44
	13	–21,55	–2,91	295,99
	15	–21,02	–2,69	269,54
	17	–20,46	–2,46	243,09
	19	–19,88	–2,23	216,64
	21	–19,27	–2,00	190,18
	23	–18,63	–1,76	163,72
	25	–17,98	–1,53	137,26
	27	–17,30	–1,29	110,80
	29	–16,59	–1,05	84,34
V	31	–15,87	–0,81	57,87

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$8^d03^h50^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce wystąpią pod koniec maja, gdyż kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $5^d05^h13^m$, pełnia $13^d06^h51^m$, ostatnia kwadra $20^d09^h20^m$ oraz nów $27^d05^h26^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się $7^d06^h45^m$, a w perygeum $22^d15^h27^m$.

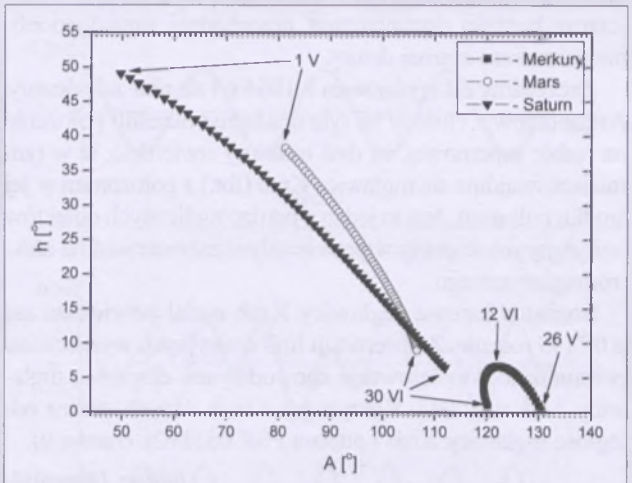
Planety i planetoidy

Pod koniec maja, wieczorem, tuż nad północno-zachodnim horyzontem pojawia się **Merkury** i w ostatnim dniu miesiąca, w godzinę po zachodzie Słońca, świeci już z jasnością -1^m na wysokości prawie 4°.

Nad ranem, tuż nad wschodnim horyzontem, można próbować odnaleźć **Wenus**, utrzymującą się przez cały maj na prawie stałej wysokości równej jedynie 3° (na początku świtu cywilnego). Powoduje to, że pomimo dużej jasności planety, równej -4^m, jej obserwacja jest dosyć trudna.

Wieczorem, w gwiazdozbiorze Bliźniąt, można obserwować **Marsa**. Jasność planety wynosi zaledwie $1,6^m$, a przy średnicy jej tarczy mniejszej niż 5" teleskopowa obserwacja jakichkolwiek szczegółów powierzchniowych jest praktycznie niemożliwa.

Jowisz jest widoczny przez całą noc w gwiazdozbiorze Wagi jako „gwiazda" $-2,5^m$. Na początku miesiąca,



Rys. 1. Merkury, Mars i Saturn nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w maju i czerwcu 2006 r. pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca)

w związku z przebywaniem w pobliżu opozycji, planeta osiąga największą w 2006 r. jasność $-2,5^m$, przy średnicy tarczy 45", co ułatwia teleskopowe obserwacje zmian zachodzących w układzie jej chmur oraz zjawisk w systemie księżyców galileuszowych.

Wieczorem, w gwiazdozbiorze Raka, zobaczymy **Saturna** świecącego z jasnością $0,3^m$.

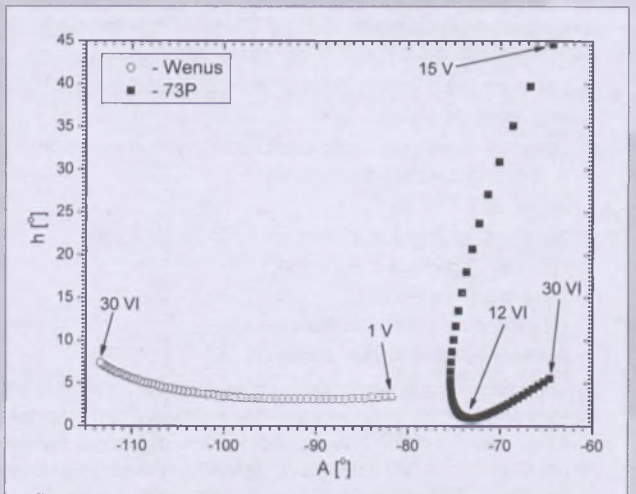
Uran i **Neptun** przebywają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Pluton jest widoczny całą noc w gwiazdozbiorze Węża, jednakże jego jasność wynosi jedynie $13,9^m$ i do jego zaobserwowania jest niezbędny teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

W maju możemy obserwować w pobliżu opozycji jasną planetoidę:

(1) Ceres, (jasność $8,8^m$). 1 V: $21^h39,7^m$, –21°14'; 11 V: $21^h49,4^m$, –21°05'; 21 V: $21^h57,6^m$, –21°05'; 31 V: $22^h04,2^m$, –21°16'.

W maju będzie możliwa także obserwacja komety krótkookresowej **73P/Schwassmann-Wachmann**. Na począt-



Rys. 2. Wenus i kometa 73P/Schwassmann-Wachmann nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w maju i czerwcu 2006 na początku świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca)

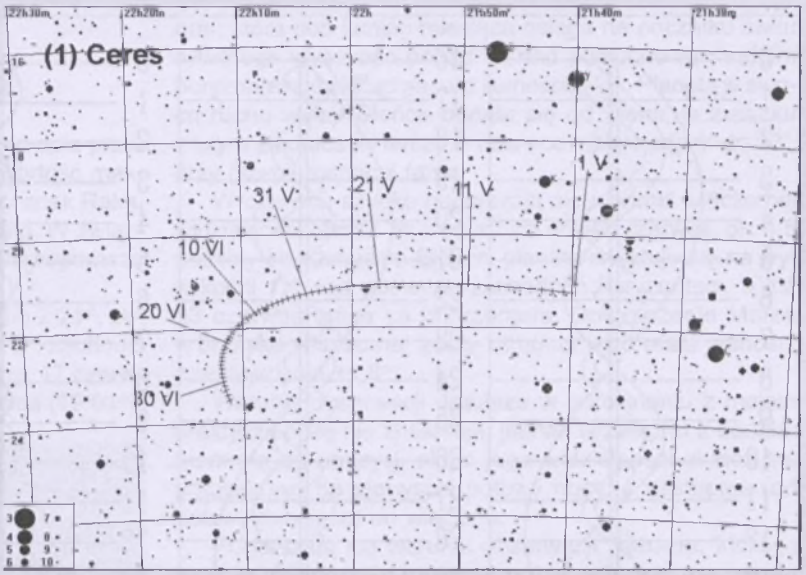
ku miesiąca kometa będzie widoczna przez całą noc praktycznie w zenicie, jednakże do połowy maja obniży się ona na tyle, że będzie widoczna już tylko nad ranem, a w ostatnich dniach miesiąca zniknie za horyzontem. W dniu 12 maja kometa 73P przejdzie w odległości jedynie 12 min km od Ziemi, osiągając jasność aż $6{,}5^m$, przez co stanie się ona widoczna nawet przez niewielkie lornetki. Niewielka odległość od Ziemi sprawi, że w okresie tym kometa będzie pokonywać aż 6° dziennie na sferze niebieskiej.

73P/Schwassmann-Wachmann: 1 V: $16^h46{,}0^m$, +32°08', $8{,}0^m$; 11 V: $20^h09{,}1^m$, +29°29', $6{,}6^m$; 21 V: $23^h28{,}2^m$, +5°22', $7{,}0^m$.

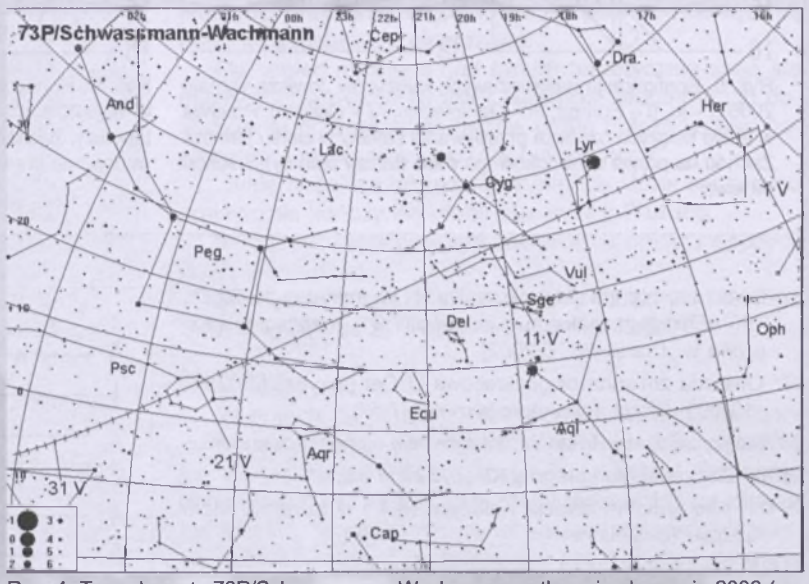
Meteory

W dniach od 19 kwietnia do 28 maja promieniują meteory z roju **eta Akwarydów (ETA)**, związanego z kometą Halleya, we wstępującym węźle jej orbity (obserwowany był już w VII w. w Chinach). W roju tym obserwuje się jasne, szybkie meteory, pozostawiające bardzo długie ślady. Maksimum aktywności roju przypada w tym roku w dniu 6 maja o godzinie 6 UT. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Wodnika i ma współrzędne: rekt. $22{,}5^h$, dekl. –1°. W porannych obserwacjach nie będzie już przeszkadzał Księżyc tuż po pierwszej kwadrze.

* * *



Rys. 3. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w maju i czerwcu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



Rys. 4. Trasa komety 73P/Schwassmann-Wachmann na tle gwiazd w maju 2006 (zaznaczone gwiazdy do 6^m)

1^d16^h Maksymalna libracja Księżyca (9,0°) w kierunku *Mare Australe* (oświetlone).

2^d09^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 3°.

$3^d22^h49^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

4^d09^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 3°.

4^d15^h Jowisz w opozycji do Słońca.

5^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

8^d14^h Minimalna libracja Księżyca (1,5°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

$8^d22^h40^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $4{,}9^m$ do $5{,}9^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2003].*

10^d Gwiazda zmienna długookresowa T Her (miryda) ($18^h09{,}1^m$, +31°01') osiąga maksimum jasności ($8{,}0^m$).

12^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

12^d12^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 5°.

$12^d20^h16^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*

15^d15^h Maksymalna libracja Księżyca (8,3°) w kierunku *Sinus Iridium* (oświetlona).

18^d20^h Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

19^d17^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 4°.

$19^d22^h29^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*

$20^d00^h31^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*

$20^d01^h12^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

21^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

$21^d04^h33^m$ Słońce wstępuje w znak Bliźniąt, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 60°.

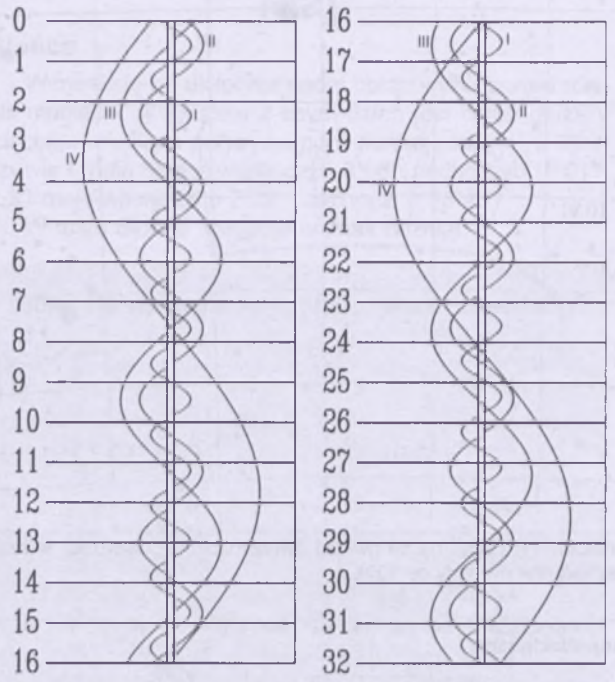
21^d13^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 1°.

22^d14^h Neptun nieruchomy w rektascensji.

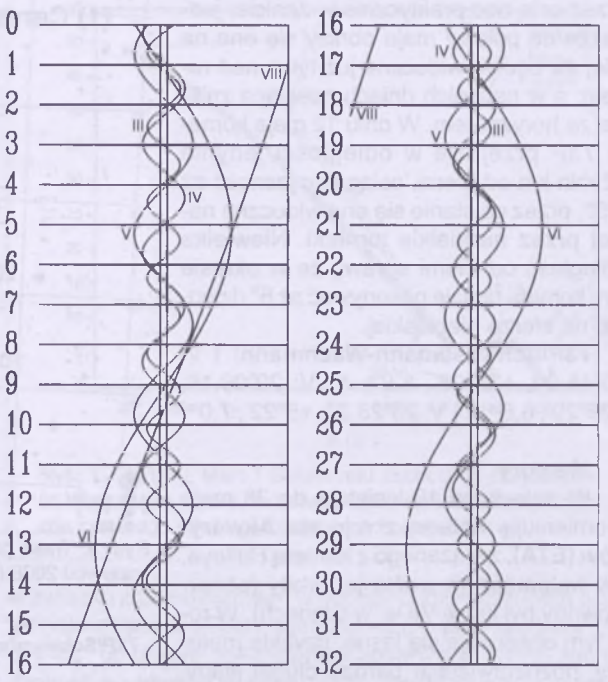
22^d17^h Minimalna libracja Księżyca (0,6°) w kierunku *Mare Fecunditatis* (zacienione).

23^d Gwiazda zmienna długookresowa R Lyn (miryda) ($7^h01{,}3^m$, +55°20') osiąga maksimum jasności ($7{,}9^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 2/2005].*

24^d04^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 3°.



Rys. 5. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w maju 2006 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 6. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w maju 2006 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

27^{d} Gwiazda zmienna długookresowa R Dra (miryda) (16^{h}32,6^{m}, +66°45') osiąga maksimum jasności (7,6^{m}) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2002]*.

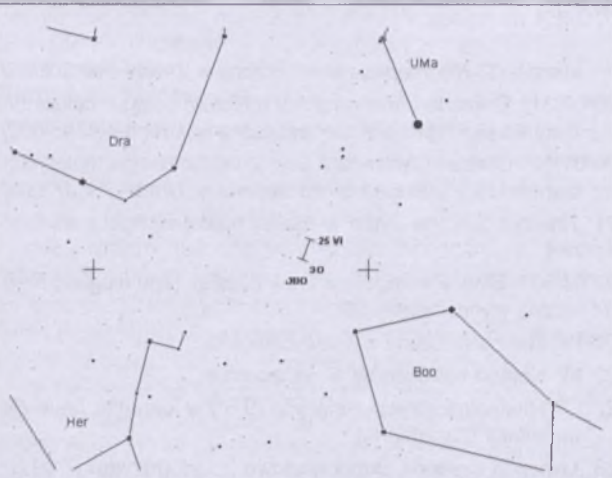
27^{d} Gwiazda zmienna długookresowa U Cet (miryda) (2^{h}33,7^{m}, –13°09') osiąga maksimum jasności (7,5^{m}).

28^{d} Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

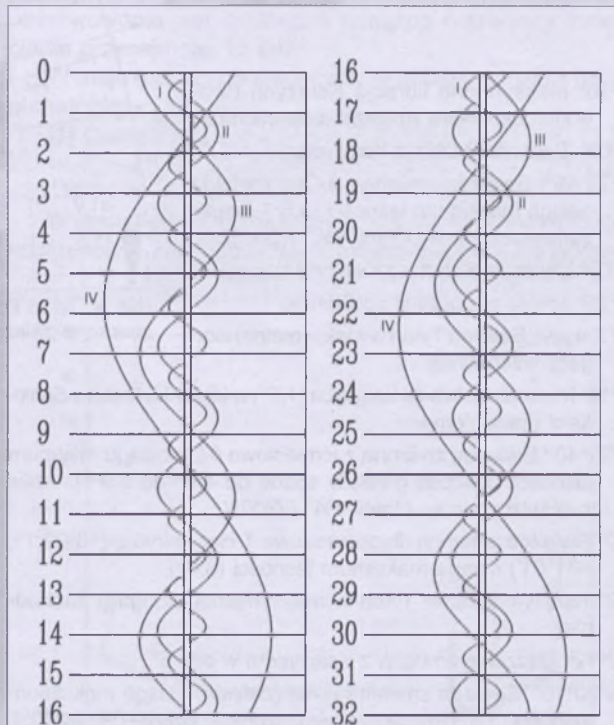
28^{d}02^{h} Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 2°.

29^{d}04^{h} Maksymalna libracja Księżyca (8,4°) w kierunku *Mare Australe* (oświetlone).

31^{d}23^{h} Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.



Rys. 7. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Bootydów (JBO) w okresie od 25 do 30 czerwca



Rys. 8. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w czerwcu 2006 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo

Czerwiec

Słońce

W czerwcu deklinacja Słońca wzrasta aż do dnia przesilenia letniego, 21 czerwca, kiedy osiągnie wartość maksymalną: Słońce wstępuje wtedy w zodiakalny znak Raka, rozpoczynając w ten sposób astronomiczne lato. W związku z tym w czerwcu przypada najdłuższy dzień i najkrótsza noc w roku na naszej półkuli.

W Warszawie 1 czerwca Słońce wschodzi o 2^h21^m, zachodzi o 18^h47^m, a 30 czerwca wschodzi o 2^h18^m, zachodzi o 19^h01^m. Najwcześniej Słońce wzejdzie w dniu 17 czerwca (2^h14^m), najpóźniej zajdzie w dniu 25 czerwca (19^h01^m).

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
VI 1	–15,50	–0,69	44,64
3	–14,75	–0,45	18,17
5	–13,97	–0,21	351,70
7	–13,18	0,04	325,23
9	–12,38	0,28	298,76
11	–11,56	0,52	272,29
13	–10,72	0,76	245,82
15	–9,87	1,00	219,34
17	–9,01	1,24	192,87
19	–8,14	1,47	166,40
21	–7,26	1,71	139,92
23	–6,37	1,94	113,45
25	–5,48	2,17	86,98
27	–4,58	2,40	60,50
VI 29	–3,68	2,63	34,03
VII 1	–2,77	2,85	7,56

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$4^d08^h57^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli pod koniec czerwca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $3^d23^h06^m$, pełnia $11^d18^h03^m$, ostatnia kwadra $18^d14^h08^m$ oraz nów $25^d16^h05^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się $4^d01^h39^m$, a w perygeum $16^d16^h59^m$.

Planety i planetoidy

Przez cały czerwiec wieczorem, nisko nad północno-zachodnim horyzontem, można obserwować **Merkurego**. W dniu 12 czerwca, w godzinę po zachodzie Słońca, wznosi się on na maksymalną wysokość, równą prawie 7°, świecąc wtedy z jasnością 0^m. Przez teleskop można wtedy obserwować tarczę planety o średnicy 7", w fazie zbliżonej do kwadry. Teleskopy o średnicy przynajmniej 15 cm i powiększeniu 150×, umożliwią w tym okresie obserwacje szczegółów na powierzchni Merkurego.

Poprawiają się nieco warunki porannej obserwacji **Wenus**, która pod koniec miesiąca osiąga na początku świtu cywilnego wysokość ponad 7° nad północno-wschodnim horyzontem, świecąc nadal z jasnością -4^m. Planeta w swoim ruchu wokół Słońca oddala się od Ziemi, w związku z czym średnica jej tarczy w czerwcu maleje od 14" do 12", przy powoli rosnącej fazie.

W czerwcu szybko pogarszają się warunki wieczornej widzialności **Marsa**. W pierwszych dniach czerwca, ok. 1,5 godziny po zachodzie Słońca, planeta znajduje się na wysokości 11° nad północno-zachodnim horyzontem, a już 23 czerwca znika za horyzontem. Dostrzeżenie Marsa w brzasku wieczornej zorzy utrudnia jego mała jasność, równa jedynie $+1,8^m$.

Warunki obserwacji **Jowisza** w porównaniu z majem praktycznie się nie zmieniają, jednak w związku z oddalaniem się od opozycji okres jego widzialności skraca się początkowo do pierwszej połowy nocy, a następnie (od połowy miesiąca) do wieczora.

Pogarszają się warunki obserwacji **Saturna**, którego jeszcze na początku czerwca można odnaleźć wieczorem na wysokości kilkunastu stopni nad północno-zachodnim horyzontem. Planeta z dnia na dzień świeci jednak coraz niżej nad horyzontem i już w drugiej połowie miesiąca jej obserwacje stają się niemożliwe.

Po koniec miesiąca nad ranem teoretycznie staje się możliwa obserwacja **Urana** i **Neptuna**, jednak w ich dostrzeżeniu przeszkadzać będzie niskie położenie nad horyzontem i jasne niebo okresu „białych nocy".

„Białe noce" są także przyczyną, dla której w czerwcu praktycznie kończy się okres obserwacji **Plutona**.

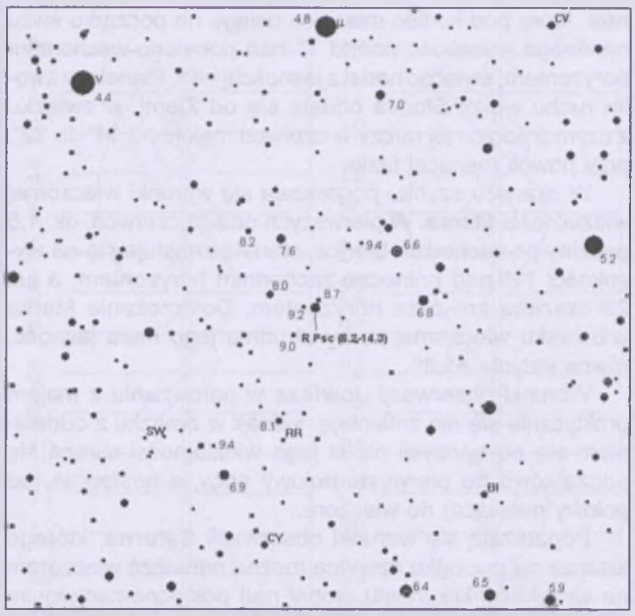
W czerwcu możemy obserwować w pobliżu opozycji jasną planetoidę:

(1) Ceres, (jasność $8,3^m$). 10 VI: $22^h08,9^m$, –21°39'; 20 VI: $22^h11,6^m$, –22°16'; 30 VI: $22^h11,9^m$, –23°06'.

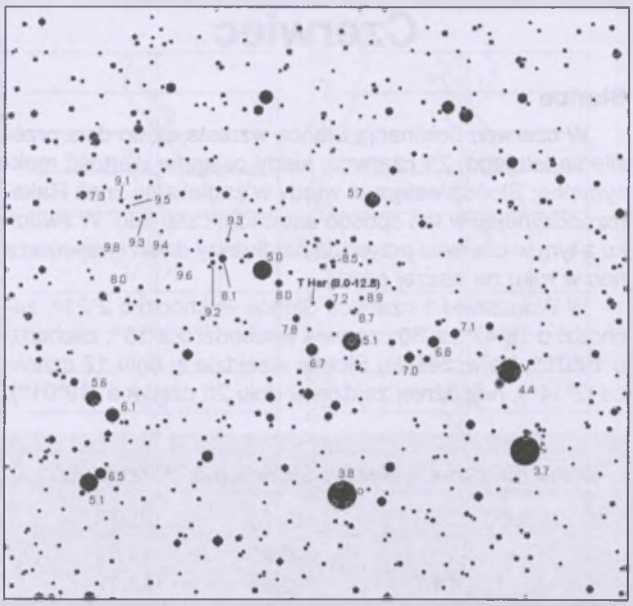
Meteory

W dniach od 11 do 21 czerwca promieniują meteory z roju czerwcowych **Lirydów** (**JLY**). Rój ten obserwowany był w latach 60. i 70. XX w., następnie zaniknął. Ponownie obserwowany w 1996 r., nie został jednak dobrze zbadany. Niestety, tegorocznym obserwacjom meteorów w okresie przewidywanego maksimum w dniu 16 czerwca przeszkadzał będzie Księżyc przed ostatnią kwadrą, jednak można próbować obserwować meteory z tego ciekawego roju jeszcze przed jego wschodem. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni kilka stopni na południe od Wegi i ma współrzędne: rekt. 18^h32^m, dekl. +35°.

W dniach od 26 czerwca do 2 lipca promieniują meteory z roju czerwcowych **Bootydów** (**JBO**). Rój ten obserwowany był w 1916 r., następnie być może w 1921 i 1927 r., po czym zaniknął. Dużym zaskoczeniem było ponowne pojawienie się czerwcowych Bootydów w 1998 r. i to od razu jako aktywnego roju — tzw. zenitalna liczba godzinna (ZHR) przez ponad pół doby wynosiła wtedy od 50 do ponad 100! Macierzysta kometa roju, 7P/Pons-Winnecke przechodziła przez peryhelium w styczniu 1996 i ponownie w maju 2002. Obecnie orbita komety zbliża się do orbity Ziemi na odległość aż 0,24 j.a., tak więc aktywność z 1998 r. musiała być związana ze starszym materiałem krążącym po orbicie rezonansowej z Jowiszem (z 1819, 1869 lub 1825 r.). Tegoroczne maksimum przewidywane jest w dniu 27 czerwca ok. godziny 14^h UT. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Wolarza i ma w tym dniu współ-



Rys. 9. Mapa gwiazdozbioru Ryb do obserwacji gwiazdy zmiennej R Psc ($1^h30^m38{,}3^s$, +2°52'55"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7°, północ u góry)



Rys. 10. Mapa gwiazdozbioru Herkulesa do obserwacji gwiazdy zmiennej T Her ($18^h09^m06{,}2^s$, +31°01'16"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7°, północ u góry)

rzędne: rekt. 14^h56^m, dekl. +48°. W obserwacjach tych niezwykle wolnych meteorów nie będzie przeszkadzał Księżyc tuż po nowiu.

* * *

4^d Gwiazda zmienna długookresowa R Lep (miryda) ($4^h59{,}6^m$, –14°48') osiąga maksimum jasności (6,8^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2002].*

4^d19^h Minimalna libracja Księżyca (1,4°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

6^d Gwiazda zmienna długookresowa R Vir (miryda) ($12^h38{,}5^m$, +6°59') osiąga maksimum jasności (6,9^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

8^d13^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 5°.

$8^d23^h48^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,4^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2005].*

11^d Gwiazda zmienna długookresowa R Psc (miryda) ($1^h30{,}7^m$, +2°52') osiąga maksimum jasności (8,2^m).

11^d Gwiazda zmienna długookresowa RT Cyg (miryda) ($19^h43{,}6^m$, +48°47') osiąga maksimum jasności (7,3^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2002].*

11^d12^h Maksymalna libracja Księżyca (8,2°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieniona).

uśmiechnij się!;)

Ostatnio zapanowała dziwna moda na dowcipy o aktorze-karatece Chucku Norrisie. Niektóre z nich „wyjaśniają" pewne problemy astronomiczne. Oto kilka z nich:
Pyt.: Co znaleziono na Marsie, a czego nie ujawniła NASA? Odp.: Wyryty napis na dnie Valles Marineris: „Byłem tu — Chuck Norris"
Pyt.: Dlaczego tak wiele galaktyk ma kształt wiru? Odp.: Też byś tak wyglądał po dostaniu od Chucka kopniaka z półobrotu…
Pyt.: Dlaczego Wszechświat rozszerza się? Odp.: Bo cały czas próbuje uciec Chuckowi!

12^d Gwiazda zmienna długookresowa RS Vir (miryda) ($14^h27{,}3^m$, +4°41') osiąga maksimum jasności (8,1^m).

$15^d21^h09^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

15^d23^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 4°.

16^d23^h Pluton w opozycji do Słońca.

$16^d23^h03^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,6^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2002].*

17^d17^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 1°.

18^d06^h Złączenie Marsa z Saturnem w odl. 0,6°.

18^d22^h Minimalna libracja Księżyca (1,7°) w kierunku *Mare Fecunditatis* (zacienione).

19^d13^h Uran nieruchomy w rektascensji.

20^d20^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 24°56'.

$21^d12^h27^m$ Słońce wstępuje w znak Raka, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 90°. Początek astronomicznego lata.

22^d Gwiazda zmienna długookresowa R Crv (miryda) ($12^h19{,}6^m$, –19°15') osiąga maksimum jasności (7,5^m).

23^d00^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 5°.

$24^d21^h42^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*

25^d06^h Maksymalna libracja Księżyca (8,2°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione).

27^d18^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 4°.

28^d23^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 1°.

UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby otrzymać datę w obowiązującym w maju i czerwcu w Polsce „czasie letnim", należy dodać 2 godziny.

Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opracował T. Ściężor

Interesujące obiekty: **Pegaz, Perseusz**

Obiekt	Rodzaj obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ′ : ″]	V [mag.]	Rozmiary kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] /F[mm]
PEGAZ							
M 15	GK	21:29:58,3	+12:10:03	6,3	18,0′	30–60/10–30×	40–70/300–1000
NGC 7331	G	22:37:05,1	+34:25:13	9,5	11′×4′	70–100/40–80×	80/800–1200
NGC 7814	G	00:03:43,5	+16:08:43	10,8	5,5′×2,3′	170–200/100×	150–200/2000
NGC 7479	G	23:04:56,7	+12:19:20	10,9	4,1′×3,2′		
NGC 7457	G	23:00:59,8	+30:08:41	11,0	4,4′×2,5′		
NGC 7741	G	23:43:54,3	+26:04:31	11,0	4,5′×2,9′		
NGC 7332	G	22:37:24,6	+23:47:53	11,0	4,2′×1,3′		
NGC 7619	G	23:20:14,6	+8:12:25	11,1	2,9′×2,6′		
NGC 7626	G	23:20:42,6	+8:13:01	11,2	2,5′×2,0′		
NGC 7177	G	22:00:41,2	+17:44:14	11,2	3,3′×2,3′		
NGC 7448	G	23:00:03,6	+15:58:48	11,4	2,7′×1,3′	200–250/120×	200–250/2000
NGC 7743	G	23:44:21,1	+9:56:02	11,4	2,8′×2,4′		
NGC 7742	G	23:44:15,7	+10:46:01	11,6	2,0′×2,0′		
NGC 7678	G	23:28:27,8	+22:25:16	11,8	2,3′×1,8′		
NGC 7817	G	00:03:58,5	+20:45:02	11,8	3,6′×0,9′		
NGC 7454	G	23:01:06,6	+16:23:21	11,8	2,0′×1,6′		
NGC 23	G	00:09:53,3	+25:55:26	11,9	2,1′×1,3′		
NGC 7625	G	23:20:30,2	+17:13:36	11,9	1,8′×1,7′		
PERSEUSZ							
Melotte 20	GO	03:22:00,0	+49:00:00	1,2	185′	30–50/6–10×	30–50/58–200
NGC 1499	M	04:03:14,4	+36:21:33		160′×40′		40–70/58–300
M 34	GO	02:42:05,0	+42:45:42	5,2	25,0′	40–60/8–15×	40–70/135–500
NGC 869	GO	02:19:03,7	+57:08:06	5,3	18,0′		
Trumpler 2	GO	02:37:18,0	+55:59:00	5,9	20,0′	40–60/10–30×	40–70/300–1000
NGC 884	GO	02:22:32,0	+57:08:39	6,1	18,0′		
NGC 1545	GO	04:20:56,2	+50:15:19	6,2	12,0′		
NGC 1528	GO	04:15:18,8	+51:12:41	6,4	18,0′		
NGC 1444	GO	03:49:22,8	+52:39:44	6,6	4,0′		
NGC 1342	GO	03:31:40,1	+37:22:28	6,7	17,0′		
NGC 1582	GO	04:31:47,0	+43:46:30	7,0	24,0′	50–70/20–40×	60–80/300–1000
IC 348	GO	03:44:34,1	+32:09:47	7,3	10,0′		
NGC 957	GO	02:33:19,0	+57:34:11	7,6	10,0′		
NGC 744	GO	01:58:29,9	+55:28:29	7,9	5,0′		
NGC 1245	GO	03:14:41,4	+47:14:19	8,4	10,0′	60–90/40–80×	60–80/300–1000
NGC 1513	GO	04:09:54,6	+49:31:02	8,4	12,0′		
NGC 1023	G	02:40:24,1	+39:03:48	9,5	8,7′×3,3′	70–100/40–80×	80/800–1200
Ruprecht 148	GO	04:46:30,0	+44:44:00	9,5	3,0′	80–120/60–90×	80–100/1500
NGC 1496	GO	04:04:31,8	+52:39:41	9,6	3,0′		
Czernik 8	GO	02:33:00,0	+58:44:00	9,7	7,0′		
Berkeley 68	GO	04:44:30,0	+42:04:00	9,8	12,0′		
Basel 10	GO	02:18:48,0	+58:19:00	9,9	2,0′		
M 76	MP	01:42:18,1	+51:34:17	10,1	3,1′	150/80–120×	100–150/2000
Berkeley 11	GO	04:20:36,0	+44:55:00	10,4	6,0′	150/60–100×	100–150/1500
NGC 1605	GO	04:34:52,2	+45:16:17	10,7	5,0′		
NGC 1161	G	03:01:14,1	+44:53:51	11,1	3,1′×2,2′	170–200/100×	150–200/2000
NGC 1025	G	02:43:29,9	+37:20:29	11,2	3,0′×2,9′		
NGC 1003	G	02:39:16,6	+40:52:22	11,3	5,4′×2,1′		
IC 2003	MP	03:56:22,0	+33:52:32	11,4	20,0″	200/100–150×	250/3000–4000
NGC 1169	G	03:03:34,8	+46:23:11	11,6	4,4′×3,0′	200–250/120×	200–250/2000
NGC 1174	G	03:05:30,9	+42:50:08	11,7	3,2′×1,2′		
NGC 1275	G	03:19:48,1	+41:30:41	11,7	2,6′×1,9′		
NGC 1220	GO	03:11:40,6	+53:20:53	11,8	2,0′	200–250/100×	200–250/2000
NGC 1624	GO	04:40:36,4	+50:27:42	11,8	3,0′		
NGC 1129	G	02:54:27,3	+41:34:47	11,9	4,0′×3,0′	200–250/120×	200–250/2000
IC 351	MP	03:47:33,0	+35:02:50	11,9	18,0″	200–250/150×	250/3000–4000

G — galaktyka, GO — gromada otwarta, GK — gromada kulista, M — mgławica, MP — mgławica planetarna

Wiesław Skórzyński

Michał Heller: ***Granice kosmosu i kosmologii****. Wyd. Nauk. SCHOLAR, 256 s., Warszawa 2005.*

Ksiądz prof. Michał Heller opublikował kolejną książkę będącą w pewnym sensie nowym wydaniem, a zarazem kontynuacją znanej miłośnikom astronomii pozycji *Ewolucja kosmosu i kosmologii*, drukowanej swego czasu w odcinkach na łamach „Uranii" i następnie dwukrotnie wydanej przez PWN (1983, 1985).

W *Przedmowie* autor pisze: „Nowy tytuł, *Granice kosmosu i kosmologii*, jest ostrzeżeniem, a jednocześnie wyzwaniem. Ostrzeżeniem, że zbliżamy się do obszaru hipotez i domysłów, wyzwaniem — gdyż wszystkie granice w nauce są po to, aby je przekraczać".

W odróżnieniu od poprzednich wydań ta nowa pozycja popularnonaukowa księdza profesora zawiera, oprócz aktualizacji treści do obecnego stanu wiedzy o Kosmosie, kilka nowych rozdziałów, a mianowicie: *Kosmologia i polityka*, w którym autor przedstawia tragiczne dzieje kosmologów rosyjskich w czasach władzy despoty Stalina, następnie — *Czy COBE zobaczył początek świata?*, *Problemy kosmicznego budżetu* (poświęcony głównie ciemnej materii i ciemnej energii), *Wielka inflacja i głowa wezyra* (zamiast rozdziału *Standardowy model kosmologiczny*), ponadto tytułowe *Granice kosmosu* i *Granice kosmologii*, wreszcie jako ostatni rozdział — *Mapa Wszechświata*. Autor dołączył również do tekstu kilka nowych ilustracji i reprodukcji, o wiele lepszej jakości niż w poprzednich wydaniach.

Sądzę, iż warto przedstawić tylko te wyżej wymienione rozdziały (i mam nadzieję, że autor wybaczy mi taką powściągliwość).

Jest oczywiste, że w czasach PRL autor nie mógł pisać o prześladowaniach uczonych rosyjskich w ZSRR, mimo iż była to niezmiernie ponura i tragiczna historia. W latach 30. XX w., w tym „raju krat", kosmologia została wręcz zakazana („wszechświat jest po prostu nieskończony w czasie i przestrzeni, zaś reszta to bzdura idealistyczna..." — taki był mniej więcej tenor wypowiedzi sowieckich marksistów-materialistów), a niektórzy uczeni zajmujący się kosmologią, zwłaszcza relatywistyczną, byli po prostu likwidowani fizycznie. *Net czeloveka — net problemy*, jak był zwykł mawiać towarzysz Stalin, „genialny wódz całej postępowej ludzkości".

Kolejny z nowych rozdziałów (**21**) przedstawia najnowsze osiągnięcia w kosmologii, czyli prezentuje wyniki astronautycznej misji satelity *COBE*, który wykrył fluktuacje temperatury promieniowania tła.

W następnym rozdziale (**22**) autor dyskutuje przede wszystkim problem ciemnej materii i tzw. ciemnej energii. Oszacowanie ich ilości wydaje się wskazywać, że średnia gęstość Wszechświata $\rho \approx \rho_{kr}$, tzn. parametr gęstości $\Omega = \rho/\rho_{kr} \approx 1$, lecz wciąż jeszcze nie wiemy, czy jest on mniejszy czy większy od jedności.

Rozdział **23** traktuje o kłopotach modelu standardowego i o teorii wielkiej inflacji, której występowanie w bardzo, bardzo zamierzchłej przeszłości Wszechświata zostało przecież potwierdzone empirycznie (zob. np. „Urania – PA", nr 5/2002).

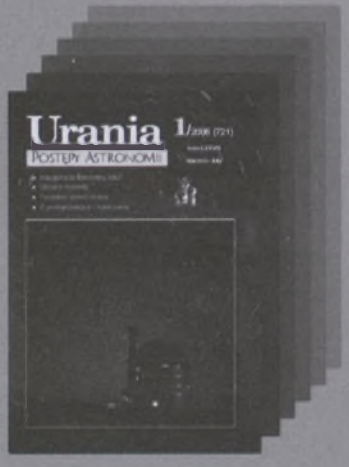
Natomiast rozdział **24** omawia kwestie związane z granicami i historią Kosmosu, a rozdział **25** przedstawia granice kosmologii, czyli aktualny stan wiedzy o Wszechświecie.

Ostatni rozdział (**26**) prezentuje mapę wczesnego Wszechświata według najnowszych danych obserwatorium orbitalnego *WMAP*. Otwiera go motto: *„Ostatecznym celem jest pełne zrozumienie globalnych własności Wszechświata"*. I takimiż niemal słowami zamyka ksiądz profesor swoją znakomitą pozycję poświęconą Kosmosowi i kosmologii.

Do zasadniczego tekstu książki została ponadto dołączona *Bibliografia do poszczególnych rozdziałów* oraz *Indeks nazwisk*.

Należy jeszcze nadmienić, iż rozdziały: **21**–**26** zostały zamieszczone zamiast rozdziału 20. — *Standardowy model kosmologiczny* — występującego w poprzednich wydaniach (*Ewolucja kosmosu i kosmologii*) z lat 1983 i 1985.

T. Zbigniew Dworak



INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2006 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 1160220200000000055305241

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii" i „Uranii-PA" udziela:

Karolina Wojtkowska
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: urania@astri.uni.torun.pl
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

Kosmos Konrada K.

Może to już efekt starzenia się, ale coraz częściej zdarza mi się czuć zmęczenie muzyką — głośnymi dźwiękami, natarczywymi rytmami i melodiami. Mam wtedy ochotę uciec w świat ciszy. Ale każdy, kto próbował kiedyś uciec od wszelkich dźwięków generowanych przez zewnętrzne źródła, wie, że osiągnięcie stanu totalnej ciszy jest praktycznie nieosiągalne — zaczynamy słyszeć dźwięki wcześniej niezauważalne, pozostające poza progiem czułości naszych słuchowych receptorów: tykanie zegara za ścianą, efekty naprężeń w podłodze, odgłosy kanalizacji w ścianie, wreszcie pulsowanie krwi we własnym ciele... No, chyba że ktoś naprawdę ogłuchnie, czego oczywiście nikomu nie życzę. Ale i w tym wypadku mam wątpliwości. Wszak swe najgenialniejsze dzieła Beethoven stworzył wtedy, gdy tracił fizyczny słuch! A jeśli już odwoływać się do zjawisk fizycznych, to obserwatorom bolidów znany jest fenomen objawiający się słyszeniem dźwięków, których nie powinni słyszeć, bo równocześnie towarzyszą one obserwacji czegoś, co przestrzennie jest oddalone od widza dziesiątki kilometrów. Tak więc słyszany dźwięk musiałby mieć prędkość światła, a nie skromne 330–340 m/s. A jednak... Słyszane dźwięki nazywane są elektrofonicznymi a ich wyjaśnienie to organiczne drgania wywołane bodźcami elektromagnetycznymi towarzyszącymi przelotowi bolidu w atmosferze, odbierane przez umysł człowieka jak prawdziwe dźwięki mechaniczne!

Z kolei znane jest powszechnie „słyszenie" bardzo niskich dźwięków całym ciałem. Proszę więc zrozumieć moje wątpliwości, czy głusi naprawdę nic nie słyszą?

Dawno temu, gdy byłem młodym chłopakiem i zaczytywałem się w literaturze science fiction, często przed zaśnięciem mój umysł udawał się w podróże do światów odległych gwiazd. Był to w większości czas ciszy i spokoju, dający wytchnienie po trudach powszedniej krzątaniny i szkolnych stresów. Nie miałem jeszcze wtedy zwyczaju puszczania sobie z magnetofonu muzyki na dobranoc, więc najczęściej jedyną muzyką słyszaną przed zaśnięciem były dziwne kompozycje wyobraźni.

Ostatnio odniosłem wrażenie, że mogłaby z tego powstać właśnie taka muzyka, jaką odnalazłem na płycie Konrada Kucza „Cosmo".

Na początku jest odliczanie. Takie zwykłe banalne odliczanie jak przed każdym startem z kosmodromu. Potem, o dziwo, nie ma żadnych huków włączonych silników, rozgorączkowanych głosów komentatorów itd. Ogarnia nas błogi świat dźwięków, w którym zanurzamy się z prawdziwą lubością. Przedziwny sen na jawie. Z wkładki do płyty dowiaduję się, że to lot na Wenus. *Te początkowe 7 min i 19 s mijają zbyt szybko. Ale oto jesteśmy* na orbicie. *To chyba efekt hibernacji, bo nie wiem, czy jeszcze nie zasnąłem, czy może już się obudziłem. Ze zdziwieniem stwierdzam, że to nie orbita Ziemi. Słyszę, jak ktoś z załogi prowadzi rozmowę z Ziemią, ale jej treść jakby wcale nie docierała do świadomości. Moją uwagę przykuwa dziwny widok. Pod nami tajemnicze* czerwone kaniony. *Lądujemy. W sferę świadomości coraz nachalniej wdziera się szokująca myśl: nie jesteśmy tu sami? Czyżby w tym fascynujacym, ale jakże niegościnnym dla naszych delikatnych białkowych struktur organicznych świecie istnieli jacyś* Wenusjanie*?*

Ale oto naszą uwagę przykuwają zadziwiające zjawiska w górze, na niebie (swoją drogą, czy można to nazywać niebem, skoro nie jest niebieskie?). Czy to... tańczące meteory*?*

Naszą uwagę od fascynującego zjawiska w górze (a może to coś jak znane nam zorze polarne?) odciąga sygnał z sondy R-10. *Czas na konkretną pracę. Powoli zbieramy materiały, które pozwolą zrozumieć porządek tego odmiennego świata (*Cosmo*).*

I znowu te, jak je nazwaliśmy, tańczące meteory. *Czas na łączność z bazą. Wszystko w porządku. Robota wykonana. Możemy szykować się do* powrotu. *Długiego powrotu. Ale wiem, że potężna magia Kosmosu niedługo zmusi nas do nowej podróży. Tyle jeszcze Nieznanego i Fascynującego przed nami...*

Płytę „Cosmo" Konrad Kucz zrealizował w roku 2000. Kosmiczne akcenty odnalazłem także na jego ubiegłorocznej płycie „Tracks" z zakamuflowanymi niebieską barwą obrazami powierzchni Marsa na okładce. Muzycznie to już co prawda klasyczne sekwencerowe granie znane z nurtu szkoły berlińskiej. Jednak to, co dla tego muzyka najbardziej typowe, to tzw. ambient — gatunek muzyki elektronicznej cechujący się odejściem od linearnie rozwijanej linii melodycznej na rzecz luźnej kompozycji plam dźwiękowych.

Wszystkim, którzy kiedyś tak jak ja przemierzali lub właśnie przemierzają w wyobraźni kosmiczne otchłanie nieznanych światów, polecam fascynujący kosmos dźwięków Konrada K.

Jacek Drążkowski

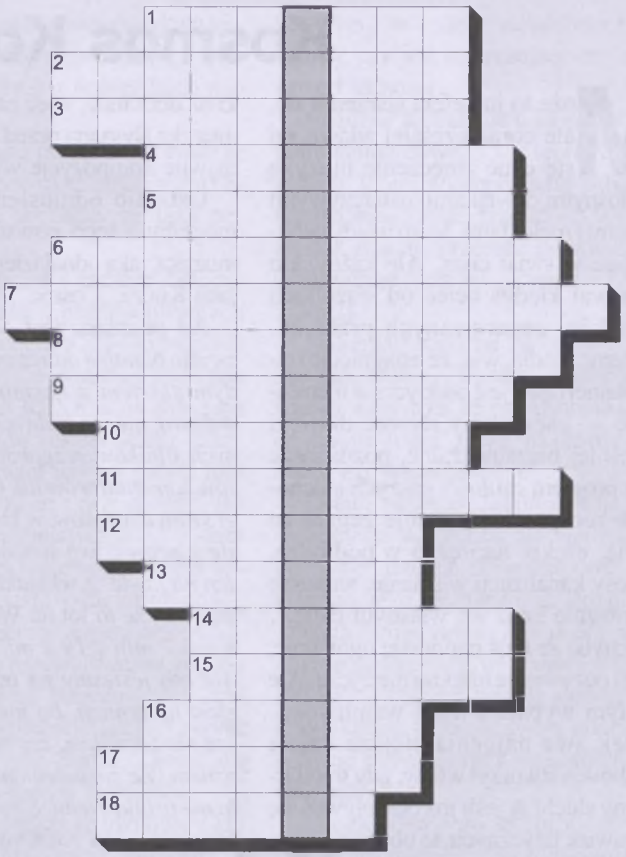
O samym artyście i jego bogatej działalności artystycznej można przeczytać na stronach internetowych, m.in.: http://www.requiem.serpent.pl/konradkucz/nagraniabardzoarchiwalne.html

Kupon konkursowy Urania-PA 2/2006

Rozwiązaniem krzyżówki z „Uranii-PA" nr 6/2005 jest hasło: „ZJAZD WE WROCŁAWIU".

Nagrody książkowe wylosowali: **Wiesław i Paweł Kołacz** z Myszkowa i **Przemysław Błaszczyk** z Piekar Śląskich. Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą. Wszystkich zapraszamy do nowej zabawy. Do diagramu należy wpisać słowa odpowiadające poniższym opisom (wszystkie występują w bieżącym zeszycie „Uranii"!). Litery z wyróżnionych pól utworzą hasło, które jest rozwiązaniem krzyżówki.

1. Katalog lub teleskop
2. Z nich zbudowane są Ida i Daktyl
3. Prof. Wilhelmina ...
4. Minimum z przełomu XVI i XVII w.
5. Jeden z twórców teorii efektu YORP
6. Koziorożec
7. Słoneczne
8. Mały Książę
9. Jeden z odkrywców pierwszego potrójnego układu planetoid
10. Niedawno wrócił na Ziemię
11. Jeden ze współczesnych badaczy naszej dziennej gwiazdy
12. Współtwórca warunku równowagi gwiazdy neutronowej
13. Nowa misja do badania Słońca
14. Cząstka bez ładunku
15. Księżyc Saturna
16. Laureat Nagrody Nobla z 1974 r.
17. Jeden z twórców słynnego diagramu
18. Zjonizowany gaz



Autor: Joanna Drążkowska

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwie płyty CD z muzyką Konrada Kucza. Na rozwiązania czekamy do końca kwietnia br. Osoby nie będące prenumeratorami „Uranii-PA" muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

Słowa kluczowe w krzyżówce z „Uranii-PA" 6/05: 1. Paczyński, 2. Juno, 3. Belkawe, 4. Zonn, 5. Cefeidy, 6. Heweliusz, 7. Kratery, 8. Lew, 9. Urzędów, 10. Kosmologia, 11. Obrączkowe, 12. Słońca, 13. ASAS, 14. William, 15. Spitzera, 16. Taurus.

Ciekawe strony internetowe...

Jednym z tematów „Rozmaitości" w obecnym numerze naszego pisma jest misja „New Horizons". Dobrym i ciągle uzupełnianym źródłem informacji na jej temat jest strona http://pluto.jhuapl.edu, gdzie można znaleźć bieżące informacje dotyczące sondy. Dla niecierpliwych jest dostępny 40-stronicowy opis misji (Mission Guide), gdzie można dowiedzieć się, o co w tym wszystkim chodzi. Z drugiej strony „wędrówka" po licznych menu pozwala na pełniejsze zorientowanie się w szczegółach. W lipcu roku 2015 próbnik ma dotrzeć w okolice Plutona. Podróż na tym się jednak prawdopodobnie nie zakończy. Jeśli zostanie zatwierdzone przedłużenie misji, to na lata 2016–2020 jest przewidziane dalsze zbieranie danych z obszaru Pasa Kuipera.

Do tych terminów mamy jeszcze trochę czasu, ale już teraz warto zapoznać się ze stroną Davida C. Jewitta na temat Pasa Kuipera http://www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt/kb.htm — jest to tym ciekawsze, że na naszych oczach zmienia się definicja planety — David Jewitt odsyła nas w tej sprawie do ciekawej dyskusji pojęcia planety (również w perspektywie historycznej) przedstawionej przez Daniela Greena http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/icq/ICQPluto.html.

(*rs*)

Galeria Uranii

Poniższe zdjęcie przedstawia złączenia Marsa z Księżycem 8 stycznia 2006 r. o godz. 19.50 UT, czas naśw. ~1/30 s, obiektyw MTO-1000 z konwerterem (F = 2000 mm), negatyw 200 ASA, aparat Praktica MTL50. Fot. Marcin Filipek

Zdjęcie Wenus wykonane w Krakowie 7 stycznia 2006 r. o godz. 16:43 CSE. W rogu efekt montażu 5 zdjęć Wenus wykonanych pół godziny wcześniej w projekcji okularowej teleobiektywu MTO 1000 przy powiększeniu 200 razy. W obu przypadkach użyto aparatu HP Photosmart 735. Fot. Tomasz Ściężor

Zdjęcie zaćmienia Słońca w Hiszpanii w październiku 2005 r. to dzieło Tomasza Lewandowskiego. Powstało ze złożenia 2 klatek: jednej zawierającej całą sekwencję zaćmienia wykonaną przez folię Baadera i drugiej — zdjęcia z panoramą Toledo, widoczną z miejsca obserwacji. Całość została wykonana aparatem Mamiya RB67 (format 6x7) na filmie Fuji Reala 100 z czasami ekspozycji 1/400 przy f/5,6, a w maksimum zaćmienia 1/250 przy f/5,6

ISSN 0032-5414

Urania

Postępy Astronomii

special issue

2006

Proceedings of the 32nd meeting of the Polish Astronomical Society in Wrocław, September 19–23, 2005. Sessions:

- Stellar Pulsation — Asteroseismology
- Solar Physics

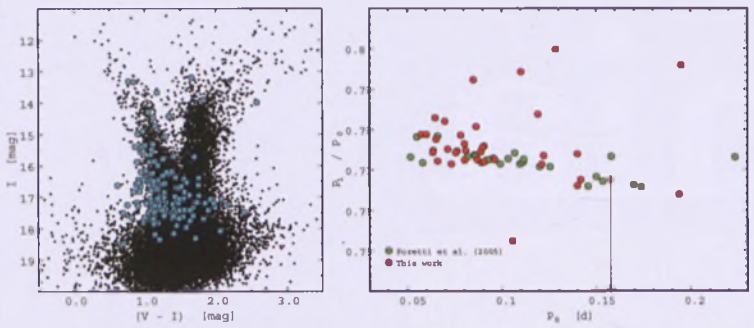


Plate 1. Left: Colour-magnitude diagram for 193 HADS stars found in the OGLE-II photometry of Galactic fields. Right: Petersen diagram for multiperiodic HADS stars. Green points denote stars listed by Poretti et al. (2005), red, 42 multiperiodic HADS found in our study. Period ratios of the ten remaining HADS stars we found lie outside the range shown in the figure. The vertical line connects two points for the same triple-mode star
See Pigulski page 18

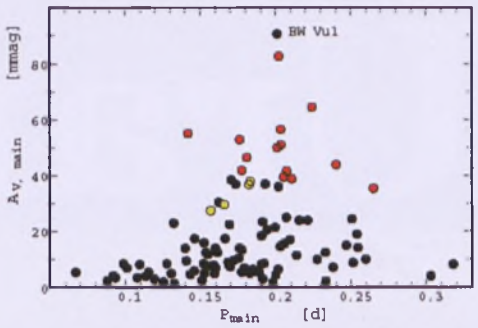


Plate 2. *V*-filter semi-amplitudes of the main modes, $A_{V,main}$, of β Cephei stars plotted against their periods, P_{main}. Red dots denote new β Cephei stars found in the the ASAS-3 data, yellow, those found in the ASAS-3 database, but known before, black, the remaining stars of this type. BW Vul is labelled
See Pigulski page 18

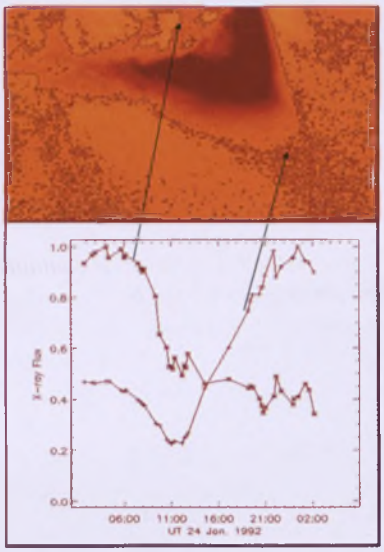


Plate 3. Reformed streamer with cusp. X-ray light curves from above and below streamer indicate dimming – upper curve later increases due to streamer expansion.
See Culhane page 31

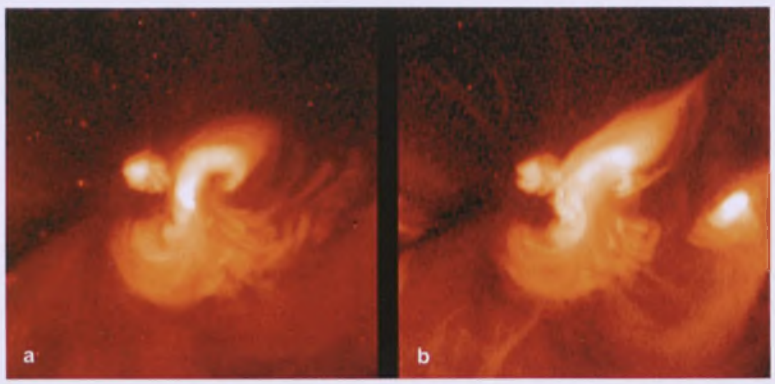


Plate 4. *Yohkoh* SXT observation of a sigmoid structure a) pre- and b) post-eruption. See Culhane page 31

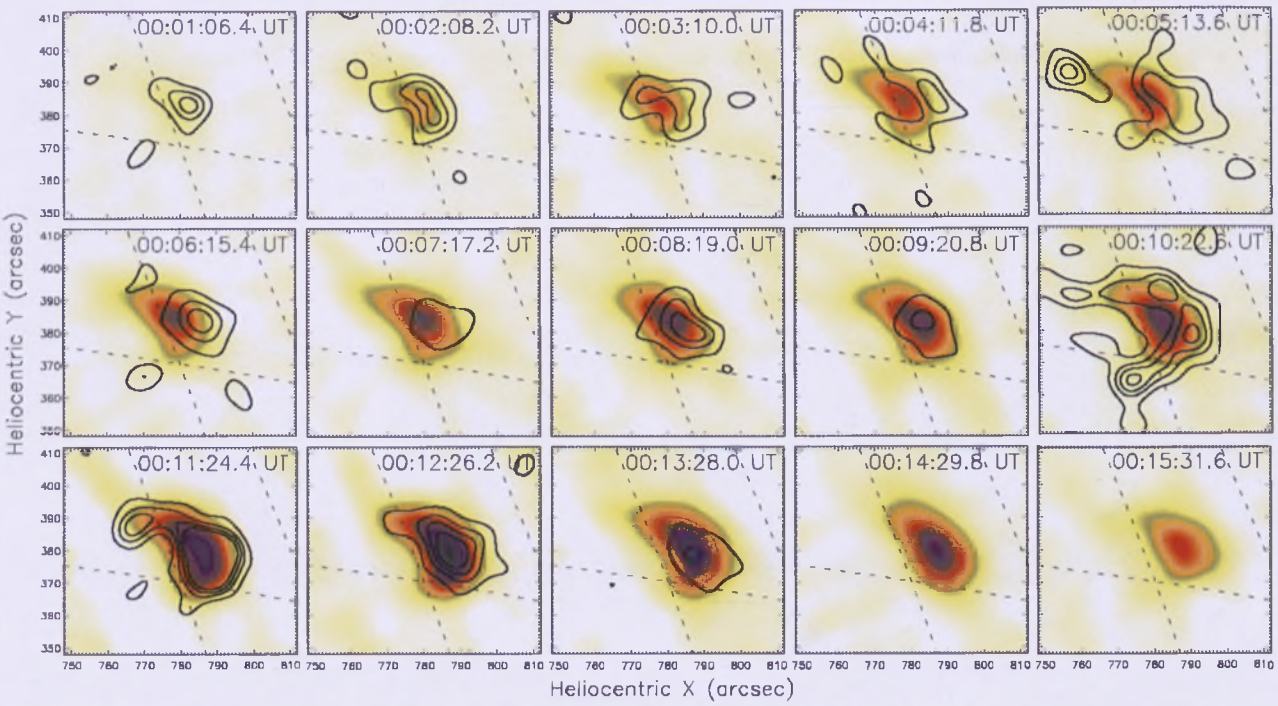


Plate 5. *RHESSI* image sequence for the M3.2 flare of 2002 April 14/15, from Veronig & Brown (2004). The images show 6–12 keV, the contours 25–50 keV RHESSI maps reconstructed with CLEAN using grids 3 to 8 (except 7). The soft 6–12 as well as the hard 25–50 keV emission are concentrated near the loop top. Only during the impulsive rise (00:01–00:06 UT) and briefly during the late highest peak (00:10:22 UT), is weak footpoint emission detectable in the 25–50 keV band. Note that throughout the event the loop top is the predominant HXR source, whereas in 'normal' events footpoint emission prevails at high energies. See Brown page 38

Szanowni Państwo,

W dniach 19–23 września 2005 r. odbył się we Wrocławiu XXXII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. W programie Zjazdu dwie spośród pięciu sesji plenarnych poświęcone zostały asterosejsmologii i heliofizyce. Od lat te dziedziny astronomii są uprawiane z powodzeniem w Instytucie Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego. Spotkanie astronomów polskich wykorzystaliśmy jako sposobność do zaprezentowania aktualnego stanu wiedzy w tych dziedzinach. Aby obraz ten był możliwie obiektywny i pełny, zaprosiliśmy również gości zagranicznych, osoby o znaczącym dorobku naukowym, z którymi owocnie współpracujemy. W każdej sesji zaprezentowanych zostało sześć 30-minutowych referatów przeglądowych. Ze względu na udział gości zagranicznych językiem konferencyjnym był język angielski.

Niniejszy specjalny numer „Uranii – Postępów Astronomii" został wyodrębniony z bieżącej numeracji czasopisma, ze względu na nietypowy układ charakterystyczny dla materiałów z konferencji naukowej i eksperymentalny charakter – jest to pierwszy numer tego czasopisma zredagowany w całości w języku angielskim. Zawiera 10 artykułów przygotowanych przez autorów na podstawie ich referatów wygłoszonych podczas Zjazdu. Otrzymujemy w ten sposób cenne źródło wiedzy użyteczne zarówno dla tych, którzy na co dzień zajmują się asterosejsmologią bądź heliofizyką, jak i dla tych, którzy pragną kompetentnego wprowadzenia w te dziedziny astronomii. Mam nadzieję, że stałe grono miłośników „Uranii – Postępów Astronomii" powiększy się dzięki temu wydawnictwu o wielu nowych czytelników zza granicy.

Dziękuję zespołowi redakcyjnemu „Uranii – Postępów Astronomii", a szczególnie Prof. Andrzejowi Woszczykowi, za udostępnienie łamów swojego czasopisma do prezentacji materiałów zjazdowych.

Dziękuję autorom referatów/artykułów za przyjęcie zaproszenia i miłą współpracę.

Dziękuję prof. prof. Jerzemu Jakimcowi i Mikołajowi Jerzykiewiczowi za pomoc w przygotowaniu sesji zjazdowych i w redagowaniu niniejszego numeru, a mgr Barbarze Cader-Sroka za serwis fotograficzny.

Życzę Państwu interesującej lektury.

Dear Sirs,

The 32nd meeting of the Polish Astronomical Society was held in Wrocław on 19–23 September 2005. Two out of five plenary sessions in the meeting programme were devoted to asteroseismology and solar physics. For many years these two branches of astronomy have been fruitfully explored in the Astronomical Institute of the Wroclaw University. Therefore, we used the meeting of polish astronomers as an opportunity to show our present knowledge in these branches. To picture asteroseismology and solar physics in a possibly objective and comprehensive way, we invited several foreign speakers, our collaborators, having leading positions in these branches. During each session six 30-minutes talks were given. Regarding of the participation of speakers from abroad the conference language was English.

This special issue of the "Urania – Postępy Astronomii" has been excluded from the current numeration of the journal due to an unusual structure typical for the proceedings of a scientific conference and due to its experimental character – this is the first issue of this journal wholly edited in English. It contains 10 articles prepared by the authors on the basis of their talks given during the meeting. In this way, we have received valuable source of knowledge useful for everybody already involved in asteroseismology or solar physics as well as for everybody who needs competent introduction to these branches. I hope that thanks to this issue the "Urania – Postępy Astronomii" will gain many new foreign readers.

I thank the editorial board of the "Urania – Postępy Astronomii", especially Professor Andrzej Woszczyk, for allowing me to use their journal to present the proceedings of the meeting.

I acknowledge the authors of the talks/articles for their kind response to my invitation and for a brilliant cooperation.

I thank Professors Jerzy Jakimiec and Mikołaj Jerzykiewicz for their help in organizing the sessions and in editing this issue. Photo service of Mrs. Barbara Cader-Sroka is also acknowledged.

I wish everybody an interesting reading.

Michał Tomczak (*Guest Editor*)

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)
http://urania.pta.edu.pl

URANIA – Polish Amateur Astronomical Society monthly (miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii) founded in 1922 and POSTĘPY ASTRONOMII — Polish Astronomical Society quarterly (kwartalnik Polskiego Towarzystwa Astronomicznego) founded in 1953, merged together in 1998 to form a bimonthly astronomical review magazine under the joint title URANIA – POSTĘPY ASTRONOMII. It publishes review articles in various domains of contemporary astronomy, displays and describes different astronomical objects, explains the various celestial phenomena. It serve the astronomers, students, teachers and observers of celestial events, informs about the astronomical activities in Poland.

Editor: Andrzej Woszczyk
Centrum Astronomii UMK
Gagarina 11, 87-100 TORUŃ, Poland
E-mail: aw@astri.uni.torun.pl

BIBLIOTEKA Uniwersytecka

table of contents

I. Stellar Pulsation — Asteroseismology

4 *Observational aspects of main-sequence pulsators*

Gerald Handler

We review the status and promise of asteroseismic studies of multiperiodically pulsating main sequence stars from an observer's point of view. Whereas the interior structure of the Sun is extremely well known due to the success of helioseismology, the situation is less satisfactory for other types of pulsators. We discuss the outcome and potential of seismic studies of solar-like oscillators and β Cephei stars, both of which are already being undertaken. In addition, we point out the problems and prospects for interior structure modelling of the roAp, δ Scuti, γ Doradus and Slowly Pulsating B stars.

9 *Delta Scuti stars: New aspects*

Michel Breger

The Delta Scuti pulsators are situated on and slightly above the main sequence. Their asteroseismological properties, including the role of rotation on amplitude and mode selection, are briefly reviewed. The best observed star is FG Vir, for which 2000+ hours of high-precision photometry have revealed 75+ frequencies of pulsation. The combination of spectroscopic and photometric techniques as well as pulsation modelling has made it possible to identify the nature of the major pulsation modes. We also discuss unsolved problems such as the excess of close pulsation modes with almost identical frequencies, the related Blazhko Effect, and the problem of explaining the large frequency range of the excited pulsation modes.

14 *Searching for main-sequence pulsators in massive photometries*

Andrzej Pigulski

Following development of large-format CCD detectors which can be used in the long-term monitoring of large areas of the sky, many observing programs were initiated in the last decade. Among them, microlensing surveys are those which already provided a huge amount of photometric data of good quality for millions of stars in the Galaxy and Magellanic Clouds. Some all-sky surveys like the All-Sky Automated Survey (ASAS, Pojmański, 1997) provided photometry for thousands bright variable stars as well. Photometric databases resulted from these surveys are available to the public and can be used to study photometric variability of a variety of objects, including almost all types of pulsating stars.

I present a short overview of the results of the ongoing study in which some of these massive photometries are used in the search for main-sequence pulsators. This is the work performed by a group of astrophysicists and Ph.D. students in the University of Wroclaw (Z. Kołaczkowski, G. Kopacki, G. Michalska, A. Narwid, A. Pigulski, and T. Ramza) in collaboration with the Optical Gravitational Lensing Experiment (OGLE) group (M. Kubiak, G. Pietrzyński, I. Soszyński, O. Szewczyk, M. Szymański, A. Udalski, P R. Woźniak, Ł. Wyrzykowski, and K. Żebruń) and G. Pojmański who is conducting the ASAS project.

19 *Multimode stellar pulsation: Challenges and prospects*

Wojciech A. Dziembowski

Simultaneous excitation of a large number of oscillation modes is observed in a large variety of stars. I review basic properties of multimode pulsators focusing attention on mechanisms that drive pulsation. Methods of extracting information about stars from the oscillation spectra are described. The cases of a pulsating subdwarf and two β Cephei-type stars are discussed in greater detail.

II. Solar Physics

25 *Solar activity and climate*

Cornelis de Jager

Measurements in terrestrial ice cores and in biological sediments provide information on past variations of the tropospheric temperature as well as on those of past solar activity. It appears that both are correlated, although not strongly. Never in the past ten thousand years has the sun been as active as in the past half century. The climate has been extreme too in that same period of time. The question of the causal relationship is of interest.

Solar activity is driven by the solar dynamo. Helioseismology has provided us with good information on the internal solar conditions and processes, especially those in the tachocline, which is important as the seat of magnetic fields.

Solar variability has two aspects: a regular variation of the solar irradiance and the emission of magnetised plasma clouds. Both vary in pace with the sunspot (Schwabe) cycle and they are (loosely) correlated. Both may be a cause for influencing terrestrial climate but presently available data seem to favour the first mechanism.

The sun varies with at least six semi-periods. The dynamo is a non-linear process that shows chaotic elements. Phase catastrophes do occur. Therefore it is basically not possible to forecast future solar variability.

30 *Coronal Mass Ejections: Launch conditions and arrival at Earth*

John Leonard Culhane

Coronal Mass Ejections (CMEs) occur due to magnetic field rearrangements that can be global or involve a single active region (AR). Their relationship with solar flares remains controversial but the key to their origin probably involves magnetic field rearrangement in a general sense with flares and CMEs representing different manifestations of change in magnetic topology. We will discuss the removal of energy from ARs by CMEs and the resulting impact on the AR flare rate. The relationship of flare and CME occurrence to different magnetic topologies will be assessed. The value of magnetic helicity as an indicator of CME likelihood will be illustrated. The magnetic configuration at CME launch will be compared with the nature of the magnetic cloud seen at Earth for two quite different events.

36 *RHESSI results on solar hard X–ray sources*

John C. Brown

Hard X–rays and γ–rays are the most direct signatures of energetic electrons and ions in the sun's atmosphere which is optically thin at these energies. HXR source electrons are primarily 10–100 keV in energy, complementing the (>100 keV) electrons likely responsible for microwave bursts.

The pioneering results of the Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI) *are raising the first new major questions concerning solar energetic particles in many years. Some highlights of these results are discussed, broadly divided into discoveries in the spatial, temporal and spectral domains, with the main emphasis on flare hard X–rays/fast electrons but touching also on γ–rays/ions, non-flare emissions, and the relationship to radio bursts. Problems posed by the new data for the collisional thick target model are pointed out.*

42 *Solar flares in the recent sunspot maximum*

Hugh S. Hudson

At the time of writing (October, 2005) we have almost completed the fourth solar maximum of the space age, during which we have had nearly continuous study of solar activity from above the Earth's atmosphere. During the most recent part of this era the progress of technology has enabled new observations with unprecedented scope. As a result we have learned many new and important things about solar flares and coronal mass ejections (CMEs), the two main forms of violent magnetic activity in the solar corona. In this paper I briefly discuss these observations, which have come from a remarkable flotilla of spacecraft led by Yohkoh *and continuing through RHESSI.*

46 *Models of solar flares*

Jerzy Jakimiec

There is a general agreement that reconnection of magnetic fields is the basic mechanism of energy release in solar flares. Models of reconnection show that the main property of reconnection is conversion of the magnetic energy into heat and fast motion of plasma and magnetic field ("reconnection flow"). On the other hand, however, observations of hard X–ray (HXR) emission show that during the impulsive phase of a flare a significant (perhaps dominant) part of the released energy appears in the form of accelerated (nonthermal) particles. This impulsive acceleration of large number of particles is the most difficult problem for actual flare models. The models usually assume that the impulsive particle acceleration is connected with fast-shock formation in the reconnection flow. However, actual observations of the reconnection flows in the magnetosphere and in solar flares indicate that the velocities of the flows are sub-Alfvenic and therefore we should not expect formation of fast shocks in the reconnection flows. Here we argue that basic mechanism of impulsive particle acceleration in solar flares is acceleration due to collisions with moving magnetic mirrors in magnetic traps undergoing compression (without fast-shock formation). Two kinds of solar flare magnetic configuration are considered: a "cusp-like" configuration and an emerging magnetic flux configuration.

50 *Space solar research in Wroclaw — past and present*

Janusz Sylwester

For 35 years now, experimental investigations of solar short-wavelength radiation have been made by a group of several people working at Solar Physics Division, Space Research Centre of Polish Academy of Sciences. The active corona imagers and Bragg crystal spectrometers have been flown on many sounding rockets, CORONAS-I *and* -F *satellites and the* INTERBALL-Tail *probe. In the paper some important recent developments are described.*

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się **„Uranii"** — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i **„Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CBK PAN

Redaktor wersji anglojęzycznej:
Michał Tomczak, IA UWr

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Adres Redakcji:
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomii
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81
Poczta elektroniczna (E-mail address):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.pta.edu.pl
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Karolina Wojtkowska, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2006 kosztuje 54 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 zł.

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Zarząd Główny – Sekretariat
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146
E-mail: hania@camk.edu.pl
WWW: www.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w lutym roku 2006

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

Gerald Handler

Observational aspects of main-sequence pulsators

We review the status and promise of asteroseismic studies of multiperiodically pulsating main sequence stars from an observer's point of view. Whereas the interior structure of the Sun is extremely well known due to the success of helioseismology, the situation is less satisfactory for other types of pulsators. We discuss the outcome and potential of seismic studies of solar-like oscillators and β Cephei stars, both of which are already being undertaken. In addition, we point out the problems and prospects for interior structure modelling of the roAp, δ Scuti, γ Doradus and Slowly Pulsating B stars

1. Introduction

Asteroseismology is the study of the interior of (non-radially) pulsating stars by means of their normal mode spectrum. This technique is analogous to the determination of the Earth's inner structure using earthquakes: we use stellar pulsations as "starquakes" or, more scientifically, we use stellar pulsation modes as seismic waves.

What is a pulsation mode? It is nothing more than an individual stellar oscillation. The latter come in many different flavours, and it is impossible to give a complete overview in the present limited space; we refer the reader to the excellent monograph by Unno et al. (1989) for more detailed information. For the purpose of this article, it is most important to know that there are two main groups of pulsation modes, the pressure (p) and the gravity (g) modes. These modes are classified after the force that restores the stellar equilibrium shape following the motion caused by pulsation, i.e. it is either pressure or buoyancy.

Pulsation modes are additionally defined following the shape of the distortions they create on the stellar surface and interior. In general, the pulsations separate the stellar surface into expanding and receding as well as heating or cooling areas. The shape of these distortions can be quantified with (series of) spherical harmonics; an example of these is shown in Fig. 1.

Between the expanding and receding surface areas, no motion takes place. The lines along which this is the case are called the nodal lines. The number and direction of these nodal lines are used for the classification of the pulsation modes. The total number of nodal lines on the stellar surface is the spherical degree l, which must in all cases be larger or equal to zero. The number of nodal lines that are intersected when travelling around the stellar equator is the azimuthal order m. Pulsation modes with $m \neq 0$ are travelling waves, and as they can run either with or against the rotation of the star, m can lie in the interval $-l$, l. Finally, the number of nodal lines in the stellar interior is called the radial overtone k (or sometimes n). With these three pulsational quantum numbers, any given pulsation mode can be described.

In this framework, radial pulsations can just be seen as modes with $l = 0$; all other modes are called non-radial oscillations. A mode with $k = 0$ is called the fundamental mode. Pulsation modes

with periods longer than that of the radial fundamental mode are usually g modes, whereas p modes have periods equal or shorter than that; radial pulsations are always p modes.

Now, asteroseismology takes advantage of the fact that some stars can oscillate in many of these radial and/or non-radial modes simultaneously. This is the key for asteroseismology, as each pulsation mode carries information about the region in which it propagates, its pulsation cavity. Every single pulsation mode has a different cavity, and its oscillation frequency is determined by the physical conditions in its cavity.

Therefore, interior structure models of the stars can be refined by measuring the oscillation frequencies of pulsating stars and by reproducing them with stellar models. The prerequisite for successful seismic modelling, however, is that the observer provides the largest possible number of intrinsic pulsation frequencies with a correct identification of all the underlying modes to the theorist. Should the observer fail to do so, for instance by over-interpreting the observational results or by providing incorrect mode identifications, any seismic model computations will lead to incorrect results.

Asteroseismology can go even beyond an improved understanding of stellar structure. For instance, some of the most massive pulsating stars will become Type II Supernovae in the future. Supernova explosions are mostly responsible for the enrichment of the interstellar medium. If we know the interior structure of an immediate supernova progenitor, we will be able to constrain the chemical evolution of galaxies. Asteroseismology of pulsating white dwarf stars teaches us about nuclear reaction rates, neutrino physics and the history of the object's evolution on the Asymptotic Giant Branch. It is therefore clear that asteroseismology has a large impact on astrophysics in general.

2. *Success stories and challenges*

The greatest successes of asteroseismology concern the star closest to us, the Sun. The interior structure of the Sun is known to fine detail (e.g., see Christensen-Dalsgaard 2002 for an extensive review) as millions of pulsations modes can be used for seismic analyses. Because the solar surface can be resolved in two dimensions, even local asteroseismology (e.g., dealing with subsurface and meridional flows) can be carried out. However, the recent revisions in the solar elemental abundances (Asplund et al. 2004) suggest that our present solar model may need some modification.

Comparing the Sun and the distant stars, two major problems for asteroseismology are immediately obvious: asteroseismologists have to work with integrated light as stellar surfaces cannot be (sufficiently) resolved and much less light is available. This means that only a restricted range of modes, depending on their l values, is available for analysis, and that the signal-to-noise of asteroseismic observations will be poorer than helioseismic data.

Nevertheless, asteroseismology of some pulsating white dwarf stars (e.g., see Winget et al. 1991, 1994) was quite successful, resulting in exact determinations of masses, rotation periods, luminosities, and thicknesses of chemical element layers, as well as in estimates of magnetic field strengths.

Why was this possible? The frequencies of the pulsation modes of these stars were arranged in clear patterns. Pulsating white dwarfs oscillate in g modes of high radial order. Asymptotic theory then predicts that consecutive overtones are equally spaced in period (Tassoul 1980), whereas the rotation period of the star is small compared to this period spacing. Consequently, the pulsation modes of these stars could be identified by just examining their frequency spectra.

Regrettably, this mode identification method does not work for all pulsating stars. Even in cases where a sufficient number of pulsation modes were detected, so that patterns within their frequencies should become visible, they escaped detection (e.g., see Handler et al. 2000). A second problem that is common in the analysis of asteroseismic data is that only a small percentage of the theoretically predicted number of pulsation modes is observed in reality, and

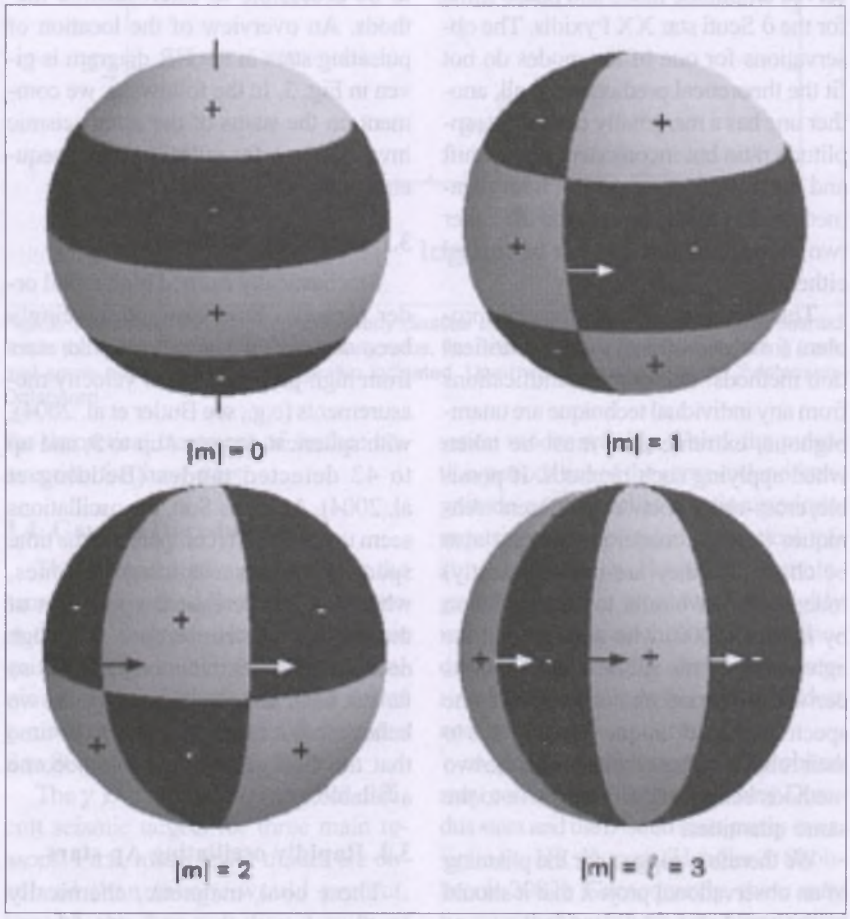


Fig. 1. Schematic description of the surface distortions produced by pulsation modes with a spherical degree $l = 3$. Whilst the light-coloured areas of the star are moving outward, the darker parts move inward. Between those areas no motion takes place; these are the node lines. The total number of node lines on the surface is l, the number of node lines intersecting the equator is m. Graphics courtesy of W. Zima

that it is not clear which particular set of modes the star chooses to excite to measurable amplitude.

As a result, additional observational methods that allow an identification of the stellar pulsation modes are required. The interplay of the different surface distortions and the changes in gravity and temperature caused by a given mode combined with limb darkening effects give us this possibility. Therefore, amplitude ratios or phase shifts between different photometric passbands, also in combination with radial velocity data, can reveal the pulsation mode (Dziembowski 1977). The line profiles of an oscillating star will also reflect the pulsations (Ledoux 1951) and can thus be used to identify the mode. The shape of the mode can be reconstructed by Doppler Imaging (Hatzes 1998). We conclude that one can derive, or at least constrain, the l and m values for at least the strongest pulsation modes of a given star.

Are such mode identification methods trustworthy? Fig. 2 shows a comparison of theoretically predicted and observed amplitude ratios and phase shifts for the δ Scuti star XX Pyxidis. The observations for one of the modes do not fit the theoretical predictions at all, another one has a marginally consistent amplitude ratio but inconsistent phase shift and the third is consistent in both parameters; due to the results for the other two modes this one can not be trusted either.

This example illustrates the main problem for observational mode identification methods: unless the identifications from any individual technique are unambiguous, extreme care must be taken when applying such methods. If possible, cross-checks between different techniques must be made, but it must also be checked if they are indeed (mostly) independent. We refer to the discussion by Balona (2000) who showed that the agreement of the mode identifications derived from one photometric and one spectroscopic technique were not due to their reliability, but resulted from the two methods being basically sensitive to the same quantities.

We therefore suggest for the planning of an observational project that it should be set out that mode identification methods can be applied. However, the limitations of these methods must be kept in mind and must be critically examined.

Another observational challenge for asteroseismology is that pulsational signals of extremely low amplitude (less than 1 millimagnitude or a few centimetres/second) need to be detected reliably, requiring the acquisition of large amounts of high-quality measurements. Finally, the observer should be careful to measure stars that theory can treat within its current limitations; close interaction between observers and theorists is therefore required. In fact, the subfields of asteroseismology where the first successes were obtained, benefited from just this interaction.

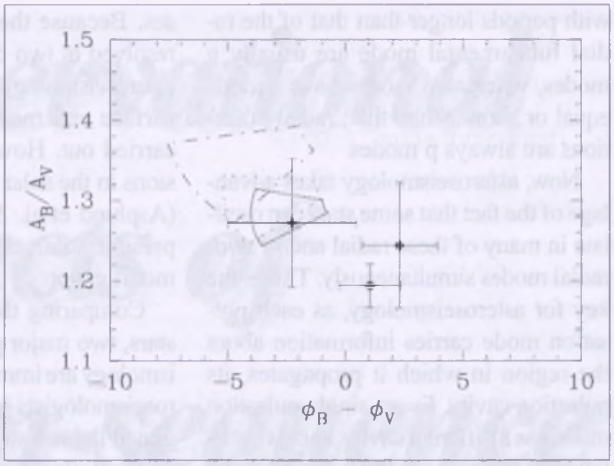


Fig. 2. Amplitude ratios and phase shifts for the three strongest modes of XX Pyx compared with theoretically predicted values. Boundaries for the $l = 0$ area of interest are shown with full lines, those for the $l = 1$ area with dotted lines and those for $l = 2$ with dash-dotted lines. Taken from Handler et al. (2000)

3. The state of the art

Several classes of pulsating star seem to be accessible to asteroseismic methods. An overview of the location of pulsating stars in the HR diagram is given in Fig. 3. In the following, we comment on the status of the asteroseismic investigations for pulsating main sequence stars other than the Sun.

3.1. Solar-like oscillators

Stochastically excited high radial order p modes have now convincingly been detected in several solar-like stars from high-precision radial velocity measurements (e.g., see Butler et al. 2004), with spherical degrees l up to 3, and up to 42 detected modes (Bedding et al. 2004). As in the Sun, the oscillations seem to have short (compared to the time span of the observations) lifetimes, which would decrease the precision of the frequency determinations. Although detailed asteroseismic modelling has so far not been done for these objects, we believe that it is only a question of time that the first seismic models become available.

3.2. Rapidly oscillating Ap stars

These cool, magnetic, chemically peculiar A-type stars pulsate with periods in the range of 5.6—21 min and with Johnson B semi-amplitudes < 0.008 mag. The oscillations are caused by global p-mode pulsations of low spherical degree ($l < 3$) and high radial overtones.

Whole Earth Telescope network observations resulted in the detection of eight independent pulsation modes of the roAp star HR 1217 (Kurtz et al. 2005). The precision of the amplitude determinations for the individual frequencies is 14 μmag, making this the most precise ground-based amplitude determinations obtained so far. The frequency spacings within the modes are consistent with theoretical predictions (e.g. Cunha 2001) but detailed seismic modelling has not been possible so far. The MOST asteroseismic satellite (www.astro.ubc.ca/MOST) has also observed HR 1217, but the data have not been published at the time of this writing.

Spectroscopic observations of roAp stars, however, are even more revealing than photometry. The reason is that the vertical wavelength of the pulsation modes is shorter than or about the same order of the layer thicknesses of the chemical elements in the highly stratified atmospheres of these stars (Ryabchikova et al. 2002), and therefore the radial velocity amplitudes of the oscillations change with line depth and from one chemical species to the next. For instance, the lines of Nd II and Nd III in the roAp star 33 Lib were shown to form at different sides of a pulsational node (Kurtz, Elkin & Mathys 2005). It has also been concluded that the magneto-acoustic boundary layer in this star can be probed with the Nd III line data. Consequently, seismic analyses of the roAp stars are not yet able to probe their deep

interior structure, but are highly capable of testing our understanding of their atmospheres.

3.3. Delta Scuti stars

These objects are single- or multimode radial and nonradial pulsators that oscillate with periods between 20 minutes and 8 hours. They have spectral types of A and F and located in the classical instability strip in the HR diagram near the main sequence, but there is also a large population of subgiants and giants among the δ Scuti stars. The pulsation modes are p (and possibly g) modes of low radial order.

Ground-based photometric observations of the δ Scuti stars reveal more and more pulsation frequencies, if persistently carried out. Breger et al. (2005) have detected 67 independent mode frequencies for the star FG Virginis. This seems to be sufficient for seismic modelling, especially since firm identifications for several of the modes have been made (Zima 2005). However, it needs to be kept in mind that at the low photometric amplitudes of most of the detected signals, modes with high spherical degree may be present (Daszyńska-Daszkiewicz et al. 2005) and could effectively mask the frequency patterns of the low-degree modes.

The study of pre-main sequence (PMS) pulsators gives rise to additional optimism concerning seismology of δ Scuti stars. PMS stars are structurally simple and should thus show simple frequency spectra, making mode identification easier than for (evolved) main-sequence stars. Indeed, more than a dozen modes have already been discovered for some stars (Kallinger, private communication). In addition, the eclipsing pre-main sequence binary system RS Chamaleontis contains at least one pulsating component (Clausen & Nordström 1980), which would provide an external constraint for seismic modelling. Unfortunately, the two components show some tidal distortions, which again complicates possible seismic modelling of the system.

Some mode identification methods seem to become more reliable for the δ Scuti stars. Daszyńska-Daszkiewicz et al. (2003) show how photometric observations in at least three passbands can not only be used to identify pulsation modes, but also to obtain constraints on the theoretical treatment of surface convection for these stars.

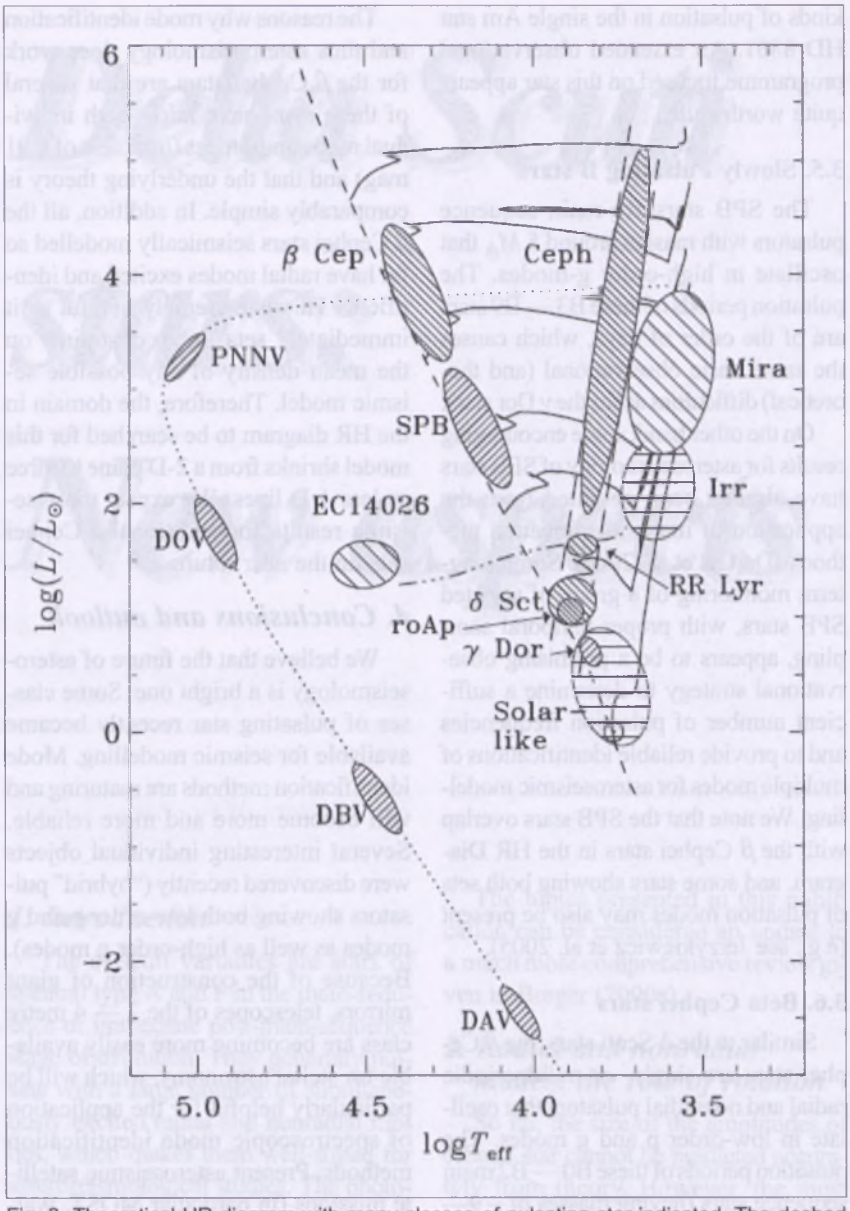


Fig. 3. Theoretical HR diagram with many classes of pulsating star indicated. The dashed line is the theoretical zero-age main sequence, the dotted line the white dwarf cooling track and some evolutionary tracks are also indicated. Used with permission by J. Christensen-Dalsgaard

3.4. Gamma Doradus stars

The γ Doradus stars are located in the same region as the δ Scuti and roAp stars in the HR diagram. However, they are quite different in their pulsational behaviour, because they are high-order g-mode pulsators with periods between 8 to 80 hours (Kaye et al. 1999).

The γ Doradus stars are rather difficult seismic targets for three main reasons: First, much fewer modes are observed than theory would predict. Second, the long pulsation periods of these stars require very extensive data sets taken with extremely stable instrumentation to detect low-amplitude pulsation modes reliably. Third, the pulsation periods are of the same order of magnitude as the stellar rotation periods, requiring a complicated theoretical treatment of rotation. However, seismology of these stars would still be highly interesting because their pulsation modes penetrate into the deep stellar interior, which usually is the region hardest accessible for seismic studies.

A possible solution to the problem may come from the fact that the γ Doradus stars and the δ Scuti stars partly overlap in the HR diagram (Handler & Shobbrook 2002). Consequently, there may be stars that have both sets of pulsation modes excited. Searches for such objects have been, until recently, unsuccessful, but Henry & Fekel (2005) detected both

kinds of pulsation in the single Am star HD 8801. An extended observational programme focused on this star appears quite worthwhile.

3.5. Slowly Pulsating B stars

The SPB stars are main sequence pulsators with masses around 5 $M_{\odot}$ that oscillate in high-order g-modes. The pulsation periods of these B3 — B9 stars are of the order of days, which causes the same basic observational (and theoretical) difficulties as for the γ Dor stars.

On the other hand, some encouraging results for asteroseismology of SPB stars have already been obtained from the application of mode identification methods (De Cat et al. 2005). Some long-term monitoring of a group of selected SPB stars, with proper temporal sampling, appears to be a promising observational strategy to determine a sufficient number of pulsation frequencies and to provide reliable identifications of multiple modes for asteroseismic modelling. We note that the SPB stars overlap with the β Cephei stars in the HR Diagram, and some stars showing both sets of pulsation modes may also be present (e.g., see Jerzykiewicz et al. 2005).

3.6. Beta Cephei stars

Similar to the δ Scuti stars, the β Cephei stars are singly- or multiperiodic radial and nonradial pulsators that oscillate in low-order p and g modes. The pulsation periods of these B0 — B2 main sequence stars (having masses of ~ 9—17 $M_{\odot}$, Stankov & Handler 2005), are between 1.5—8 hours.

Asteroseismology is already actively being done for these stars. The three independent modes of V836 Cen plus their rotational splitting allowed the inference of a small overshooting parameter ($\alpha_{ov} < 0.15$) and of the presence of differential interior rotation (Dupret et al. 2004). The four independent modes of ν Eri gave a similar result for α_{ov} (< 0.12) and clear evidence for differential interior rotation with the convective core rotating about three times faster than the envelope (Pamyatnykh et al. 2004). It is possible that ν Eri is chemically stratified, with an increase of iron-group elements near the pulsational driving zone. First results by Bourge et al. (in preparation) suggest that gravitational settling and radiative levitation can indeed supply excess iron for driving.

The reasons why mode identification and thus asteroseismology does work for the β Cephei stars are that several of these stars have fairly high individual mode amplitudes (in excess of 0.01 mag) and that the underlying theory is comparably simple. In addition, all the β Cephei stars seismically modelled so far have radial modes excited and identified. This is extremely helpful as it immediately sets tight constraints on the mean density of any possible seismic model. Therefore, the domain in the HR diagram to be searched for this model shrinks from a 2-D plane to three or less 1-D lines. We expect more seismic results for additional β Cephei stars in the near future.

4. Conclusions and outlook

We believe that the future of asteroseismology is a bright one. Some classes of pulsating star recently became available for seismic modelling. Mode identification methods are maturing and will become more and more reliable. Several interesting individual objects were discovered recently ("hybrid" pulsators showing both low-order p and g modes as well as high-order g modes). Because of the construction of giant mirrors, telescopes of the 2 — 4 metre class are becoming more easily available for stellar astronomy, which will be particularly helpful for the application of spectroscopic mode identification methods. Present asteroseismic satellite missions (in particular MOST, Walker et al. 2003) are already yielding data of unprecedented quality, and it is hoped that future space projects (e.g., COROT, Baglin 2003) will open further dimensions in precision asteroseismology.

References

Asplund, M., Grevesse, N., Sauval, A. J., Allende Prieto, C., & Kiselman, D. 2004, A&A, 417, 751.

Baglin, A. 2003, Adv. Space Res., 31, 345.

Balona, L. A. 2000, MNRAS, 319, 606.

Bedding, T. R., Kjeldsen, H., Butler, R. P., et al. 2004, ApJ, 614, 380.

Breger, M., Lenz, P., Antoci, V., et al. 2005, A&A, 435, 955.

Butler, R. P., Bedding, T. R., Kjeldsen, H., et al. 2004, ApJL, 600, L75.

Christensen-Dalsgaard, J. 2002, Rev. Mod. Phys., 74, 1073.

Clausen, J. V. & Nordström, B. 1980, A&A, 83, 339.

Cunha, M. S. 2001, MNRAS, 325, 373.

Daszyńska-Daszkiewicz, J., Dziembowski, W. A., & Pamyatnykh, A. A. 2003, A&A, 407, 999.

Daszyńska-Daszkiewicz, J., Dziembowski, W. A., & Pamyatnykh, A. A. 2005, Mem. Soc. Astr. Ital., in press, astro-ph/0509449.

de Cat, P., Briquet, M., Daszyńska-Daszkiewicz, J., et al. 2005, A&A, 432, 1013.

Dupret, M. A., Thoul, A., Scuflaire, R., et al. 2004, A&A, 415, 251.

Dziembowski, W. A. 1977, Acta Astr., 27, 203.

Handler, G., Arentoft, T., Shobbrook, R. R., et al. 2000, MNRAS, 318, 511.

Handler, G. & Shobbrook, R. R. 2002, MNRAS, 333, 251.

Hatzes, A. P. 1998, MNRAS, 299, 403.

Henry, G. W. & Fekel, F. C. 2005, AJ, 129, 2026.

Jerzykiewicz, M., Handler, G., Shobbrook, R. R., et al. 2004, MNRAS, 360, 619.

Kaye, A. B., Handler, G., Krisciunas, K., Poretti, E., & Zerbi, F. M. 1999, PASP, 111, 840.

Kurtz, D. W., Cameron, C., Cunha, M. S., et al. 2005, MNRAS, 358, 651.

Kurtz, D. W., Elkin, V. G., & Mathys, G. 2005, MNRAS, 358, L6.

Ledoux, P. 1951, ApJ, 114, 373.

Pamyatnykh, A. A., Handler, G., & Dziembowski, W. A. 2004, MNRAS, 350, 1022.

Ryabchikova, T., Piskunov, N., Kochukhov, O., et al. 2002, A&A, 384, 545.

Stankov, A. & Handler, G. 2005, ApJS, 158, 193.

Tassoul, M. 1980, ApJS, 43, 469.

Unno, W., Osaki, Y., Ando, H., Saio, H., & Shibahashi, H. 1989, Nonradial Oscillations of Stars, University of Tokyo press, 2nd edition.

Walker, G., Matthews, J., Kuschnig, R., et al. 2003, PASP, 115, 1023.

Winget, D. E., Nather, R. E., Clemens, J. C., et al. 1991, ApJ, 378, 326.

Winget, D. E., Nather, R. E., Clemens, J. C., et al., 1994, ApJ, 430, 839.

Zima, W. 2005, PhD thesis, University of Vienna.

Gerald Handler
Institut für Astronomie, Türkenschanzstrasse 17, 1180 Vienna, Austria.
E-mail: handler@astro.univie.ac.at

Michel Breger

Delta Scuti stars: New aspects

The Delta Scuti pulsators are situated on and slightly above the main sequence. Their asteroseismological properties, including the role of rotation on amplitude and mode selection, are briefly reviewed. The best observed star is FG Vir, for which 2000+ hours of high-precision photometry have revealed 75+ frequencies of pulsation. The combination of spectroscopic and photometric techniques as well as pulsation modelling has made it possible to identify the nature of the major pulsation modes. We also discuss unsolved problems such as the excess of close pulsation modes with almost identical frequencies, the related Blazhko Effect, and the problem of explaining the large frequency range of the excited pulsation modes

1. Introduction

The δ Scuti variables are stars of spectral type A and F in the main-sequence or immediate post-main-sequence stage of evolution. They generally pulsate with a large number of simultaneously excited radial and nonradial modes, which makes them well-suited for asteroseismological studies. The photometric amplitudes of the dominant modes in the typical δ Scuti star are only a few millimag. It is now possible for ground-based telescopes to detect a large number of simultaneously excited modes with submillimag amplitudes in stars other than the Sun (e.g., Breger et al. 2002).

In the Hertzsprung-Russell Diagram, the δ Scuti stars are situated in the classical cepheid instability strip. In general, the period range is limited to between 0.02d and 0.25d. This limit provides a good separation from the neighboring or overlapping groups of pulsators in the Hertzsprung–Russell Diagram, such as roAp, γ Dor and RR Lyrae stars. The δ Scuti stars represent a transition between the cepheid-like large-amplitude radial pulsation of the classical instability strip and the ocean of nonradial pulsation occurring in the hot half of the Hertzsprung–Russell Diagram.

The topics presented in this publication can be considered an update to a much more comprehensive review given in Breger (2000a).

2. Radial and nonradial modes: the role of rotation

So far, the size of the amplitudes of δ Scuti star cannot be predicted accurately from theory. However, the most important parameter determining the size of the amplitudes is stellar rotation. This is demonstrated in Fig. 1. The picture, however, is more complex than appears at first sight, since the stars are multifrequency pulsators.

Not surprisingly, the first δ Scuti stars to be discovered were the variables with large amplitudes of $A_v \geq 0.3$ mag. These stars are now known as high-amplitude δ Scuti stars (HADS) and were in earlier times also called Dwarf Cepheids. It was only during systematic, high-precision variability surveys that it was discovered that the HADS were not typical for the stars in the Lower Instability Strip, but that most of the stars near the main sequence have small, almost undetectable amplitudes. The HADS generally rotate slowly with $v \sin i \leq 30$ km/s. This is in contrast to an average rotation ~150 km/s in this part of the Hertzsprung-Russell Diagram. The as-

sumption that the large-amplitude modes of the HADS are radial modes was confirmed by the period ratios between the radial fundamental and first overtone modes of the double-mode HADS. However, recent analyses have revealed that low-amplitude nonradial modes may also be present (e.g., V974 Oph, Poretti 2003), but not in all stars (e.g., GSC 00144-03031, Poretti et al. 2005).

The typical δ Scuti variable does not rotate slowly, has very low amplitudes and pulsates with mainly nonradial modes. If radial modes are detectable at all, they have very low amplitudes. An excellent example is the star FG Vir, where the radial fundamental mode at 12.15 has a much smaller amplitude than the dominant $l = 1$ mode.

The following hypothesis summarizes the present situation:

(i) Radial as well as nonradial pulsation can occur in all δ Scuti stars, irrespective of whether the star rotates quickly or slowly.

(ii) The radial modes are strongly affected by stellar rotation. They reach large amplitudes up to a magnitude only if the star rotates slowly. These stars are known as HADS and resemble the classical variables in the instability strip such as Cepheids and RR Lyrae stars.

(iii) Stars rotating faster than ~30 km/s have low amplitudes of pulsation and pulsate with a multitude of mostly nonradial modes. If radial modes can be detected photometrically at all, they have low amplitudes. An example is the star FG Vir (next section), where the radial mode at 12.15 c/d has an amplitude of 0.004 mag in V, while the dominant $l = 1$ mode at 12.72 c/d reaches 0.022 mag.

(iv) There exists a region with intermediate rotational velocities in which both $l = 0$ (radial) and $l = 1$ (nonradial) modes reach amplitudes in excess of 0.05 mag (peak-to-peak). Examples are stars such as 1 Mon and 44 Tau, which are both studied by the Delta Scuti Network at the present time.

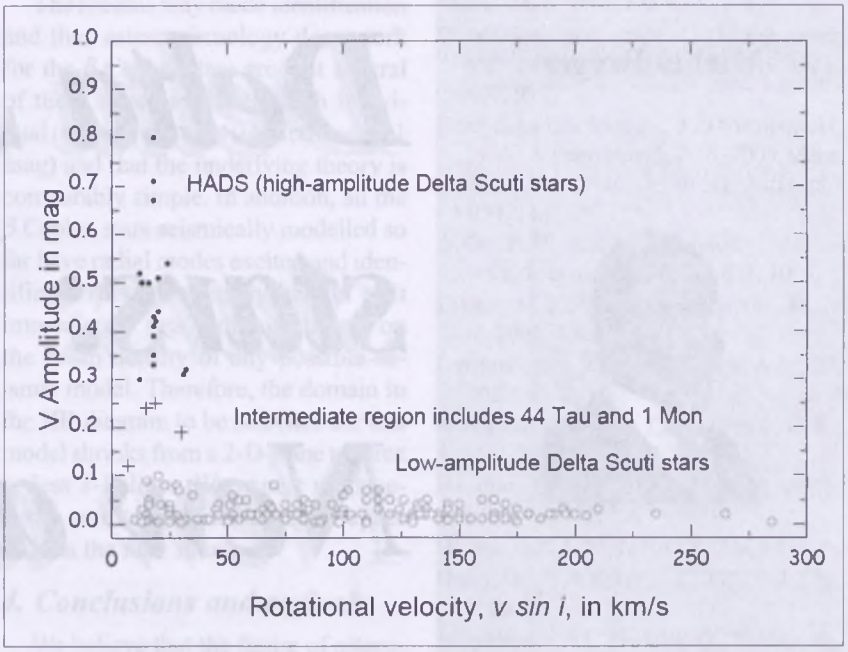


Fig. 1. Relationship between the measured projected rotational velocity, v sin i, and amplitude of pulsation. The diagram shows that large amplitudes (mostly radial modes) require slow rotation. However, nonradial modes with small amplitudes are detected in δ Scuti stars of all rotational velocities

3. *Asteroseismological tools and the star FG Vir*

Successful asteroseismology requires the collaboration of a large number of astronomers with different specializations. The approach of the Vienna Delta Scuti Network is to obtain very extensive multiyear and multisite observations of selected stars. In particular, high-precision photometry of up to several thousand hours on small telescopes permits the discovery of a large number of pulsation frequencies in a single star (e.g., Breger et al. 2002, 2005). For the modes of amplitudes in excess of ~0.003 mag, detailed line-profile analyses together with multicolor photometry lead to the determination of the pulsational quantum numbers l and m of these modes. Furthermore, the inclination of the stellar rotation axis to the line of sight is also determined (Zima 2005). These results can be refined with the application of theoretical models (see Daszyńska-Daszkiewicz et al. 2005). In fact, the multicolor photometry also leads to constraints on stellar convection (Daszyńska-Daszkiewicz, Dziembowski & Pamyatnykh 2003).

The best-studied δ Scuti star is FG Vir, which has been one of the main targets of the Vienna Delta Scuti Network. More than 2000 hours of photometry are available. Recently, more than 75 pulsation frequencies were published for the star (Breger et al. 2005). These frequencies are shown in Fig. 2.

At the present time, the observational results are providing the input for detailed theoretical modeling. One of the preliminary results is shown below in Fig. 3. It shows that the instability for the 5—32 c/d frequency range can be explained very well with the present models. However, for the higher frequencies, instability is found only for modes of considerably higher l values. Due to the large geometrical cancellation factor across the stel-

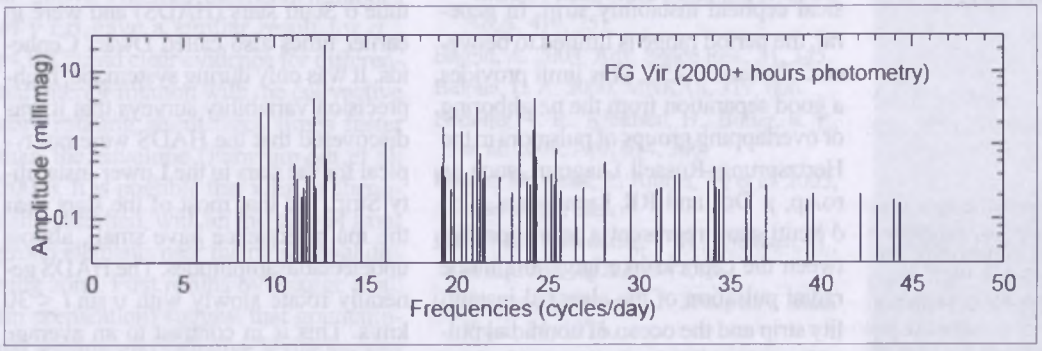


Fig. 2. Distribution of the frequencies detected for FG Vir. The radial fundamental mode is found at 12.15 c/d. Note the large range of frequencies spanned by FG Vir

lar disk, such modes might not be photometrically observable: we have a problem.

4. *Amplitude variability (Blazhko Effect) and close frequencies*

Amplitude variability is a common property of pulsating stars and is found in all stages of stellar evolution. We refer to this phenomenon as the Blazhko Effect, which was noticed by Blazhko (1907) in the RR Lyrae star RW Dra. These variations are quite common in RR Lyrae stars, e.g., Szeidl (1988) mentions an occurrence of 20—30% in the RRab stars. However, a large number of different types of pulsators in different stages of evolution also show amplitude and phase variability on non-evolutionary time scales. Examples are classical cepheids (e.g., Breger 1981), sdB stars (e.g., Kilkenny et al. 1999), β Cephei stars (Lehmann et al. 2001), White Dwarfs (e.g., Handler et al. 2003), and δ Scuti stars.

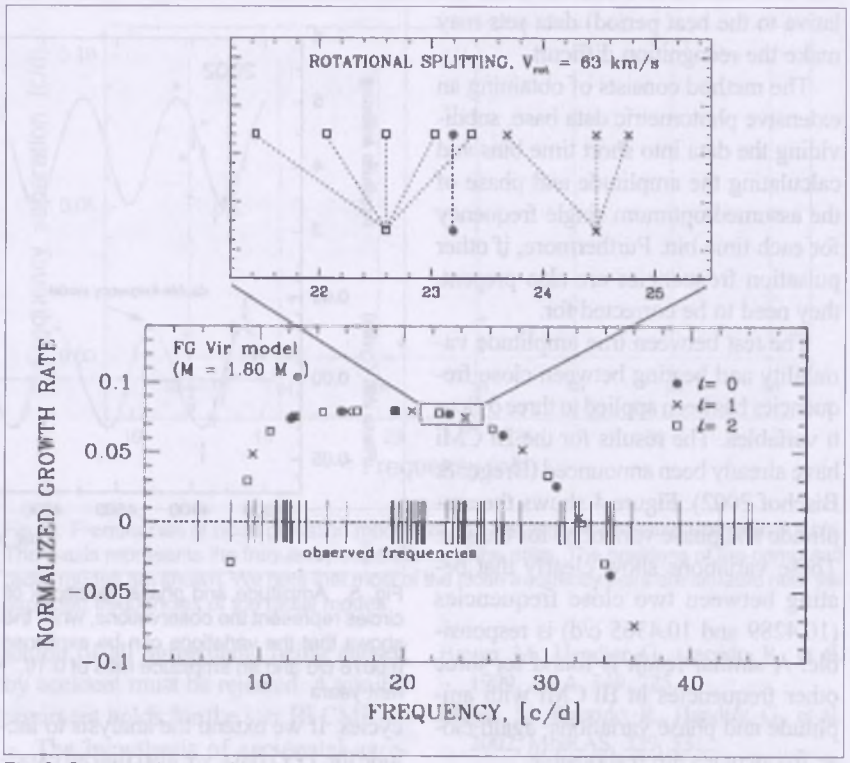


Fig. 3. Computed normalized growth rates for FG Vir, courtesy Alosza Pamyatnykh. We note the good agreement up to 32 c/d for low-ℓ modes. More information can be found in a paper of Daszyńska-Daszkiewicz, Dziembowski & Pamyatnykh (2005)

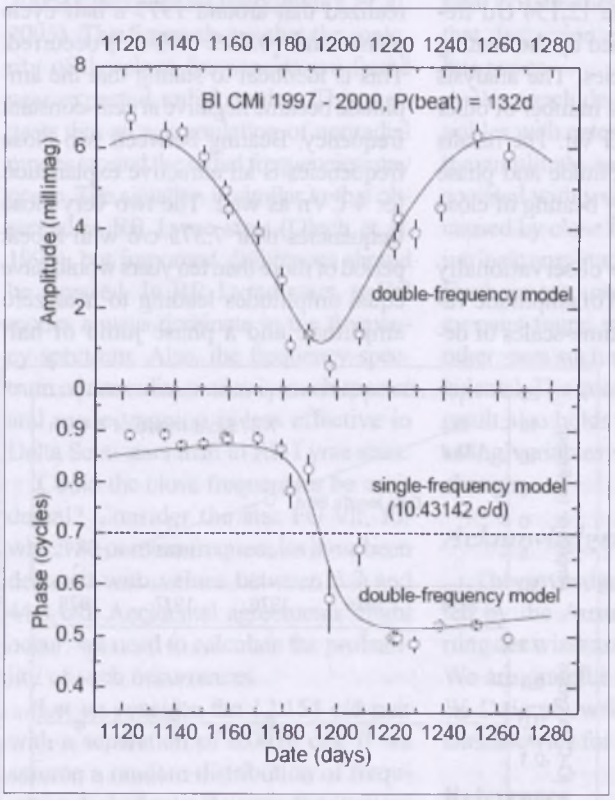


Fig. 4. Amplitude and phase shift diagrams to test whether the mode of BI CMi at 10.43 c/d is a single frequency with variable amplitude or composed of two close frequencies with nearly equal amplitudes. The measurements from 1997, 1998/1999 and 1999/2000 agree with each other and have been superposed with a 132d beat cycle. Note the correct signature of beating: the time of minimum amplitude corresponds to the time of average phasing and the most rapid phase change. The diagram shows clearly that the beating between two close modes is responsible

Regrettably, the physical origin of these variations are not yet known. One of the reasons is the lack of extensive observational data to distinguish between different hypotheses.

The excellent observational coverage of several δ Scuti stars coupled with their short periods make these stars an excellent tool to study amplitude variability.

In the Fourier spectrum of short data sets, two close frequencies beating with each other appear as a single frequency with variable amplitude and phase. For long data sets with sufficient frequency resolution, two peaks will be shown. In the case of a single frequency with a real variable amplitude and/or phase, also two (or more) peaks occur. Consequently, the appearance of two peaks does not prove the existence of two separate modes, while the absence of a double peak does not exclude the possibility. This is a fact well recognized in the literature.

It is important to keep in mind that beating between two (or more) frequencies produces amplitude and phase variations which are mathematically related. The most extreme and easily recognizable situation occurs when two close frequencies have the same amplitude: this leads to a half a cycle phase shift at the time of minimum amplitude of the visible (single) frequency. Even when the amplitudes differ, beating has a specific signature in the amplitude of phase shifts of an assumed single frequency. In particular, the largest phase change (of an assumed single frequency) occurs at the time of minimum amplitude.

Therefore, it is possible to separate beating from true amplitude variability by studying the relationship between the amplitude and phase variations of an assumed single frequency. In practice, large differences in the amplitudes of the frequencies beating with each other, observational noise, as well as short (re-

lative to the beat period) data sets may make the recognition difficult.

The method consists of obtaining an extensive photometric data base, subdividing the data into short time bins and calculating the amplitude and phase of the assumed optimum single frequency for each time bin. Furthermore, if other pulsation frequencies are also present, they need to be corrected for.

The test between true amplitude variability and beating between close frequencies has been applied to three δ Scuti variables. The results for the BI CMi have already been announced (Breger & Bischof 2002). Figure 4 shows the amplitude and phase variations for the star. These variations show clearly that beating between two close frequencies (10.4289 and 10.4365 c/d) is responsible. A similar result is found for three other frequencies in BI CMi with amplitude and phase variations: again close frequencies are responsible.

We can now apply the test of the close-frequency hypothesis to a number of modes found in the extensive new photometric data of another star: FG Vir (Breger et al. 2005). This data set provides coverage over 98, 160, 165 nights in the years 2002, 2003 and 2004, respectively. Let us now examine the radial mode at 12.154 c/d mode, which shows some amplitude variability. Figure 5 shows the variations in amplitude and phase for the three years. In this figure, the uncertainties were calculated by using the standard relations for calculating amplitude and phasing uncertainties (Breger et al. 1999).

The variations are similar in all three years with a beat period of 128d. Another important result is that the phase changes are coupled to the amplitude changes. In particular, minimum amplitude occurs at the time of 'average' phase and the time of most rapid phase change. As already mentioned earlier, this is an important signature of beating between two close frequencies. The visual result is confirmed by a two-frequency model with the optimum parameters of frequency, amplitude and phase determined by PERIOD04 (Lenz & Breger 2005). An excellent agreement is obtained for both the amplitude and phase changes with the two-frequency model. It should be noted that the test was successful even with a second mode of small amplitude and phase shifts under 0.05

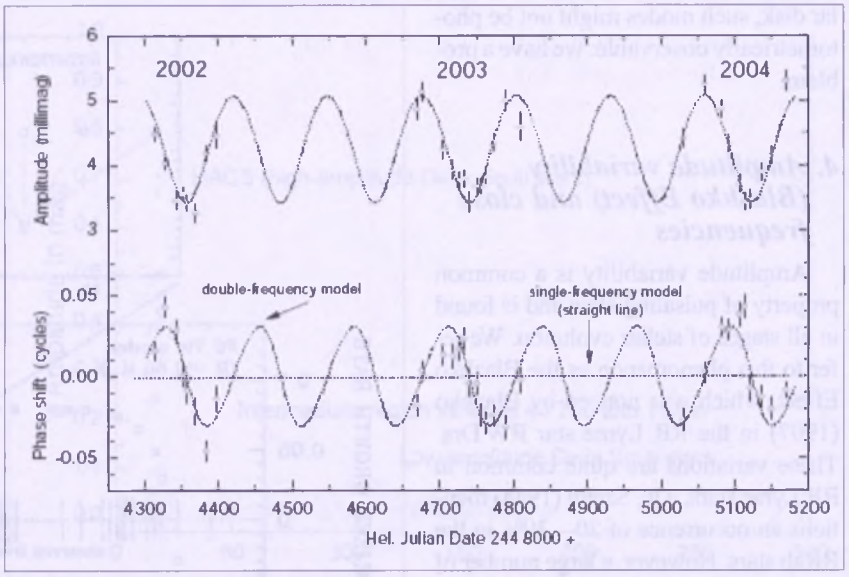


Fig. 5. Amplitude and phase variations of the 12.154 c/d frequency in FG Vir. The open circles represent the observations, while the dotted line is the two-frequency fit. The diagram shows that the variations can be explained by two independent frequencies separated by 0.0078 c/d and an amplitude ratio of 0.19. Note the excellent agreement between the different years

cycles. If we extend the analysis to include the 1995 data, we also find an excellent agreement between the predicted and observed amplitudes and phases of the earlier measurements.

We conclude that the amplitude and phase variations of the 12.154 c/d frequency can be explained by the beating of two close frequencies. The analysis has been repeated for a number of other pulsation modes in FG Vir. The results are the same: the amplitude and phase variability is caused by beating of close frequencies.

Let us turn to the observationally more difficult question of amplitude variability occurring on time-scales of decades. Some evidence exists that even here beating between two close frequencies may be responsible. This can be illustrated for the star 4 CVn (Breger et al. 1999, Breger 2000b). Data from 1966 to 1997 are available. The pulsation mode at 7.375 c/d is one of the modes showing strong amplitude variability with a time scale of more than ten years: the V amplitude dropped from the highest known value of 0.015 mag in 1974 to 0.004 mag in 1976 and 0.001 mag in 1977. After that the mode has been increasing in amplitude, e.g., 0.012 mag in 1996 and 1997. Furthermore, a common period linking all the observed maxima could not be found until it was realized that around 1977 a half cycle phase shift (0.48 ± 0.02 d^{-1}) occurred. This is identical to stating that the amplitude became negative at near-constant frequency. Beating between two close frequencies is an attractive explanation for 4 CVn as well. The two very close frequencies near 7.375 c/d with a beat period of more than ten years would have equal amplitudes leading to near-zero amplitude and a phase jump of half

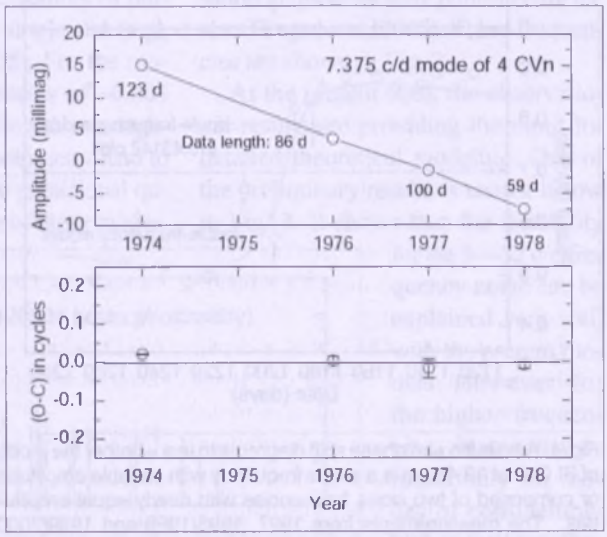


Fig. 6. Amplitude and phase variations of the 7.375 c/d frequency in 4 CVn. The phase shifts were calculated relative to a frequency value 7.37521 c/d determined from the extensive 1996–1997 data (Breger 2000b). The formal errors are shown or are smaller than the open circles

a cycle during 1977. This is illustrated in Fig. 6. Due to the long observing gaps in the 1966-1997 time period, this must remain an attractive, but not yet proven hypothesis.

4.1. Affinity for radial modes?

Multifrequency analyses of the photometric data of the δ Scuti star FG Vir coupled with amplitude and phase tests (previous section) show that the star contains 18 sets of close frequencies with a frequency difference smaller than 0.1 c/d. The frequency distribution of close frequency pairs may contain important information about their physical origin.

In Fig. 7 we have plotted the frequency values at which the close pairs occur. Also shown are the computed frequencies of the radial modes of FG Vir using the model which best fits all the photometric and spectroscopic data and also fits the radial fundamental mode frequency to the observed frequency 12.154 c/d. At the present time, only this mode has a secure detection and identification as a radial mode (Breger et al. 2005, Daszyńska-Daszkiewicz et al. 2005). The figure shows that the majority of the close frequencies are found near expected radial modes. This suggests that an accumulation of nonradial modes around the radial frequencies may occur. The situation is similar to that observed in RR Lyrae stars (Olech et al. 1999), but important differences should be stressed. In RR Lyrae stars, radial modes always dominate in the frequency spectrum. Also, the frequency spectrum of nonradial modes is much sparser and mode trapping is less effective in Delta Scuti stars than in RR Lyrae stars.

Could the close frequencies be accidental? Consider the star FG Vir, for which 80 or more frequencies have been detected with values between 5.7 and 44.3 c/d. Accidental agreements might occur: we need to calculate the probability of such occurrences.

Let us consider the 12.154 c/d pair with a separation of 0.0078 c/d. If we assume a random distribution of frequencies and adopt a Poisson distribution, we obtain 0.02 expected pairs. Of course, the frequencies are not distributed at random. If we adopt a particularly dense region, viz., the 9.5 to 13.5 c/d region, we predict 0.03 pairs. For two or more pairs detected in a star, an explanation of all agreements being caused by accident must be rejected. A similar argument holds for the star BI CMi.

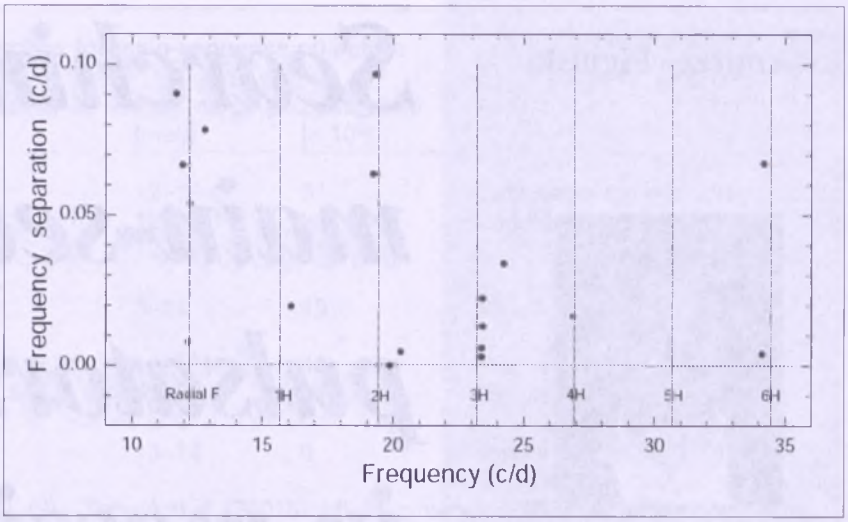


Fig. 7. Frequencies of close pulsation modes for all pairs with a separation less than 0.1 c/d. The y-axis represents the frequency separations of the pairs. The positions of the computed radial modes are shown. We note that most of the close frequency pairs are situated near the expected frequencies of the radial modes

The hypothesis of accidental agreements needs to be rejected. This means that the origin of the close frequencies has to be found inside the stars themselves. Several intriguing astrophysical possibilities offer themselves, but that discussion is beyond the scope of this paper.

We conclude that in the δ Scuti variables with extensive photometric data, the amplitude and phase variability associated with some pulsation modes are caused by close frequencies, rather than intrinsic amplitude and phase variations. Furthermore, most of the close frequency pairs found in FG Vir (and in some other stars such as BI CMi) are not accidental. The question arises whether this result also holds for other types of pulsating variables with known amplitude changes.

Acknowledgements

This investigation has been supported by the Austrian Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, We are grateful to A. A. Pamyatnykh, W. Dziembowski and J. Daszyńska-Daszkiewicz for important discussions.

References

Blazhko, S. 1907, Astron. Nachr., 175, 325.
Breger, M. 1981, ApJ, 249, 666.
Breger, M. 2000a, ASP Conf. Ser., 210, 3.
Breger, M. 2000b, MNRAS, 313, 129.
Breger, M. & Bischof, K. M. 2002, A&A, 385, 537.
Breger, M., Handler, G., Garrido, R., et al. 1999, A&A, 349, 225.
Breger, M., Garrido, R., Handler, G., et al. 2002, MNRAS, 329, 531.
Breger, M., Lenz, P., Antoci, V., et al. 2005, A&A, 435, 955.
Daszyńska-Daszkiewicz, J., Dziembowski, W. A., & Pamyatnykh, A. A. 2003, A&A 407, 999.
Daszyńska-Daszkiewicz, J., Dziembowski, W. A., & Pamyatnykh, A. A. 2005, Mem. S. A. It, in press.
Daszyńska-Daszkiewicz, J., Dziembowski, W. A., Pamyatnykh, A. A., et al. 2005, A&A, 438, 653.
Handler, G., O'Donoghue, D., Müller, M., et al. 2003, MNRAS, 340, 1031.
Kilkenny, D., Koen, C., O'Donoghue, D., et al. 1999, MNRAS, 303, 525.
Lehmann, H., Harmanec, P., Aerts, C., et al. 2001, A&A, 367, 236.
Lenz, P. & Breger, M. 2005, CoAst 146, 53.
Olech, A., Kałużny, J., Thompson, I. B., et al. 1999, AJ, 118, 442.
Poretti, E. 2003, A&A, 409, 1031.
Poretti, E., Suárez, J. C., Niarchos, P. G., et al. 2005, A&A, 440, 1097.
Szeidl, B. 1988, in Kovacs G., Szabados L., eds., Multimode Stellar Pulsations — Proceedings of the Workshop, Budapest: Konkoly Observatory, Kultura, p. 45.
Zima, W. 2005, PhD thesis, University of Vienna.

Michel Breger
Institut für Astronomie der Universität Wien, Türkenschanzstr. 17, A–1180 Wien, Austria
E-mail: michel.breger@univie.ac.at

Andrzej Pigulski

Searching for main-sequence pulsators in massive photometries

Following development of large-format CCD detectors which can be used in the long-term monitoring of large areas of the sky, many observing programs were initiated in the last decade. Among them, microlensing surveys are those which already provided a huge amount of photometric data of good quality for millions of stars in the Galaxy and Magellanic Clouds. Some all-sky surveys like the All-Sky Automated Survey (ASAS, Pojmański, 1997) provided photometry for thousands bright variable stars as well. Photometric databases resulted from these surveys are available to the public and can be used to study photometric variability of a variety of objects, including almost all types of pulsating stars.

I present a short overview of the results of the ongoing study in which some of these massive photometries are used in the search for main-sequence pulsators. This is the work performed by a group of astrophysicists and Ph.D. students in the University of Wrocław (Z. Kołaczkowski, G. Kopacki, G. Michalska, A. Narwid, A. Pigulski, and T. Ramza) in collaboration with the Optical Gravitational Lensing Experiment (OGLE) group (M. Kubiak, G. Pietrzyński, I. Soszyński, O. Szewczyk, M. Szymański, A. Udalski, P. R. Woźniak, Ł. Wyrzykowski, and K. Żebruń) and G. Pojmański who is conducting the ASAS project

1. Main-sequence pulsators

Going from the most massive to the least massive stars along the main sequence, several groups of pulsating stars are encountered, namely:

• β **Cephei-type stars**. These are hot and massive (7–20 $M_\odot$) stars confined to a narrow range of spectral types, B0—B2.5, with pulsating periods ranging from 2 to 7 hours. Multiperiodicity is rather a rule than exception, the excited modes are mostly acoustic (p modes), both radial and non-radial. A recent review of these stars was published by Stankov & Handler (2005). About 110 stars of this type are known in the Galaxy.

• **Slowly-pulsating B (SPB) stars**. These are also B-type stars, but occupy the cooler range of spectral type B, between B3 and B8. Like β Cephei stars, they are mostly multiperiodic, but their periods are considerably longer, from 0.4 up to 5 days. SPB stars are non-radial low-order g-mode pulsators. They were discovered by Waelkens & Rufener (1985); about a dozen of these stars were known a decade ago. Then, about a hundred of SPB candidates were added by Hipparcos (Waelkens et al., 1998). Not all appeared to be SPB pulsators after verification, but including some recent discoveries in open clusters, about a hundred stars of this type are known at present (De Cat et al., 2004).

• δ **Scuti stars**. These are the most numerous pulsating stars on the main sequence. They occupy the region where the Cepheid instability strip crosses the main sequence. The most recent catalogue (Rodriguez et al., 2000) lists over 500 stars of this type, but many discoveries of the last few years probably doubled this number. We may therefore safely conclude that about a thousand δ Scuti stars are known now. Spectral types of δ Scuti stars range from early A to early F and periods, from half an hour up to a few hours. Multiperiodicity is also very common, they pulsate mainly in the p modes. A subgroup of δ Scuti stars with large amplitudes is sometimes recognised and called high-amplitude δ Scuti (HADS) stars. These stars are mostly radial pulsators. Their Population II counterparts, observed both in globular clusters and Galactic field, are known as SX Phoenicis-type stars.

• γ **Doradus stars**. The instability strip of γ Doradus stars slightly overlaps with that of δ Scuti stars, but they

Table 1: Databases used in the searches for main-sequence pulsators

Survey	Covered area [square deg]	Filter(s)	Mag. range [mag]	Stars obs'd [$\times 10^6$]	Availability	Ref.
OGLE-II	11 (Galaxy)	*I*	12–19	31	Candidates for var.	(1)
	7 (MCs)	*I*	12–19	9	Candidates for var.	(2)
	18	*I*	12–19	40	Full	(3)
ASAS	30310 (all-sky)	*V*	8–14	15	Variable stars	(4)
MACHO	38 (Galaxy)	V_M & R_M	12–19	46	Full, star by star	(5)
	42 (MCs)	V_M & R_M	13–20	21	Full, star by star	(5)
OGLE-I	1.3 (Galaxy)	*I*	13–19	5	Variable stars	(6)

References: (1) – Woźniak et al. (2002), (2) – Żebruń et al. (2001b), (3) – Szymański (2005), (4) – Pojmański et al. (2005) and references therein, (5) – Allsman & Axelrod (2001), (6) – Udalski et al. (1997) and references therein.

are, on average, cooler. They are mainly early F stars showing multiperiodic pulsations with periods between 0.5 and 3 days, attributed to *g* modes. Over 50 members of this group are presently known (Henry et al., 2005).

There are at least two more types of pulsators that reside in the main sequence, namely rapidly oscillating Ap (roAp) stars and stars showing solar-like oscillations, but owing to their very short periods and/or small amplitudes, there is practically no chance to find stars of these two types in the databases which we describe below. Except for the HADS stars, all other types of main-sequence pulsators have typical photometric amplitudes in the visual at a level of a few mmag. Thus, in the search for these stars we must remember that we deal with *small-amplitude* pulsators.

2. Databases with massive photometries

In a given survey, frames are usually taken within a narrow range of exposure times. This defines the dynamical range of the resulting photometry (typically 6–8 mag) and a strict relation between the photometric error and the star's magnitude. Since during a survey, different fields are usually observed equally frequently, we eventually get a strict relation between the magnitude and the detection threshold of a periodic signal. Detection threshold can be reliably estimated from the noise in periodogram. The results of the variability search are inherently related to this threshold as only stars having amplitudes larger than this threshold can be detected as variable. For pulsating stars we are dealing with, there is practically no lower limit for the amplitude.

Bearing in mind that we want to study small-amplitude pulsators, it becomes clear that the variability-search method plays a crucial role in the detection. A very fast method which uses scatter-magnitude diagram is rather unsuitable in the case when the amplitude is comparable with the accuracy of a single measurement. Since small-amplitude pulsators have practically sinusoidal light curves, the best way to proceed in this situation is to apply Fourier transform (or any other kind of periodogram) to the photometry of all stars. The procedure can be done automatically provided that the algorithm of this analysis includes mechanisms for multiple-period search with consecutive prewhitening, rejecting outliers and detrending. This procedure is quite time-consuming, but warrants unambiguous and successful output. And this is the way we have proceeded in our analysis.

In view of these general remarks on the detection, it is now time to comment on the databases we use in our searches and on their availability. Their properties are summarised in Table 1.

The main source of data we use in the search for main-sequence pulsators is the database which comes from the second phase of the OGLE survey, OGLE-II. The fields in the Galaxy and Magellanic Clouds were observed. The time-series are available and cover four years, between 1997 and 2000. At the beginning, databases containing only the candidates for variable stars selected by means of a special algorithm (Woźniak, 2000; Żebruń et al., 2001a) were published by Żebruń et al. (2001b) for Magellanic Clouds (about 70 000 stars) and Woźniak et al. (2002) for the Galactic fields (about 200 000 stars). Recently, the full photometric database for 4×10^7 stars observed by OGLE-II has become available (Szymański 2005).

The photometry of the other microlensing survey, MAssive Compact Halo Objects (MACHO), is also available (Allsman & Axelrod, 2001). The search covers years from 1992 to 2000 and the observed fields partly overlap with those of OGLE-II, both in Galactic fields and Magellanic Clouds. This photometry is, however, accessible only on a star by star basis. We use it only as a supplementary source of data for stars that were found to be variable in the OGLE-II databases. It is worthwhile noting that combining the two sources of data is very advantageous: it extends the time interval and considerably lowers daily aliases. In addition, detection threshold in the periodogram of the combined data is smaller, sometimes allowing detection of additional modes.

The second source of supplementary data are the OGLE-I catalogues. OGLE-I observations cover the years 1992–1995. However, the OGLE-I data are available for much smaller number of variables, because OGLE-

I observations covered an order of magnitude smaller region of the sky than OGLE-II.

The ASAS survey provides quite different set of data. First of all, it is an *all-sky survey*, covering the whole southern sky and a part of the northern sky, up to the declination +28° (Pojmański et al., 2005). The magnitude range is different than for the microlensing surveys, between magnitude 8 and 14, so that in the fields where the OGLE-II and/or MACHO data exist, it is complementary to those searches. It already covers several years of observations and, typically, contains about 200—400 datapoints for a star. The photometric error is of the order of 0.01 mag, but the detection threshold reaches 3—4 mmag for some stars. At present, a catalogue of about 50 000 automatically classified variable stars is available from these observations (Pojmański et al., 2005, and references therein).

3. Sample results

A comparison of the number of all observed stars with the numbers of variable or candidate variable stars provided in the above-mentioned catalogues leads to the conclusion that only 0.1—1% stars are found to be variable. This is much less than expected and it is obvious that the reason for this is the low efficiency of some variability search algorithms which select only stars that have large amplitudes. As we mentioned above, efficiency of variability detection, particularly for low-amplitude variables we search for, is the highest if periodogram analysis is applied to the photometry of all stars.

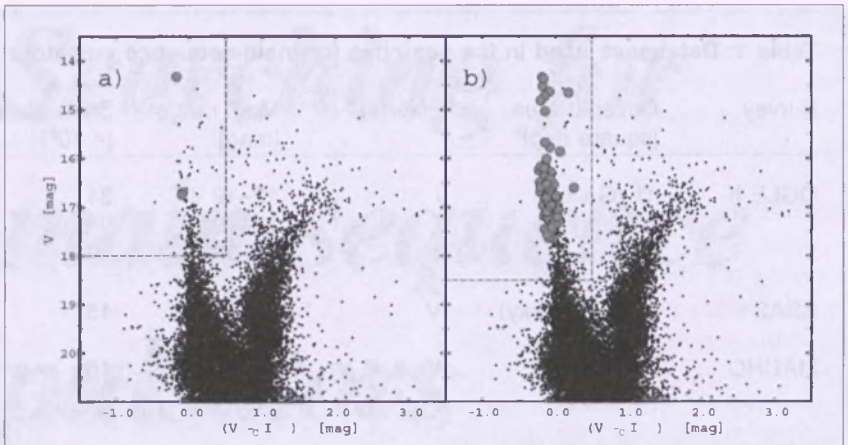


Fig. 1. Colour-magnitude diagrams for the LMC showing positions of β Cephei candidates found in the OGLE-II databases. The left diagram shows three objects identified by Pigulski & Kołaczkowski (2002) among the variable star candidates of Żebruń et al. (2001b), the right one, those detected by Kołaczkowski (2004) in the complete OGLE-II database. Dashed lines delimit the areas from which stars for the analysis were taken

3.1. Magellanic Clouds

A good example of the differences in the number of variables which can be found using different approaches to the variability search is shown in Fig. 1. The figure shows the results of the searches for β Cephei stars in the Large Magellanic Cloud (LMC). Out of about 53 400 variable star candidates in the LMC found by Żebruń et al. (2001b), we selected a subsample of 5 204 stars in the upper main sequence. Periodogram analysis of their photometry yielded three β Cephei stars, the first such variables found outside the Galaxy (Pigulski & Kołaczkowski, 2002) (Fig. 1a). A new analysis of the whole sample of 6.8×10^6 stars in the LMC observed by OGLE-II allowed to select about 150 000 stars in the upper main sequence. Among them, 92 candidates for β Cephei stars were found by Kołaczkowski (2004) (Fig. 1b).

Despite the large number of β Cephei candidates in the LMC, their incidence, related to the number of all early B-type stars, is about two orders of magnitude smaller than in the Galaxy. This difference reflects the differences in metallicity between the Galaxy and the LMC, as the pulsation mechanism of β Cephei and SPB stars strongly depends on metallicity: larger metallicity enhances driving (Pamyatnykh, 1999). In the Small Magellanic Cloud (SMC), only six β Cephei-type candidates were found (Kołaczkowski, 2004), further confirming this dependence.

From the astrophysical point of view, β Cephei candidates in the Clouds have very interesting properties. First, their periods are — on average — much longer than in the Galaxy. A median value of the period amounts to about 0.27 d in comparison with 0.17 for the Galactic stars. Next, in addition to periods rather typical for β Cephei stars we detect periods about twice longer. Periods in the 'longer' range are not predicted by the theory.

Many SPB candidates were found in the Clouds as well. Figure 2 shows multiperiodic SPB candidates for both Clouds.

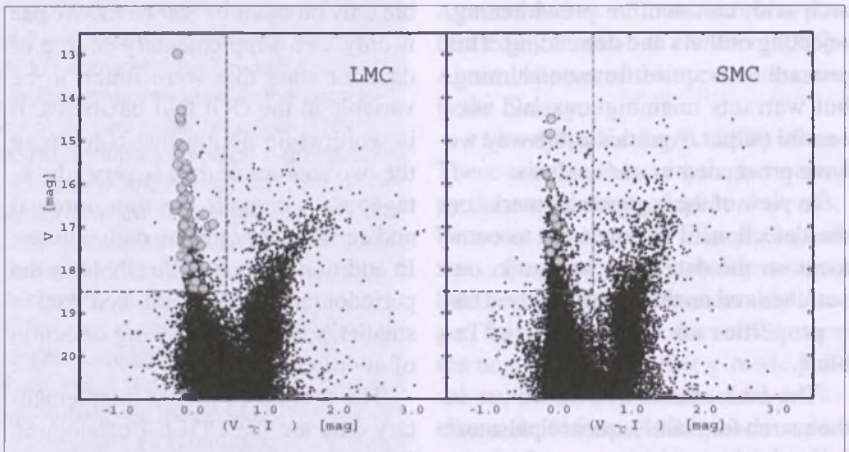


Fig. 2. Colour-magnitude diagrams for the LMC (left) and SMC (right) showing positions of 59 SPB candidates in the LMC and 11 candidates in the SMC found in the OGLE-II databases by Kołaczkowski (2004). Dashed lines have the same meaning as in Fig. 1. Courtesy Z. Kołaczkowski

3.2. The inner part of the Galaxy

The inner part of the Galaxy, including some directions along which Galactic bulge is visible owing to smaller

extinction, was observed, as noted above, within the OGLE-I, OGLE-II and MACHO surveys. We also used these data in the search for main-sequence pulsators. This time, the primary source of data was the OGLE-II catalogue of about 200,000 variable star candidates published by Woźniak et. al. (2002). The catalogue contains stars fainter than 12 mag. For this reason, their spectral types are not known and only some have *UBV* photometry available. Because the stars are at different distances and are generally highly reddened, different types of variables that overlap in periods cannot be easily separated. We selected all periodically variable stars, excluding the eclipsing and RR Lyrae stars, and divided them into three groups:

• Stars with dominant periods shorter than 0.4 d. This group includes 230 objects. Of them, 114 are multiperiodic; up to 8 terms were detected in these stars. Their location in the colour-magnitude diagram for a Galactic field is shown in Fig. 3a, the detected periods, in Fig. 3b. It is clear that this group of stars consists of a mixture of β Cephei and δ Scuti stars, possibly with a small contamination from low-amplitude RR Lyrae and W UMa variables in the long-period domain. In order to distinguish β Cephei and δ Scuti stars, a follow-up program is necessary. It should include low-resolution spectroscopy or *UBV* photometry of these stars. Then, the final variability classification will be possible.

• Stars with dominant periods between 0.4 and 5 days. About 650 stars of this type were found (Fig. 4), about 400 of them are multiperiodic. It is obvious that many of them are either SPB or γ Doradus stars. As the periods of these two types of stars cover the same range, there is no way to distinguish them without additional spectroscopic or photometric observations. Moreover, there are other types of variability in the period range between half a day and several days. Among others, there is variability of the λ Eridani-type observed in Be stars or α^2 CVn-type variability due to rotation.

• High-amplitude δ Scuti stars. They were recognised by their large amplitudes and non-sinusoidal light curves. In total, 193 objects of this type were found in the OGLE-II photometry of Galactic fields (Fig. 5, Plate 1). Fifty two of them appeared to be multiperiodic. The HADS stars found in the OGLE-II data are located mostly in the Galactic bulge. HADS stars are known to obey period-luminosity relation, so that they can be used to derive distances. Moreover, mostly radial modes are excited in these stars. In multiperiodic HADS, the fundamental and first radial overtones are usually observed. Their period ratio, P_1/P_0, is a very good diagnostics of stellar parameters, as it depends on the stellar mass, metallicity and helium abundance. A comparison of theoretical and observed period ratios in 25 known double-mode HADS stars has been recently made by Poretti et al. (2005). We add over 50 members to this group, although it is clear from the Petersen diagram shown in Fig. 5b that not all P_1/P_0 period ratios fall within the canonical range between 0.765 and 0.78. This means that either one of the modes is non-radial or we observe a pair of higher overtones, not the fundamental and first radial overtone. A spread in P_1/P_0 is the largest for the shortest periods. This can be explained in terms of metallicity differences, because metallicity affects period ratio mostly in the short-period range. Many stars with the shortest periods can be therefore classified as field SX Phoenicis stars. One of the stars in the list of Poretti et al. (2005) is in fact SX Phe itself.

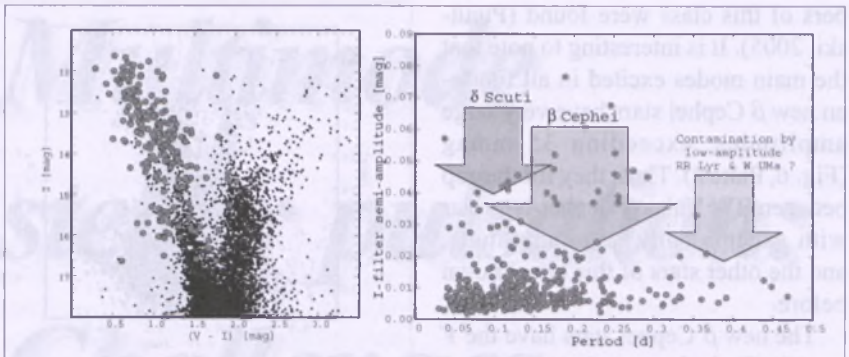


Fig. 3. Left: Colour-magnitude diagram for 230 short-period stars found in the OGLE-II Galactic fields. Right: *I*-filter semi-amplitudes plotted against periods for the same stars. The ranges of periods typical for β Cephei and δ Scuti stars are indicated. Courtesy A. Narwid

3.3. Solar neighbourhood

We search for main-sequence pulsators in the solar neighbourhood using the ASAS-3 database (Pojmański et al., 2005, and references therein) that contains 50,000 variable stars selected by the authors of the catalogue from the dispersion-magnitude diagram. ASAS survey is the first successful all-sky survey of this kind covering the whole southern sky and part of the northern sky. Searching for β Cephei stars in the ASAS-3 data, we have verified the results of the automatic classification performed by the authors of the catalogue, finding that four stars from this catalogue were already known as β Cephei-type pulsators. In addition, fourteen new mem-

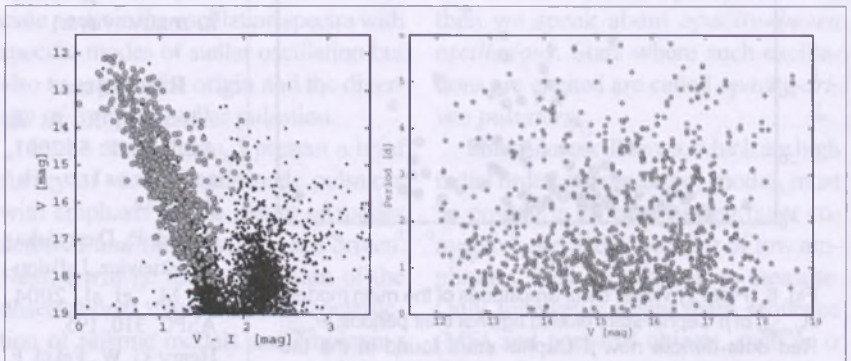


Fig. 4. Left: Colour-magnitude diagram for about 600 SPB and γ Doradus candidates found in the OGLE-II Galactic fields. Right: Their periods plotted against the *V* magnitude. Courtesy A. Narwid

bers of this class were found (Pigulski, 2005). It is interesting to note that the main modes excited in all fourteen new β Cephei stars have very large amplitudes, exceeding 35 mmag (Fig. 6, Plate 2). Thus, they fill the gap between BW Vul, a β Cephei-type star with exceptionally large amplitude, and the other stars of this type known before.

The new β Cephei stars have the V magnitudes in the range between 9 and 11. For such stars, the detection threshold in the ASAS-3 photometry is of the order of several mmag. It is therefore obvious that many other stars of this type (and other low-amplitude pulsators) can be found in the ASAS-3 photometry. This work is underway.

4. *Final remarks*

As can be judged from the examples shown above, with the massive photometries which are presently available, the number of known main-sequence pulsators can be easily doubled. These numbers could be further increased, because so far periodogram analysis of the whole photometric database was done only for the OGLE-II data in the Magellanic Clouds.

Increasing the number of members of a given type of pulsating stars as much as possible has many advantages, in particular:

• The statistics of the properties of the group can be better defined. This relates to the period distribution, range of periods, amplitudes, multiperiodicities, rotational splittings, distribution in the Galaxy, etc.

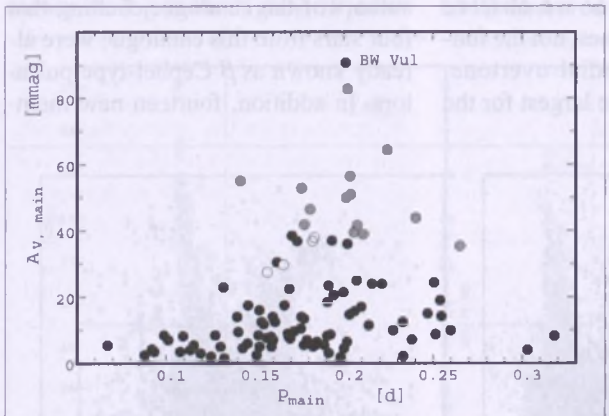


Fig. 6. (Plate 2) V-filter semi-amplitudes of the main modes, $A_{V,main}$, of β Cephei stars plotted against their periods, P_{main}. Red dots denote new β Cephei stars found in the the ASAS-3 data, yellow, those found in the ASAS-3 database, but known before, black, the remaining stars of this type. BW Vul is labelled

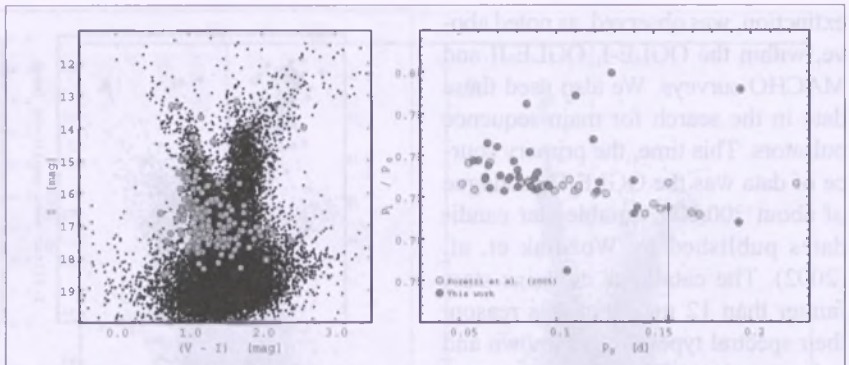


Fig. 5. (Plate 1) Left: Colour-magnitude diagram for 193 HADS stars found in the OGLE-II photometry of Galactic fields. Right: Petersen diagram for multiperiodic HADS stars. Green points denote stars listed by Poretti et al. (2005), red, 42 multiperiodic HADS found in our study. Period ratios of the ten remaining HADS stars we found lie outside the range shown in the figure. The vertical line connects two points for the same triple-mode star

• Objects which are potentially good targets for asteroseismology can be selected and then studied in detail.

• Some extreme cases of the behaviour in a given group can be found.

The results of our searches in the all-sky databases, such as ASAS-3, has an additional advantage: they allow us to study the distribution of these objects in the sky.

In this context, the discovery of extragalactic main-sequence pulsators has a special meaning. By a comparison with Galactic objects, the dependencies on metallicity can be studied and confronted with the theoretical predictions.

It is a great pleasure to express our appreciation for the members of the OGLE and ASAS teams for their superb work and the policy of publishing their catalogues fast and in a convenient form. And for Prof. Bohdan Paczyński, who inspired and supported these two projects in many ways.

References

Allsman, R. A. & Axelrod, T. S. 2001, arXiv:astro-ph/0108444.

de Cat, P., Daszyńska-Daszkiewicz, J., Briquet, M., et al. 2004, ASPC, 310, 195.

Henry, G. W., Fekel, F. C., & Henry, S. M. 2005, AJ, 129, 2815.

Kołaczkowski, Z. 2004, Ph.D. thesis, University of Wrocław.

Pamyatnykh, A. A. 1999, Acta Astron., 49, 119.

Pigulski, A. 2005, Acta Astron., 55, 219.

Pigulski, A. & Kołaczkowski, Z. 2002, A&A, 388, 88.

Pojmański, G. 1997, Acta Astron., 47, 467.

Pojmański, G., Pilecki, B., & Szczygieł, D. 2005, Acta Astron., 55, 275.

Poretti, E., Suárez, J. C., Niarchos, P. G., et al. 2005, A&A, 440, 1097.

Rodríguez, E., López-González, M. J., & López de Coca, P. 2000, ASPC, 210, 499.

Stankov, A. & Handler, G. 2005, ApJS, 158, 193.

Szymański, M. K. 2005, Acta Astron., 55, 43.

Udalski, A., Olech, A., Szymański, M., et al. 1997, Acta Astron., 47, 1.

Waelkens, C. & Rufener, F. 1985, A&A, 152, 6.

Waelkens, C., Aerts, C., Kestens, E., Grenon, M., & Eyer, L. 1998, A&A, 330, 215.

Woźniak, P. R. 2000, Acta Astron., 50, 451.

Woźniak, P. R., Udalski, A., Szymański, M., et al. 2002, Acta Astron., 52, 129.

Żebruń, K., Soszyński, I., & Woźniak, P. R., 2001a, Acta Astron., 51, 303.

Żebruń, K., Soszyński, I., Woźniak, P. R., et al. 2001b, Acta Astron., 51, 317.

Andrzej Pigulski
Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego, Kopernika 11, 51-622 Wrocław, Poland.
E-mail: pigulski@astro.uni.wroc.pl

Wojciech A. Dziembowski

Multimode stellar pulsation: Challenges and prospects

Simultaneous excitation of a large number of oscillation modes is observed in a large variety of stars. I review basic properties of multimode pulsators focusing attention on mechanisms that drive pulsation. Methods of extracting information about stars from the oscillation spectra are described. The cases of a pulsating subdwarf and two β Cephei-type stars are discussed in greater detail

1. Introduction

The most common form of stellar pulsation consists in excitation of a large number of oscillation modes with small amplitudes. With the progress in observation and data analysis, such form of pulsation has been discovered in a large number of objects across the whole H-R diagram. This discovery gave rise to a new field of stellar astronomy, called *asteroseismology*.

The rich oscillation spectra are potential sources of detailed information about stars, including structure of their deep interiors. However, extracting such information from data is a nontrivial problem. Interpretation of the spectra is a challenging task, involving gathering additional observational data about stars and their oscillation, as well as stellar modeling. The aim is not only to associate peaks in the oscillation spectra with specific modes of stellar oscillation but also to explain the origin and the diversity of forms of stellar pulsation.

In the next section, I present a brief survey of various multimode pulsators with emphasis on the nature of modes detected and the way they are driven. Next, I will go to interpretation of the observational data involving construction of seismic models and employing data on mode amplitude and phases. I chose one sdB pulsator and two β Cephei stars, to whom I devoted the last section, to exemplify achievements of asteroseismology and to emphasize problems that are still awaiting solution.

2. Types of multimode pulsators

Multimode pulsation may be driven in two distinct ways. One is stochastic excitation by turbulent convection in outer layers and we refer to such pulsation as *solar-like oscillations*. The other, which may be referred to as *self-excited oscillations* arises as a result of linear instability of oscillatory modes. This takes place if perturbation of energy flux (radiative or convective) is on the average in opposite phase than temperature perturbation. In such a situation, the star becomes a natural heat engine. If the main contribution to the flux perturbation results from the opacity behavior, then we speak about *opacity-driven oscillations*. Stars where such oscillations are excited are called *opacity-driven pulsators*.

Solar-like oscillations, which are high radial order, n, pressure(p)-modes, must be present in all stars having outer convective zones but, because of low amplitudes, they are difficult to measure. Only for twelve bright main sequence (MS) and post-MS objects, such as α Centauri or Procyon, radial velocity data provide convincing evidence that variability is due to such oscillations. It is,

however, quite possible that the common low-amplitude photometric variability of red giants is a manifestation of solar-like oscillation. Though the basic physics of stochastic excitation seems understood, current models fail to explain gross features of observed oscillation such as frequency dependence of peak amplitudes and widths. In particular, Samadi et al. (2004), who applied the stochastic excitation theory scaled on the sun to α Centauri A data, found that predicted mean power in individual modes is by large factors (2 to 7) smaller than measured. Earlier, a significant discrepancy between observed and predicted widths of the peaks for the star was found by Bedding et al. (2004).

All historical types of pulsating stars are opacity driven pulsators but only in some of them more than a single radial mode is observed. Truly multimodal objects are found among δ Scuti stars, the objects lying at the low-luminosity end of the Cepheid instability strip. The record number of modes (67) was detected in FG Virginis by Breger et al. (2005). The fact that the number of excited mode is anti-correlated with luminosity is partially explained by the property of nonradial modes, which are either damped or easily stabilized in giants. However, we do not understand how the large diversity of pulsation forms observed in dwarfs arises. The modes excited in δ Scuti stars occur in the wide frequency range, extending from below the fundamental to above the sixth overtone of radial pulsation. The range corresponds to gravity(g)- and p-modes of low radial orders and low horizontal degrees, ℓ. High-ℓ (short horizontal wave) modes are usually not invoked because, as a result of disc-averaging, they are not likely to give rise to observable light variations.

There are B-type opacity-driven pulsators along the MS-band and the *Extreme Horizontal Branch* (EHB) with pulsation driven in the layer of the opacity bump created by the bound-bound transitions in iron-like elements. In the B-type pulsators, we encounter both, low-n p and g-modes and high-n g-modes, which have much longer periods. For some time, it has been believed that the short- and the long-period modes are excited in different objects, hotter and cooler, respectively. The hotter pulsators in the MS-band are β Cephei stars, known for nearly one hundred years. The cooler ones, discovered much later are known as SPB stars. However, very recent data show that also in β Cephei stars long period modes may be excited.

Long period g-modes are excited also in stars along the white-dwarf cooling sequence. The periods are in the minute range but that is long for white dwarfs. At the highest effective temperatures, there is a domain of DOV objects which are opacity-driven pulsators with the driving effect arising in the layer of the ultimate ionization of carbon an oxygen. The best studied object of this type is GW Virginis, for which over 100 modes were identified by Winget et al. (1991). At lower temperatures there are separate ranges of DBV and DAV pulsators driven by the destabilizing effect of the convective flux modulation.

3. Seismic inference

Oscillation frequencies are most important seismic observables. However, they become useful stellar probes only after association with specific modes, characterized by three integer numbers: the radial order, n, spherical harmonic degree, ℓ, and the azimuthal order, m. How such association is done is the subject of the next section. Here I just point out that the amplitude and phase data on the modes are very helpful in the process of mode identification.

The number of useful frequency data in individual distant stars is never sufficient for determination of internal density or rotation rate as functions of depth directly through solution of the *inverse problem*, as it has been done for the sun. The method of the asteroseismic sounding is based on construction of *seismic stellar models*, that is, models consistent with both seismic and non-seismic observables. Free parameters describing internal structure and theoretical uncertainties in stellar modeling are treated as adjustable quantities. Typically, data allow some freedom in oscillation identification. This is particularly true for n, which may be assigned only after we have, at least preliminary, stellar model.

Not all the modes have the same diagnostic power. For instance, frequencies of high-n p-modes cannot be reliably calculated due to uncertainties in the description of the outer layers. There are combinations of frequencies which are free of this problem but using them implies always information loss. Only g-modes or the so-called mixed modes are suitable for probing deep interior rotation and structure. Another advantage of g-mode frequencies is their sensitivity to element concentration gradients, which is a very interesting quantity for testing stellar evolution models.

Seismic models were constructed for α Centauri A and B. (see e.g., Miglio & Montablán, 2005, where references to earlier work may be found). The conclusions are somewhat disappointing for asteroseismology. Even combining seismic and non-seismic data a number of models were found which, within the observational errors, reproduce all the data. The accuracy of frequency data was still insufficient for deriving interesting constraints on the internal structure, but this should change as soon as accuracy is improved.

δ Scuti stars seemed an excellent target for seismic modeling because for many of these objects we have a large number of frequency data. The reality is, however, that there is no seismic model yet for any of them. One of the reasons is the lack of reliable mode identification which is especially important in the case of large influence of rotation in these stars, which are typically fast rotators.

Successful seismic models were obtained for certain white dwarfs and sdB stars. Such models yielded valuable constraints on the layered chemical structure of the objects. In the next section, I will give some details of seismic modeling of the sdB pulsator PG 1605+072. Interesting results were obtained also from modeling β Cephei stars. One example will be discussed later in this paper.

4. Deciphering oscillation spectra

Oscillation spectrum of α Cen A, which is strikingly similar to that of the sun obtained from the whole disc measurements, reveals nearly equidistant frequency spacings between peaks which enables determination of ℓ's of the underlying modes. The azimuthal order, m, of the modes is not revealed in α Cen, owing to its slow rotation and insufficient accuracy of frequency measurements. Such revealing spectra are encountered also in certain white dwarfs,

in particular in GW Vir, but such favorable situations are rather rare.

Most often we deal with spectra lacking repeating frequency separations, which could be used as a clue to mode identification. As an example, I show in Fig. 1 a schematic oscillation spectrum for the sdB pulsator PG 1605+072 from Charpinet et al. (2005). Having single band photometric data, the authors could impose certain constraints on mode identification. One was the upper limit on mode degrees, $\ell = 3$, justified by the fact that observable mode amplitude decreases with mode degree due to disc-averaging effect. The azimuthal orders were not considered because rotation was assumed negligible. Finally, the set of admissible identifications were limited to unstable modes. Specific mode identifications were assigned simultaneously with construction of the seismic model through the double-optimization method (see Charpinet et al. 2005 and references herein).

The method consists in considering oscillation frequencies in a four parameter family of stellar envelopes in thermal and diffusion equilibrium with effect of radiative levitation included. The latter effect causes accumulation of iron in the opacity bump layer and this is essential for mode driving. The adjustable parameters are the total mass, M, the mass of the hydrogen-rich outer layer, M_H, the effective temperature, $T_{\rm eff}$, and the surface gravity, g. For each model a combination of low-degree ($\ell \leq 3$) modes is found which minimizes the weighted distance between the observed and calculated frequencies,

$$\chi^2 = \sum_k \left(\frac{\nu_{k,obs} - \nu_{k,cal}}{\sigma_k} \right)^2$$

The subsequent minimization of χ^2 with respect to the stellar parameters leads to identification of modes and best values of M, M_H, $T_{\rm eff}$, and g. The values of the last two parameters are known from spectroscopy which, in the case of PG 1605+072, allowed to choose between two χ^2 minima of a comparable depth. The parameters which may be determined only by means of seismology are M_H and (in this case) M. Only with these two parameters determined we have sufficient constraints on the evolutionary history of the objects.

Mode identification shown in Fig. 1 is connected with the best model, characterized by $M = 0.457\ M_\odot$, $M_H/M = 5.6 \times 10^{-5}$, and the photospheric parameters consistent with spectroscopy. The fact that all detected modes may be associated with unstable modes is very encouraging and must be regarded as a support for models assuming chemical element distribution determined by the diffusion equilibrium with radiative levitation taken into account. The fact that not all unstable low-degree modes are detected is typical for stars having a large number of unstable modes. However, neglect of effects of rotation and other sources of inaccuracy of calculated frequencies as well as the adoption of $\ell = 3$ as the upper limit for mode degrees are questionable simplifications. Thus, the adopted mode identification and stellar parameters must be regarded as preliminary and should be verified by means of an ℓ determination with a method which does not involve seismic models.

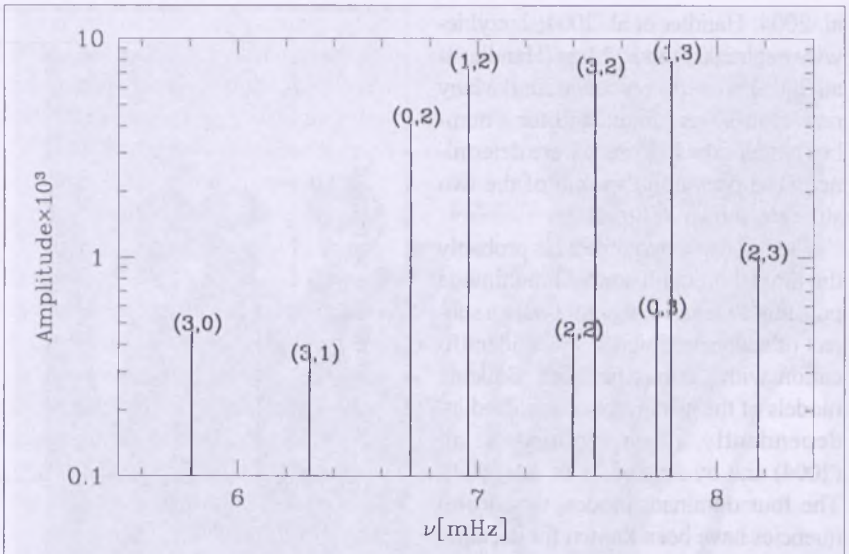


Fig. 1. Oscillation spectrum of PG 1605+072. The numbers in the bracket give (ℓ, n) — the degree and radial order of the mode. The data and mode identifications are from Charpinet et al. (2005)

As long as disc-resolved observations of nonradial oscillations are not possible, we must rely on a semi-empirical approach to the ℓ determination, involving usage of stellar atmosphere models. Such models are needed to calculate disc-averaged changes of radial velocity and light variations in selected bands at specified displacement of the photospheric radius, δR, and bolometric flux, $\delta F_{\rm bol}$. In the standard approach, these two quantities are treated as small perturbations (higher order terms negligible), constant within the atmosphere, which is a justified approximation in many applications. The angular and time dependence of the perturbations are given in the form

$$\delta r(R,\theta,\varphi) = R{\rm Re}\{\varepsilon Y_\ell^m\ {\rm e}^{-{\rm i}\omega t}\}$$

and

$$\delta F_{\rm bol} = F_{\rm bol}{\rm Re}(\varepsilon f Y_\ell^m\ {\rm e}^{-{\rm i}\omega t}),$$

where ε is a small complex constant fixing the oscillation amplitude and f is a complex parameter, which may be determined together with the eigenfrequency, ω, by means of linear nonadiabatic stability analysis of stellar models.

If effects of rotation are neglected, the amplitude and phases of all disc-averaged observables are fully determined by two complex parameters, f and

$$\bar{\varepsilon} \equiv \varepsilon Y_\ell^m(i,0),$$

where i denotes the aspect angle. Searches for ℓ leading to amplitudes and phases consistent with observations have been done in various ways. If f is taken from model calculations then, with the data on amplitudes and phases for two observables, $\bar{\varepsilon}$ may be eliminated and we get a single constraint on ℓ. With data on amplitudes and phases for more than two observables, both $\bar{\varepsilon}$ and f may be eliminated or determined by means of the least-square fit. In this case (see e.g., Daszyńska-Daszkiewicz et al. 2005), the most probable ℓ's are determined from $\chi^2(\ell)$ minima. This method provides semi-empirical values of f, which is an independent constraint on stellar model.

5. Two multimode β Cephei stars

Recent observational campaigns on classical β Cephei stars ν Eri (Aerts et

al. 2004; Handler et al. 2004; Jerzykiewicz et al. 2005) and 12 Lac (Handler et al. 2005) proved very rewarding. Many new modes were found and for a number of them the ℓ degrees were determined. The oscillation spectra of the two stars are shown in Fig. 2.

First of these two objects is probably the most thoroughly studied multimode pulsator. Extensive new data were a subject of analyses aimed at mode identification with various methods. Seismic models of the stars were constructed independently by Pamyatnykh et al. (2004) and by Ausseloos et al. (2004). The four dominant modes, whose frequencies have been known for decades, have an unambiguous interpretation as the $\ell = 0$, p_1 (radial, fundamental) singlet and the $\ell = 1$, g_1 triplet. There is also an unambiguous identification for three new modes as the $\ell = 1$, p_1 triplet.

Models calculated with standard evolutionary codes depend on the assumed extent of convective elements overshooting from the convective core. The overshooting distance cannot be determined by present-day theoretical tools. This is usually measured through parameter α_{ov}, which is the fraction of the pressure distance scale, calculated at the edge of the convective core. Its value has significant consequence for modeling all subsequent phases of evolution. Depending on α_{ov}, and to a lesser extend on the opacity data used, the seismic models imply a mass of ν Eri between 9.0 to 9.8 $M_\odot$. The most important result obtained with the seismic models of ν Eri is the stringent upper limit on α_{ov} of about 0.1. More accurate estimate will be possible with more accurate effective temperature determination. Another valuable result of seismic modeling is the evidence for an inward rise of the rotation rate, based on frequency separations in the two $\ell = 1$ triplets.

At the moment, we have only preliminary and incomplete mode identification in 12 Lac and also a preliminary estimate of the star parameters. The star is an about 11 $M_\odot$ object in an advance main sequence phase of evolution with about 2/3 of hydrogen converted to helium in the convective core, similar to ν Eri but somewhat more massive. What really matters is that the star is a faster rotator. The only structure in the oscillation that looks like a triplet, $\nu = 5.18$, 5.33, and 5.49 c/d, actually corresponds

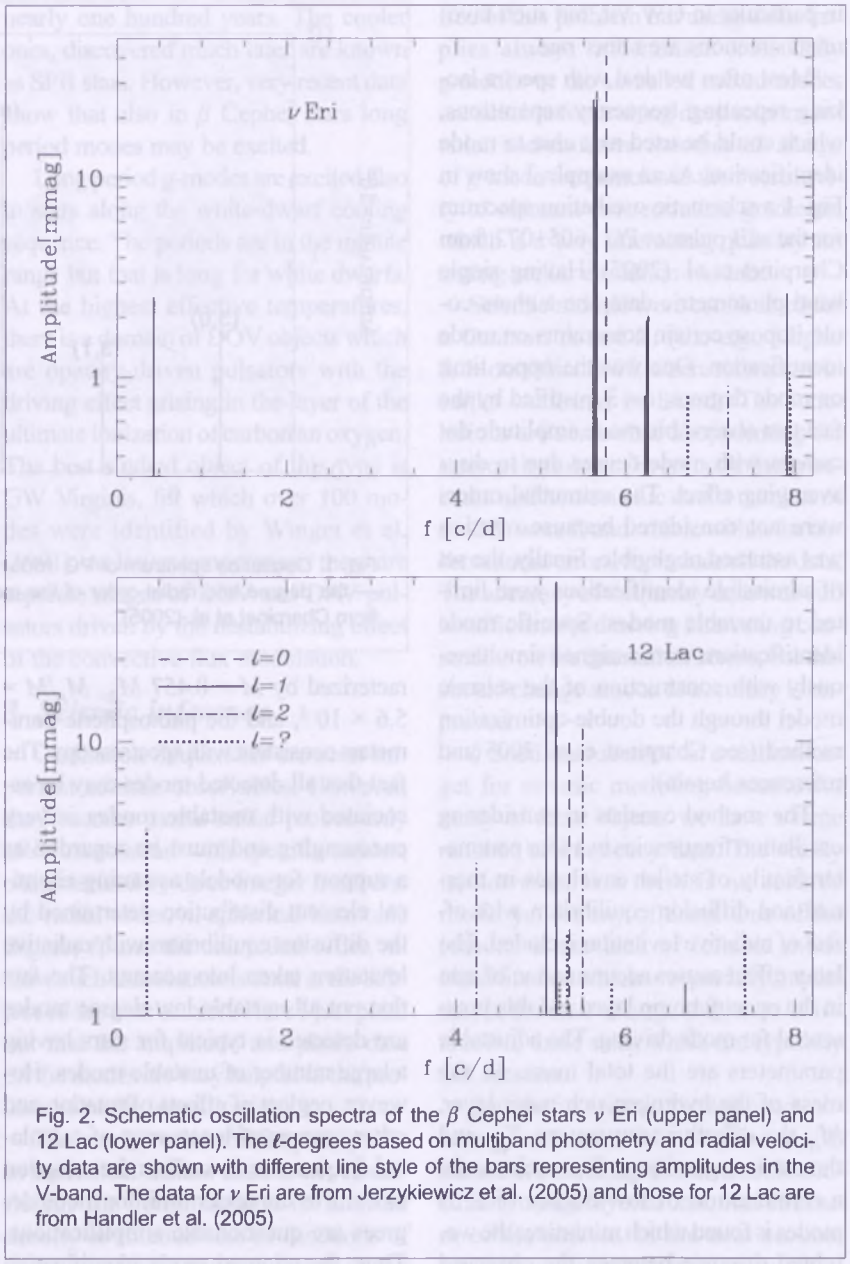


Fig. 2. Schematic oscillation spectra of the β Cephei stars ν Eri (upper panel) and 12 Lac (lower panel). The ℓ-degrees based on multiband photometry and radial velocity data are shown with different line style of the bars representing amplitudes in the V-band. The data for ν Eri are from Jerzykiewicz et al. (2005) and those for 12 Lac are from Handler et al. (2005)

to modes of different degrees, $\ell = 1, (g_1)$, $\ell = 0, (p_1)$, and $\ell = 2, (g_1)$, respectively, and of unknown m. The $\ell = 1$ mode at $\nu = 5.06$ c/d is perhaps another component of the $\ell = 1, (g_1)$ triplet. Thus, three possibilities for the m values of the two detected components have to be considered. Plausible identifications for some other modes are: ($\ell = 1$, g_1) at 4.24 c/d, ($\ell = 1$, p_1) at 5.84 c/d, ($\ell = 2$, p_0) at 6.70 c/d, and ($\ell = 1$, p_0) at 7.41 c/d. With unknown m and significantly faster rotation, the task of constructing the seismic model of 12 Lac is much harder than in the case of ν Eri. However, the effort would be important precisely because of much faster rotation. The model would help us to disentangle effects of rotationally induced mixing and overshooting.

The most interesting challenge posed by the ν Eri oscillation spectrum is the peak at 0.43 c/d which may be interpreted only as a high order g-mode. Instability of such modes is not predicted in standard models. Pamyatnykh et al. (2004) suggested that, like in the case of the SdB pulsators (see references in Charpinet et al. 2005), the solution might be the accumulation of iron in the driving zone due to combined diffusion and radiative levitation effects. It is usually assumed that these microscopic processes are impeded by macroscopic mixing induced by rotation. ν Eri is indeed an exceptionally slow rotator, but 12 Lac is not. Still, there is a low frequency peak in the oscillation spectrum of 12 Lac well outside the instability range determined for standard models. Stellar evolution

calculations, which include effects of diffusion, levitation and rotationally induced mixing, have to be done in order to check whether a sufficient iron accumulation is possible to render the low frequency modes unstable.

Comparison of the semi-empirical and model values of f's yields a quantitative test of iron distribution resulting from interplay between segregation and mixing effects. Such a comparison was done by Daszyńska-Daszkiewicz et al. (2005), who compared semi-empirical f's for dominant peaks in ν Eri with theoretical ones in the standard seismic models of the star calculated with opacity data from different sources. These calculations revealed the potential of the method but did not point to a need for a revision of the standard models with uniform iron distribution.

References

Aerts, C., de Cat, P., Handler, G., et al. 2004, MNRAS, 347, 463.

Ausseloos, M., Scuflaire, R., Thoul, A., & Aerts, C. 2004, MNRAS, 355, 352.

Bedding, T. R., Kjeldsen, H., Butler, R. P., et al. 2004, ApJ, 614, 380.

Breger, M., Lenz, P., Antoci, V., et al. 2005, A&A, 435, 955.

Charpinet, S., Fontaine, G., Brassard, P., Green, E. M., & Chayer, P. 2005, A&A, 437, 575.

Daszyńska-Daszkiewicz J., Dziembowski, W.A., & Pamyatnykh, A.A. 2005, A&A, 441, 641.

Handler, G., Jerzykiewicz, M., Rodrigues, E., et al. 2006, MNRAS, 365, 327.

Handler, G., Shobbrook, R. R, Jerzykiewicz, M., et al. 2004, MNRAS, 347, 454.

Jerzykiewicz, M., Handler, G., Shobbrook, R. R., et al. 2005, MNRAS, 360, 619.

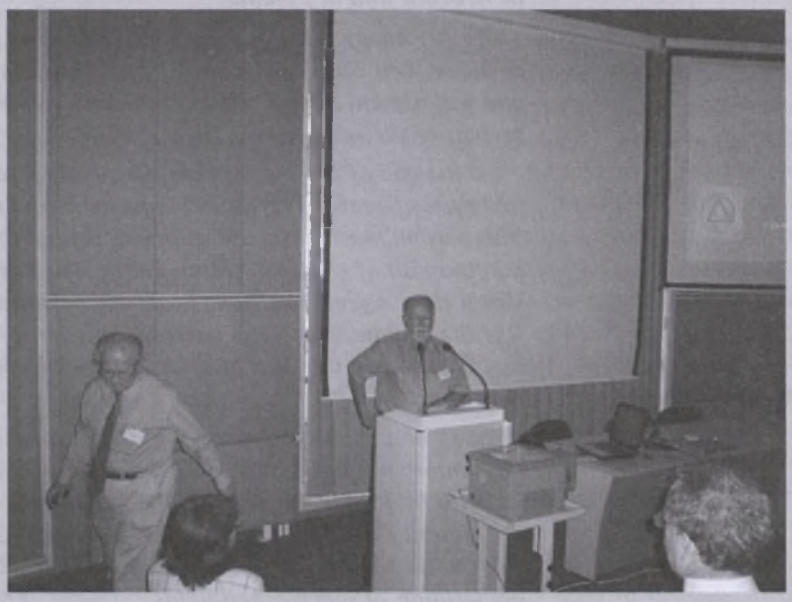
Miglio, A. & Montalbán, J. 2005, A&A, 414, 615.

Pamyatnykh, A. A., Handler, G., & Dziembowski, W. A. 2004, MNRAS, 350, 1022.

Samadi, R., Goupil, M. J., Baudin, F., et al. 2004, Proceedings of the SOHO 14/ GONG 2004 Workshop (ESA SP-559), 615.

Winget, D. E., Nather, R. E., Clemens, J. C., et al. 1991, ApJ, 378, 326.

Wojciech A. Dziembowski
Warsaw University Observatory and Copernicus Astronomical Center, Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa, Poland
E-mail: wd@astrouw.edu.pl



Introduction to the solar physics session

In 1950^s Professor Jan Mergentaler initiated solar research in Wroclaw. Therefore we consider this session to be a form of commemoration of the 50th anniversary of solar research in Wroclaw and in Poland.

We are happy that good friends of our solar physics group, Kees de Jager, Len Culhane, John Brown and Hugh Hudson, are with us and will present invited talks. Thank you very much for coming and preparing the talks.

At the end of 1950^s Professor Antoni Opolski visited Utrecht and soon after this Professor Minnaert visited us in Wroclaw. This was an outstanding event in our observatory, since this was the first visit of western astronomer in Wrocław after the Second World War. A few years later Professor de Jager came here and this was the beginning of very nice collaboration between Utrecht and Wroclaw in the field of solar X–rays analysis which lasted many years.

In 1980^s nice collaboration with the Mullard Space Science Laboratory of the University College London began which was kindly initiated by Professor Culhane and has been continued up to the present days. The collaboration concerns X–ray data analysis from **Solar Maximum Mission** *and* **Yohkoh** *satellites, as well as joint preparation of space experiments.*

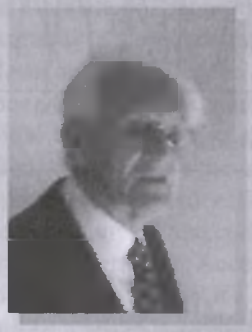
Both Professors, Kees de Jager and Len Culhane, helped us very much to develop our research on solar X–rays and we are very thankful to them for this. They both have become **doctores honoris causa** *of the University of Wroclaw which is the highest award our University has at its disposal.*

We are happy that both Professors have come and they are first speakers during this session.

Jerzy Jakimiec

Cornelis de Jager

Solar activity and climate



Measurements in terrestrial ice cores and in biological sediments provide information on past variations of the tropospheric temperature as well as on those of past solar activity. It appears that both are correlated, although not strongly. Never in the past ten thousand years has the sun been as active as in the past half century. The climate has been extreme too in that same period of time. The question of the causal relationship is of interest.

Solar activity is driven by the solar dynamo. Helioseismology has provided us with good information on the internal solar conditions and processes, especially those in the tachocline, which is important as the seat of magnetic fields.

Solar variability has two aspects: a regular variation of the solar irradiance and the emission of magnetised plasma clouds. Both vary in pace with the sunspot (Schwabe) cycle and they are (loosely) correlated. Both may be a cause for influencing terrestrial climate but presently available data seem to favour the first mechanism.

The sun varies with at least six semi-periods. The dynamo is a non-linear process that shows chaotic elements. Phase catastrophes do occur. Therefore it is basically not possible to forecast future solar variability

1. Past variations in solar activity and climate

Measurements in ice cores (Greenland and Antarctica) but also those in biological sediments, have provided us with very useful information on the variations in the past, both of the tropospheric temperature as well as in solar activity. Information on the variation of tropospheric temperatures over the years is derived from a comparison of the $^{16}O/^{18}O$ contents in air bubbles included in ice cores, while that on solar activity is given by deposits of cosmogenic radionuclides, such as ^{10}Be in sediments and ice cores. The cosmogenic radionuclides are produced by cosmic radiation interacting with upper atmospheric molecules. In turn, the flux of cosmic radiation received on earth is modulated by the magnetic fields in plasma surrounding the Earth and filling the heliosphere. The magnetized plasma is emitted by the Sun, and the amount emitted depends on the degree of solar activity. The more active the Sun, the more plasma emitted, the smaller the cosmic radiation flux on Earth and the consequent number of deposited ^{10}Be particles.

Figure 1 presents the variation of solar activity over the past 12,000 years, as measured through ^{10}Be and ^{14}C deposits. The upper frame shows that during the past 2000 years the Sun has not been as active as it was during the past half century, while the lower frame shows that this statement even applies to the past 11,000 years. We note that while speaking in this connection of solar activity we refer to the emission of magnetized plasma clouds, because these affect the production of cosmogenic radionuclides through modulation of cosmic rays. This statement is important because there are other manifestations of solar activity. They are mostly correlated with the emission of plasma clouds but the correlation is not in all cases strong and there are indications of time delays between the maxima of sunspot activity and of the frequency of Coronal Mass Ejections (CMEs). The *Energetic Emissions Delay* (de Jager 2005) of about one to two years is the average time difference between maxima of sunspot activity and of CME ejections.

Figure 2 gives the variation of average Northern Hemisphere temperatures with time over the past 2000 years as published by Moberg et al. (2005). Note that there appears to be some correlation between this curve and those of Fig. 1; note also that over the past half century the average Northern Hemisphere temperature was higher that ever in the past 20 centuries. The similarity between the curves of Figs. 1 and 2 is suggestive and asks for an explanation, or at least for further study.

In this connection we have to add a few critical notes. First, that there are clear indications that the variation of average temperatures is not the same

over the whole Earth. Some regions have higher temperature increases than others, and there are even geographical areas where the temperature variation was opposite in sign (cf. Coughlin & Tung 2004; Matthes et al. 2004; Langematz et al. 2005). Next, that satellite measurements have hardly shown any temperature increase over the past decades, contradiction ground based observations. There are also clear indications (De Laat & Maurellis 2004) that the observed temperature increase of the past few decades is just restricted to global industrialized areas such as Western Europe and parts of the US. For references to the lively and far from finished discussions on these problems we refer to De Jager (2005, Ch. 7).

Partly for these reasons we restrict the remainder of this paper to a discussion of the observed variations of tropospheric temperature and of solar activity from before 1960, a period over which good information is available.

2. Solar activity and the solar dynamo

We briefly recapitulate the various well-known aspects of solar activity. The Centres of Activity (CAs) are surrounding the sunspots with their strong magnetic fields. The CAs surround the spots; their sizes are of order 40,000 (longitude) to 20,000 km (latitude). They are the seats of weaker, scattered fields that present themselves near the limb as facular fields. Their limb visibility is due to the fact that their temperature increases with height, due to dissipation of magnetic energy. *Solar flares* in CAs are ascribed to reconnection of magnetic flux tubes and in their initial phase high temperatures (~ 50 MK, but occasionally much higher) are briefly observed. *Coronal Mass Ejections* are magnetized clouds of plasma emitted from CAs. Also the coronal holes, the ephemeral active regions and the polar faculae emit magnetised plasma. Such clouds leave the Sun with small velocities but the speed increases underway to values of order 500 to 1000 km/sec. They disperse over the heliosphere and thus finally fill the heliosphere with magnetized plasma. That way they can influence the cosmic ray flux received on Earth.

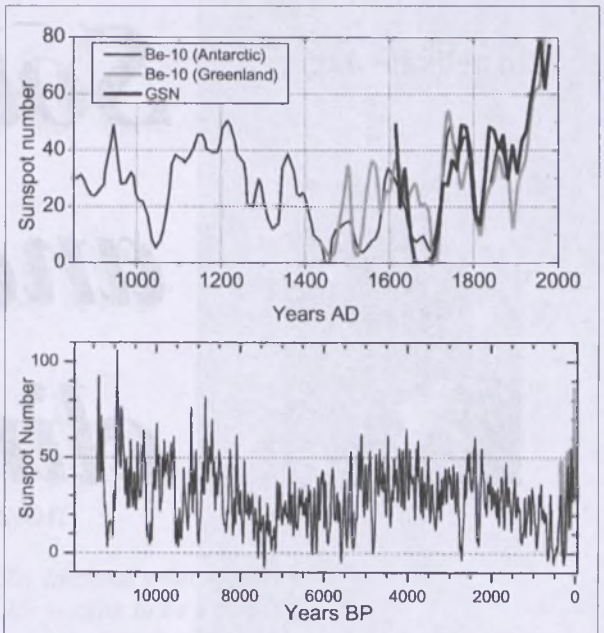


Fig. 1. Upper frame: Solar activity since AD 850 as measured via the sunspot numbers (from 1610) and via cosmogenic radionuclides (Usoskin et al. 2003)
Lower frame: The same for the past 12 millennia (Solanki et al. 2004)

The number of spots varies during the 11-years cycle, often called the Schwabe cycle. The first spots of a cycle appear at latitudes around 30°, while over the following years during the cycle the spot zone appears gradually at lower latitudes (Carrington's law). During the following cycle all polarity configurations change sign (Hale's polarity laws). Hence actually there is rather question of a 22-years cycle, the *Hale cycle*.

At latitudes above ~ 40° the activity is manifested by polar faculae (Makarov & Makarova 1996), ephemeral active regions (Harvey & Martin 1973) and unipolar active regions (Priest 1981). The polar faculae and the connected seats of emission of high latitude plasma clouds move pole-ward during the Schwabe cycle. They reach maximum intensity some 5 years after spot maximum (Makarov et al. 2005).

A remarkable feature is that the most energetic flares and associated phenomena tend to appear one to two years after spot maximum: the Energetic Emissions Delay (Fig. 3).

The various aspects of solar variability are thought to be driven by the solar dynamo. Dynamo theory has to explain five elements: the Hale cycle, Carrington's law of equator-ward drift of the spot zone, the origin of the poloidal field elements including the pole-ward motion of the polar prominence zone and of the ephemeral active regions; Hale's polarity law and the Energetic Emissions Delay. Below we give a brief and necessarily incomplete description of a possible scenario.

Starting feature is an assumed poloidal magnetic field, hence extending from pole to pole. Helioseismologic observations have provided us with accurate data on the internal solar rotation (Fig. 4). The

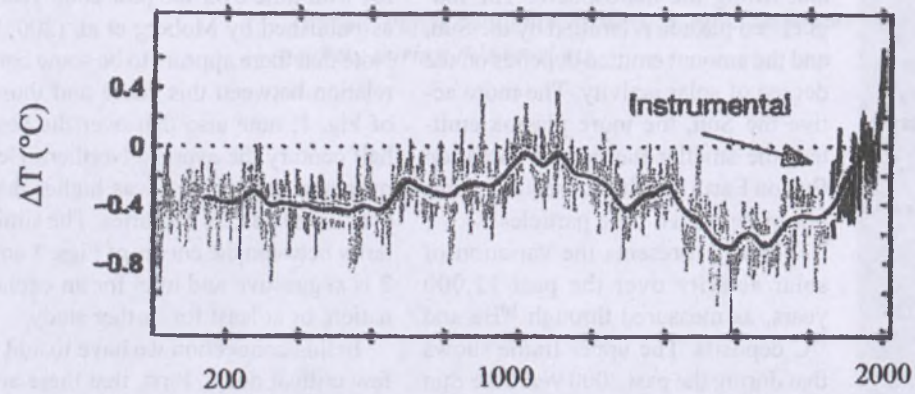


Fig. 2. Northern Hemisphere mean temperatures since AD 200 (Moberg et al.

main feature is that in the upper 200,000 km (the convection zone) the equatorial regions have a higher angular rotation rate than the polar ones. By this differential rotation the polar fields are stretched. That process happens primarily in the tachocline, which is the level at the basis of the convection zone. As a result the fields obtain a toroidal component and they are amplified. When locally the magnetic fields obtain values of order 10^5 Gauss, they become buoyant and consequently they move upward. Accordingly, sunspots arrive at the surface. In their upward motion they drag weaker fields along and so Active Regions arrive at the surface, surrounding the spots.

To this feature we have to add the existence of slow Hadley cell circulation in the convection zone: along the lower part of the zone there is an equator-ward streaming while at higher levels the motion is directed pole-ward.

Weaker dynamo action and field amplification occurs higher up in the convection zone. Combination of the uprising motions with the necessary Coriolis forces make two things happen: fields are amplified and these fields eventually obtain an important poloidal component. By the influence of the Hadley cell circulation, which is pole-ward near the upper part of the convection zone, these fields move pole-ward. At the end of the Schwabe cycle a new, but oppositely directed, poloidal field is thus created; after that the second part of the Hale cycle starts.

3. *The two aspects of solar variability that may influence climate*

The total solar irradiance appears to vary during the solar cycle. The amplitude is small, about 0.1%. Figure 5 compares the irradiance variation over the period 1979 through 2000, as compared with the total magnetic field variations and the sunspot number. The parallelism is obvious. There is also some indication of the Gnevyshev Gap: two successive maxima that appear one to two years after each other. This is caused by the fact that the activity in the two solar hemispheres does not reach maximum at the same time.

Closer study of the irradiance variations, including the wavelength dependences shows that the variation is mainly situated in the UV part of the spectrum with a small additional contribution from the IR part. This is so because the amplitude of the UV flux variation during the cycle equals that of the total irradiance. Since the relevant part of the UV flux is emitted by low-chromospheric parts of the sun, the conclusion must be that the photosphere proper does not change during the cycle (detailed discussion in De Jager 2005). This result was already found by Woodard & Libbrecht (2003). That conclusion seems to counter the finding by Gray & Livingston (1997) that the photospheric temperature varies during the cycle with an amplitude of 1.5 K. But if that result were true then the total irradiance would already change by the observed amount of 0.1% only by the photospheric contribution, not including the variation of the same order of the UV radiation flux, which is a contradiction.

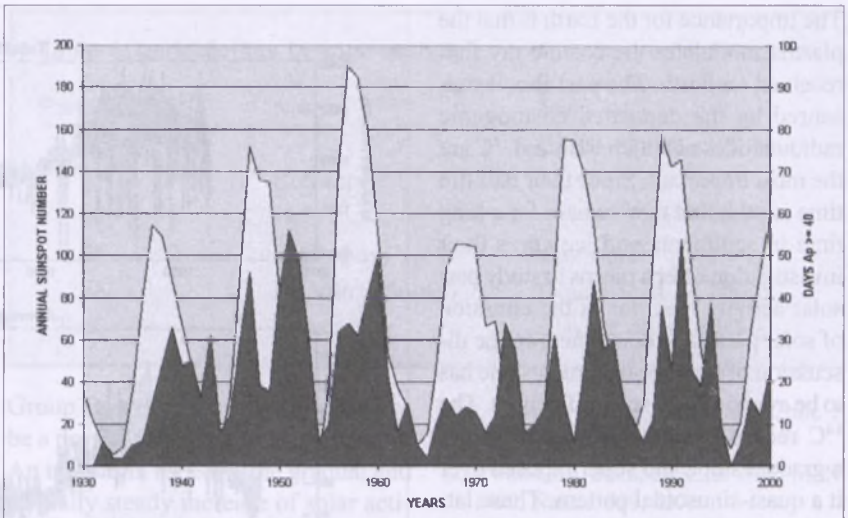


Fig. 3. Annual number of geomagnetically disturbed days with A_p index > 40 (dashed line and hatched area) and annual sunspot number (solid line) for cycles 17–23. Courtesy J.H. Allen, NOAA National Geophysical Data Center, Boulder Co.

The variation of the solar irradiance can not directly influence terrestrial tropospheric temperatures because the UV flux is mainly absorbed in stratospheric levels. Indirectly it can, through large-scale atmospheric meridional circulation.

The other aspect of solar variability that may influence climate is the emission of magnetised plasma. The main contributions are from Coronal Mass Emissions and the plasma stream from coronal holes. A smaller contribution is from ephemeral active regions. A measure for their importance at Earth distance is the open solar flux (Lockwood et al. 1999), which is the activity-connected magnetic flux in interplanetary space. The magnetised plasma remains in the heliosphere with a dissipation time that is estimated at 3 to 5 years. Hence, at any time, also during solar minimum activity, there is magnetized plasma in the heliosphere.

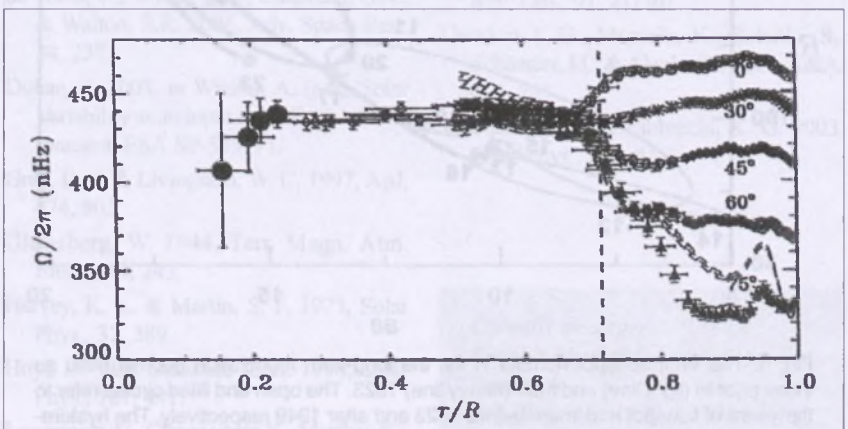


Fig. 4. Solar interior rotation frequencies as function of depth and latitude. The tachocline is at 0.69 R_o. (Thompson et al. 2003)

The importance for the Earth is that the plasma modulates the cosmic ray flux received on Earth. The past flux is measured by the deposited cosmogenic radionuclides of which ^{10}Be and ^{14}C are the most important. Since their half life time is such that they remain for a long time in sediments and ice cores their investigation offer a means to study past solar activity in so far as the emission of solar plasma is concerned. In the discussion of such measurements one has to be aware of non-solar influences. The ^{14}C record over the Holocene shows a gradual slope and superimposed over it a quasi-sinusoidal pattern. These latter variations are thought to be of terrestrial origin. For a part they are due to variations in the Earth's magnetic field with time.

The cosmic ray particles ionize the Earth's atmosphere. At altitudes of a few km cosmic rays are the main source of ionisation. Ions, electrically charged aerosol particles and charged water droplets may then act as condensation nuclei for water droplet formation and so an enhanced cosmic ray flux may cause increased cloud formation in the atmosphere at km heights. Several authors have studied these problems. Svensmark & Friis-Christensen (1997) and Dergachev et al. (2004) found correlation between solar activity and cloud formation: stronger activity is correlated with reduced cloudiness as may be expected.

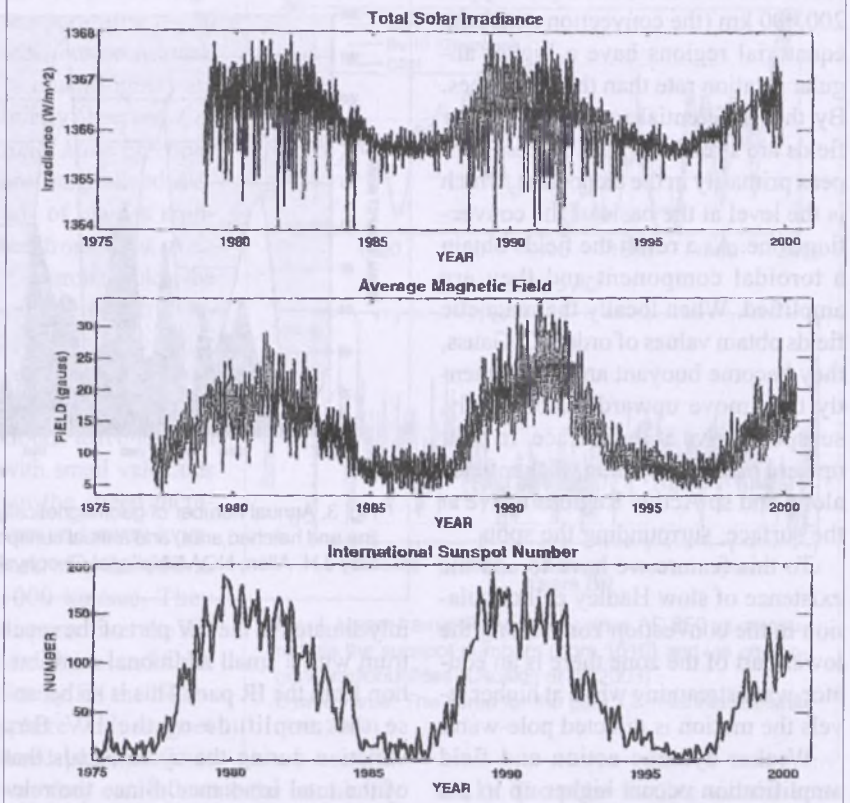


Fig. 5. Upper frame: Variation of the solar irradiance during two Schwabe cycles. Middle: the average magnetic field over the same period. Lower: sunspot numbers (de Toma et al. 2004)

4. Which of the two, or both?

The next obvious question is which of the two mechanisms (UV heating or plasma clouds) is the most important in influencing climate. We may translate this question in solar terms. Since the sunspots and the associated facular regions are originating from the toroidal magnetic fields while the most important part of the emitted plasma is related to the poloidal fields, the question may be reformulated: are toroidal solar fields or rather poloidal fields important in influencing climate?

A hint to the possible answer is found by studying the correlation of Moberg et al.'s Northern Hemisphere temperatures with either the Group Sunspot Number (Hoyt & Schatten 1998) and with the solar source function, as derived from the flux of deposited cosmogenic radionuclides (Solanki et al. 2000). Since Group Sunspot numbers are only available for the years after 1610 we took that year as our starting year. We did nut use radionuclide data from after 1960 because of possible human influence. The data were smoothed with a triangular profile with half width of 9 years, in order to eliminate the strong variations in the sunspot numbers due to the Schwabe cycle. A correlation analysis shows higher correlation between temperatures and Group Sunspot Numbers than between temperature and source

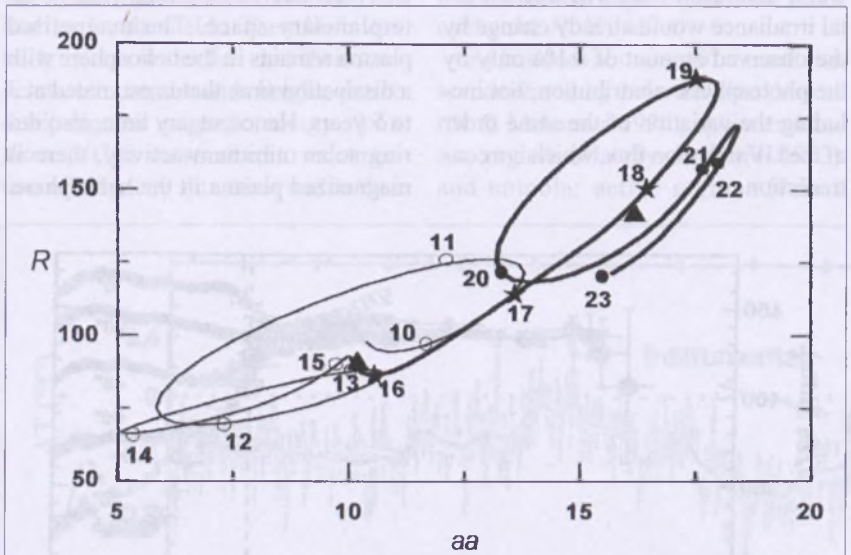


Fig. 6. The Wolf sunspot number R vs. the long-term modulation geomagnetic *aa* index prior to (light line) and after (heavy line) 1923. The open and filled circles refer to the years of sunspot maximum before 1923 and after 1949 respectively. The hysteresis between the *aa* and R proxies demonstrate the Energetic Emissions Delay. The changing orientation of the loops reflects a phase catastrophe (Duhau 2003)

function. A preliminary conclusion may be that terrestrial temperature variation correlates best with that of the UV fluxes and are hence caused by variations in the strength of the toroidal magnetic fields. A reserve is that this result does not exclude that both effects are active at the same time.

5. The chaotic solar dynamo

Subsequent authors have found many periodicities or quasi-periodicities in solar variability, measured either by the time variation of the sunspot number or by variations in the fluxes of cosmogenic radionuclides. We list them in Table 1.

In the literature more possible periods have been mentioned, but it is not sure if these are really solar. They may be due to other, possible terrestrial causes. The periods listed in Table 1 are pretty firmly determined. Their values are not fixed, though, and vary over time. During the past century the Schwabe cycle was 10 years rather than 11. Ogurtsov et al. (2002) describe the wide frequency band of the Gleissberg period: there are two maxima, one of 50 – 80 years and another of 90 to 140 years. Lee & Wang (2003) found average periods of 53 and 101 years.

It seems attractive to use such data for forecasting solar activity for coming years. Most authors, who did so, concluded that solar activity may decrease in the course of the 21th century. But such attempts may be questioned because the solar dynamo is a non-linear system that moreover shows phase jumps. The latter effect was shown first by Duhau (2003), cf. Fig. 6, by plotting the lower envelope of the geomagnetic *aa* index, which may be taken as a proxy for the strength of the poloidal fields (Ruzmaikin & Feynman 2001) against the smoothed sunspot numbers, taken as a proxy for the variations in the toroidal fields. The plot shows closed loops that show hysteresis: the Energetic Emissions Delay. Moreover there is a clear jump in orientation after 1923. This was the phase jump that initiated the extraordinary increase in solar activity of the past century.

Another way to study the behaviour of the solar dynamo is by plotting the fraction of the source function that is due to the poloidal field, versus the Group Sunspot Numbers, assumed to be a proxy for the toroidal component. An important aspect is the gradual and virtually steady increase of solar activity from the years of the Maunder Minimum (1652—1704) till 1950. During part of the Maunder Minimum, when sunspots were virtually absent, the poloidal field and its consequent emission of magnetised plasma were still active, because the measured ^{10}Be flux was significant. In some years the relation shows a discontinuous jump. The, in my view, most important feature is the chaotic and virtually unpredictable character of the dynamo.

Table 1: periodicities in solar activity

Period (years)	Name	Main ref.
1.3	—	Basilevskaya et al. 2000
11	Schwabe	
22	Hale	
88	Gleissberg	Gleissberg 1944
205	De Vries (Suess)	Ogurtsov et al. 2002
2300	Hallstadt	Clilverd et al. 2003

***References*:**

Bazilevskaya, G. A., Krainev, M. B., & Makhmutov, V. S. 2000, J. Atmos. Sol. Terr. Phys., 62, 1577.

Clilverd, M. A., Clarke, C., Risbeth, H., Clark, T. D. G., & Ulich, T. 2003, Astron. Geophys., 44, 5.20.

Coughlin, K. & Tung, K. K. 2004, J. Geophys. Res., 109, D21105.

de Jager, C. 2005, Space Sci. Rev., 120, 197.

de Laat, H. T. J. & Maurellis, A. N. 2004, Geophys. Res. Lett., 31, L05204.

Dergachev, V. A., Dmitriev, P. B., Raspopov, O. M., & Van Geel, B. 2004, Russ. J. Earth Sci., 6.

de Toma, G., White, O.R., Chapman, G.A., & Walton, S.R. 2004, Adv. Space Res., 34, 237.

Duhau, S. 2003, in Wilson, A. (ed.), Solar Variability as an Input to the Earth's Environment, ESA SP-535, 91.

Gray, D. F. & Livingston, W. C. 1997, ApJ, 474, 802.

Gleissberg, W. 1944, Terr. Magn. Atm. Electr., 49, 243.

Harvey, K. L. & Martin, S. F. 1973, Solar Phys., 32, 389.

Hoyt, D. V. & Schatten, K. H. 1998, Solar Phys., 181, 491.

Langematz, U., Claussnitzer, K., Matthes, K., & Kunze, M. 2005, J. Atmos. Sol. Terr. Phys., 67, 55.

Lee, G.M. & Wang, J.-L. 2003, Chin. J. Astron. Astrophys., 3, 391.

Lockwood, M., Stamper, R., & Wild, M. N. 1999, Nature, 399, 437.

Makarov, V.I. & Makarova, V.U. 1996, Solar Phys., 163, 267.

Makarov, V.I., Tlatov, A.G., & Callebaut, D. 2005, Solar Phys., in the press.

Matthes, K., Langematz, U., Gray, L. L., Kodera, K., & Labitzke, K. 2004, J. Geophys. Res., 109, D06101.

Moberg, A., Sonechkin, D. M., Holmgren, K., Datsenko, N. M., & Karl'en, W. 2005, Nature, 433, 613.

Ogurtsov, M. G., Nagovitsyn, Yu. A., Kocharov, G. E., & Jungner, H. 2002, Solar Phys., 211, 371.

Priest, E. R. 1981, Solar Magneto-Hydrodynamics, Dordrecht: Reidel.

Ruzmaikin, A. & Feynman, J. 2001, J. Geophys. Res., 106, A815783.

Solanki, S. K., Schüssler, M., & Fligge, M.: 2000, Nature, 408, 445.

Solanki, S. K., Usoskin, I. G., Kromer, B., Schüssler, M., & Beer, J. 2004, Nature, 431, 1084.

Svensmark, H. & Friis-Christensen, E. 1997, J. Atmos. Sol. Terr. Phys., 59, 1225.

Thompson, M. J., Christensen-Dalsgaard, J., Miersch, M. J., & Toomre, J. 2003, Annu. Rev. Astron. Astrophys., 41, 599.

Usoskin, I. G., Solanki, S. K., Schüssler, M., Mursula, K., & Alanko, K. 2003, Phys. Rev. Lett., 91, 211101.

Usoskin, I. G., Mursula, K., Solanki, S., Schüssler, M., & Alanko, K. 2004, A&A, 413, 745.

Woodard, M. F. & Libbrecht, K. G. 2003, Solar Phys., 212, 51.

Cornelis de Jager
Royal Netherlands Institute for Sea Research
P.O. Box 59; 1790 AB Den Burg, The Netherlands
E-mail: cdej@planet.nl

John Leonard Culhane

Coronal Mass Ejections: Launch conditions and arrival at Earth

Coronal Mass Ejections (CMEs) occur due to magnetic field rearrangements that can be global or involve a single active region (AR). Their relationship with solar flares remains controversial but the key to their origin probably involves magnetic field rearrangement in a general sense with flares and CMEs representing different manifestations of change in magnetic topology. We will discuss the removal of energy from ARs by CMEs and the resulting impact on the AR flare rate. The relationship of flare and CME occurrence to different magnetic topologies will be assessed. The value of magnetic helicity as an indicator of CME likelihood will be illustrated. The magnetic configuration at CME launch will be compared with the nature of the magnetic cloud seen at Earth for two quite different events

1. Introduction

Spacecraft recently launched for solar observations such as *Yohkoh* in 1991 and *SOHO* in 1995, are providing much new information about the role of the coronal magnetic field in causing both CMEs and flares. Flare observations e.g. Masuda et al. 1995, Tsuneta 1996a, with *Yohkoh* have shown that broadly similar magnetic reconnection topologies in the corona can be responsible both for large two-ribbon and compact active region flares. Several other observations provided new information on further reconnection topologies e.g. coronal jets (Yokoyama & Shibata 1995), trans-equatorial loops (Tsuneta 1996b). *Yohkoh* has in its more than ten year operational lifetime clearly demonstrated the importance of magnetic reconnection in the solar atmosphere.

The Large Angle Spectroscopic Coronagraph (LASCO, Brueckner et al. 1995) on *SOHO* has added enormously to the observational database for CMEs. In particular the class of events known as "halo" CMEs, so called because of their quasi-symmetric appearance around the solar limb which indicates that they may be directed towards Earth, has been extensively studied. While a coronagraph provides no information about conditions on the surface or in the low solar atmosphere at the time of launch, it has been possible to identify associated events near the surface such as coronal dimming (Sterling & Hudson 1997) and EIT waves (Thompson et al. 1999). In addition, the magnetic reconnection processes that give rise to related solar flares may provide clues to the mass ejection mechanism.

For the halo CMEs in particular, it is important to identify those that are truly Earth-directed, to determine their velocity and to establish whether the magnetic field associated with the ejected material will exhibit a strong

South-directed component ($B_z < 0$) when the resulting interplanetary CME (ICME) arrives at Earth as a magnetic cloud. In addition to solar remote "sensing observations" of CMEs and their launch sites, it is essential to make "in-situ" observations of the plasma that arrives at Earth. The plasma spectrometers and magnetometers on the *ACE* and *Cluster* spacecraft are particularly useful here though the latter mission can best contribute observations when its orbital track lies outside the magnetosphere. There have been several statistical studies of solar ejecta near-Earth e.g. Burlaga et al. 2001 together with observations of solar conditions at launch and of the later arrival of plasma at Earth for specific events e.g. Mandrini et al. 2005, Fazakerley et al. 2005.

In this paper, we will discuss qualitative indications of the removal of active region energy by CMEs and briefly survey the magnetic configurations that often give rise to mass ejections. Magnetic helicity is a conserved quantity in the solar atmosphere but is removed by CMEs and can be estimated by in-situ measurements in the resulting magnetic clouds near Earth. The comparison of active region helicity with that removed by CMEs in magnetic clouds is discussed. Finally two specific events, the eruption of a small coronal bright point with accompanying small magnetic cloud and the solar and near-Earth observations of an interplanetary CME, are assessed in detail.

2. *Active region flaring and CME launch configurations*

The connection between flares and CMEs is a controversial one. However both involve the release of energy, probably from stressed magnetic field configurations. Green et al. 2001, examined the flare productivity of nine active regions and compared it with the incidence of CME launches. Data for one of their ARs are shown in Fig. 1. The results show a build-up of released flare energy before the CME launches with a drop in released flare energy immediately after each launch. This indicates in a qualitative manner that similar processes, probably magnetic in origin, lead to energy build-up for both flares and CMEs and that the release of the CME-associated energy leads to a drop in the energy per flare until a further build-up has taken place. Thus neither phenomenon drives the other but both result from loss of magnetic equilibrium, at least on active region size scales.

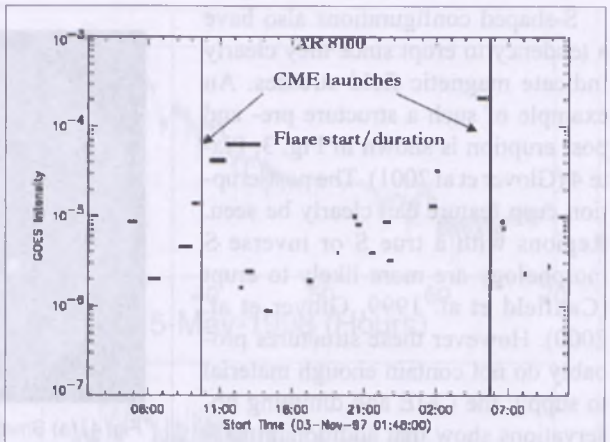
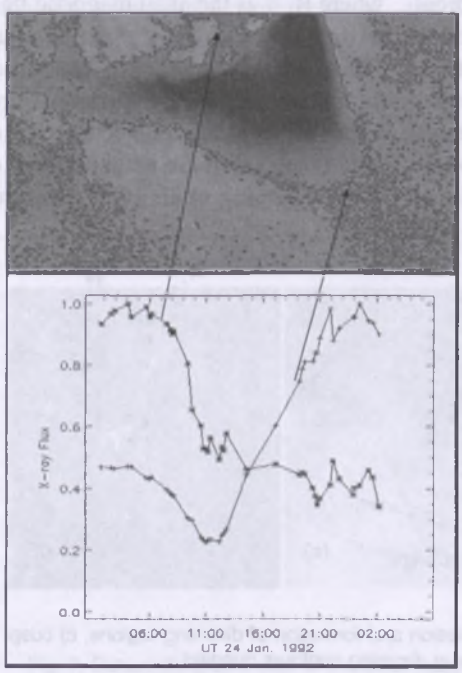


Fig. 1. *GOES* flare intensity and duration are indicated for a series of flares from AR 8100 in November, 1997. CME launch times are indicated by the solid vertical lines

While there is continued uncertainty about how magnetic instabilities are triggered, certain configurations in active regions and in the large-scale corona seem prone to eruption. Using the *Yohkoh* Soft X-ray Telescope (SXT) Hiei et al. 1993 observed the reformation of a streamer following a major prominence eruption. Figure 2 (Plate 3) shows the reformed streamer with a cusp characteristic of reconnection. Prior to this *Yohkoh* observation, CME and prominence eruptions were inferred from previous Mauna Loa coronagraph data. The SXT light curves indicate the dimming signature that characterizes material loss during the CME (Sterling & Hudson 1997).



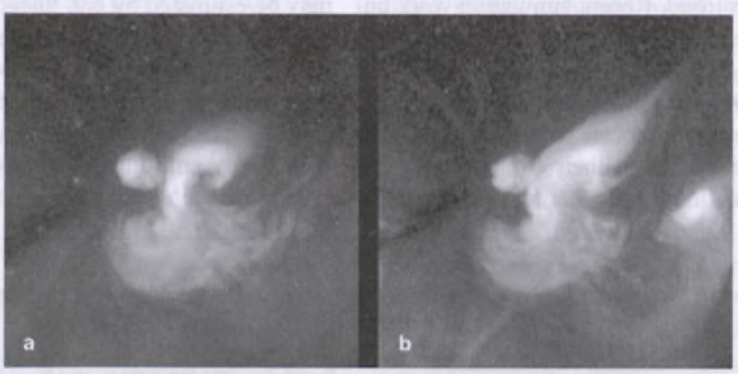


Fig. 3. (Plate 4, above) *Yohkoh* SXT observation of a sigmoid structure a) pre- and b) post-eruption

Fig. 2. (Plate 3, left) Reformed streamer with cusp. X-ray light curves from above and below streamer indicate dimming – upper curve later increases due to streamer expansion

S-shaped configurations also have a tendency to erupt since they clearly indicate magnetic field stresses. An example of such a structure pre- and post eruption is shown in Fig. 3, Plate 4 (Glover et al 2001). The post-eruption cusp feature can clearly be seen. Regions with a true S or inverse S morphology are more likely to erupt (Canfield et al. 1999, Glover et al. 2000). However these structures probably do not contain enough material to supply the CME and dimming observations show that additional material is ejected from the active region and its surroundings. Large trans-equatorial loops, seen to erupt with associated CMEs by Khan & Hudson 2000, do contain masses of ~ 10^{15} g and so could supply the material later observed with the white-light coronagraphs.

Although structures likely to erupt can be identified, the triggering mechanism remains uncertain. Khan & Hudson have suggested that coronal waves may have a role in destabilising the erupting trans-equatorial loops. However it is also possible that these waves are a consequence of the CME and not its cause. Antiochos et al. 1999 suggested that in quadrupolar magnetic configurations, reconnection between a sheared arcade and neighbouring flux systems can remove weak overlying magnetic field thus allowing an eruption to proceed. Again however the trigger mechanism is not identified. Recent simulation work on the kink instability in coronal magnetic flux ropes by Török & Kliem (2005) has shown some promise. These structures can emerge with stored energy due to their twist and the simulations show that an unstable situation can arise for twist above a limit which can be set by the strength and fall-off with height of overlying field. Williams et al. 2005 have recently observed a good example of such an eruption.

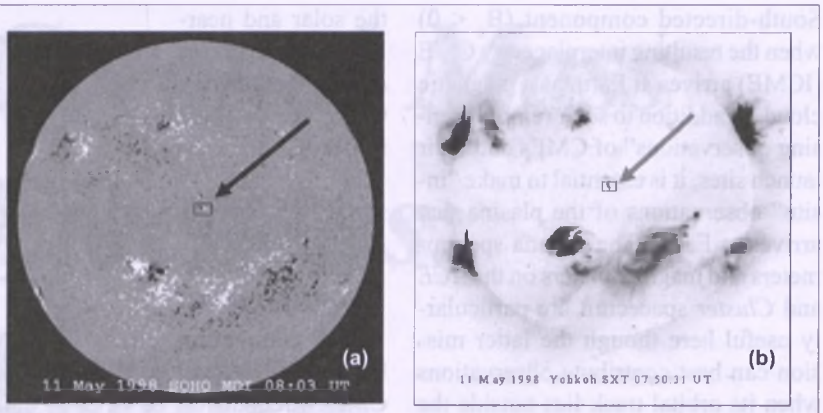


Fig. 4. (a) Small bipolar AR observed by *SOHO*/MDI with size 18 arc sec. (b) Corresponding X-ray bright point observed by *Yohkoh* SXT

3. *Magnetic helicity*

Helical magnetic structures that emerge from the convection zone play an important role in the solar atmosphere. Relative helicity (H_r, Berger & Field 1984) is a conserved quantity such that for a volume V,

$$H_r = \int_V A.BdV - \int_V A_0.B_0 dV \quad (1)$$

where A is the vector potential with B = ∇×A and a reference field, B_o has the same distribution as the normal component, B_n on the boundary surface of V. Coronal AR magnetic fields may be estimated by e.g. linear force-free extrapolation of the photospheric field, where ∇×B = αB and best fitting values of α are found by comparing the extrapolated field structures with X-ray emitting AR loops observed by *Yohkoh* SXT e.g. Démoulin et al. 2002. Given its conservation property, magnetic helicity brought to ARs from the convection zone would accumulate unless removed. CMEs are believed to do this and for individual ARs, Démoulin et al. (2002) and Green et al. (2002) showed that the helicity available in the ARs roughly balances that removed by CMEs whereas the contribution from differential rotation (DeVore 2000) falls short by a factor of ~ 5—20.

The magnetic clouds that constitute the ejected CME material are twisted flux ropes that expand as they move out from the Sun. Berger (1999) finds that relative helicity per unit length of such a twisted flux tube is given by

$$\frac{dH_r}{dz} \sim 0.7 B_{axial}^2 R^3 \quad (2)$$

where B_{axial} is the axial magnetic field of the cloud and R is the cloud radius. The magnetic properties of clouds may be characterized by in-situ measurements either in interplanetary space or when they reach the neighborhood of Earth. Lepping et al. 1990 measured

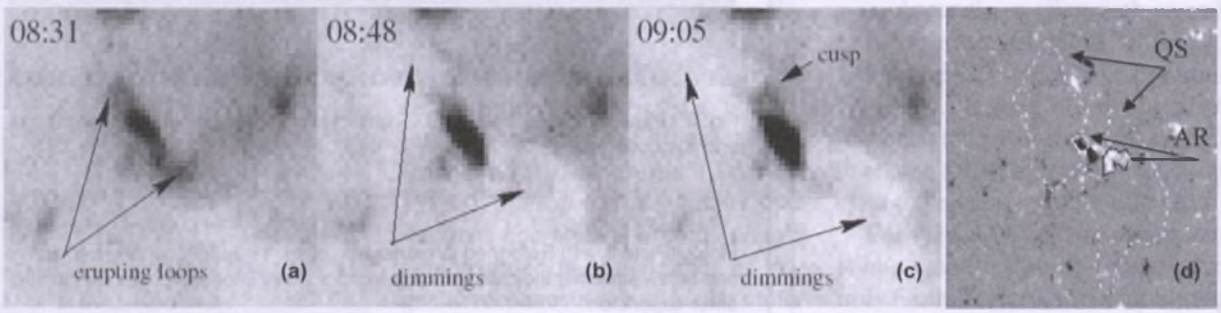


Fig. 5. EIT 195 Å images of the third event show a) erupting loops, b) smaller emission and formation of dimming regions, c) cusp formation and dimming growth. d) MDI magnetogram with active region and quiet sun dimming contours overlaid

these parameters for 18 clouds near-Earth and found average values B_{axial} ~ 20 nT and R ~ 0.1 AU. The helicity budget studies (Démoulin et al. 2002, Green et al. 2002) used these typical values for all their CMEs and in addition assumed that the clouds remained connected to the Sun to give a total cloud length of 2 AU. Since AR helicity deduced from field extrapolations roughly balances that removed by CMEs, a more precise monitoring of helicity may give some indication of likely AR CME productivity. However the assumption of an average cloud helicity for all CMEs will clearly introduce uncertainty. Hence studies of individual CMEs and the related magnetic clouds in interplanetary space are necessary.

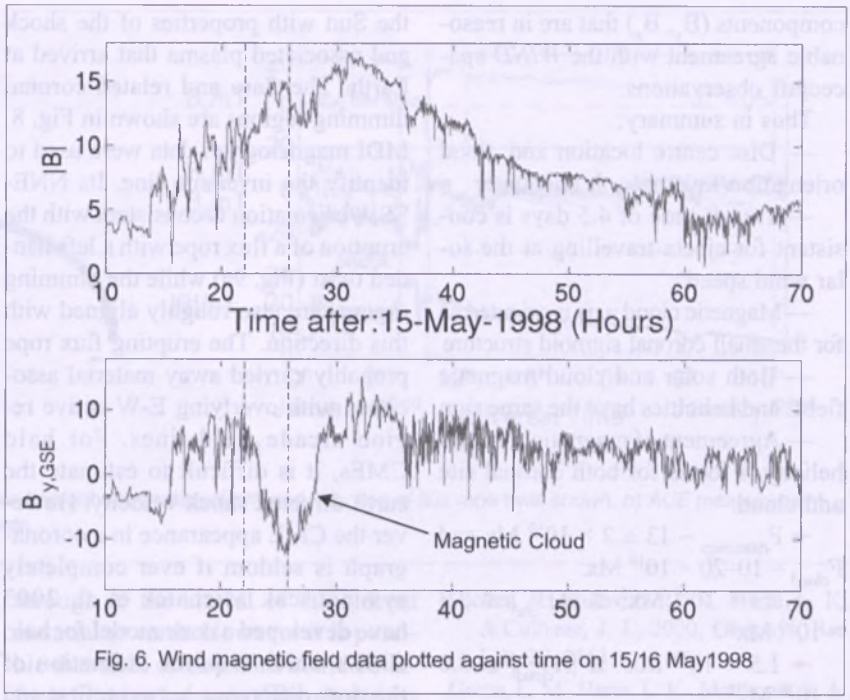


Fig. 6. Wind magnetic field data plotted against time on 15/16 May1998

4. X-ray bright point and related magnetic cloud

A detailed study of an eruption and the related small magnetic cloud has been carried out by Mandrini et al. 2005. The magnetic evolution of a small bipolar AR was observed by *SOHO*/MDI between 9 and 12 May, 1998 while the related development of an X-ray bright point were seen by *Yohkoh*/SXT and *SOHO*/EIT in roughly the same interval (Fig. 4). The sequence of magnetograms shows pronounced rotation of magnetic polarities which suggests the emergence of a highly twisted flux tube. In addition the simple X-ray bright point evolves to develop a sigmoidal configuration. Several small flare events were seen by *Yohkoh* SXT on 11th May; the third of these had the largest time-integrated X-ray flux. Figure 5 shows the development of the event as seen with *SOHO*/EIT. All the signs of an eruption are present though on a very small spatial scale. Careful study of the magnetograms indicates that the total magnetic flux associated with the AR and quiet sun dimming regions is $F_{dimming} \sim 13 \pm 2 \times 10^{19}$ Mx overall. The change in helicity for this region before and after the eruption is obtained by extrapolation with a linear force-free field model as described in previous section. The change in coronal helicity for the AR is $-3.3 \times 10^{39}\ Mx^2 \leq \Delta H_{cor} \leq -2.3 \times 10^{39}\ Mx^2$.

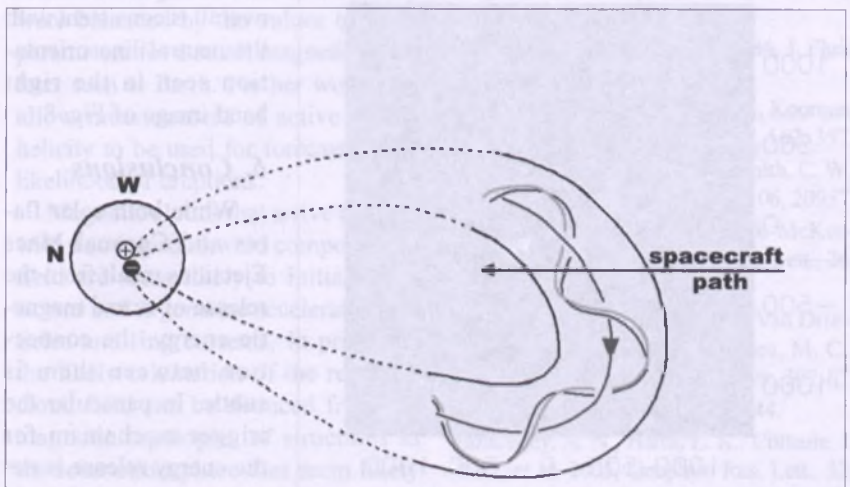


Fig. 7. Schematic global view of the small magnetic cloud and its source region

Data from the *WIND* spacecraft magnetometer were examined during a period that was 2—5 days after the solar events described above. For the interval May 13—16, the solar wind velocity was in the range 300 km/s ≤ $|V_r| \leq$ 400 km/s while for May 15–17, an extended region with high and disordered magnetic field and a low proton β value was observed which usually characterizes the passage of complex interplanetary ejecta. In the magnetometer data, a small magnetic cloud was identified in the period 22:00 UT on May 15th to 01:50 UT on May 16th. The data shown in Fig. 5 indicate a large coherent rotation in B_{yGSE} in a four hour interval. This is consistent with a cylindrical flux rope crossing the spacecraft while the high magnetic intensity and low proton temperature indicate the passage of a magnetic cloud. The small cloud is carried at the solar wind speed of ~ 350 ± 50 km/s and so its travel time from Sun to earth is ~ 119 ± 17 hours. The time from small flare peak to the cloud arrival is 110 hours, in good agreement with the travel time. A minimum variance analysis by Mandrini et al. (2005) of the *WIND* magnetic field data gives the cloud orientation which is consistent with a solar origin site near sun centre (Fig. 7). The Lundquist (1950) linear force-free model applied to the cloud data gives values of magnetic flux and helicity per unit length along with GSE magnetic field

components (B_y, B_z) that are in reasonable agreement with the *WIND* spacecraft observations.

Thus in summary:

— Disc centre location and cloud orientation favour earth encounter

— Transit time of 4.5 days is consistent for ejecta travelling at the solar wind speed

— Magnetic cloud axis is oriented as for the small coronal sigmoid structure

— Both solar and cloud magnetic fields and helicities have the same sign

— Agreement of magnetic flux and helicity is found for both coronal site and cloud:

→ $F_{dimmings} \sim 13 \pm 2 \times 10^{19}$ Mx and $F_{cloud} \sim 10–20 \times 10^{19}$ Mx

→ 2.3×10^{39} Mx^2 ≤ $|\Delta H_{cor}|$ ≤ 3.3×10^{39} Mx^2

→ 1.5×10^{39} Mx^2 ≤ $|H_{cloud}|$ ≤ 3.0×10^{39} Mx^2

So it is clear that the small flare that showed peak X-ray intensity at 08:45 UT on 11 May 1998 is the source of the small magnetic cloud detected at earth by the *WIND* spacecraft on 16th May at 22:00 UT.

5. Coronal and near-Earth observations of an interplanetary CME

A more significant long duration flare (23:08 UT, 19 January 2004) was associated with a halo CME while a related shock arrived at Earth just over 50 hours later. Fazakerley et al. (2005) compared the magnetic topology and other flare and CME characteristics at the Sun with properties of the shock and associated plasma that arrived at Earth. The flare and related coronal dimming regions are shown in Fig. 8. MDI magnetogram data were used to identify the inversion line. Its NNE-SSW orientation is consistent with the eruption of a flux rope with a left-handed twist (Fig. 9a) while the dimming regions are also roughly aligned with this direction. The erupting flux rope probably carried away material associated with overlying E-W active region arcade field lines. For halo CMEs, it is difficult to estimate the earth-directed shock velocity. However the CME appearance in a coronagraph is seldom if ever completely symmetrical. Michałek et al. 2003 have developed a cone model for halo CMEs which requires estimation of the time difference between first and last appearance around the limb and determination of velocity at these two locations. Using this method Fazackerley et al. (2005) have determined the CME speed towards Earth as ~ 910 km/s, the cone axis orientation as ~ 31° below the Sun-earth line and the cone open angle as ~ 150°. Thus the CME is virtually certain to intercept the Earth.

Near Earth, the *ACE* spacecraft at the L1 point was used to measure solar wind magnetic field and so detected a shock at 01:35 UT on 22 January 2004 (Fig. 9b). Thirty seven minutes later the four *Cluster* spacecraft, at the time outside the magnetosphere in a tetrahedron configuration with 200 km separation, also detected the shock and from magnetometer timing observations gave a speed of 740 km/s in the shock normal direction and a shock normal orientation of ~ 25° below the Sun-Earth line, a value similar to the 31° estimated from the CME cone model. Since shocks from the Sun are expected to slow on their passage to Earth, the shock speed measured by *Cluster* is consistent with the higher CME velocity estimated at the Sun from the cone model. Although possibly fortuitously, the transit time for a shock travelling at the average of the Sun and Earth speeds yields an arrival time of 01:38 UT on 22nd January.

The magnetometer data (Fig. 9b) indicate that typical solar wind conditions existed for several days before the shock arrival at 01:35 UT. Following the shock, the field in the interval up to 08:30 UT is characteristic of swept up or "sheath" material. In the interval from 08:30 UT to 10:40 UT — labelled (i) in the figure, the strength of the field and the presence of an enhanced value of the O^{7+}/O^{6+} ratio indicates a higher altitude coronal origin for the plasma consistent with the arcade material. A minimum variance analysis of the magnetic field in this interval indicates that a separating current sheet exists between the regions of the data labelled (i) and (ii). In addition, a separate analysis of the data after 10:40 UT (ii) shows the sense of twist in the field consistent with the original flux rope while the field direction overall is consistent with the neutral line orientation seen in the right hand image of Fig. 8.

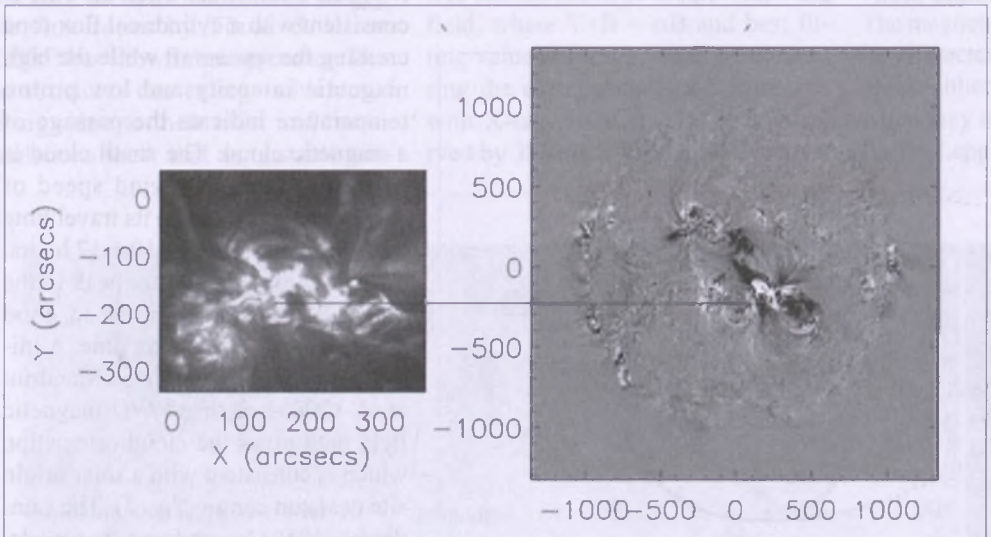


Fig. 8. Images of a *GOES* C5.7 flare that began at 23:08 UT on 19 January 2004.
Left: EIT 195 Å showing E-W arcade loops. Right: Difference image with dimming regions along filament channel

6. Conclusions

While both solar flares and Coronal Mass Ejections result from the release of stored magnetic energy, the connection between them is subtle. In particular the trigger mechanism for the energy release is not well understood. Certain magnetic configurations e.g. S-shaped structures or sigmoids, are prone to

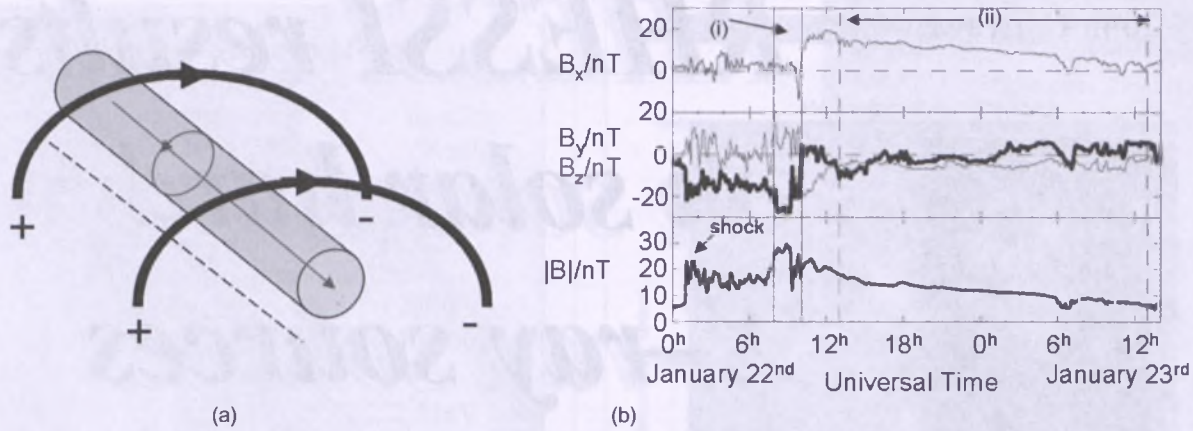


Fig. 9. a) Schematic diagram of the inversion line with magnetic polarity and direction of flux rope twist shown, b) *ACE* measurement at L1of the magnetic field and its components

eruption. These may result from the emergence of twisted magnetic flux tubes from below the photosphere and recent simulations have indicated that the onset of the kink instability in such structures could cause and drive eruptions in the solar atmosphere.

Magnetic helicity provides a useful quantitative indicator of twist in magnetic structures. It is a conserved quantity in the solar atmosphere but is removed from ARs by CMEs. Differential rotation can not supply the helicity that is found in ARs so it is probably provided by the emergence of already twisted flux tubes. Comparison of helicity in individual active regions with that removed by associated CMEs shows a rough balance but it was necessary to assume an average helicity value for each CME. However in the case of an eruption from a small active region, the removed magnetic flux and helicity were balanced by the values of these parameters for a small magnetic cloud later seen at Earth. Further work may allow measurement of active region helicity to be used for forecasting the likelihood of eruptions.

Magnetic clouds that arrive at Earth with a strong southward component of field are most likely to initiate substorms and to generate accelerated particles and ring currents. In principle, the likely orientation of the resulting cloud field can be deduced from the magnetic topologies of structures in the solar atmosphere that seem likely to erupt. Studies of one event described here have shown that the magnetic configurations present in the corona prior to the eruption persisted through to the arrival of the ejected material at earth. However it is possible that field orientations could be affected during passage through the interplanetary medium. Thus this topic needs further study before the knowledge of magnetic conditions on the Sun can be used to reliably forecast the geoeffectiveness of CMEs from particular active regions.

With the launches of the *Solar-B* and *STEREO* missions during 2006, it will be possible to undertake detailed AR magnetic studies, 3-D viewing of CMEs and the detailed sampling of the ejected material that arrives at Earth orbit. Substantial progress can be anticipated.

References

Antiochos, S. K., DeVore, C. R., & Klimchuk, J. A. 1999, ApJ, 510, 485.

Berger, M. A. 1999, Plasma Phys. Control. Fusion, 41, B167.

Berger, M. A. & Field, G. B. 1984, J. Fluid Mech., 147, 133.

Brueckner, G. E., Howard, R. A., Koomen, M. J., et al., 1995 Solar Phys., 162, 357.

Burlaga, L. F., Skoug, R. M., Smith, C. W., et al 2001, J. Geophys. Res., 106, 20957.

Canfield, R.C., Hudson, H. S., & McKenzie, D. E. 1999, Geophys. Res. Lett., 26, 627.

Démoulin, P., Mandrini, C. H., Van Driel-Gesztelyi, L., Lopez Fuentes, M. C., & Aulanier, G. 2002, Solar Phys., 207, 87.

DeVore, C. R. 2000, ApJ, 539, 944.

Fazakerley, A. N., Harra, L. K., Culhane, J. L., et al. 2005, Geophys. Res. Lett., 32, L13105.

Glover, A., Harra, L. K., Matthews, S. A., Culhane, J. L., & Hori, K. 2001, A&A, 378, 239.

Glover, A., Ranns, N. D. R., Harra, L. K., & Culhane, J. L. 2000, Geophys. Res. Lett. 27, 2161.

Green, L. M., Harra, L. K., Matthews, S. A., & Culhane, J. L. 2001, Solar Phys., 200, 189.

Green, L. M., Lopez Fuentes, M. C., Mandrini, C.H., et al. 2002, Solar Phys., 208, 43.

Hiei, E., Hundhausen, A. J., & Sime, D. G. 1993, Geophys. Res., Lett., 20, 2785.

Khan, J. I. & Hudson, H. S. 2000, Geophys. Res. Lett., 27, 1083.

Lepping, R. P., Burlaga, L. F., & Jones, J. A. 1990, J. Geophys. Res., 95, 11957.

Lundquist, S. 1950, Ark. Fys., 2, 361.

Mandrini C.H., Pohjolainen, S., Dasso, S., et al. 2005, A&A, 434, 725.

Masuda, S., Kosugi, T., Hara, H., et al. 1995, Pub. Astron. Soc. Japan, 47, 677.

Michałek, G., Gopalswamy, N., & Yashiro, S. 2003, ApJ, 584, 472.

Sterling, A. C. & Hudson, H. S. 1997, ApJL, 491, L55.

Thompson, B. J., Gurman, J. B., Neupert, W. M., et al. 1999, ApJL, 517, L151.

Török, T. & Kliem, B. 2005, ApJL, 630, L97.

Tsuneta, S. 1996a, ApJ, 456, 840.

Tsuneta, S. 1996b, ApJL, 456, L63.

Williams, D. R., Török, T, Démoulin, P., van Driel-Gesztelyi, L., & Kliem, B. 2005, ApJL, 628, L163.

Yokoyama, T. & Shibata, K. 1995, Nature, 375, 42.

John Leonard Culhane
Mullard Space Science Laboratory, University College London, Holmbury St. Mary, Dorking, Surrey, RH5 6NT, England, UK
E-mail: jlc@mssl.ucl.ac.uk

John C. Brown

RHESSI results on solar hard X–ray sources

Hard X–rays and γ–rays are the most direct signatures of energetic electrons and ions in the sun's atmosphere which is optically thin at these energies. HXR source electrons are primarily 10–100 keV in energy, complementing the (>100 keV) electrons likely responsible for microwave bursts.

The pioneering results of the Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager (*RHESSI*) are raising the first new major questions concerning solar energetic particles in many years. Some highlights of these results are discussed, broadly divided into discoveries in the spatial, temporal and spectral domains, with the main emphasis on flare hard X–rays/fast electrons but touching also on γ–rays/ions, non-flare emissions, and the relationship to radio bursts. Problems posed by the new data for the collisional thick target model are pointed out

1. Introduction

Major observational results from and instrumental details of *RHESSI* have been extensively described elsewhere (e.g., Lin et al. 2002, Dennis 2005). The conventional wisdom prior to *RHESSI* envisaged electron and ion acceleration high in a loop near a reconnection site with most of the hard X–rays (HXRs) and γ–rays originating in two bright loop footpoints by collisional thick target deceleration of fast particles injected from the corona with a near power-law spectrum into the dense chromosphere (Brown 1971). *RHESSI* has made major advances via Ge detector spectrometry combined with rotating collimator imaging, yielding high resolution spectra and spectral images in HXRs, high resolution γ–ray line spectroscopy, and the first γ–ray line images. Having an unsaturated spectral range from a few keV to tens of MeV, it yields data on the hot SXR plasma as well as on fast particles.

2. Imaging discoveries and issues

A major imaging discovery by *RHESSI* is that, in at least one strong γ–ray line event, the 2.2 MeV neutron capture line is in a distinct spatial location from that of HXRs — Fig. 1, Plate 6 (Hurford et al. 2003) and it seems acceleration of electrons and of ions occurs in distinct magnetic loops. One explanation offered to date is that by Emslie et al. (2004) where the longer/shorter Alfvén travel time in larger/smaller loops favours respectively the stochastic acceleration of ions/electrons.

Events showing classic 2-footpoint structure (e.g., Fig. 2, Plate 7) can be compared with the predictions of the collisional thick target model in terms of the spectral variation of the footpoint structure. The highest energy electrons penetrate deepest so that the hardest HXR footpoints should lie lowest, and furthest apart in the loop, to an extent depending on the variation of electron energy loss rate with electron energy. On the conventional assumption of collision-dominated energy losses, Brown et al. (2002) and Aschwanden et al. (2002), determined the atmospheric density structure $n(h)$ needed for the thick target model to produce the observed spectral image structure in one event of February 20, 2002. This suggests that collisions are a substantial factor in electron transport and may be the dominant factor if flare $n(h)$ is similar to spicules.

Fletcher & Hudson (2002) studied the location and motion of *RHESSI* HXR 'footpoints' and compared them with those seen by *TRACE* in the XUV range and at other wavelengths (Figs.

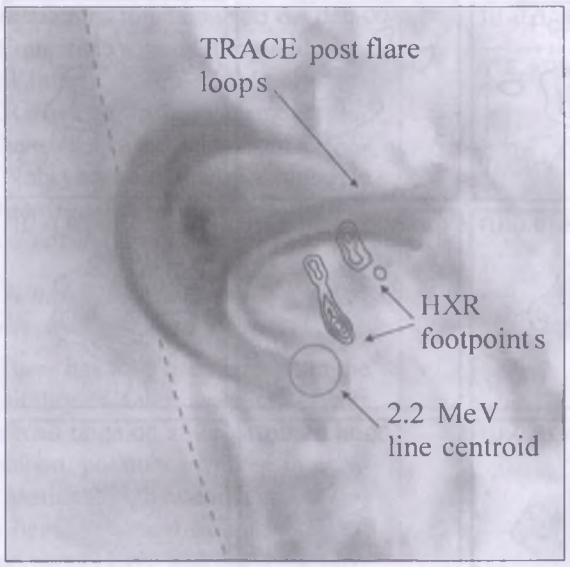


Fig. 1. (Plate 6) Hard X–ray (electron) emission versus 2.2 MeV (nuclear) gamma-ray line emission centroid location for July 23, 2002 with *TRACE* context, based on Hurford et al. (2003). The displacement of the fast ions from the fast electrons was one of the biggest surprises in *RHESSI* data

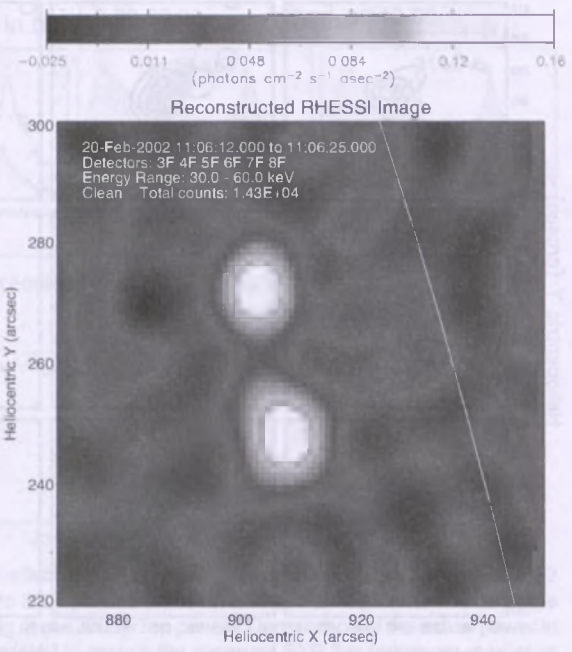


Fig. 2. (Plate 7) Simple 'classic' 2-footpoint flare seen by *RHESSI*. While there may be other interpretations, such a structure is expected if the field approximations to a simple bipolar loop without strong field convergence. Then electrons accelerated anywhere in the upper, low-density, loop can reach the dense chromosphere at the loop ends ('footpoints') where they emit bremsstrahlung very strongly compared with in the tenuous corona. Such high 'footpoint contrast' was discussed as early as Brown & McClymont (1976) and MacKinnon et al. (1985)

3 and 4). The HXR patches are rather large, seen as extended even at this limited resolution (~8") but nevertheless at any moment occupied only a small part of the overall flare ribbon extent (Fig. 3), their centroids moving along it as the flare progressed (Fig. 4, Plate 8). The *TRACE* brightpoints are much smaller/better resolved and some of them more or less track the HXR patch centroids. Fletcher and Hudson interpret this motion as reflecting the progression of the momentarily reconnecting field lines which direct particles to the chromosphere. While this may be true, and their observed sizes the result of 'motion' of even smaller sources during the integration time, it is impossible in the conventional thick target model for HXR source electrons to be concentrated in regions anywhere near as small as a bundle of field lines near the very thin reconnection sheet.

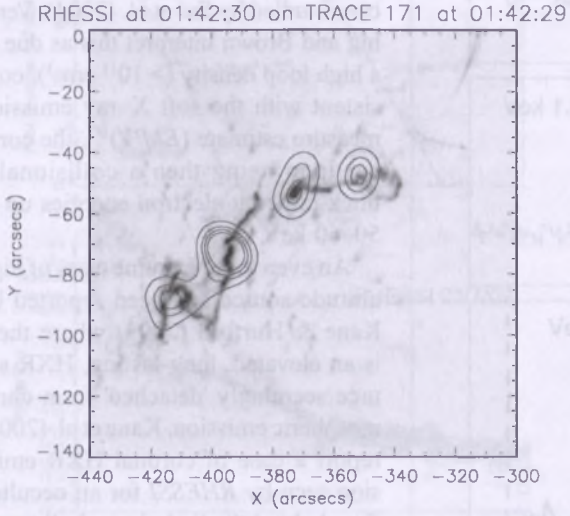


Fig. 3. *RHESSI* 30–50 keV contours overlayed on a *TRACE* 171 Å image of the peak of the M5.4 flare of 14 March 2002 from Fletcher & Hudson (2002). The *RHESSI* images were reconstructed with CLEAN using grids 3 to 9 giving an angular resolution of ~8". At the available spatial resolution, there is a good correspondence between the HXR sources and the *TRACE* 171 Å kernels though the HXR patches are rather large, and at any moment occupy only a small part of the overall flare ribbon extent observed in *TRACE*

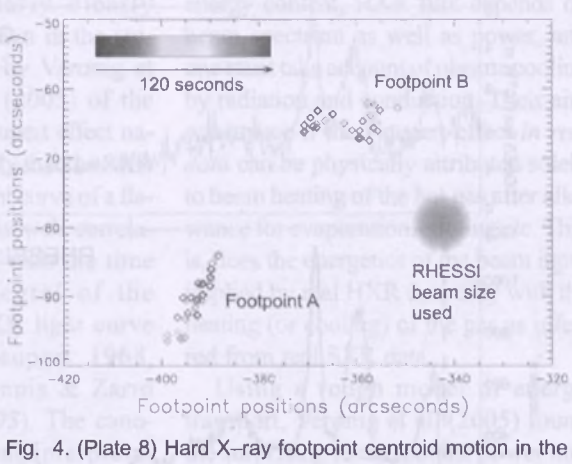


Fig. 4. (Plate 8) Hard X–ray footpoint centroid motion in the M5.4 flare of 14 March 2002 from Fletcher & Hudson (2002). Footpoint locations derived from *RHESSI* 30–50 keV images are color-coded in time. Comparison with *TRACE* XUV images (cf. Fletcher & Hudson, 2002; see also Fig. 3) reveal that the HXR source motions are perpendicular to as well as along the XUV flare ribbons indicating that the HXR footpoint progression is much more complex than expected from simple 2D reconnection models

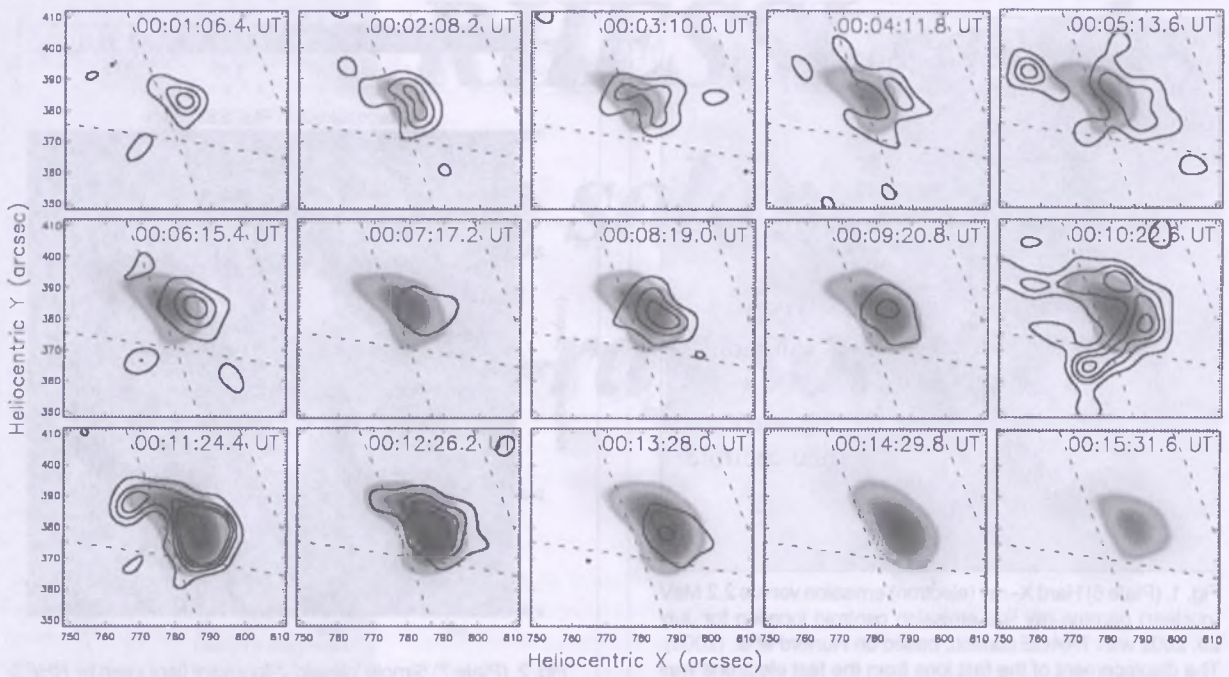


Fig. 5. (Plate 5) *RHESSI* image sequence for the M3.2 flare of 2002 April 14/15, from Veronig & Brown (2004). The images show 6–12 keV, the contours 25–50 keV RHESSI maps reconstructed with CLEAN using grids 3 to 8 (except 7). The soft 6–12 as well as the hard 25–50 keV emission are concentrated near the loop top. Only during the impulsive rise (00:01–00:06 UT) and briefly during the late highest peak (00:10:22 UT), is weak footpoint emission detectable in the 25–50 keV band. Note that throughout the event the loop top is the predominant HXR source, whereas in 'normal' events footpoint emission prevails at high energies

An intense burst requires a beam rate $n_b v_b A \approx 10^{36}$ s^{-1} or a beam density $n_b \approx 10^{11}/A_{15}$ where $A = 10^{15}\ A_{15}$ cm^2 is the beam area which requires an impossibly large n_b for $A << 10^{15}$ (~1" square).

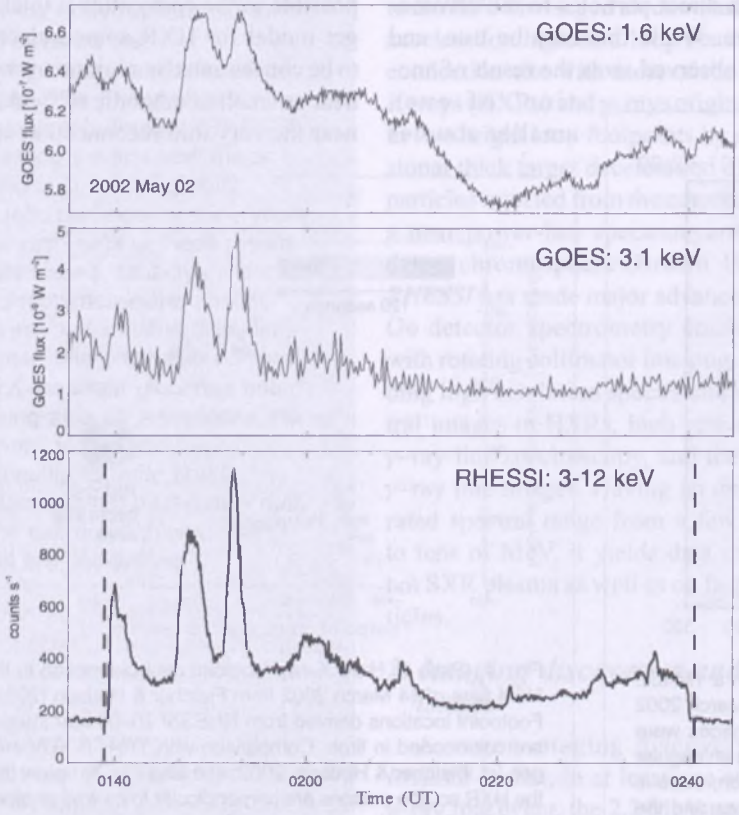


Fig. 6. Low energy HXR micro-events reported by Krucker et al. (2002) showing an early *RHESSI* discovery that even the non-flaring sun undergoes impulsive low energy but spectrally hard 'HXR' events quasi-continuously (intervals ~ minutes)

Veronig & Brown (2004) discovered a new class of bright coronal HXR source in which the loop (top) emission is hard and dominates to high energies, with little or no emission from the footpoints, in sharp contrast to Masuda coronal sources where the footpoints still dominate — Fig. 5 (Plate 5). Similar *RHESSI* events have also been studied by Sui et al. (2004). Veronig and Brown interpret this as due to a high loop density ($> 10^{11}$ cm^{-3}), consistent with the soft X–ray emission measure estimate $(EM/V)^{1/2}$, the coronal loop being then a collisionally thick target at electron energies up to 50–60 keV.

An even more extreme class of high altitude source has been reported by Kane & Hurford (2003) where there is an elevated, long lasting, HXR source seemingly 'detached' from chromospheric emission. Kane et al. (2004) report a case of coronal HXR emission seen by *RHESSI* for an occulted flare behind the limb, but wholly seen by Ulysses which was behind the sun. The coronal source yields a significant fraction of the total flare HXR flux showing the presence of copious fast electrons somehow confined high in the atmosphere, akin to the long duration high altitude γ–ray events studied

earlier by Ramaty et al. (1997). Much work remains to be done on the detailed quantitative modelling and physical interpretation of this class of HXR event, using the much more comprehensive data available from *RHESSI*, Nobeyama etc. than was possible in Kane's earlier ground-breaking stereo event studies (Kane 1983).

3. *Temporal domain discoveries and issues*

There has long been interest in the possibility of 'nano'- or 'micro'- flares being an ongoing solar coronal phenomenon, possibly involved in coronal heating. Much research in this area has been statistical in character but some papers have addressed the physics of micro-events including their possible role in supplying mass to the corona, as well as heating it. Brown et al. (2000) claimed that micro-events in loops were not hot enough to provide their emission measure increase by conductive evaporation of the chromosphere. They proposed that energetic electrons of around 10 keV might instead be responsible and predicted that *RHESSI* might detect frequent low energy 'hard' X–ray micro-events from the non-flaring sun. One of *RHESSI*'s early discoveries was indeed that the 'non-flaring' sun exhibits micro HXR events of minutes' duration at intervals of several minutes — Fig. 6 (Krucker et al. (2002).

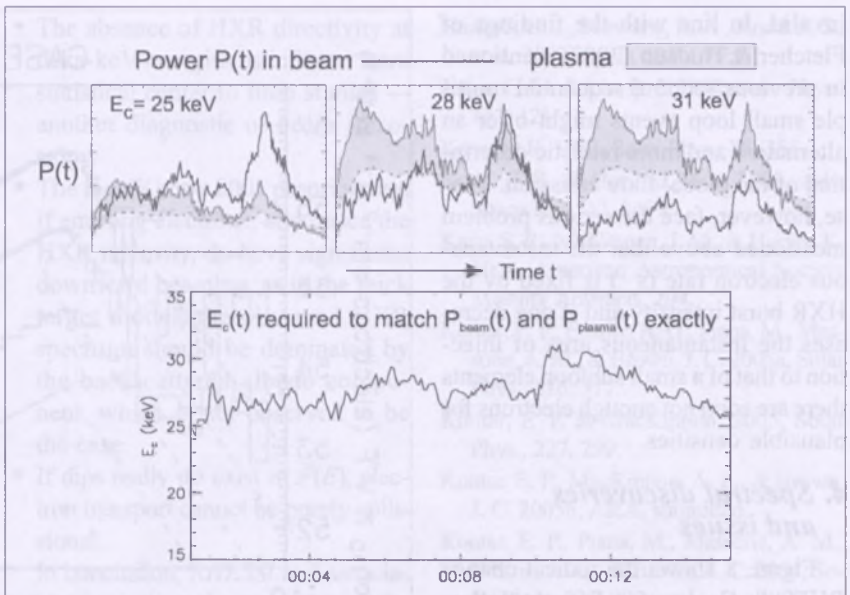


Fig. 7. Empirical Neupert effect in SXR and HXR light curves for the M3.2 flare of 2002 April 14/15 translated into SXR plasma power-in and power-requirement for a single loop, according to Veronig et al. (2005). Top panels: Comparison of the actual power in the hot plasma P_{plasma} required to explain the observed SXR flux (minimum-maximum estimate: shaded area) and the electron beam power P_{beam} (solid line) calculated for different values of the low cutoff energy E_c. No value for E_c yields a good match between the $P_{plasma}(t)$ and $P_{beam}(t)$ curves. Bottom panel: If we allow the low cutoff energy E_c to change during a flare and see how it has to vary in order that $P_{plasma}(t)$ and $P_{beam}(t)$ derived from observations exactly match at each time step, then it is found that only small changes in E_c are necessary

The interplay of spectral, spatial and temporal information from *RHESSI* is particularly clearly shown in the study by Veronig et al. (2005) of the Neupert effect namely that the SXR light curve of a flare is well correlated with the time integral of the HXR light curve (Neupert 1968, Dennis & Zarro 1993). The canonical interpretation is that the SXR plasma is heated by cumulative energy input from HXR emitting fast electrons. The Neupert effect has been observationally established for the impulsive phase of many flares, but in general the correlations are far from perfect (Dennis & Zarro 1993, Lee et al. 1995, McTiernan et al. 1999, Veronig et al. 2002). Veronig et al. quantitatively addressed this, suggesting that the imperfect temporal correlation may be due to the facts that SXR flux depends on density and temperature, and not just on energy content, HXR flux depends on beam spectrum as well as power, and one must take account of plasma cooling by radiation and conduction. Their aim was to see if the Neupert effect *in real data* can be physically attributed solely to beam heating of the hot gas after allowance for evaporation, cooling etc. That is, does the energetics of the beam input implied by real HXR data tally with the heating (or cooling) of the gas as inferred from real SXR data.

Using a rough model of energy transport, Veronig et al. (2005) found the surprising result that the power into the SXR plasma is less well correlated with the beam power than are the raw SXR and HXR light curves — Fig. 7 and discussed reasons for this result. In particular they noted that models involving beam-heating of a single monolithic loop structure may be

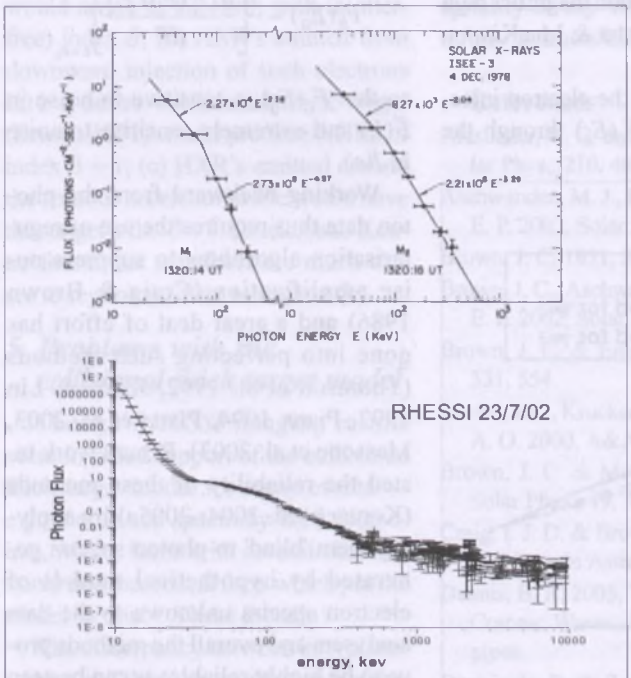


Fig. 8. Comparison of HXR spectral resolution pre- and post-*RHESSI*. The improvement between the 1980s (*ISEE* etc.) and now (*RHESSI*) in spectral energy points/bins from $\Delta\varepsilon/\varepsilon$ ~ 0.3 to ~ 0.1–0.001 over the 10–1000 keV range is huge and has enabled the first systematic objective inference of electron spectra from their HXR bremsstrahlung spectra since it was first proposed by Brown (1971)

invalid. In line with the findings of Fletcher & Hudson (2002) mentioned in previous section, sequential multiple small loop events might offer an alternative and more realistic description of the global flare emission. These, however, face the serious problem mentioned above that the instantaneous electron rate (s^{-1}) is fixed by the HXR burst intensity and if one decreases the instantaneous area of injection to that of a small subloop elements there are soon not enough electrons for plausible densities.

4. *Spectral discoveries and issues*

Figure 8 shows the radical change *RHESSI*'s Ge detectors brought to flare HXR spectrometry, namely an increase in resolution from tens of keV to around 1 keV, enabling detailed spectral analysis of the bremsstrahlung continuum and resolution of individual γ–ray lines. The importance of this (e.g., Craig & Brown 1986) is that the mean source electron spectrum $\bar{F}(E)$ is essentially the derivative of the photon spectrum and that the injected electron spectrum $F_o(E_o)$ is the further deconvolution of the mean source electron spectrum through particle transport effects.

Thus, for the first time the data allow us to infer $\bar{F}(E)$ from $I(\varepsilon)$ by inverting the bremsstrahlung integral equation. In the (Kramers) approximation $Q \sim 1/(E\varepsilon)$ the solution is

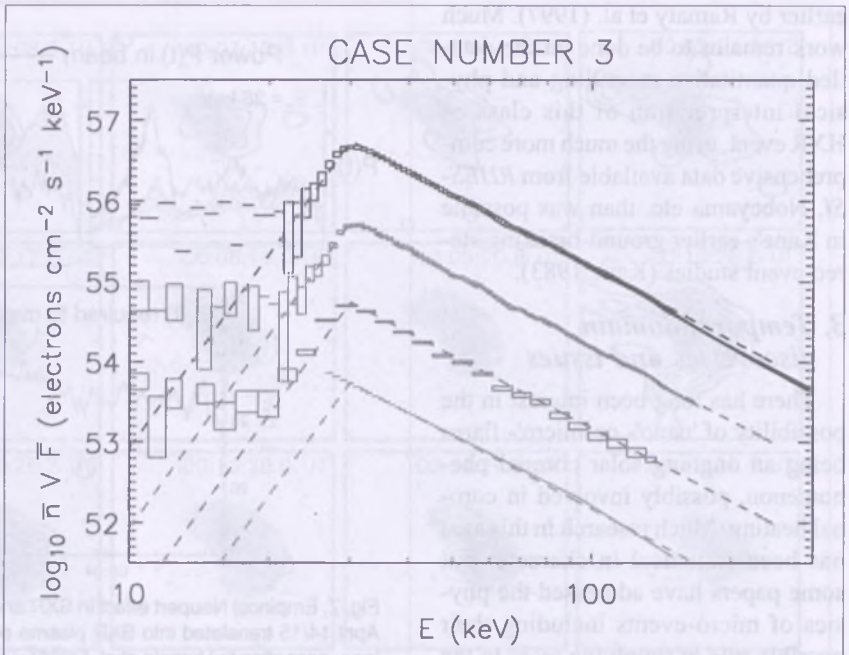


Fig. 9. One early result of blind tests of spectral reconstruction algorithms for deriving mean source electron spectra from noisy photon spectra by regularisation/smoothing techniques. The four curves, displaced for clarity, are the results of four different algorithms (Johns & Lin 1992, Piana et al. 2003, Kontar et al. 2004, Holman 2003) while the dashed curves are the input function to be recovered. The target electron spectrum was unknown to the data 'inverters' till all results were in, so as to test the objectivity and consistency of the methods

$$\bar{F}(E) \sim -E\left[\frac{d(I\varepsilon)}{d\varepsilon}\right]_{\varepsilon=E}$$

though the differentiation magnifies high frequency noise (Kontar & MacKinnon 2005).

$\bar{F}(E)$ is related to the electron injection rate spectrum $F_0(E_0)$ through the properties of collisional electron propagation in the source viz. (Brown & Emslie 1988)

$$F_0(E_0) \sim -\left[\frac{d(\bar{F}(E)/E)}{dE}\right]_{E=E_0}$$

so that $F_0(E_0)$ is sensitive to noise in $\bar{F}(E)$ and extremely sensitive to noise in $I(\varepsilon)$.

Working backward from the photon data thus requires the use of regularisation algorithms to suppress noise amplification (Craig & Brown 1986) and a great deal of effort has gone into perfecting such methods (Thomson et al. 1992, Johns & Lin 1992, Piana 1994, Piana et al. 2003, Massone et al. 2003). Recent work tested the reliability of these methods (Kontar et al. 2004; 2005a) by applying them 'blind' to photon spectra generated by hypothetical models of electron spectra unknown to the data analysers and overall the methods prove to be highly reliable, as can be seen from the example in Fig. 9. The only problematic regimes is where the source electron spectrum has low electron numbers in some energy range.

In a number of events, however, e.g., July 23, 2002, the observed HXR spec-

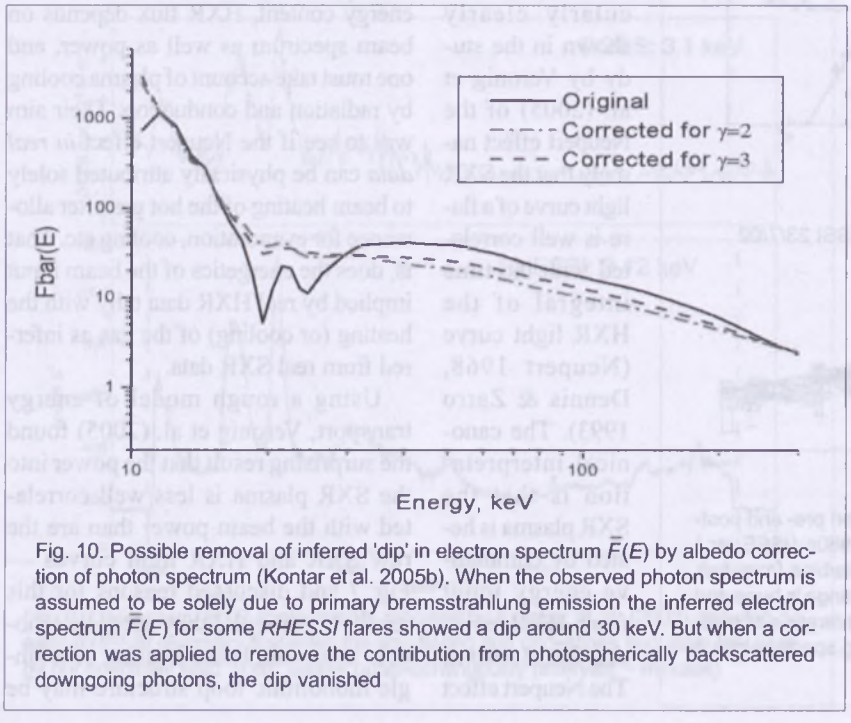


Fig. 10. Possible removal of inferred 'dip' in electron spectrum $\bar{F}(E)$ by albedo correction of photon spectrum (Kontar et al. 2005b). When the observed photon spectrum is assumed to be solely due to primary bremsstrahlung emission the inferred electron spectrum $\bar{F}(E)$ for some *RHESSI* flares showed a dip around 30 keV. But when a correction was applied to remove the contribution from photospherically backscattered downgoing photons, the dip vanished

trum shows locally hard/small spectral index regions in the 30—60 keV range yielding $\bar{F}(E)$ with a'dip'. This is potentially of great importance since their presence might rule out the thick target model with collisional transport. It is therefore important to test the reality of such features in $I(\varepsilon)$ as originating in the flare electrons themselves rather than in some secondary process such as the contribution to the photon spectrum of photospheric back scatter (Alexander & Brown 2002) which is important in the 30–60 keV range. Kontar (private communication) finds that it can result in inference of a spurious electron spectral dip in the 30—40 keV range — Fig. 10 — but that the July 23, 2002 feature ~50—60 keV might be too high in energy to be attributable to albedo.

Another *RHESSI* discovery is the relationship of the mean spectral slope of HXR spectra from electrons at the sun to the slope of interplanetary electrons at the earth. *RHESSI* and *WIND* have allowed Krucker and Kontar (private communication) to confirm, with much improved data, earlier results of Lin et al. (1982) and Lin (1985; 1993). If all electrons are accelerated in the corona with spectral index δ then one expects that: (a) upward interplanetary electrons would arrive at the earth with (scatter-free) index δ; (b) HXR's emitted from downward injection of such electrons into a dense collisional thick target (Brown 1971) would produce HXRs of index $\delta - 1$; (c) HXR's emitted around the tenuous acceleration site would have thin target index $\delta + 1$. Krucker and Kontar found that real flares are much closer to regime (c) than to regime (b).

5. Problems with the collisional thick target model

Though *RHESSI* imaging results seem in broad support of the collisional thick target model for many events — e.g., we do see spectrally hard footpoints, we are faced with several observational and theoretical facts which put the model in doubt. These include

- The discrepancy between interplanetary and thick target electron spectra.
- The problem of thick target beam density for the ever smaller estimates of impulsive source areas.
- Recent doubts about the existence of H-α impact polarization — an indicator of beam anisotropy
- The absence of HXR directivity at deka-keV energies as inferred from statistical center to limb studies — another diagnostic of beam anisotropy.
- The fact (Kontar 2005 preprint) that if emitting electrons, and hence the HXR intensity, do have significant downward beaming, as in the thick target model, the observed HXR spectrum should be dominated by the backscattered albedo component, which is not observed to be the case.
- If dips really do exist in $\bar{F}(E)$, electron transport cannot be purely collisional.

In conclusion, *RHESSI* and associated data constitute the greatest breakthrough in flare fast particle studies since the first HXR detectors were launched over 30 years ago, and are raising fundamental challenges to the widely used thick target model.

Acknowledgement

Thanks are due to Eduard Kontar, Michał Tomczak and Astrid Veronig for help with the manuscript. This work was supported by a PPARC Rolling Grant and by travel support of the Polish Astronomical Society. The hospitality of my Wrocław hosts is gratefully acknowledged.

References

Alexander, R. C. & Brown, J. C. 2002, Solar Phys., 210, 407.

Aschwanden, M. J., Brown, J. C., & Kontar, E. P. 2002, Solar Phys., 210, 383.

Brown, J. C, 1971, Solar Phys., 18, 489.

Brown, J. C., Aschwanden, M. J., & Kontar, E. P. 2002, Solar Phys., 210, 373.

Brown, J. C. & Emslie, A. G. 1988, ApJ, 331, 554.

Brown, J. C., Krucker, S., Güdel, M. & Benz, A. O. 2000, A&A, 359, 1185.

Brown, J. C. & McClymont, A. N. 1976, Solar Phys., 49, 329.

Craig, I. J. D. & Brown, J. C. 1986, Inverse Problems in Astronomy, (Adam Hilger).

Dennis, B. R. 2005, The High Energy Solar Corona: Waves, Eruptions, Particles, in press.

Dennis, B. R. & Zarro, D. M. 1993, Solar Phys., 146, 177.

Emslie, A. G., Miller, J. A., & Brown, J. C. 2004, ApJL, 602, L69.

Fletcher, L. & Hudson, H. S. 2002, Solar Phys., 210, 317.

Holman, G. D. 2003, ApJ, 586, 606.

Hurford, G. J., Schwartz, R. A., Krucker, S., et al. 2003, ApJL, 595, L77.

Johns, C. M. & Lin, R. P. 1992, Solar Phys., 137, 121.

Kane, S. R. 1983, Solar Phys., 86, 355.

Kane, S. R. & Hurford, G. J. 2003, Adv. Space Res., 32, 2489.

Kane, S. R., McTiernan, J. M., & Hurley, K. 2004, American Astronomical Society Meeting Abstracts, 204.

Kontar, E. P., Emslie, A. G., Piana, M., Massone, A. M., & Brown, J. C. 2005a, Solar Phys., 226, 317.

Kontar, E. P. & MacKinnon, 2005, Solar Phys., 227, 299.

Kontar, E. P., MacKinnon, A. L., & Brown, J. C. 2005b, A&A, submitted.

Kontar, E. P., Piana, M., Massone, A. M., Emslie, A. G., & Brown, J. C. 2004, Solar Phys., 225, 293.

Krucker, S., Christe, S., Lin, R. P., Hurford, G. J., & Schwartz, R. A. 2002, Solar Phys., 210, 445.

Lee, T. T., Petrosian, V., & McTiernan, J. M. 1995, ApJ, 448, 915.

Lin, R. P. 1985, Solar Phys., 100, 537.

Lin, R. P. 1993, Adv. Space Res., 13, 265.

Lin, R. P., Dennis, B. R., Hurford, G. J., et al. 2002, Solar Phys., 210, 3.

Lin, R. P., Mewaldt, R. A., & van Hollebeke, M. A. I. 1982, ApJ, 253, 949.

MacKinnon, A. L., Brown, J. C., & Hayward, J. 1985, Solar Phys., 99, 231.

Massone, A. M., Piana, M., Conway, A., & Eves, B. 2003, A&A, 405, 325.

McTiernan, J. M., Fisher, G. H., & Li, P. 1999, ApJ, 514, 472.

Neupert, W. M. 1968, ApJL, 153, L59.

Piana, M. 1994, A&A, 288, 949.

Piana, M., Massone, A. M., Kontar, E. P., et al. 2003, ApJL, 595, L127.

Ramaty, R., Mandzhavidze, N., Barat, C., & Trottet, G. 1997, ApJ, 479, 458.

Sui, L., Holman, G. D., & Dennis, B. R. 2004, ApJ, 612, 546.

Thomson, A. M., Brown, J. C., Craig, I. J. D., & Fulber, C. 1992, A&A, 265, 278.

Veronig, A. M. & Brown, J. C. 2004, ApJL, 603, L117.

Veronig, A. M., Brown, J. C., Dennis, B. R., et al. 2005, ApJ, 621, 482.

Veronig, A. M., Vršniak, B., Dennis, B. R., et al. 2002, A&A, 392, 699.

John C. Brown
Department of Physics and Astronomy, Kelvin Building,
University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ, Scotland, UK
E-mail: john@astro.gla.ac.uk

Hugh S. Hudson

Solar flares in the recent sunspot maximum

At the time of writing (October, 2005) we have almost completed the fourth solar maximum of the space age, during which we have had nearly continuous study of solar activity from above the Earth's atmosphere. During the most recent part of this era the progress of technology has enabled new observations with unprecedented scope. As a result we have learned many new and important things about solar flares and coronal mass ejections (CMEs), the two main forms of violent magnetic activity in the solar corona. In this paper I briefly discuss these observations, which have come from a remarkable flotilla of spacecraft led by *Yohkoh* and continuing through *RHESSI*

1. Introduction

The remarkable new series of observations really started with *Yohkoh*, which with a launch in 1991 began to produce data just after the solar maximum of 1990. Then came *SoHO* (Solar Heliospheric Observatory), *TRACE* (Transition Region And Coronal Explorer), and *RHESSI* (Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager) among other spacecraft capable of observations relevant to flaring; for a recent comprehensive view, with full literature citation, please see Aschwanden (2004).

We understand that a solar flare (and/or CME) results from the sudden transition of the coronal magnetic field from one equilibrium state to another lower-energy equilibrium state. This transition takes place in a medium with low plasma beta (Gary 2001), thus with magnetic forces dominant, and it happens suddenly enough (the "impulsive phase") to preclude simultaneous energy input through the photosphere. Coronal mass ejections (CMEs), although strongly associated with solar flares, may involve somewhat different physics because they involve the higher-beta structure of the solar wind. In the low-beta limit, the structures visible in coronal images only mark tracers of the field structure and have no independent significance. Because the corona involves such a large range of temperatures, a feature prominent in one wavelength may not show up at all in another. The corona also involves extremely large dynamic ranges of brightness. Soft X-ray images such as those of *Yohkoh*/SXT (Soft X-ray Telescope) require elaborate control of this dynamic range, which can exceed five decades. No single printable image can successfully display structural details across such a huge range.

In this paper I discuss new observational results from these data and assess how our thinking about the underlying theory has changed as a result. We have only quite incomplete observations, and so we rely upon cartoon[1] representations of the theory to help bridge the gaps. In the field of flare/CME physics the "standard reconnection model" remains the preferred framework. This framework

[1] http://solarmuri.ssl.berkeley.edu/~hhudson/cartoons

dates from the work of Sweet (1958), who followed Giovanelli (1946) and others in recognizing the importance of magnetic reconnection. A complete understanding of the physics of reconnection remains obscure, though, since in this context the processes involve ranges of scales too great to simulate with complete-enough physics.

2. Observations

2.1. Coronal dynamics

The "two-ribbon flare" and inferences from its behavior (e.g., Švestka 1976) provided the underpinning for the development of the orthodox model of solar flares, well-accepted even prior to the recent epoch. The cartoon describing the this orthodox "eruption-reconnection model" attained its modern form in the works of Hirayama (1974), Anzer & Pneuman (1982), and Forbes & Malherbe (1986). Several novel observations relating to the dynamics of the solar corona during the eruption have emerged. These all relate in different ways to the coronal restructuring and do not disagree with the standard model, even though (see Section 3) it does not readily predict the details of what we now observe.

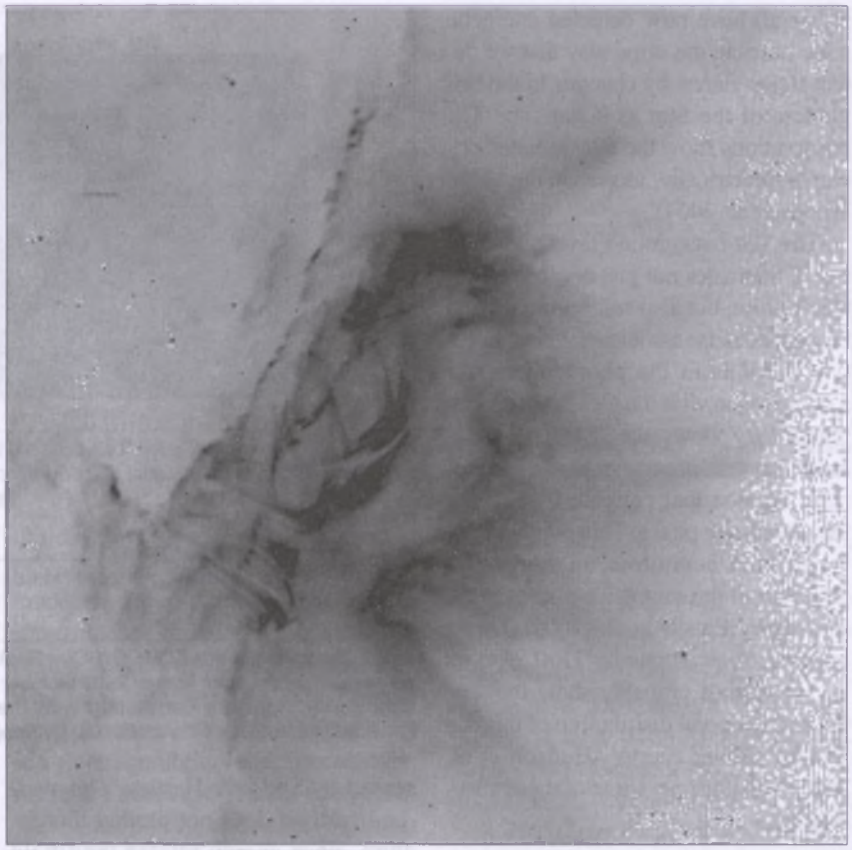


Fig. 1. *TRACE* 195 Å image of the limb flare of 2002 April 21, 01:34:32 UT (negative image). Above the limb a spiky cloud (temperature >10 MK) occupies the region that had previously dimmed. The supra-arcade downflows occur within this cloud, and appear as void inclusions (bright regions in this image). Movie views of these phenomena make these features clearer

X-ray dimming: The *Yohkoh* soft X-ray data showed many examples of "X-ray dimming" as originally seen in *Skylab* soft X-ray images. This dimming has a natural interpretation as the outward flow of the CME (Hudson & Webb 1997), a flow perpendicular to **B** associated with its opening into the solar wind. The entire corona surrounding a large arcade event appears to participate in this flow, and the time profile of dimming looks like a mirror image of the flare time profile. Identifying the dimming with the source of CME mass, this timing agrees with that found via coronagraph observations, namely that the *acceleration phase* of the CME matches the *impulsive phase* of the associated flare (Zhang et al. 2001).

Supra-arcade downflows: The soft X-ray movies[2] of arcade flares also revealed a downward flow field usually in the form of voids descending through a fan-like rayed structure extending above the arcade (McKenzie & Hudson 1999). *TRACE* observations give a much better view of the downflows, which we illustrate in Fig. 1 (movies show these phenomena more clearly). Identifying the supra-arcade downflows with exhaust from the coronal reconnection, in the standard model, seems attractive, and yet the observed flows have speeds of at most 100—250 km/s as observed by *TRACE* (Asai et al. 2004) even in the impulsive phase. The standard model would predict Alfvénic speeds in a simple exhaust flow geometry (on the order of Mach 2, according to Forbes & Acton [1996]).

Footpoint behavior: In the standard model the footpoint motions reflect the reconnection of coronal magnetic flux. Thus rapid apparent footpoint motions should coincide with strong energy release, as indeed the *RHESSI* observations (e.g., Krucker et al. 2003) tend to show. Because the nonthermal electrons carry a large fraction of the impulsive-phase energy, the footpoint locations also in principle would map out the geometry of the locus of reconnection, if we could trace the coronal field sufficiently accurately. Bogachev et al. (2005) have recently shown that the hard X-ray footpont motions in most cases do not follow the expected pattern of outward motion. Thus a successful magnetic mapping could provide important new information about the physical nature of the coronal restructuring.

Shrinkage: In another recent *RHESSI* observation, Sui et al. (2004) found evidence for Masuda-like "above-the-loop-top" sources, but seen in (thermal) soft X-rays rather than (non-thermal) hard X-rays (Masuda et al. 1994). Strikingly these sources show a downward motion prior to the impulsive phase of the flare. When the impulsive phase begins, the soft X-ray sources begin to ascend, as commonly observed and directly explained by the standard model. Unfortunately the standard model failed to predict the downward motions, which therefore require new theoretical work to explain.

2.2. Energetics

Only the invention of the telescope made it possible to discover solar flares, or at least to observed them at visual wavelengths. Although the brightest "white-light flare" may locally double the photospheric intensity, until recently even a flare as bright as Carrington's original one in 1859 would go undetected in integrated sunlight. Howver recent observations in TSI (Total Solar Ir-

[2] Search for example in http://solar.physics.montana.edu/nuggets/

radiance) have now detected energetic solar flares in the same way that we detect stellar flares: by changes in the brightness of the Sun as a star. The TSI observations show the total radiated power bolometrically, as seen in Fig. 2 (cf. Woods et al. 2004).

The TSI background level shown in Fig. 2 fluctuates not just because of detector noise, but also solar p-modes and broadband noise associated with convective motions in the photosphere. As a comparison with the *GOES* soft X-ray photometry shows, the TSI signal appears to have an impulsive-phase component, i.e. one that correlates well with the *GOES* rise phase. This points to powerful and heretofore unknown UV emission in the impulsive phase, as discussed by Emslie et al. (2005). Direct imaging observations by *TRACE* in its UV passbands probably show the spatial and temporal distribution of this dominant radiant energy (Hudson et al. 2005). We illustrate some of these observations in Fig. 3.

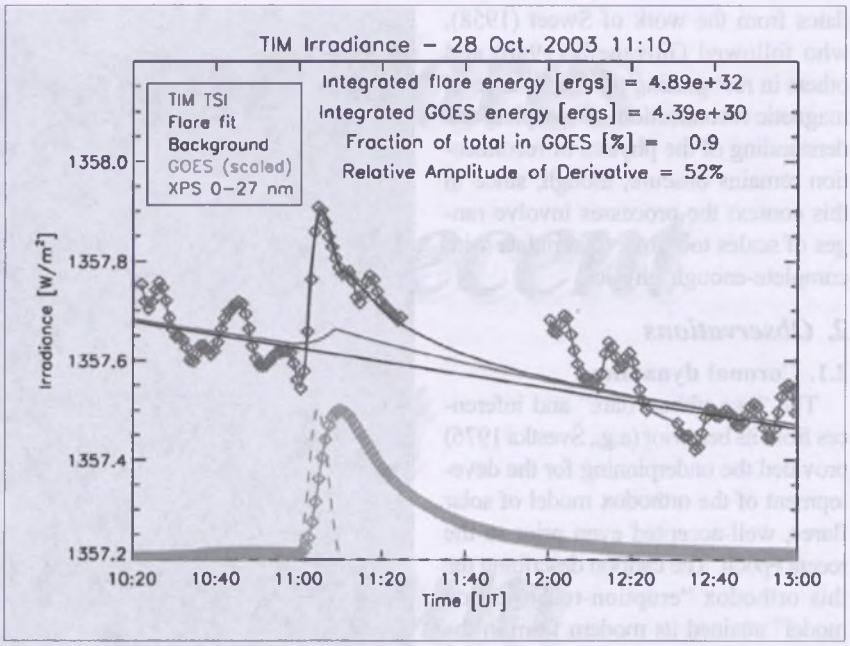


Fig. 2. Illustration of the *SORCE* (SOlar Radiation and Climate Experiment) total irradiance observation of the solar flare of 2003 October 28. The lower plot shows the *GOES* soft X-ray light curve; note the correlation with the *GOES* derivative (the impulsive phase). (Illustration courtesy of T. Woods and G. Kopp)

2.3. Photospheric magnetic field

We had long expected to see photospheric magnetic field changes associated with flares, since the coronal images imply drastic changes. Finally Wang et al. (2002) found clear evidence for permanent changes in the line-of-sight field, in localized regions. We show a good example of this in Fig. 4, from Sudol & Harvey (2004). Note that the field changes tend to occur only during the impulsive phase, a clear feature of 10 of the 15 events presented by Sudol & Harvey. The standard cartoon does not predict this feature, since energy release (and field change) should continue as long as the reconnection does. We do not know much about these observations quantitatively, since they come from longitudinal magnetograms and (as of the time of writing) no extrapolation or modeling analyses had appeared in the literature. In principle before-and-after comparisons of 3D coronal field maps derived from vector magnetograms should allow us to observe the drop in coronal energy storage accompanying an event.

3. *Implications for theory*

How do we learn from these observations about a more correct theory of solar flares and CMEs? Most of the new observational material fits into the standard reconnection model, and yet surprises repeatedly appear (we have mentioned some of them above). In particular the downward motions of the pre-impulsive coronal soft X-ray sources, the non-simple hard X-ray footpoint motions in the impulsive phase, and the sub-Alfvénic supra-arcade motions – none of these features appear in the standard reconnection model, The explanation for the downward motions could lie somewhere in a more complicated version of the model, or it could reflect an initial stage of contraction necessary for energy accumulation to support the eruption, as suggested by Hudson (2000). In any case we have a clear message: our understanding of flare and CME theories, both analytical and numerical, has not reached the point where we can predict the detailed behavior of these processes.

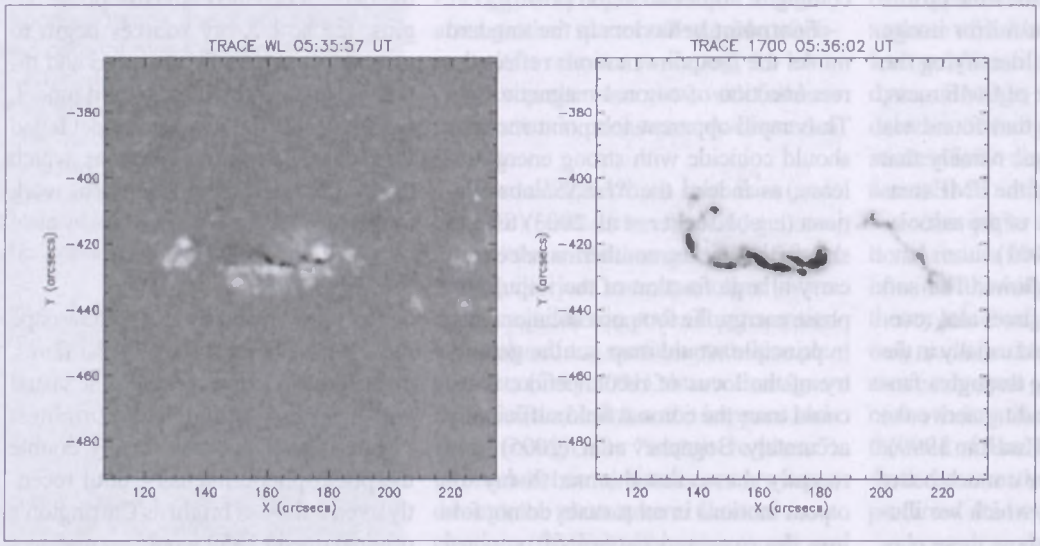


Fig. 3. *TRACE* observations of a white-light flare (left; *GOES* M4.0, 2002 October 4) compared with UV (right). The reversed color table means that sunspots appear white, flare emissions dark. Note the vastly larger contrast in the UV

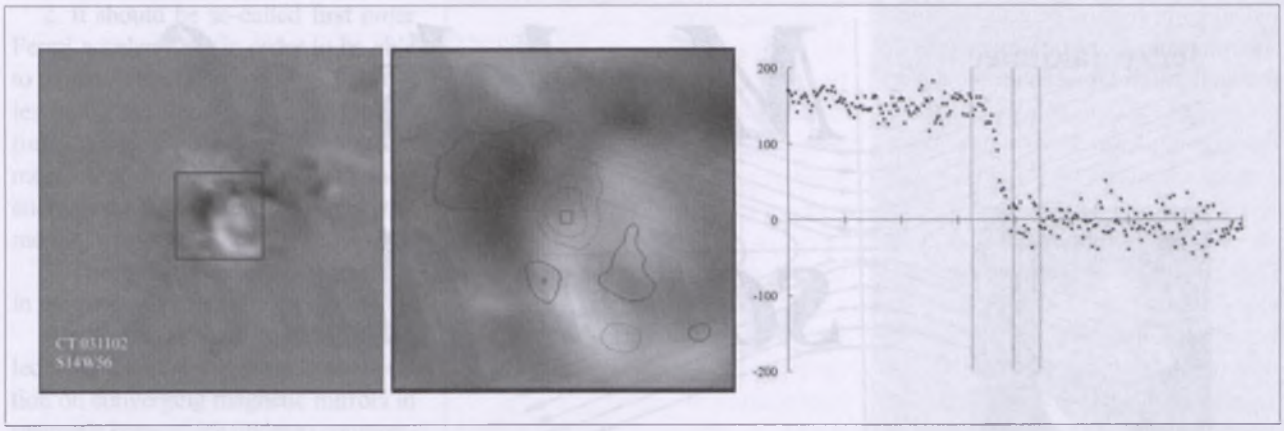


Fig. 4. GONG magnetographic observations of a *GOES* X8.3 flare, 2 November 2003, at S14W56 (Sudol & Harvey 2004). The small square on the enlarged panel (center) shows the region for the flux measurement shown on the right; the vertical lines show the *GOES* start, peak, and end times for the flare

I believe that to get to a predictive theory we will need to go beyond MHD approximations to flare/CME theory and make use of the full plasma physics of particles and waves. Indeed, the basic morphology of flare loops as observed in soft X-rays by *Yohkoh* immediately presented another unpredicted feature: the ubiquitous soft X-ray brightenings in flare loop tops (Acton et al. 1992). An explanation for this feature goes beyond geometry (Alexander & Katsev 1996) and probably involves complex structures in the plasma (e.g., Jakimiec et al. 1998).

As a footnote to the discussion of flares and CMEs, evidence continues to link these two manifestations of solar activity closely. Especially for *GOES* X-class flares, a CME almost always occurs in association, and the timing of the eruption closely matches the impulsive phase of the flare. Lesser flares may not have CMEs, presumably because the magnetic restructuring does not involve the opening of coronal magnetic fields into the solar wind. No longer do we need to think of flares and CMEs as having independence of action.

4. Conclusions

The new data from *Yohkoh*, *SoHO*, *TRACE*, and *RHESSI* (among other spacecraft and also not forgetting ground-based observations, such as GONG) have shown us new things about flares and CMEs. The standard picture of large-scale magnetic reconnection has found a great deal of support, but it repeatedly has failed to predict the new findings and in some cases we simply don't understand how to put it back together. Much of the difficulty, in my view, lies in our ignorance of the three-dimensional structure of the coronal magnetic field. We cannot confindently model this even during an equilibrium state, much less during a loss of equilibrium. We also do not have a clear idea why some structures (the loops) appear at a given temperature (really, pressure) in a given equilibrium state. Because flares (and I believe, CMEs as well) involve sudden heating and massive particle acceleration, we really need future observations with improved hard X-ray and γ-ray imaging as well as soft X-ray imaging spectroscopy, something not included in *Solar-B*, *STEREO*, or *SDO* among the future missions for solar observation.

Acknowledgments

This work has been supported by NASA under grant NAG5-12878. The author thanks the Polish Astronomical Society for the opportunity to visit Wrocław and to present this paper.

References

Acton, L. W., Feldman, U., Bruner, M. E., et al. 1992, Publ. Astr. Soc. Japan, 44, L71.

Alexander, D. & Katsev, S. 1996, Solar Phys., 167, 153.

Anzer, U. & Pneuman, G. W. 1982, Solar Phys., 79, 129.

Asai, A., Yokoyama, T., Shimojo, M., & Shibata, K. 2004, ApJL, 605, L77.

Aschwanden, M. J. 2004, Physics of the Solar Corona. An Introduction, Springer: Praxis.

Bogachev, S. A., Somov, B. V., Kosugi, T., & Sakao, T. 2005, ApJ, 630, 561.

Emslie, A. G., Dennis, B. R., Holman, G. D., & Hudson, H. S. 2005, Journ. Geophys. Res., to be published.

Forbes, T. G. & Acton, L. W. 1996, ApJ, 459, 330.

Forbes, T. G. & Malherbe, J. M. 1986, ApJL, 302, L67.

Gary, G. A. 2001, Solar Phys., 203, 71.

Giovanelli, R. G. 1946, Nature, 158, 81.

Hirayama, T. 1974, Solar Phys., 34, 323.

Hudson, H. S. 2000, ApJL, 531, L75.

Hudson, H. S. & Webb, D. F. 1997, Geophysical Monographs #99, 27.

Hudson, H. S., Wolfson, C. J., & Metcalf, T. R. 2005, Solar Phys., to be published.

Jakimiec, J., Tomczak, M., Falewicz, R., Phillips, K. J. H., & Fludra, A. 1998, A&A, 334, 1112.

Krucker, S. Hurford, G. J., & Lin, R. P. 2003, ApJL, 595, L103.

Masuda, S., Kosugi, T., Hara, H., Tsuneta, S., & Ogawara, Y. 1994, Nature, 371, 495.

McKenzie, D. E., & Hudson, H. S. 1999, ApJL, 519, L93.

Sudol, J. J. & Harvey, J. W. 2004, in ESA SP–559: SOHO 14 Helio- and Asteroseismology: Towards a Golden Future, 643.

Sui, L. Holman, G. D., & Dennis, B. R. 2004, ApJ, 612, 546.

Sweet, P. A. 1958, in Electromagnetic Phenomena in Cosmic Physics, ed. B. Lehnert (New York: Cambridge Univ. Press), 123.

Švestka, Z. 1976, Solar Flares, Dordrecht: Reidel.

Wang, H., Spirock, T. J., Qiu, J., et al. 2002, ApJ, 576, 497.

Woods, T. N., Eparvier, F. G., Fontenla, J., et al. 2004, Geophys. Res. Letts., 31, 10802.

Zhang, J. Dere, K. P., Howard, R. A., Kundu, M. R., & White, S. M. 2001, ApJ, 559, 452.

Hugh S. Hudson
Space Sciences Lab, University of California, Berkeley, CA 94720, USA
E-mail: hhudson@ssl.berkeley.edu

Jerzy Jakimiec

Models of solar flares

There is a general agreement that reconnection of magnetic fields is the basic mechanism of energy release in solar flares. Models of reconnection show that the main property of reconnection is conversion of the magnetic energy into heat and fast motion of plasma and magnetic field ("reconnection flow"). On the other hand, however, observations of hard X–ray (HXR) emission show that during the impulsive phase of a flare a significant (perhaps dominant) part of the released energy appears in the form of accelerated (nonthermal) particles. This impulsive acceleration of large number of particles is the most difficult problem for actual flare models. The models usually assume that the impulsive particle acceleration is connected with fast-shock formation in the reconnection flow. However, actual observations of the reconnection flows in the magnetosphere and in solar flares indicate that the velocities of the flows are sub-Alfvenic and therefore we should not expect formation of fast shocks in the reconnection flows.

Here we argue that basic mechanism of impulsive particle acceleration in solar flares is acceleration due to collisions with moving magnetic mirrors in magnetic traps undergoing compression (without fast-shock formation). Two kinds of solar flare magnetic configuration are considered: a "cusp-like" configuration and an emerging magnetic flux configuration

1. Introduction

There is a general agreement that reconnection of magnetic fields is the basic mechanism of energy release in solar flares. A simple scheme of the reconnection (Petschek's model) is shown in Fig. 1. The upper and lower fields undergo reconnection at the central part of the figure (diffusion region) and the right and left reconnected fields move outwards with high velocity ("reconnection flow").

Our understanding of the properties of magnetic field reconnection is mainly based on analytical calculations and numerical simulations (see Priest & Forbes 2000). The calculations and simulations show that the main property of reconnection is conversion of the magnetic energy into heat and fast motion of plasma and magnetic field. On the other hand, however, observations of hard X–ray (HXR) emission show that during the impulsive phase of a flare a significant (perhaps dominant) part of the energy release appears in the form of accelerated (nonthermal) particles. This impulsive acceleration of large number of particles is the most difficult problem for actual flare models.

At present, the most commonly used model of the solar flare magnetic configuration is so-called "cusp-like" configuration (see Aschwanden 2004). In this model reconnection occurs at the top of the configuration and it is usually assumed that the reconnection flow directed downwards has velocity so high (> 1000 km s^{-1}) that a fast shock is formed in the lower part of the configuration where the flow collides with closed magnetic loops seen in soft X–rays (see Figs. 2 and 3). The formation of fast shock is crucial for particle acceleration in those models.

However, actual observations of the reconnection flows in the magnetosphere (see Meng & Liou 2004) and in solar flares (Asai et al. 2004, Hudson 2006) indicate that the velocities of the flows are sub-Alfvenic and therefore we should not expect formation of fast shocks in the reconnection flows.

2. Selection of the model of impulsive particle acceleration

The power-law HXR spectrum at $h\nu > 10$ keV shows that the accelerated electrons have a power-law energy distribution and this strongly suggests that the basic mechanism of electron acceleration in this energy range is a kind of Fermi acceleration (Fermi 1954). Fermi acceleration consists in accelerating particles during their collisions with moving magnetic fields.

Taking into account the above-discussed indications, we assume the following conditions for the process of impulsive particle acceleration in solar flares:

1. It is a Fermi acceleration.

2. It should be so-called first order Fermi acceleration (in order to be able to explain very large number of particles being accelerated in a very short time). First order Fermi acceleration means that the particles increase their energies during all their collisions with moving magnetic fields.

3. There is no fast-shock formation in the reconnection flow.

Application of these conditions have led us to the model of particle acceleration on converging magnetic mirrors in magnetic traps which undergo compression (Jakimiec 2002a, 2005). This acceleration mechanism can operate in various magnetic structures. The mechanism is explained in Figs. 4 and 5 for the case of cusp-like magnetic configuration.

Two magnetic flux tubes, BP and PC, reconnect at P. The resulting magnetic field moves in the PR direction which is shown by the double arrow near P. The moving magnetic lines of force provide magnetic traps for charged particles. An example of such a trap, which is confined by magnetic mirrors M1 and M2, is shown. The moving magnetic field piles up due to its collision with the magnetic field R and a front of compressed magnetic field propagates upwards. Collision of this upwards moving compression with the downwards moving reconnection flow causes compression of the magnetic traps, during which the magnetic mirrors move towards the centre of the trap (as shown by small arrows at M1 and M2). Particles contained in the magnetic traps gain energy during multiple collisions with the moving mirrors (first-order Fermi acceleration). Efficient particle acceleration occurs at some height above the magnetic field R which explains why impulsive HXR sources in some flares are located high above the SXR loops (see Masuda 1994).

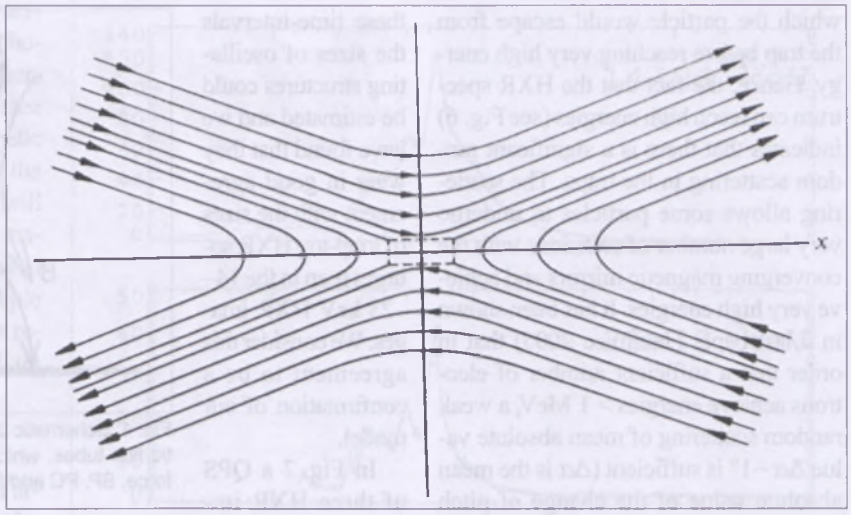


Fig. 1. Simple scheme of magnetic field reconnection (see text for explanation)

Reflections of particles from converging magnetic mirrors increase their velocity components, u, directed along the magnetic field, and therefore decrease their pitch angle α (u and α are measured at the middle of the trap). If there were no random scattering inside the traps, the pitch angle of a particle would decrease monotonically, as a result of

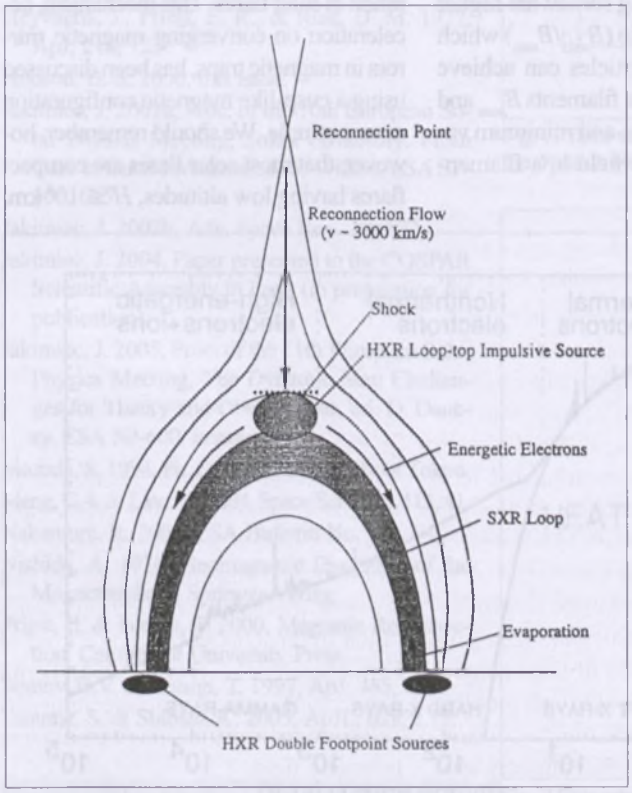


Fig. 2. Flare model of Masuda (1994). Two magnetic fields reconnect at the top of a "cusp-like" magnetic configuration. The reconnection flow (shown by the vertical arrow) collides with the soft X–ray loop (shaded loop) which generates a fast shock (dotted line). This creates a very hot region behind the shock (shaded elliptical region) which is the source of high-energy electrons

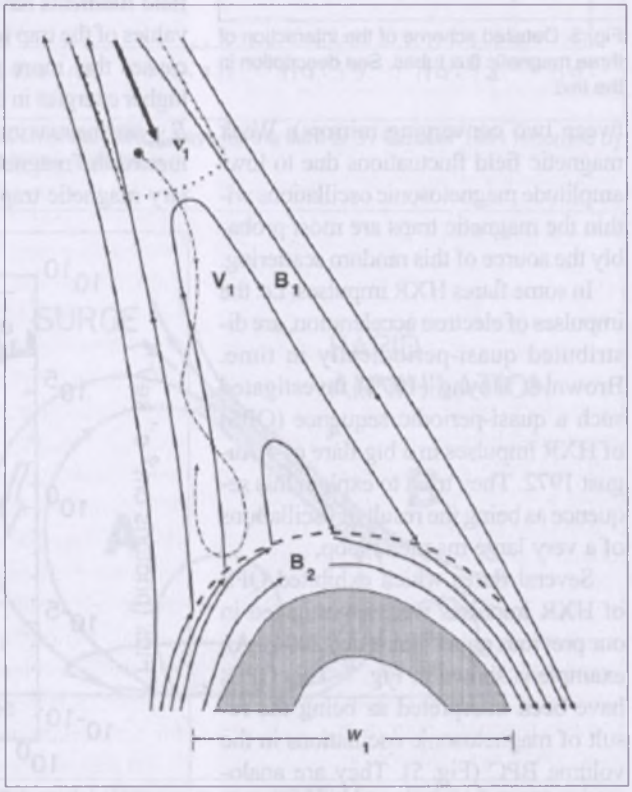


Fig. 3. Flare model of Somov & Kosugi (1997). Magnetic configuration is similar to that in Fig. 2, but now it is assumed that an extended fast shock (dashed line) is formed above the soft X–ray loop. Electrons are accelerated due to their multiple collisions with the fast shock (trajectory of an electron is shown by the small-dashed line)

which the particle would escape from the trap before reaching very high energy. Hence, the fact that the HXR spectrum can reach high energies (see Fig. 6) indicates that there is a significant random scattering in the traps. The scattering allows some particles to undergo very large number of collisions with the converging magnetic mirrors and achieve very high energies. It has been shown in a last paper (Jakimiec 2005) that in order that a sufficient number of electrons achieve energies > 1 MeV, a weak random scattering of mean absolute value $\Delta\alpha \sim 1°$ is sufficient ($\Delta\alpha$ is the mean absolute value of the change of pitch angle α during one particle passage between two converging mirrors). Weak magnetic field fluctuations due to low-amplitude magnetosonic oscillations within the magnetic traps are most probably the source of this random scattering.

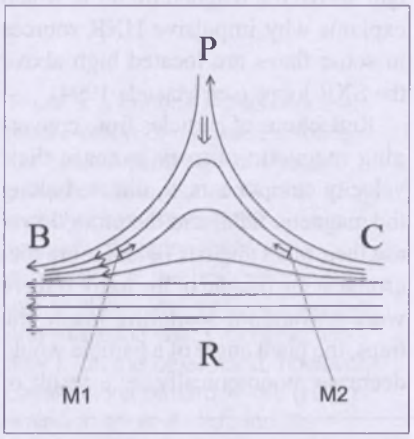


Fig. 5. Detailed scheme of the interaction of three magnetic flux tubes. See description in the text

In some flares HXR impulses, i.e. the impulses of electron acceleration, are distributed quasi-periodically in time. Brown & Hoyng (1975) investigated such a quasi-periodic sequence (QPS) of HXR impulses in a big flare of 4 August 1972. They tried to explain this sequence as being the result of oscillations of a very large magnetic loop.

Several flares which exhibited QPS of HXR impulses were investigated in our previous paper (Jakimiec 2004). An example is shown in Fig. 7. This QPSs have been interpreted as being the result of magnetosonic oscillations in the volume BPC (Fig. 5). They are analogous to the magnetic oscillations during magnetospheric substorms (see Nishida 1978, Chapter 5).

Mean time-intervals between the HXR impulses were between 30 and 74 s. From these time-intervals the sizes of oscillating structures could be estimated and we have found that they were in good agreement with the sizes of loop-top HXR sources seen in the 14–23 keV HXR images. We consider this agreement to be a confirmation of our model.

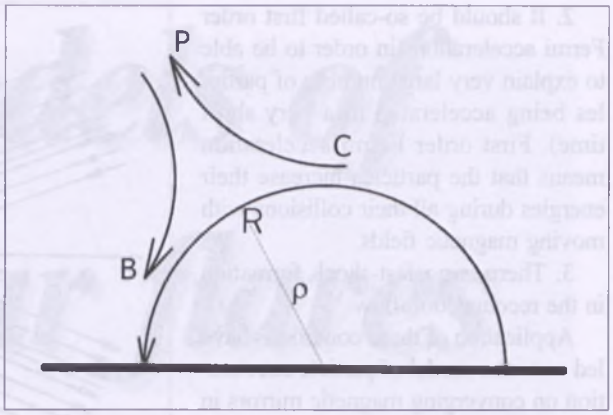


Fig. 4. Schematic diagram showing the interaction of three magnetic flux tubes, which are represented by single magnetic lines of force, BP, PC and R. The thick horizontal line is the chromosphere

In Fig. 7 a QPS of three HXR impulses is best seen in the 23–33 keV energy range. The impulses are spiky at higher energies, $E \geq 33$ keV (there is also one "isolated spike" at about 09:09:10 UT). We interpret these spikes as being the result of fine (filamentary) structure of the reconnected magnetic field. Such fine structure has been found in magnetospheric reconnection flow (see Nakamura 2004) and in some numerical simulations of the flare reconnection flow (Tanuma & Shibata 2005). We think that the spikes of the electron acceleration are generated in magnetic field filaments having somewhat higher values of the trap ratio (B_{max}/B_{min}) which causes that more particles can achieve higher energies in this filaments B_{max} and B_{min} are the maximum and minimum values of the magnetic field in a filamentary magnetic trap).

3. Concluding remarks

1. In the present paper we have considered acceleration of electrons. But the rate of energy increase in Fermi acceleration does not depend on the mass of particles. Therefore, our model of particle acceleration can explain also short-duration impulses of proton acceleration which were observed in some big flares (see Forrest & Chupp 1983).

2. The main aim of the present paper has been to indicate the most probable mechanism of impulsive particle acceleration in solar flares. This mechanism, acceleration on converging magnetic mirrors in magnetic traps, has been discussed using a cusp-like magnetic configuration as an example. We should remember, however, that most solar flares are compact flares having low altitudes, $H \leq 10^4$ km,

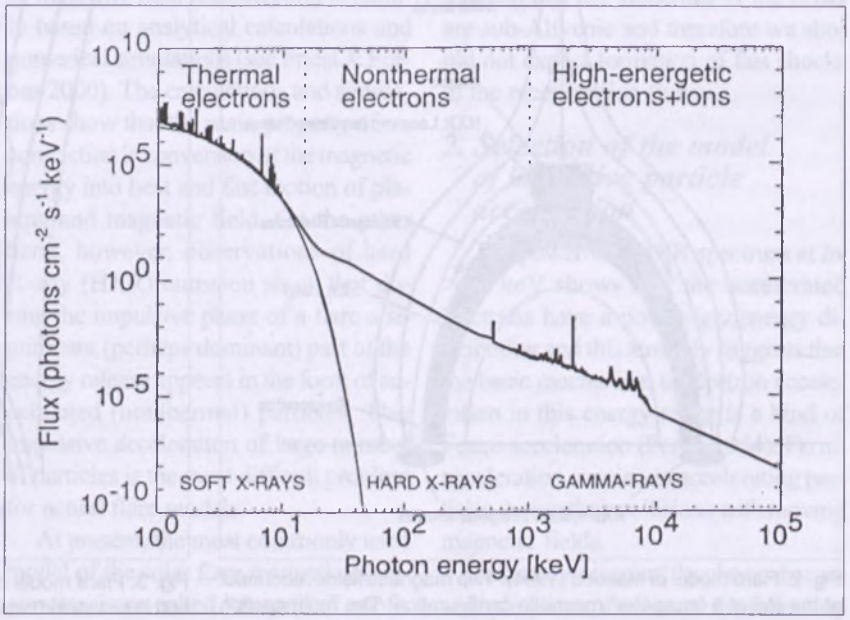


Fig. 6. Composite photon spectrum of a large flare. The spectrum is thermal at low energies (the parabolic line is fitted to the thermal continuum) and nonthermal (power-law) at high energies. Most of the γ–ray lines come from ions excited by proton impact. (From Aschwanden 2004)

and many of them being connected with emergence of new magnetic flux from below the photosphere. This has been described by the emerging flux model of Heyvaerts et al., 1977, (see Fig. 8). In this figure I have added a magnetic loop C which is an obstacle on the way of the reconnection flow. Acceleration of particles will occur in the triangular region between the magnetic fields A, B, and C, which is analogous to the region BPC in Fig. 5. Moreover, multiple reconnections can develop in the triangular region (see Jakimiec 2002b) and a loop-top flare kernel can be formed there.

Acknowledgements

Author's investigations described in this article have been supported by the grant No. P03D 001 23 from the Polish Committee for Scientific Research (KBN). The author is very thankful to Prof. M. Tomczak and Dr. R. Falewicz for their help in preparation of the article for publication.

References

Asai, A., Yokoyama, T., Shimojo, M., & Shibata, K. 2004, ApJL, 605, L77.

Aschwanden, M. J. 2004, Physics of the Solar Corona. An Introduction, Springer: Praxis.

Brown, J. C. & Hoyng, P. 1975, ApJ, 200, 734.

Fermi, E. 1954, ApJ, 119, 1.

Forrest, D. J. & Chupp, E. L. 1983, Nature, 305, 291.

Heyvaerts, J., Priest, E. R., & Rust, D. M. 1977, ApJ, 216, 123.

Hudson, H. S. 2006, this issue.

Jakimiec, J. 2002a, Proc. of the 10th European Solar Physics Meeting, Solar Variability: From Core to Outer Frontiers, ed. A. Wilson, ESA SP-506, 645.

Jakimiec, J. 2002b, Adv. Space Res., 30, 577.

Jakimiec, J. 2004, Paper presented to the COSPAR Scientific Assembly in Paris (in preparation for publication).

Jakimiec, J. 2005, Proc. of the 11th European Solar Physics Meeting, The Dynamic Sun: Challenges for Theory and Observations, ed. D. Danesy, ESA SP-600, in press.

Masuda, S. 1994, Ph. D. thesis, University of Tokyo.

Meng, C.-I. & Liou, K. 2004, Space Sci. Rev., 113, 41.

Nakamura, R. 2004, ESA Bulletin No. 118, 64.

Nishida, A. 1978, Geomagnetic Diagnosis of the Magnetosphere, Springer Verlag.

Priest, E. & Forbes, T. 2000, Magnetic Reconnection, Cambridge University Press.

Somov, B.V. & Kosugi, T. 1997, ApJ, 485, 859.

Tanuma, S. & Shibata, K. 2005, ApJL, 628, L77.

Jerzy Jakimiec, Astronomical Institute, University of Wroclaw, Kopernika 11, 51-622 Wrocław, Poland E-mail: jjakim@astro.uni.wroc.pl

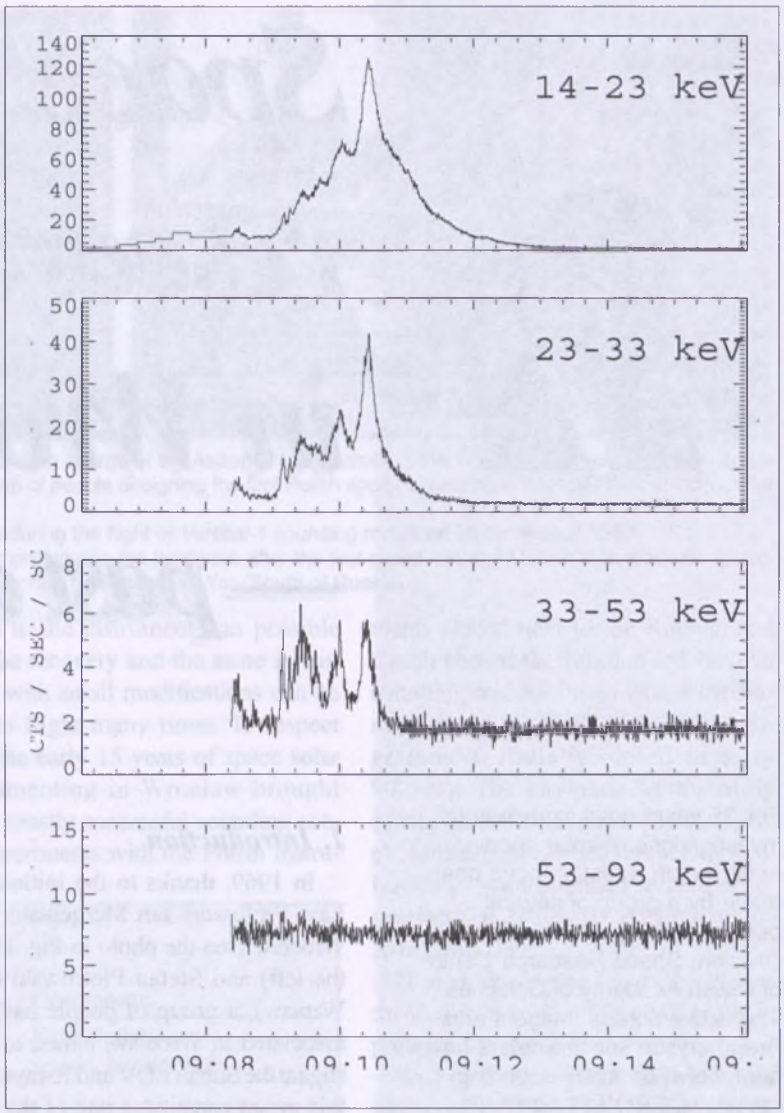


Fig. 7. Time-variation of the hard X–rays for the flare of 31 October 1991 recorded by the *Yohkoh* Hard X–ray Telescope

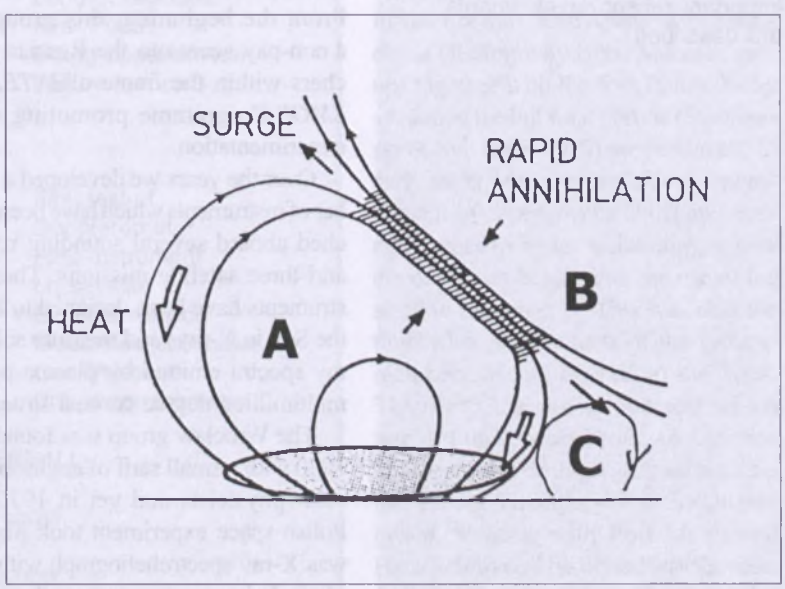


Fig. 8 Emerging flux model of Heyvaerts et al. (1977). Magnetic field A emerges from below the photosphere and it reconnects with an upper field B which generates the reconnection flow. I have added magnetic loop C which is an obstacle on the path of the reconnection flow. Particle acceleration will occur in the triangular region between the magnetic fields A, B and C which is analogous to the region BPC in Fig. 5. Soft X–ray loop-top kernel can develop in the triangular region

Janusz Sylwester

Space solar research in Wrocław — past and present

For 35 years now, experimental investigations of solar short--wavelength radiation have been made by a group of several people working at Solar Physics Division, Space Research Centre of Polish Academy of Sciences. The active corona imagers and Bragg crystal spectrometers have been flown on many sounding rockets, *CORONAS-I* and *-F* satellites and the *INTERBALL-Tail* probe. In the paper some important recent developments are described

1. Introduction

In 1969, thanks to the initiative of Late Professors Jan Mergentaler from Wrocław (see the photo in Fig. 1 — to the left) and Stefan Piotrowski (from Warsaw), a group of people had been associated in Wrocław, aimed to investigate the Sun in EUV and X-rays. Now this group constitutes one of the Divisions (Solar Physics) of Space Research Centre, Polish Academy of Sciences. From the beginning, this group had a non-pay access to the Russian launchers within the frame of *INTERCOSMOS* Programme promoting space experimentation.

Over the years we developed a number of instruments which have been launched aboard several sounding rockets and three satellite missions. These instruments have been designed to image the Sun in X-rays and measure solar X-ray spectra emitted by plasma of hot, multimillion degree coronal structures.

The Wrocław group was founded in 1970 with a small staff of engineers and solar physicists and yet in 1970 first Polish space experiment took place. It was X-ray spectroheliograph with a set of pin-hole cameras. Among the people who contributed the most to the Polish space experimenting is Dr. Zbigniew Kordylewski (now retired, see the photo in Fig. 1 — to the right). In Fig. 1 (centre) we show, for sake of illustration, the X-ray solar image obtained using the pin-hole cameras during the flight of *Vertical-1* sounding rocket. This and the other (not shown) images constitute the first Polish scientific results obtained using space techniques. The analysis of the images allowed to identify presence of the hot component within non-flaring active region plasma (Kordylewski et al. 1973), the result recently confirmed in the study of *Yohkoh* observations.

From the scientific point, the programme of experimental research of the the Solar Physics Division group as defined early-on by Professor Jerzy Jakimiec (from the Astronomical Institute of Wrocław University), was set to be the investigation of the plasma conditions (temperature, emission measure) prevailing in various coronal structures. Understanding of the plasma properties in magnetically confined plasmas of solar corona forms the ground for investigation of the primary energy release and plasma heating processes. In this respect, the experimental work in the Solar Physics Division has been focused on the instrumentation providing the imaging and spectroscopy of the hot coronal plasmas. Work in these two areas preoccupied the interests of the experimenting group.

It was understand from the beginning, that the studies in these main directions

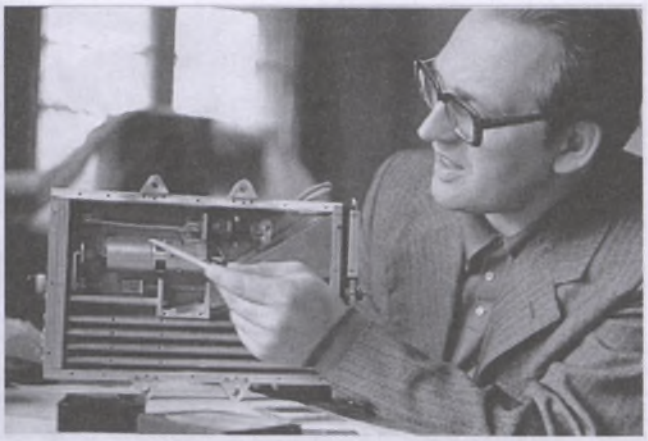


Fig. 1. Left: Professor Jan Mergentaler (1901–1995), while in charge of the Astronomical Institute of the Wrocław University, decided in late 60-ties to take the political opportunity and set-up a group of people designing the first Polish space experiment: the solar XUV spectrometer and X-ray pinhole camera.
Middle: Solar images obtained using pin-hole cameras during the flight of *Vertical-1* sounding rocket on 28 November 1970.
Right: Dr. Zbigniew Kordylewski designer of the instrument unveils the hardware after the first successful flight which took place on 28 November 1970 aboard the *Vertical-1* sounding rocket launched from Kapustin Yar (South of Russia)

were the most scientifically sounded if the experiments were placed aboard the satellite solar missions. However, the important "evolutionary" step consisted of development of the know-how and new experimental ideas. These were possible by placing the equipment first aboard the sounding rockets, where the access to the instrument was possible after the recovery and the same instruments with small modifications can be used in flight many times. In respect with, the early 15 years of space solar experimenting in Wrocław brought many, mostly successful sounding rocket experiments with the Polish instruments placed next to the Russian and Czech aboard the Russian-led *Vertical* sounding rockets flown within the framework of the *INTERCOSMOS* programme (officially closed in early 90-ties). The payloads were mainly equipped with pin-holes, telescopes, photometers, spectrometers and the collimators — all intended to take observations of the solar corona in the X-ray band.

Table 1. Solar Physics Division Launches

Date	Exp.	Equipment	Comments
28.11.1970	V-1	SF-3 KO-12	First Polish space experiment
20.08.1971	V-2	SF-3 KO-12	
30.08.1977	V-5	KO-60 SzRF	First Polish broad band photometer
26.09.1979	V-8	KO-60 & RTF & SzRF & MRF	First Polish Bragg spectrometer
24.12.1980	V-?	KO-60 & RTF & SzRF & MRF	Failure launch
28.08.1981	V-9	KO-60 & RTF & SzRF & MRF	
20.10.1983	V-11	KO-60 & RTF & RDR	First test of Dopplerometer
02.03.1994	C-I	Diogeness	First instrument on satellite
03.08.1995	INT Tail	RF15-I	Our first rotation modulated collimator
Mid-2001	C-F	RESIK & Diogeness	Our first bent Bragg spectrometer

V — Vertical, C — CORONAS, INT — INTERBALL
SF — XUV diffraction grazing spectrometer
KO — Block of pin-hole cameras/No. of cameras
SzRF — Broad-band soft X-ray photometer
RTF — Volter grazing incidence X-ray telescope
MRF — Bragg flat crystal spectrometer
RDR — Rocket Dopplerometer
DIOGENESS — X-ray spectrometer-photometer
RF15-I — Soft and hard X-ray photometer-imager
RESIK — Bragg bent crystal spectrometer

The chronological list of the experiments flown by the Wrocław group is presented in Table 1.

In Fig. 2 our first telescopic X-ray image of the Sun (Kordylewski et al. 1973) taken using the grazing incidence mirror (developed at the Astronomical Institute of the Czech Academy of Sciences in Ondřejov by Boris Valniček group) together with the first Polish X-ray spectra of the hot solar corona (Siarkowski & Sylwester 1985) are presented. In early 90's, with the continuous improvement of experimental skills and opened access to better technology, a new era of studies began with the use of the satellite instruments. This was also the time when the contacts of the groups' members widely opened to the West. Thanks to the earlier contacts which were set-up between Professor Jakimiec and Professor de Jager, it was possible that I spent 6 months within the Utrecht group, working with Rolf Mewe and Hans Schrijver. This period was the most fruitful in terms of learning the basics of quantitative X-ray spectroscopy. The next step was the involvement in the operations of the most advanced Solar Maximum Mission, launched by NASA

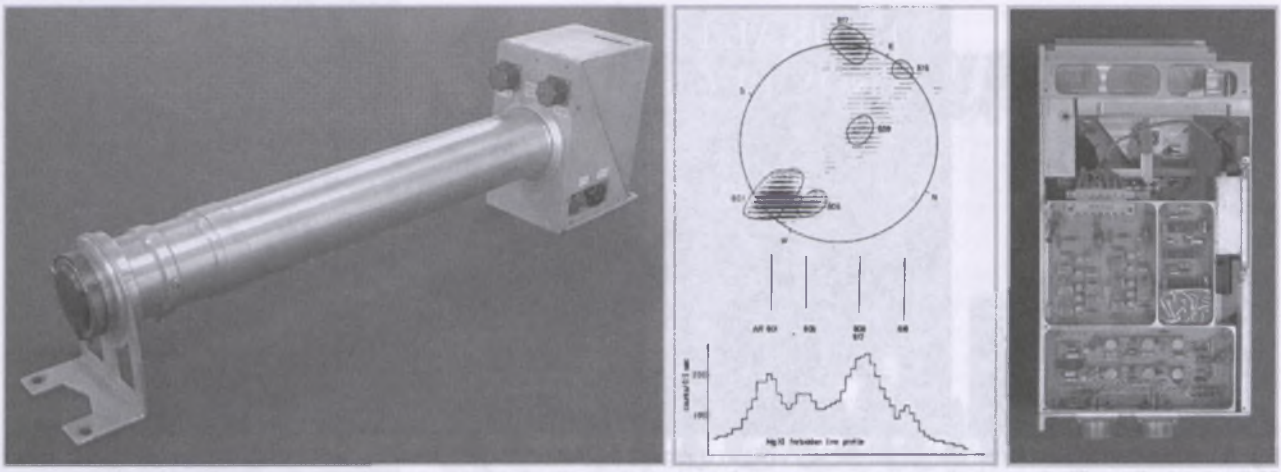


Fig. 2. Left: The grazing-incidence Volter type-II solar telescope assembly. The mirror was designed by the Czech group from Ondřejov Astronomical Institute. The mechanical part including the shutter has been developed in Wrocław. The instrument has been included aboard the *Vertical-8* and *-9* payloads flown in 1979 and 1980 respectively. Centre: An example of experimental results showing digitized X-ray image of the corona obtained in the spectral range 8 Å — 12 Å (upper part) together with the corresponding brightness cut as seen in the resonance line of *Mg* XI ion recorded with the scanning Bragg crystal spectrometer MRF. Right: Photo of the MRF Bragg, scanning, flat ADP crystal spectrometer (designed by M. Hłond), a part of the Polish instrument packages aboard *Vertical-8* and *-9* payloads

in 1980 with the X-ray polychromator abroad. Thanks to the generosity of Professor Len Culhane, Director of the Mullard Space Science Laboratory (UK) one of the XRP PI's, it was possible to take part in the operations of this instrument from the NASA GSFC and use the best-quality X-ray spectra in the plasma diagnostics. The analysis of these spectra brought in 1984 the discovery of plasma composition variations between flares (Sylwester et al. 1984).

In the rest of this presentation, I shall focus on the important items of the recent satellite experimenting. These are the RF15-I X-ray photometer aboard the *INTERBALL-Tail* Probe and the two Bragg crystal spectrometers presently in orbit aboard the *Coronas-F* satellite.

2. *RF15-I Photometer-Imager*

The RF15-I instrument, comprising a solar photometer and an imager, was designed (Sylwester et al. 2000) for multiband high time resolution measurements of integral solar fluxes in the energy range between 2 keV and 240 keV as well as for imaging of solar flares in the 2—8 keV energy range. The instrument was launched in August 1995 aboard the *INTERBALL-Tail* spacecraft. It has been making measurements since August 6, 1995 till 2000. As a partner in the RF15-I experiment, the Astronomical Institute of Czech Academy of Sciences in Ondřejov played a leading role. The Wrocław team became involved in the programme in 1986, contributing to the unique X-ray Tomograph-Imager (XTI), a novel part of the instrument. The photometer and XTI were physically and electronically separated. They were however controlled by a common onboard computer PRAM. The *INTERBALL-Tail* was a spin-stabilized satellite placed on a highly elongated orbit, with ~180 000 km apogee and ~24 000 km perigee. The orbital period was ~96 hours.

The photometer sensitivity was approximately equivalent to that of a well-known *GOES* X-ray sensors. At our web site (www.cbk.pan.wroc.pl/rf15-i_www/RF15-I_observations.htm) we put all processed data from the photometer along with a short explanations. One of the important advantages of RF measurements is that there are many periods where the solar signal has been measured every 2 s continuously for up to 40 hours in the four bands covering the 2—15 keV energy range. The overall data coverage of the solar X-ray photometry is ~85%. As concerns the data collected in the higher energy channels, reliable measurements have been made for hundreds of events (Siarkowski et al. 1999).

A concept of imaging modulation collimator applied in XTI construction is based on a possibility of reconstruction of full two-dimensional images from sets of one-dimensional projections. The principles of the (rotating) modulation collimator have been described in-depth by Oda et al. (1976) and used at present in the design of the *RHESSI* instrument (Lin et al. 2002). In our X-ray Tomograph-Imager we incorporated a similar, but modified design. The XTI consists of two units: the X-ray collimator, and the optical solar disk sensor. The purpose of the collimator is to modulate and measure the X-ray signal from flares and the hottest parts of active regions. Since the rotation axis of the *INTERBALL-Tail* satellite is mostly offset from the X-ray source by a few degrees, the recurrent transmission windows of the collimator become available for modulation of X-rays, as the phase of source relative to the optical plane of the collimator changes. The concept of the collimator construction adopted in XTI is presented in Fig. 3. Due to rotation of the satellite, the X-rays from a solar source are modulated, depending on the actual phase of the rotation. The collimator field of view has a radius of ~11°, and the collimator has been designed to have a number of narrow transmission windows separated by 4.8 arc min. These selected design characteristics allow to isolate a flaring area in the Sun covering thus the entire flare without overlapping. In order to have a simpler pattern of modulation fringes, we decided to make grids of circular cross-section wires. A cheap and easy solution was to use standard copper wires. The wire orientation has been fixed exactly parallel (to within 1 μm) between the three grid planes using an interferometric technique. The grid plane positions, exact wire diameters and the pitch have been designed according to the physical requirements. The exact location of the grid planes have been calculated according to a novel strategy. The novelty of

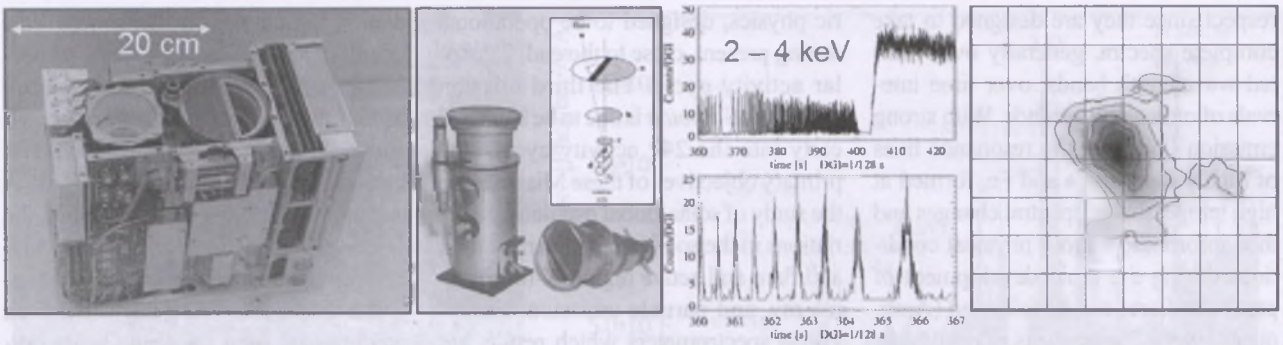


Fig. 3. Left: General appearance of the RF15-I soft X-ray Photometer-Imager with the instrument cover removed. The box which contains both the photometer and the imager is placed atop the solar oriented platform of the *INTERBALL-Tail*. Centre-left: The rotationally modulated collimator of a novel design, where the three wired grid planes replace five of the standard design, were sufficient to achieve ~10 arcsec angular resolution on the reconstructed image. As shown on the insert, the modullation pattern is present during only a half of the rotation which allows to study the intrinsic solar flux time variability with the resolution of 0.01 s. Centre-right: The example of the time record of the modulated signal measured on 1995 October 20 around 06:14 UT, when the M1 class flare reached the maximum phase. The time indicated is in [s] elapsed from the beginning of the flare sequence. The spin period of the Sun-pointed satellite was ~120 s. The bottom part shows a part of the record enlarged in order to see the details. Right: Numerically reconstructed image of the flare showing the overall shape of the active region plasma contributing to the 2 keV — 4 keV emission. The grid mesh is drawn 50 arcsec apart

the solution is the use of semi-numerical interactive method of placing the grids. In case of the XTI, we specified the approximate values for the collimator length, thickness of grids, desired resolution and transmission fringe separation and found the optimum collimator design. In Fig. 3, an example of the XTI modulated signal for the 1995 October 20 flare is shown. There are hundreds of periods identified already where the imaging sequences have been executed. The RF15-I was one of the most sensitive solar photometers in the 10—15 keV band and the only X-ray instrument measuring solar flux in the entire energy range 2—240 keV. By observing the Sun since September 1995 till 2000 this photometer has supplied complementary data to *GOES*, BATSE and HXT (*Yohkoh*) measurements. Many flares have been detected with the hard X-ray emission extending up to 30 keV — 60 keV which have fallen into times of the BATSE and/or *Yohkoh* nights and hence have not been reported. A number of weak (*GOES* class B) flares have been observed to pronounce exceptionally hard X-ray spectra extending up to ~120 keV energy (Siarkowski et al. 1999). RF15-I data are still under analysis (Siarkowski et al. 2005).

3. *Diogeness and RESIK aboard* CORONAS-F

It has always been clear to us that the progress in understanding mechanisms of coronal energy release can be fostered using data from spectrometers operating also in the soft X-ray region. These observations provide valuable information about the temperature, ionization state, non-thermal and directed plasma motions in the thermal plasma component. Among the spectrometers used in this spectral range the scanning, flat crystal spectrometers on the early NASA Orbiting Solar Observatories, the U.S. Navy *P78-1* satellite, NASA's Solar Maximum Mission (*SMM*: the X-ray Polychromator/Flat Crystal Spectrometer), and the Japanese *Hinotori* spacecraft contributed the most to our understanding of the spectral variability. However, because of the length of time needed to scan particular portions of the X-ray spectrum, critical phases of flares were often missed with these spectrometers. Curved crystal spectrometers like the *SMM* Bent Crystal Spectrometer and the Bragg Crystal Spectrometer (BCS) on the Japanese *Yohkoh* spacecraft have an important advantage in this

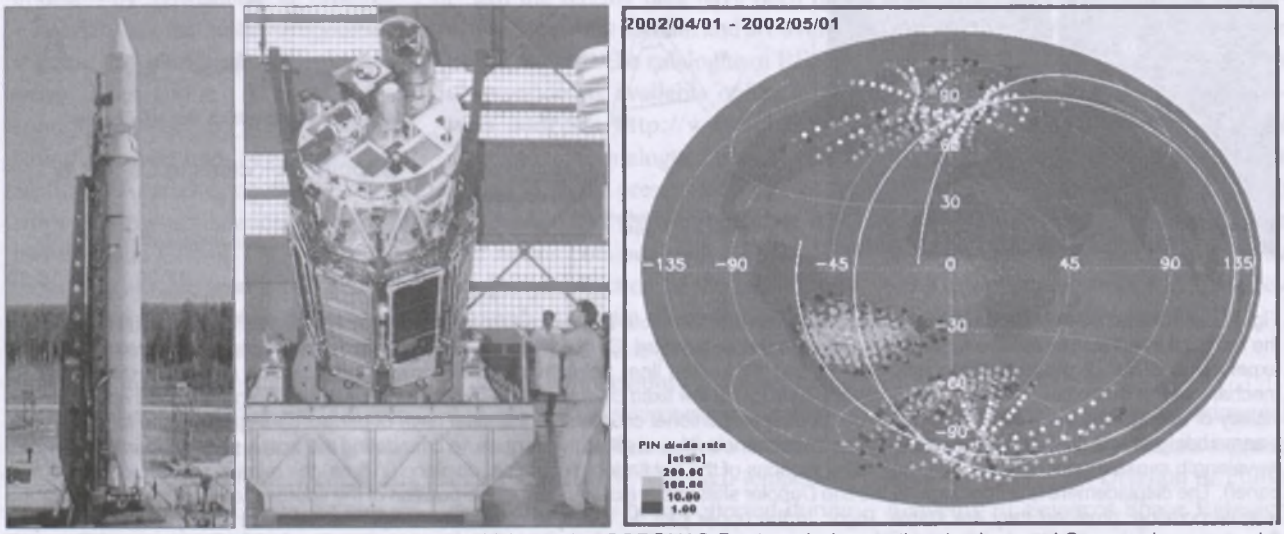


Fig. 4. (Plate 9) Left: The SS-14 Cyclon booster which put the *CORONAS-F* solar mission on the circular, semi-Sun-synchronous polar 500 km orbit on 31 June 2001. Centre: The payload consisted of a dozen of solar instruments, including two Polish Bragg spectrometers: flat crystal, scanning **Diogeness** and bent crystal **RESIK**. Right: The background particle environment at the *CORONAS-F* orbital heights as recorder by RESIK own PIN particle detectors. The SAA region as well as the polar ovals are clearly seen. In these high background areas, the spectrometers' proportional detectors were switched-OFF due to health reasons

respect since they are designed to take complete spectra, generally over limited wavelength bands, over time intervals of only a few seconds. With strong emission lines like the resonance lines of highly ionized Ca and Fe, formed at high temperatures, spectral changes and thus information about physical conditions during the rapid development of particular flares can be followed (Antonucci 1989). The analysis of results obtained from these earlier spectroscopic solar missions led us to the idea of verifying, this time in absolute terms, the determinations of Doppler shifts observed early in flares. The concept of a new type of Bragg X-ray scanning spectrometer — so called Dopplerometer has been tested in the sounding rocket flight (*Vertical-11*, 1983) and following its success, we have decided to devise a satellite version of this instrument called Diogeness (Sylwester & Farnik 1990). Diogeness (see the photo in Fig. 5) flew on *CORONAS-I*, however, the mission ended before really big flares took place and no useful spectra were recorded. On *CORONAS-F* we were more successful and acquired many spectra as discussed below.

The *CORONAS-F* spacecraft is the second of two Russian space observatories devoted to solar and magnetospheric physics, designed to be operational during present, close to the end, 23rd solar activity cycle. The third mission *CORONAS-Photon* is due to be launched early into the 24th activity cycle. The primary objectives of these Missions are the study of solar global oscillations, variations in the solar ultraviolet radiation, and flare and active region X-ray, gamma-ray, and particle emission. Except Polish spectrometers which results are shortly outlined here, there are dozen of Russian instruments, discussed elsewhere (Kuznetsov et al. 2005) placed aboard *CORONAS-F*. The spacecraft is put in a near-circular orbit with an altitude ranging from 501 km to 549 km, with an orbital plane inclined at 82°.5 to the equator, and orbital period of 95 minutes. The near-polar orbit allows periods of uninterrupted observations of the Sun for up to about 20 days: the longest satellite night lasts ~35 minutes. Passages through the Earth's radiation belts require most X-ray instruments to be turned off in order to secure their health; these include passages through the South Atlantic Anomaly (SAA) as well as the auroral oval (AO) regions near the magnetic poles. In Fig. 4, the satellite orbit is plotted over the Earth map, with the regions of enhanced particle background indicated, as detected from RESIK radiation particle sensors. Diogeness is the uncollimated scanning flat crystal spectrometer observing flare X-ray spectra in four narrow wavelength bands in vicinity of Ca XIX, S XV and Si XIII He-like line "triplets" around 3.18 Å, 5.04 Å and 6.65 Å. In two spectral channels, the same emission lines around Ca XIX 3.178 Å resonance are scanned in opposite directions, being diffracted from precisely adjusted identical Quartz crystals mounted on the common shaft in so-called Dopplerometer configuration. The idea of relative measurements of the Doppler shifts is explained on a schematic diagram in Fig. 5 (centre panel). During early phase of the *CORONAS-F* Mission, a number of big flares have been observed by Diogeness. In particular, tens of high resolution spectra have been measured during initial, maximum and decay phase of 2001 August 25, X5.3 flare. We made the analysis of these spectra, performed prompt line identification, announcing observations of new spectral features corresponding to transitions in a number of H- and He-like ions (Sylwester B. et al. 2005). In Fig. 5 (right part) we show example spectral records and the results of their analysis which led to precise determinations of plasma radial motions during the X5.3 flare.

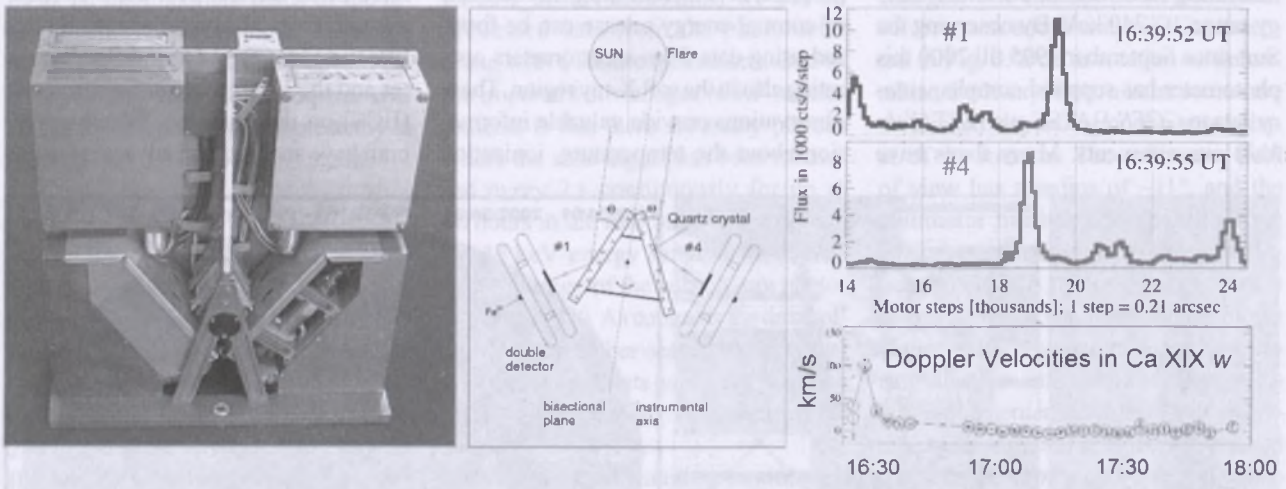


Fig. 5. Left: Overall view of **Diogeness** scanning spectrometer. The four Bragg crystals are seen fixed to the moving arm which rocks within the range of ~140 arcmin relative to the line pointing to the Sun centre. Centre: The scheme of Dopplerometer configuration adopted in the experiment. Bi-sector plane of the crystal pair #1 and #4 (dotted line) points momentarily towards the source (flare). Crystals are fixed mechanically at the exactly twice the Bragg angle. By rocking the fixed crystal section back and forward, the Bragg-reflected spectra in the vicinity of strong lines are measured by a pair of double proportional counters. In the ideal case of perfect co-alignment and for the source plasma being at rest, the line centres are recorded in channels #1 and #4 at the very same time during the scans performed in the opposite wavelength sense (upper right panels). Any radial motions of the hot flaring plasma will displace (in time) the relative position of lines (lower panel). The displacement is proportional to the line Doppler shift and is independent of the position of the source (flare) on the disc and/or the relative pointing, provided they are stable. Right: In the upper part an example of measured spectra recorded nearly simultaneously in Dopplerometer channels #1 and #4 during the maximum phase of the X5.3 flare is shown plotted against the motor step number. Indicated are the times, when the centre of the strongest resonance line is measured. In the lower part, velocities as determined from X-ray line shifts observed by Diogeness are drawn. A high blue-shifts observed early in flare are of similar value in all lines measured. The uncertainties shown represent combined relative error of wavelength scale determination. For Ca XIX *w* line the uncertainties of velocity determinations (around the flare maximum phase) are few km/s only

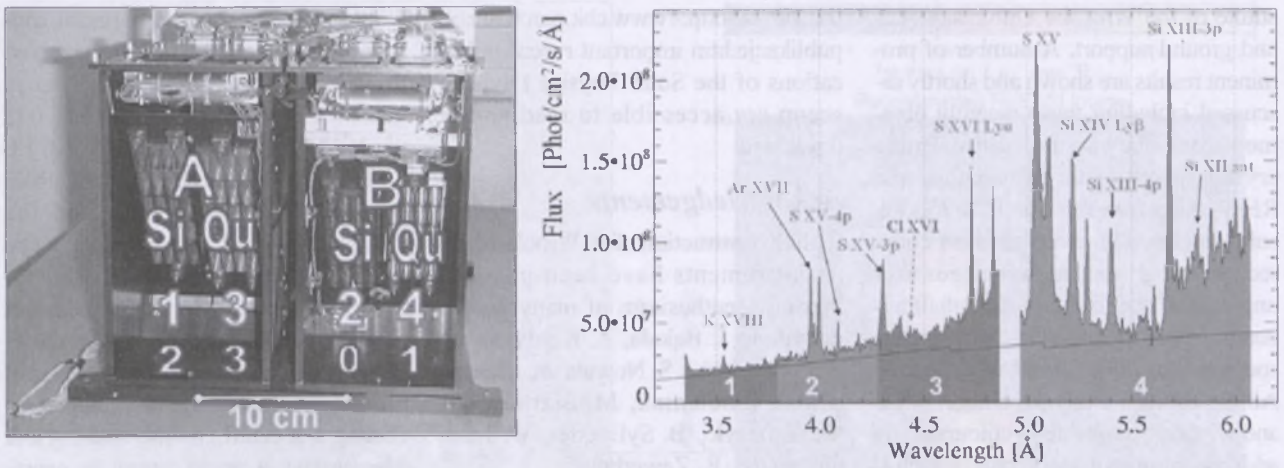


Fig. 6. Left: Overall view of the RESIK spectrometers A and B with the back cover removed in order to show the bent crystal supports. The code-names for channels are indicated. Right: Example reduced RESIK spectrum showing main prominent emission lines atop the X-ray continuum. The ions responsible for the line emission are indicated. The spectrum shown has been collected during the 20-minute rise phase of the M1.9 East-limb flare on 2003 January 21

Early interpretation of the spectra measured indicates for substantial variations of average plasma temperature during the observed flare. When defining our recent programme of experimental spectroscopic studies of the corona, we have noticed that large "gaps" are still present in detailed observations of solar spectra in the soft X-range, below ~7 Å. Therefore we decided to devise a new spectrometer intended to cover this spectral region with observations in a systematic way. In collaboration with leading groups from Naval Research Laboratory, USA (NRL), Mullard Space Science Laboratory (MSSL) Rutherford-Appleton Laboratory (RAL, both from UK) and IZMIRAN (Russia) we constructed REntgenovsky Spektrometr s Izognutymi Kristalami (RESIK), the bent crystal spectrometer, described in details by Sylwester et al. (2005).

RESIK has the best ever spectral resolution and sensitivity in the range between 3.3 Å and 6.0 Å. Spectra from solar flares seen by RESIK include strong emission lines of highly ionized Si, S, and Ar atoms, together with lines from the low-abundance, odd-*Z* elements K and Cl (see Fig. 6). Some of these lines are also seen in the spectra of bright, non-flaring active regions, and several lines have been observed for the first time in the astrophysical spectra. RESIK has collected over 500,000 spectra of flares, active regions and "quiet corona" over approximately two years of its operation since launch. At present its activity is suspended by problems with the power supply. Some of the details concerning the operation of the instrument may be found in the RESIK Weekly Newsletters (http://www.cbk.pan.wroc.pl/weekly_archive/szablon.htm). Scientific issues being presently addressed in the ongoing analysis of RESIK data include:

- Identification of tens of new lines observed in the spectral range between 3.3 Å and 6.1 Å.
- Determination of coronal plasma composition and its variations in time and between events.
- Determination of differential emission measure distribution for flares and active regions.
- Determination of "experimental" emission function for important X-ray lines.
- Verification of available ionisation equilibria calculations.

All the RESIK data have been placed in the public domain and are available on request. The catalogue of RESIK observations is available online at the web address: http://www.cbk.pan.wroc.pl/resik_catalogue.htm.

In Fig. 7, we present a collage of figures and plots showing example data and results obtained with RESIK. Upper part is a section of the RESIK online web catalogue where the lightcurve of example flare is presented atop the *GOES* X-ray standard measurements and spacecraft environment. Examples of reduced absolute spectra are shown in the middle row. The high-temperature spectrum has been collected during the flare fast rise. The low temperature spectrum has been measured few hours before the event, when no flare was in progress. In the lower panel, we show an average spectrum of the narrow wavelength band in vicinity of the potassium «triplet» which never before was observed in such a high resolution. The lower-left plot constitute the first "empirical" determination of the potassium He-like ion resonance line temperature-emissivity curve compared with recent theory (CHIANTI).

Among the most important scientific results already obtained from the interpretation of RESIK and Diogeness spectra are: identification of several new lines, including the triplet lines of He-like Cl (Sylwester B. et al. 2005), higher members of resonance series (Kępa et al 2005), new satellite diagnostic based on interpretation of $n = 3$ satellite line intensities (Phillips et al. 2005).

Experimental successes of the Wrocław group paved the way for a new adventure. At the moment the construction of the new spectrophotometer SphinX (Solar **ph**otometer **in X**-rays) is underway. The instrument will be capable of taking solar spectra at the rate of ~100/s, two orders of magnitude faster than presently possible. It will act also as the flare watch for the TESIS large telescope complex under construction by our Russian partner from P. N. Lebedev Physical Institute at Moscow

4. Summary

A short history of solar experimental research undertaken by Wrocław group at the Solar Physics Division of Polish Academy of Sciences Space Research Centre, is sketched up. Important role of cooperation with the Russian and the Western Institutes is stressed as well as vital influence of the Astronomical In-

stitute of the Wrocław University staff and ground support. A number of prominent results are shown and shortly discussed including those recently obtained using the two Polish-led Bragg crystal spectrometers Diogeness and RESIK placed aboard the *CORONAS-F* solar satellite. These instruments covered yet unexplored spectral ranges with unprecedented resolution and their recorded spectra constitute the reference spectral atlas in the range below 6.8 Å. All the Figures presented here in black and white are available in colours at the address: http://www.cbk.pan. wroc.pl/publications/2004/PTA_Solar.html. At the address http://www.cbk.pan.wroc.pl/publikacje.htm important recent publications of the Solar Physics Division group are accessible to read and/or download.

Acknowledgements

The construction of all Wrocław space instruments have been possible thanks to enthusiasm of many people including: J. Bąkała, Z. Kordylewski, M. Kowaliński, S. Nowak, M. Oczyński, S. Płocieniak, M. Siarkowski, E. Stańczyk, B. Sylwester, W. Trzebiński and R. Zawerbny.

Acknowledged is the financial support for space experimenting received from the Polish Ministry of Science grants: 2 2150 92 03p/24, 2 Z6Z6 001 05p11, 2 P03C 005 08, 2 P03C 006 13, 2.P03D.024.17, 2.P03D.002.22 and PBZ-KBN-054/P03/2001, and the Exchange Visitors Programme between The Royal Society and The Polish Academy of Sciences. The help from our Russian partners was essential in providing a free lift of *all* Wrocław space experiments and their free ground support including spacecraft control, steering and telemetry necessary to control the operation of the instruments in real time.

I would like to thank Barbara Sylwester for useful discussions and help in preparing this review.

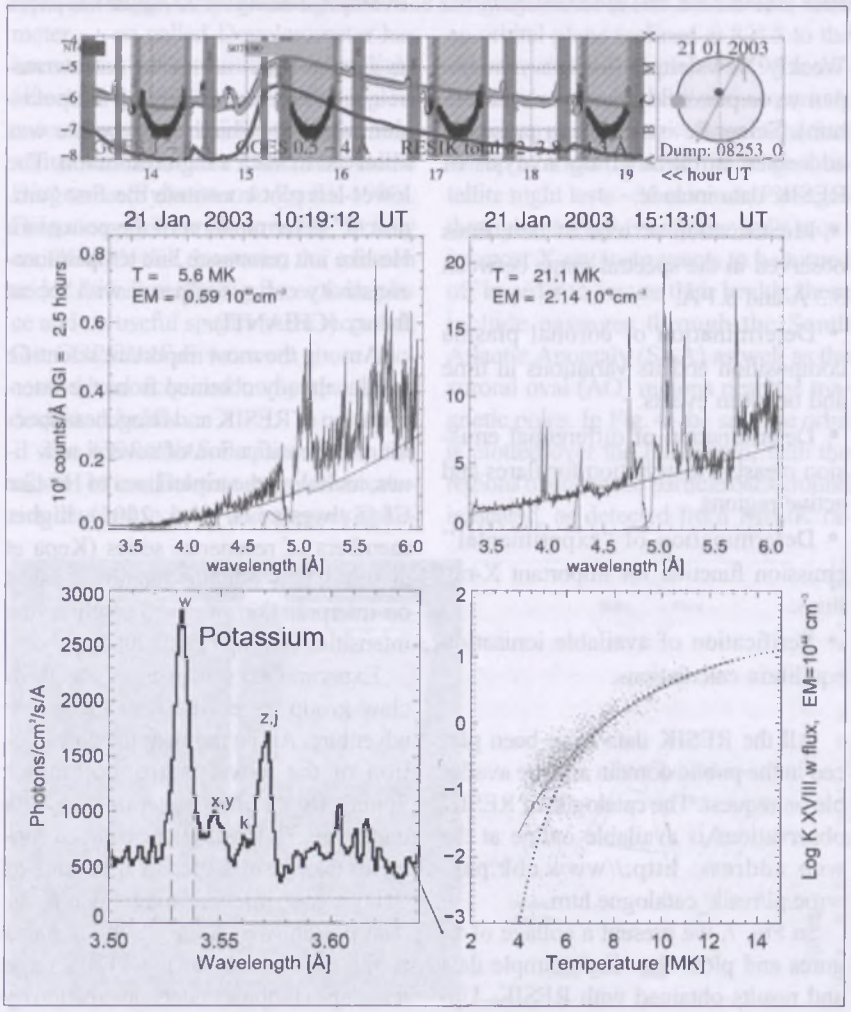


Fig. 7. Upper: A header of one (among thousand) page from the RESIK catalogue showing a well observed flare. The X-ray lightcurves are plotted in red and blue for the *GOES* and in green for RESIK. Shaded areas correspond to transitions through radiation belts and/or SAA. Hatched areas correspond to spacecraft nights. Color bars correspond to flares which locations are shown on the solar disc in respective colors. The size of the color dot correspond to the flare importance. Middle left: Pre-flare spectrum recorded several hours before the considered event. The thin line drawn corresponds to the continuum level calculated for the indicated values of temperature and emission measure. Middle right: Spectrum recorded during the rise phase of flare. The plasma temperature is much higher and many emission lines are seen above the continuum in the spectral range below 5 Å. Lower left: Average spectrum showing the spectral region in vicinity of the so-called He-like triplet of K XVIII ion. This is the first observation of this spectral region with such a gigh spectral resolution. Lower right: A comparison between the observed (points) and theoretically calculated temperature dependence of the line emissivity in the resonance line of K XVIII ion. A close match is seen if the theory line is drawn using the potassium abundance of 6.00×10^{-7}, four times the photospheric one

Bibliography

Antonucci, E. 1989, Solar Phys., 121, 31.

Kępa, A., Sylwester, J., Sylwester, B., et al. 2005, Adv. Space Res., in print.

Kordylewski, Z., Mergentaler, J., Jakimiec, J., Sylwester, B., & Sylwester, J. 1973, Space Res., XIII, 787.

Kuznetsov V. D. & *CORONAS-F* Team 2005, Cosmic Res., in print.

Lin, R. J., Dennis, B. R., Hurford, G. J., et al. 2002, Solar Phys., 210, 3.

Oda, M., Muranaka, N., Matsuoka, M., Miyamoto, S., & Ogawara, Y. 1976, Space Sci. Instr., 2, 141.

Phillips, K. J. H., Dubau, J., Sylwester, J., & Sylwester, B. 2005, ApJ, in print.

Siarkowski, M., Falewicz, R., & Berlicki, A. 2005, Adv. Space Res., in print.

Siarkowski, M. & Sylwester, J. 1985, Artificial Satellites, Space Physics, 20, No. 1, 63.

Siarkowski, M., Sylwester, J., Gburek, S., & Kordylewski, Z. 1999, Magnetic Fields and Solar Processes. The 9th European Meeting on Solar Physics, Ed. A. Wilson, (ESA SP-448), 877.

Sylwester, B., Sylwester, J., Siarkowski, M., et al. 2005, Adv. Space Res., in print.

Sylwester, J. & Farnik, F. 1990, Bull. Astr. Inst. Czechoslovakia, 41, 149.

Sylwester, J., Farnik, F., Likin, O., et al. 2000, Solar Phys., 197, 337.

Sylwester, J., Gaicki, I., Kordylewski, Z., et al. 2005, Solar Phys., 226, 45.

Sylwester, J., Lemen, J., & Mewe, R. 1984, Nature, 310, 665.

Janusz Sylwester
Space Research Centre, Polish Academy of Sciences, Solar Physics Division
ul. Kopernika 11, 51-622 Wrocław, Poland
E-mail: js@cbk.pan.wroc.pl

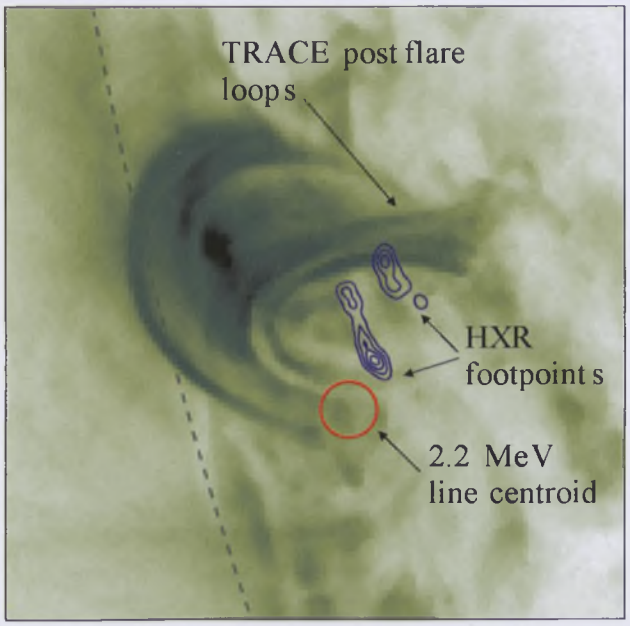


Plate 6. Hard X–ray (electron) emission versus 2.2 MeV (nuclear) gamma-ray line emission centroid location for July 23, 2002 with *TRACE* context, based on Hurford et al. (2003). The displacement of the fast ions from the fast electrons was one of the biggest surprises in *RHESSI* data.
See Brown page 37

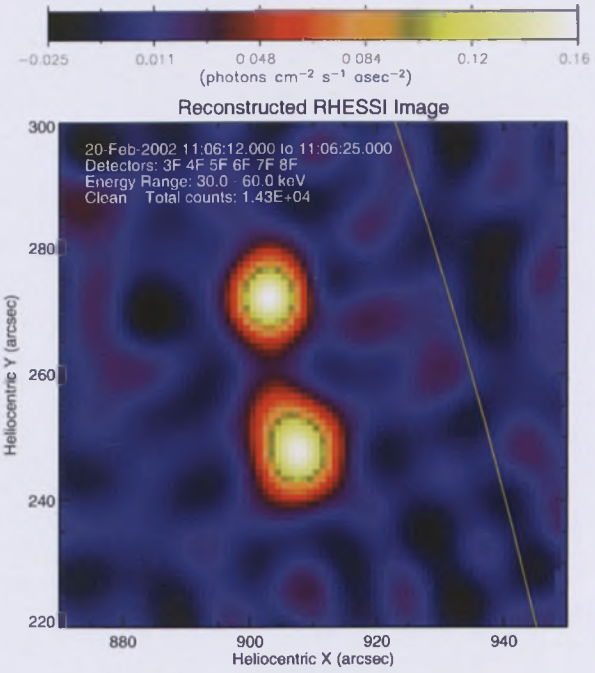


Plate 7. Simple 'classic' 2-footpoint flare seen by *RHESSI*. While there may be other interpretations, such a structure is expected if the field approximations to a simple bipolar loop without strong field convergence. Then electrons accelerated anywhere in the upper, low-density, loop can reach the dense chromosphere at the loop ends ('footpoints') where they emit bremsstrahlung very strongly compared with in the tenuous corona. Such high 'footpoint contrast' was discussed as early as Brown & McClymont (1976) and MacKinnon et al. (1985).
See Brown page 37

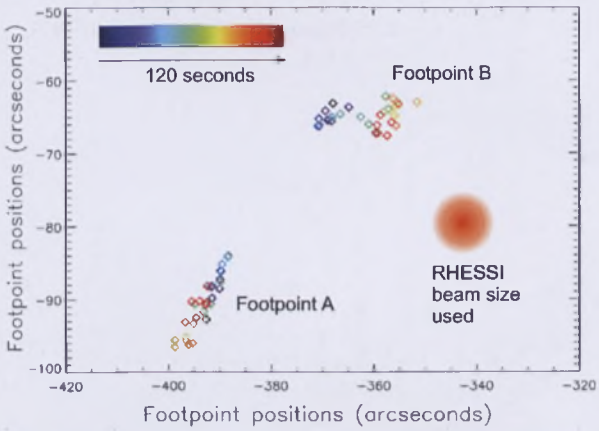


Plate 8. Hard X–ray footpoint centroid motion in the M5.4 flare of 14 March 2002 from Fletcher & Hudson (2002). Footpoint locations derived from *RHESSI* 30–50 keV images are color-coded in time. Comparison with *TRACE* XUV images (cf. Fletcher & Hudson, 2002; see also Fig. 3) reveal that the HXR source motions are perpendicular to as well as along the XUV flare ribbons indicating that the HXR footpoint progression is much more complex than expected from simple 2D reconnection models.
See Brown page 37

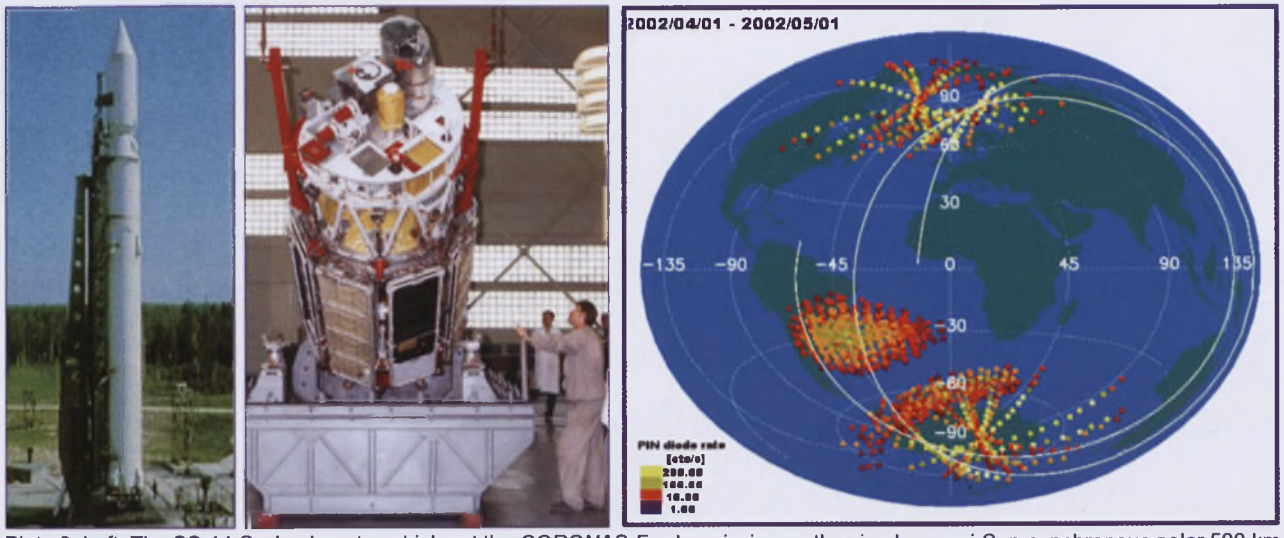


Plate 9. Left: The SS-14 Cyclon booster which put the *CORONAS-F* solar mission on the circular, semi-Sun-synchronous polar 500 km orbit on 31 June 2001. Centre: The payload consisted of a dozen of solar instruments, including two Polish Bragg spectrometers: flat crystal, scanning **Diogeness** and bent crystal **RESIK**. Right: The background particle environment at the *CORONAS-F* orbital heights as recorder by RESIK own PIN particle detectors. The SAA region as well as the polar ovals are clearly seen. In these high background areas, the spectrometers' proportional detectors were switched-OFF due to health reasons.
See Sylwester page 53

ISSN 0032-5414

The Mathematical Tower of the Wrocław University — the oldest location of the Astronomical Observatory developed by L. A. Jungnitz in 1791. Fot. Barbara Cader–Sroka.

Cover page: the main building of the Astronomical Institute of the Wrocław University, built in 1920^{s}, just after the capital repair in 2003–4. Fot. Barbara Cader–Sroka.

Urania

Postępy Astronomii

3/2006 (723)

tom LXXVII

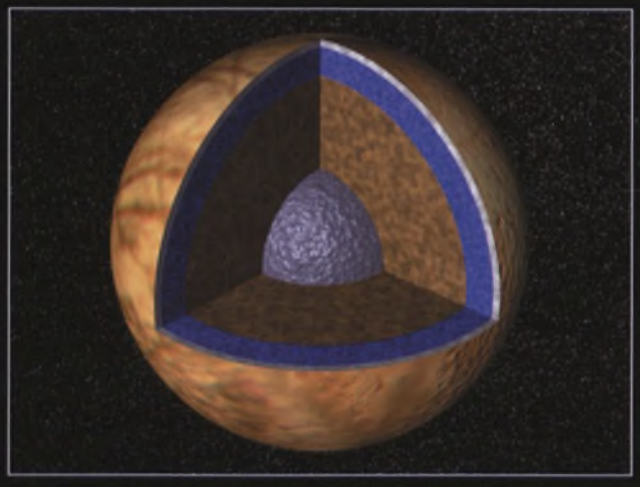
maj—czerwiec

- Woda we Wszechświecie
- Sekrety gwiazd neutronowych
- Obserwatorium astronomiczne w Zielonej Górze
- O współpracy profesorów Piotrowskiego i Zonna

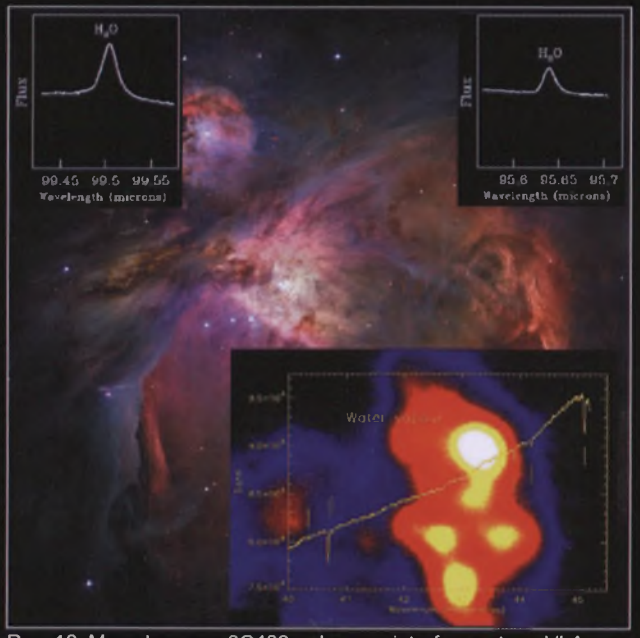
Woda we Wszechświecie

(Ilustracje do artykułu L.P. Błaszkiewicza prezentowanego na s. 100–107)

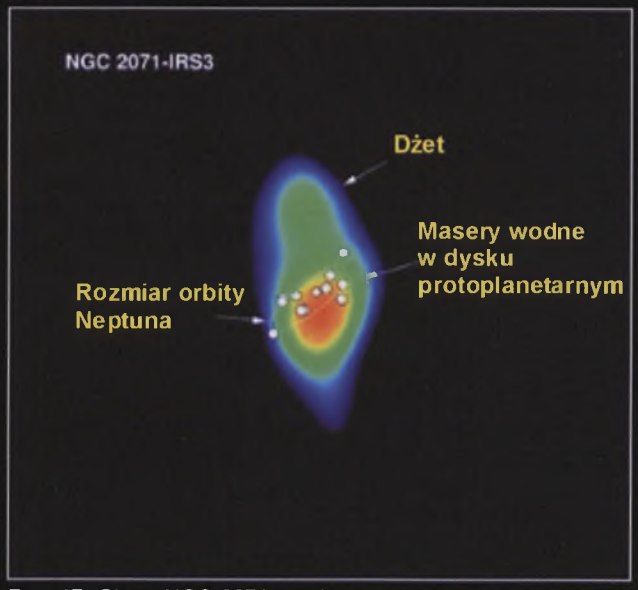
Rys. 1. Krater na Marsie z zamarzniętą wodą



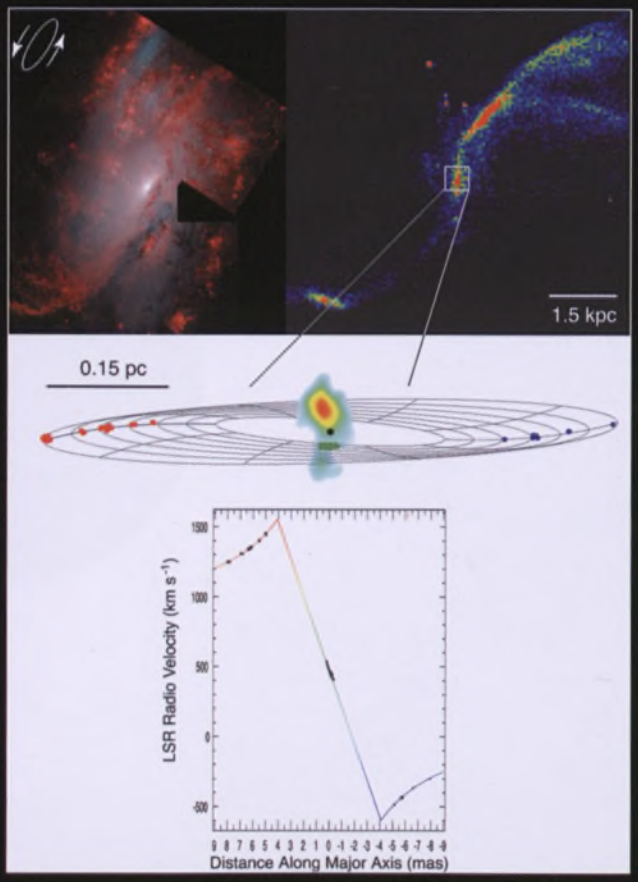
Rys. 3. Przekrój jowiszowego księżyca — Europy. Prawdopodobnie pod lodową skorupą znajduje się gruba warstwa wodna



Rys. 10. Mapa kwazara 3C403 wykonana interferometrem VLA oraz widmo masera H_2O wykonane 100-m radioteleskopem w Effelsbergu



Rys. 17. Obraz NGC 2071 z pokazanym schematycznie rozkładem plamek maserów wodnych. Dopasowanie pokazuje, że są one usytuowane w dysku o rozmiarach orbity Neptuna (~30 j.a. od centralnej gwiazdy)



Rys. 18. Masery H_2O w dysku wokół aktywnego jądra galaktyki NGC 4258. Model rotującego dysku powstał dzięki dopasowaniu emisji uzyskanej interferometrycznie (na dole). Na górze widoczna jest mapa radiowa NGC 4258 uzyskana interferometrem na fali 20 cm (na prawo) oraz obraz w zakresie wizualnym z zaznaczonym układem dysku (na lewo)

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

fot. A. Dauksza-Wiśniewska

Słońce i Księżyc były autorami przepięknego spektaklu niebieskiego w marcu br. Całkowite zaćmienie Słońca mogliśmy przeżywać bądź udając się do pasa pełnego cienia przebiegającego przez tereny Afryki i Turcji, bądź śledząc przebieg tego zjawiska, zasiadając przed ekranami telewizorów. Telewizja Polska zafundowała nam relacje „na żywo" i wszyscy mogli przekonać się o tym, że rzeczywiście zapada wtedy noc w środku dnia, a Słońce ujawnia istnienie własnej „korony". To właśnie jej zdjęcie zdobi okładkę bieżącego zeszytu „Uranii", a kilka innych zdjęć znajdą Państwo w naszej „Galerii".

Kilka dni po zaćmieniu Słońca astronomowie w Ameryce Północnej mieli inny, ciekawy spektakl — zakrycie przez Księżyc gwiazd pięknej gromady otwartej — Plejad. A w maju 2006 r. będziemy świadkami przelotu w pobliżu Ziemi fragmentów umierającej komety okresowej 73P/Schwassmann-Wachmann 3. Kometa, a raczej minikomety, które z niej powstały, będą przelatywały w odległości 25 razy większej niż odległość Księżyca od Ziemi. Od 23 lat żadna z komet nie zbliżyła się tak bardzo do naszej planety. Nie grozi nam jej zderzenie z Ziemią. Ale przelotowi tej komety może towarzyszyć spadek meteorów. Gdy w roku 1846 rozpadała się na części kometa 3D/Biela, byliśmy świadkami 3 obfitych deszczów meteorów. Warto więc przygotować się do obserwacji tego ciekawego zjawiska. Piszemy o nim na s. 122.

Zeszyt otwiera artykuł Leszka Błaszkiewicza na temat poszukiwania i istnienia wody we Wszechświecie. Ten fundamentalny dla naszego życia związek chemiczny istnieje w wielu postaciach. Zachęcam do uważnej lektury tego ciekawego artykułu.

Sekrety gwiazd neutronowych odsłania nam Paweł Haensel, ekspert światowej klasy w tej dziedzinie astronomii. Kluczowe znaczenie dla poznania struktury gwiazd neutronowych ma „równanie stanu" materii, z której są one zbudowane. A materia ta jest dla nas egzotyczna — to nukleony, hiperony, lepiony, bariony, kwarki itp. Bardzo ważnym parametrem wyznaczającym strukturę gwiazdy neutronowej jest też jej masa. I właśnie o tych problemach opowiada artykuł prof. Haensela.

Uniwersytet w Zielonej Górze ma swoje obserwatorium astronomiczne. Piszą o nim Szymon Kozłowski i Janusz Gil. W jednym z poprzednich zeszytów pisaliśmy już o obserwacjach tranzytu planety pozasłonecznej przed tarczą gwiazdy HD 209458 dokonanych 35 cm teleskopem tego obserwatorium.

Nie możemy nie wspomnieć tu o artykule Konrada Rudnickiego o współpracy profesorów Piotrowskiego i Zonna z Uniwersytetu Warszawskiego. To niejako dopełnienie wspomnień o Profesorze Zonnie z nr 6/05 „Uranii" i bardzo dobry przykład wysokiego szacunku Ucznia dla swego Mistrza.

W okresie po ukazaniu się poprzedniego zeszytu odbyło się kilka konkursów astronomicznych dla młodzieży: jeden to XXII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne w Grudziądzu (od tego roku nosi imię Profesora Roberta Głębokiego), drugi to Regionalny Konkurs Astronomiczny w Dąbrowie Górniczej. Piszemy o nich w rubryce „W kraju", natomiast w listach znajdziemy jeszcze informację o XIV Turnieju Astronomicznym w Olsztynie!

Wiele też działo się w astronomii — nowe odkrycia, nowe koncepcje, nowe interpretacje — piszemy o tym w „Rozmaitościach". Jak zwykle radzimy co, gdzie i kiedy obserwować. Za Wójtem Gminy Wiśniowa i Prezesem PTMA zapraszamy w połowie lipca na górę Lubomir, aby spotkaniem naukowym świętować 70-lecie odkrycia tam komety Lisa i rozpoczęcie, na miejscu dawnej stacji astronomicznej, budowy Obserwatorium Astronomicznego na Lubomirze.

Życzę wielu przyjemności z lektury „Uranii" i odkrywania tajemnic nieba.

Toruń, w kwietniu 2006 r.

BIBLIOTEKA Uniwersytecka w TORUNIU

Marne młodzieży uczenie

Gdy zapytać przeciętnego ucznia szkoły średniej w Polsce: „Dlaczego sztuczne księżyce krążą wokół Ziemi, a nie odlatują od niej gdzieś w Kosmos" — usłyszy się odpowiedź: „Bo Ziemia je przyciąga!"[1]

Gdy zapytać przeciętnego ucznia szkoły średniej w Polsce: „Dlaczego w statkach kosmicznych krążących wokół Ziemi ruchem satelitarnym istnieje „nieważkość" — usłyszy się odpowiedź: „Bo nie ma przyciągania (grawitacji)!" [1]

A więc jak?

Niestety, druga odpowiedź jest błędna.

Na wysokości kilkuset kilometrów nad Ziemią siła grawitacji ziemskiej (ciążenia) jest tylko o kilka procent mniejsza niż na powierzchni Ziemi. Nazywanie tego brakiem grawitacji (i podawanie jako przyczyny nieważkości) jest niedorzecznością...

Przed kilku laty próbowałem zwrócić uwagę, że w Polsce zupełnie nie rozróżnia się słów (pojęć): masa, ciężar, waga, grawitacja (ciążenie). Dla przeciętnego Polaka (ucznia w szkole średniej, „eksperta" od kosmonautyki (!), to wszystko to samo.

To jednak nie jest to samo. I nie chodzi tylko o odmienny dźwięk słów, ale o ich odmienny sens fizyczny. Niestety, ta moja próba nic nie dała.

Jeżeli chodzi o zjawisko nieważkości, to w polskiej literaturze „naukowej" obowiązuje obecnie nazywanie go „mikrograwitacją". No cóż, wszakże Anglosasi mówią „microgravity"...

Tak. Tylko że anglosaskie microgravity ma dwa znaczenia fizyczne! Z rozróżnianiem tego Anglosasi nie mają problemu, gdyż zależy to od kontekstu.

Niestety, nie u nas...

„Microgravity", to „mikrograwitacja". I już...

Gdy samolot leci z odpowiednią prędkością, po odpowiedniej krzywej zwróconej wypukłością ku górze[2], to występuje w nim brak ciężaru. (I on sam też zresztą traci ciężar!). Ale twierdzenie, że jest to wywołane przez „mikrograwitację", jest nonsensem. Na wysokości kilku (czy kilkunastu) kilometrów grawitacja (ciążenie), jakie oddziaływuje na samolot, jest taka sama (praktycznie) jak na powierzchni Ziemi! (Wyobrażanie sobie, że jak samolot leci poziomo, to grawitacja na niego działa, a jak leci po krzywej, to przestaje działać, jest po prostu zabawne...).

No, ale jeżeli nie rozróżnia się sensu fizycznego pojęć ciążenie i ciężar, to o czym mówić?

Niestety, nauka nie zna sposobu likwidowania grawitacji.

Gdy winda swobodnie spada, to wcale nie pojawia się w niej „mikrograwitacja"! (A pod wpływem czego winda spada, czy aby właśnie nie pod wpływem grawitacji ziemskiej?).

Gdy zanurzamy się do wody, to wcale nie likwidujemy grawitacji[3], a tylko ciężar. (Jeżeli gęstość wody i gęstość ciała są takie same).

Przed kilkuset laty pewien wybitny Polak powiedział: „Takie będą Rzeczypospolite, jakie ich młodzieży uczenie".

Niestety, z tym uczeniem nie jest za dobrze...

Obecnie młodzi ludzie często uczą się naciskania klawiszy, ale gorzej jest, np., z uczeniem się fizyki. I nie chodzi (bynajmniej!) o uczenie się formułek i wzorów, ale sensu fizycznego zjawisk.

Gdy młody człowiek (i starszy też) siada za kierownicą samochodu, to zwykle nie ma zielonego pojęcia o zjawiskach fizycznych, jakie wywierają wpływ na ruch tego pojazdu. (W szczególności, że nie można go zatrzymać „na miejscu"...)

Gdy się zaś zdarzy nieszczęście, to zwykle zwala się winę na „zły" stan drogi. No cóż, gdy drogi były budowane przed kilkudziesięciu laty, to nie zaplanowano ich dla ruchu pojazdów o masie 50 Mg — więc nic dziwnego, że zostały przez nie rozjeżdżone! (Skoro więc drogi są złe, to należy jeździć po nich z adekwatną prędkością...).

Zakończę zagadką:

„Co silniej przyciąga Księżyc — Ziemia czy Słońce?"

(Obliczyć można bardzo łatwo, ale trudniej (trochę) ze zrozumieniem natury zjawiska).

Andrzej Marks

1. Pytałem o to setki, jeżeli nie tysiące razy...

2. Zwykle uważa się ją za parabolę, choć w obrębie atmosfery jest to „raczej" krzywa zbliżona do krzywej balistycznej... (A w każdym razie „dość skomplikowana"!).

3. Mylenie prawa Archimedesa z prawem Newtona (Nb. ruch obrotowy też grawitacji nie „wytwarza").

* * *

Szanowny Panie Profesorze,

w dniu 3 kwietnia bieżącego roku w Olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym odbył się XIV Turniej Astronomiczny. Impreza ta odbywa się rokrocznie od wielu już lat i gromadzi zainteresowaną astronomią młodzież z całego regionu.

Konwencją Turnieju jest , że startują w nim 3-osobowe drużyny reprezentujące szkoły średnie, a sam Turniej ma 2 etapy. Pierwszym jest test, który rozwiązują wspólnymi siłami uczestniczące drużyny. Test stanowi 20 zadań i problemów do rozwiązania wraz z czterema odpowiedziami — najczęściej jednak trzeba albo bardzo dobrze znać problem, albo zadanie zwyczajnie rozwiązać, aby wskazać odpowiedz prawidłową. Etap drugi to rozgrywka finałowa pomiędzy trzema najlepszymi zespołami.

Pytania w finale są różnorodne i sprawdzają wiedzę astronomiczną, związaną zarówno z historią przedmiotu, jak i z najnowszymi wynikami badań.

Całość okraszona jest sporymi emocjami — pytania, w przypadku niewiedzy, mogą być przejmowane przez konkurentów, co powoduje, że prowadzenie zmienia się i praktycznie do końca trudno przewidzieć, kto zwycięży.

W tegorocznej edycji wzięły udział drużyny z 5 szkół (w szczytowych latach w Turnieju brało udział ponad 20 drużyn), a najlepszą okazała się drużyna reprezentująca IV LO w Olsztynie (Joanna Drążkowska, Adam Kasparek i Anna Lewandowska). Wyniki i zadania znajdują się na stronie Olsztyńskiego Planetarium (http://www.planetarium.olsztyn.pl).

Warto podkreślić, że organizacją Turnieju Astronomicznego od samego początku zajmuje się Bogusław Kulesza, oraz fakt, że OPiOA w tej samej osobie organizuje od 6 już lat Turnieje Fizyczne, których konwencja jest podobna, a które z racji większej ilości zgłaszanych drużyn mają 2 etapy pisemne odległe o miesiąc. W organizacji obu Turniejów od jakiegoś czasu pomaga niżej podpisany.

Pisząc tę krótką relację mam nadzieję, że środowiska nauczycielskie i nie tylko zaangażują się liczniej, bo wszelkiego rodzaju konkursy propagujące wiedzę z zakresu fizyki i astronomii są niezwykle potrzebne, szczególnie teraz, gdy przedmioty te tracą w szkołach na znaczeniu.

Leszek P. Błaszkiewicz

Bogusław Kulesza, Leszek Błaszkiewicz oraz (tyłem) 3 drużyny podczas finału XIV Turnieju Astronomicznego

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się **„Uranii"** — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i **„Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CBK PAN

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomii
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81
Poczta elektroniczna (E-mail address):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.pta.edu.pl
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Karolina Wojtkowska, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2006 kosztuje 54 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 zł.

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Zarząd Główny – Sekretariat
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146
E-mail: hania@camk.edu.pl
WWW: www.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w kwietniu roku 2006

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

W NUMERZE

100 ***Woda we Wszechświecie***
Leszek P. Błaszkiewicz

Woda jest jedną z najbardziej niezbędnych substancji dla życia w jego formie, jaką znamy na Ziemi. Astronomowie szukają jej z wielkim zaangażowaniem w różnych rejonach i obiektach Wszechświata. Prezentowany tu artykuł jest systematycznym przeglądem tych wysiłków i dotychczas uzyskanych wyników. Zachęcamy do lektury

108 ***Sekrety gwiazd neutronowych: maksymalna masa i równanie stanu***
Paweł Haensel

Gwiazdy neutronowe to najgęstsze gwiazdy we Wszechświecie. Ich typowa masa przekracza masę Słońca, przy promieniu około 10 km. Gęstość materii w ich środku wynosi ponad 10^{15} g/cm^3, a więc jest wielokrotnie większa od gęstości jąder atomowych. Najnowsze badania teoretyczne oraz obserwacje pulsarów przybliżają nas powoli do poznania natury tych obiektów. Autor zdradza nam niektóre sekrety tych niezwykłych gwiazd. Polecamy ten artykuł Państwa uwadze

114 ***Obserwatorium Astronomiczne w Zielonej Górze***
Szymon Kozłowski, Janusz A. Gil

Astronomowie z Zielonej Góry od 1990 r. mają swoją siedzibę w XIX-wiecznej Wieży Braniborskiej. Obecnie uzyskali rangę Instytutu Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego; po kolejnym remoncie wyposażyli wieżę w nowoczesny instrument pod obrotową kopułą i mają tu swoje obserwatorium astronomiczne. Autorzy przedstawiają historię tej dostrzegalni astronomicznej

116 ***O współpracy profesorów Piotrowskiego i Zonna***
Konrad Rudnicki

Autor, Uczeń Profesora Włodzimierza Zonna, porównuje działalność obu Profesorów, Twórców Warszawskiego Ośrodka Astronomicznego. Podkreśla, że choć często postać Profesora Piotrowskiego jest uważana za wiodącą, to jednak Profesor Zonn „dawał praktyczny przykład, jak pracować naukowo, jak iść drogą samodzielnej myśli, szukać nietypowych problemów, aby je samodzielnie rozwiązywać."

w kolorze: Woda we Wszechświecie (okł. II); XXII OMSA (wkł. I); Mgławica Tarantula (wkł. II-III); Woda na Enceladusie? (wkł. IV); Galeria Uranii (okł. III)

rozmaitości: *Zorza na Marsie* (*118*); *Zważone karły* (*118*); *Najstarszy błysk gamma* (*118*); *Rozrywana gromada gwiazd* (*119*); *Drugi bliźniak Słońca* (*119*); *Sól na Marsie* (*119*); *Siedliska narodzin gwiazd* (*120*); *Uciekająca gwiazda* (*121*); *Dymiąca galaktyka* (*121*); *Kometa 73/P Schwassmann-Wachmann umiera* (*122*)

w kraju: *Marsjańska misja w Ostrowcu Świętokrzyskim* (*123*); *XXII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne* (*124*); *IV Konferencja Meteorytowa PTM* (*126*); *Regionalny Konkurs Astronomiczny w Dąbrowie Górniczej* (*127*); *Polski globus Marsa* (*135*)

128 **galeria obiektów NGC:** *NGC 3079*

132 **astronomia w szkole:** *Ćwiczenia i zadania z astronomii (dla gimnazjum)*

136 **kalendarz astronomiczny 2006:** *Lipiec — sierpień*

141 **poradnik obserwatora:** *Interesujące obiekty: Psy Gończe*

142 **recenzje:** *Leszek M. Sokołowski, Elementy kosmologii dla nauczycieli...*

143 **astronomia i muzyka:** *Muzyka z Internetu*

144 **relaks z Uranią:** *Krzyżówka*

144 **ciekawe strony internetowe**

NA OKŁADCE

Obserwatorzy marcowego całkowitego zaćmienia Słońca podkreślają jako jedno z największych wrażeń wyjątkowo piękną i doskonale widoczną strukturę korony słonecznej. Oko radzi sobie doskonale z ogromnym kontrastem jasności wewnętrznych i zewnętrznych obszarów korony, oddanie tego samego efektu na fotografii wymaga bardziej wyrafinowanych zabiegów. Prezentowane zdjęcie powstało dzięki złożeniu 33 oddzielnych obrazów, uzyskanych przy czasach ekspozycji od 1/8000 do 1/5 s.
Fot. Koen van Gorp

Leszek P. Błaszkiewicz

Woda we Wszechświecie

Z punktu widzenia ziemskiego, opartego na białku życia, woda wydaje się jedną z najniezbędniejszych substancji, dlatego z takim zaangażowaniem szuka się jej śladów we Wszechświecie. Obecność albo ledwie ślady obecności wody obserwuje się w Układzie Słonecznym, istnieje też sporo przypuszczeń odnośnie wody w najbliższym sąsiedztwie Ziemi. Dalej można obserwować tylko linie widmowe związane z molekułą wody, a trzeba przyznać uczciwie, że woda zadziwia nie tylko badaczy tej substancji na Ziemi — linia maserowa wody obserwowana na częstotliwości 22 GHz jest najjaśniejszą linią spektralną w całym radiowo obserwowanym Wszechświecie. Obserwacje maserów H_2O są prowadzone w kierunku obszarów powstawania gwiazd, otoczek wokół wyewoluowanych gwiazd oraz dysków wokół gigantycznych czarnych dziur w centrach odległych galaktyk...

Woda jako życiodajna substancja chemiczna

Woda, czyli tlenek wodoru (wg obecnej nomenklatury IUPAC[1] — oksydan) to związek chemiczny o wzorze H_2O, występujący w warunkach standardowych (pokojowych) w stanie ciekłym. Woda, substancja bezbarwna, bezwonna, pozbawiona smaku i kalorii, jest niezbędna do życia wszystkim organizmom na Ziemi. Bez niej nie przetrwałby żaden człowiek, żadne zwierzę, żadna roślina. Potrzebuje jej i słoń, i bakteria; nie można jej niczym zastąpić. W zakresie temperatur spotykanych na Ziemi występuje w postaci gazu (para wodna), cieczy (woda), jak i ciała stałego (lód). Woda jest bardzo dobrym rozpuszczalnikiem dla substancji polarnych. Tysiące różnorodnych substancji potrzebnych ludziom, zwierzętom i roślinom muszą być przenoszone w cieczach, takich jak krew czy soki roślinne. Woda nadaje się do tego idealnie, ponieważ rozpuszcza się w niej więcej substancji niż w jakiejkolwiek innej cieczy. Bez wody nie można by się odżywiać, ponieważ żywe organizmy przyswajają tylko pokarm rozpuszczony w wodzie. Niezwykły jest proces zamarzania wody. W miarę ochładzania się woda w jeziorach i morzach staje się cięższa i opada głębiej, wskutek czego lżejsza i cieplejsza woda jest wypychana na powierzchnię. Kiedy jednak zbliża się punkt krzepnięcia, proces ten się odwraca. Zimniejsza woda staje się lżejsza i się unosi. Po zamarznięciu pływa po powierzchni. Lód działa jak izolator i zabezpiecza głębsze warstwy wody przed zamarzaniem. Zadziwiające jest to, że objętość lodu zwiększa się o około 15% w stosunku do objętości cieczy, z której powstaje. Większość występującej w przyrodzie wody jest „słona" (około 97,38%), tzn. zawiera dużo rozpuszczonych soli, głównie chlorku sodu. W wodzie rozpuszczonych jest też wiele gazów, najwięcej dwutlenku węgla. Woda na Ziemi występuje głównie w oceanach, które pokrywają 70,8% powierzchni planety, ale także w rzekach, jeziorach i w postaci stałej w lodowcach. Część wody znajduje się pod powierzchnią ziemi lub w atmosferze. Niektóre związki chemiczne zawierają cząsteczki wody w swojej budowie (hydraty — zawierają tzw. wodę krystalizacyjną). Woda występująca w przyrodzie jest roztworem soli i gazów. Najwięcej soli mineralnych zawiera woda morska i wody mineralne; najmniej woda z opadów atmosferycznych. Prawie całość dostępnej wody słodkiej — około 99% uwięziona jest w lodowcach i czapach lodowych lub głęboko pod ziemią. Tylko 1% jest dostępny dla ludzi. Cząsteczki wody są nieliniowe,

[1] IUPAC ang. *International Union of Pure and Applied Chemistry* — Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej

a wiązania H-O są silnie spolaryzowane i stąd woda posiada trwały moment dipolowy — czyli jest silnie polarna. Kąt między wiązaniami tlen-wodór wynosi ok. 105°.

Właściwości fizyczne wody

Temperatura topnienia pod ciśnieniem 1 atm	0°C = 273,15 K
Temperatura wrzenia pod ciśnieniem 1 atm	100°C = 373,15 K
Gęstość w temperaturze 4°C	1 kg/l
Temperatura krytyczna	374°C = 647,15 K
Ciśnienie krytyczne	220,6 atm = 22,35 MPa

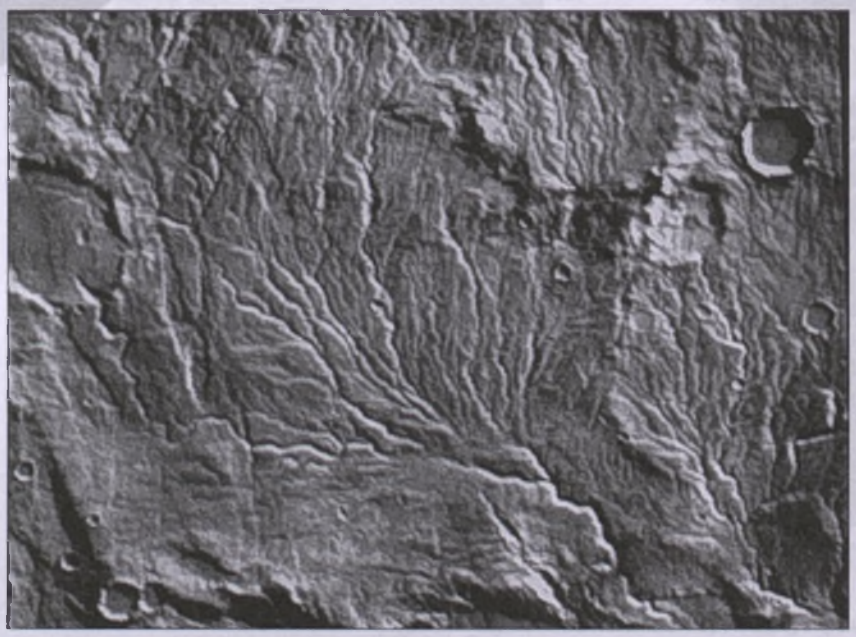
Woda w Układzie Słonecznym

Mars

Planetą, z którą od zawsze wiązano największe nadzieje na znalezienie życia był i jest w dalszym ciągu Mars. Wiadomo, że na biegunach Marsa występują znaczne ilości wodnego lodu. Na biegunie południowym jest on często przykryty zmrożonym dwutlenkiem węgla (suchym lodem). Woda znajduje się również pod powierzchnią planety.

Dla przykładu, 2 lutego 2005 r. sonda Mars Express sfotografowała lodowe jezioro na Czerwonej Planecie. Zamarznięta woda jest uwięziona w niewielkim, nie posiadającym nazwy kraterze uderzeniowym, który znajduje się na równinie Vastatis Borealis na północnych szerokościach Marsa (rys. 1, okł. II). Współrzędne krateru to 70,5° szerokości północnej i 103° długości wschodniej. Krater jest szeroki na 35 km i głęboki na 2 km (licząc od krawędzi). Lodowe jezioro utrzymuje się przez cały rok, gdyż temperatury i ciśnienie nie pozwalają na jego wyparowanie do atmosfery. Jezioro nie może być zbudowane z zamrożonego dwutlenku węgla, albowiem o tej porze roku (późne marsjańskie lato) wyparował on już z okolicy.

Istnieje także wiele dowodów na to, że w swej przeszłości na Marsie znajdowała się woda w postaci płynnej. Śladami takiej działalności mogą być systemy kanałów świadczących o erozji wodnej (rys. 2). (Na temat struktur ma Marsie mogących świadczyć o istnieniu wody Czytelnik przeczytać może w „Uranii-PA" 5/2000). Badania składu gruntu marsjańskiego wykazują obecność minerałów świadczących o długotrwałej obecności znacznych ilości wody. Są to minerały uwodnione, nazwane tak, gdyż mają wbudowane cząsteczki wody w swoją strukturę krystaliczną. Stanowią one swoisty mineralogiczny dowód na jej obecność. Odnalezione uwodnione minerały należą do dwóch klas: fyllokrzemianów (krzemianów warstwowych) oraz uwodnionych siarczanów. Fyllokrzemiany, np. glina, powstają w wyniku przeobrażenia minerałów pochodzenia magmowego pod wpływem długiego wystawienia na kontakt z wodą. Z kolei uwodnione siarczany formują się w słonej wodzie.



Rys. 2. Sieć struktur marsjańskich bardzo przypominająca sieć wyschniętych kanałów, które mogły powstać wskutek działania wody

Księżyce Jowisza i nie tylko

Europa, drugi w kolejności księżyc z grupy odkrytych przez Galileusza, nosi przydomek planeta lodu.

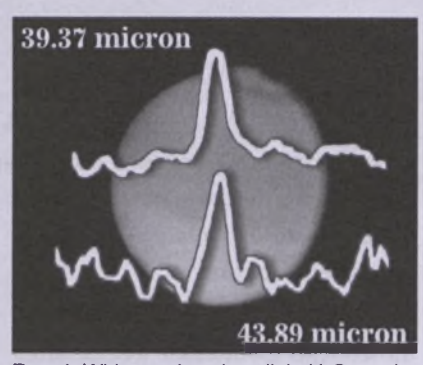
Ten najmniejszy z czterech wielkich księżyców Jowisza jest nieco mniejszy od naszego Księżyca. Księżyc Europa jest pokryty gładką warstwą lodu dobrze odbijającą światło. Wśród ciał Układu Słonecznego Europa ma największą zdolność odbijania promieni słonecznych.

W niektórych miejscach powierzchnia Europy przypomina spękane pola lodowe w okolicach podbiegunowych na Ziemi. Spękania lodowej powierzchni świadczą o istnieniu na Europie aktywności geologicznej, która powoduje pękanie i przemieszczanie płyt lodowych. Na powierzchni udało się znaleźć tylko trzy kratery. Brak kraterów uderzeniowych również upewnia nas o młodym wieku powierzchni księżyca (rys. 3, okł. II).

Kolejnym, interesującym z punktu widzenia poszukiwania wody księżycem Jowisza jest Ganimedes. Ciemnoszara powierzchnia Ganimedesa jest pokryta kraterami i poprzecinana jaśniejszymi brązowymi pasmami. Wielki owalny obszar o średnicy około 2000 km powstał w wyniku uderzenia ogromnego meteoroidu. Typowy krater ma jasne centrum, z którego wybiegają jasne smugi. Meteoroidy, spadające na powierzchnię Ganimedesa pokrytą grubą warstwą lodu, powodują trzaskanie lodu i rozrzucanie go we wszystkich kierunkach. Na Ganimedesie można obserwować również ciągnące się przez setki kilometrów rozpadliny i bruzdy. Ich struktura przypomina twory lodowcowe na powierzchni Ziemi. Świadczy to o tym, że Ganimedes jest ciągle aktywny geologicznie. Ganimedes posiada czapy polarne w pobliżu biegunów, podobnie jak Mars.

Przypuszcza się, że zarówno Europa, jak i Ganimedes posiadają pod skorupą grubą warstwę wody w postaci lodu, a w przypadku Europy być może w postaci płynnej.

Innym przykładem, tym razem śladowej obecności wody jest największy księżyc Saturna — Tytan. Jeszcze na długo przed słynnym już lądowaniem próbnika na powierzchni Tytana obserwatorium podczerwone ISO (Infrared Space Observatory) Europejskiej Agencji Kosmicznej dokonało detekcji stwierdzającej obecność molekuł H_2O w atmosferze tego właśnie księżyca (rys. 4).



Rys. 4. Widma pokazujące linie H_2O zarejestrowane podczas obserwacji Tytana — największego księżyca Saturna. Obserwacja została opublikowana jeszcze w 1998 r. Linie są przedstawione na tle Tytana sfotografowanego w 1981 r. przez Voyagera 2

Planety olbrzymie

Woda z całą pewnością stanowi składnik atmosfer planet z grupy olbrzymów. Jakkolwiek na ich masę składa się głównie wodór w postaciach: gazowej, płynnej i metalicznej, w górnych warstwach atmosfer znajdują się także inne związki chemiczne, a wśród nich woda. Dla przykładu w atmosferze Jowisza, na głębokości około 100 km poniżej górnej warstwy chmur znajdować się może warstwa złożona z kryształów zestalonej wody. Poniżej tej warstwy, gdzie ciśnienie rośnie powyżej 10 atmosfer, woda może występować w postaci gazowej w mieszaninie wspólnie z wodorem, helem, amoniakiem i metanem.

Saturn, który ma mniejszą masę i średnią gęstość, warstwę lodową może zawierać na głębokości 200–300 km pod powierzchnią chmur.

Pozostałe planety olbrzymie także mogą zawierać w atmosferach wodę w ilościach śladowych (rys. 5 i 6).

Komety

Jądra komet, jak się po ostatnich bardzo szczegółowych badaniach uważa, są zbudowane z mieszaniny pyłów i drobnych odłamków skalno-lodowych, będących zamarzniętą wodą, dwutlenkiem węgla, amoniakiem, metanem i innymi, bardziej złożonymi substancjami.

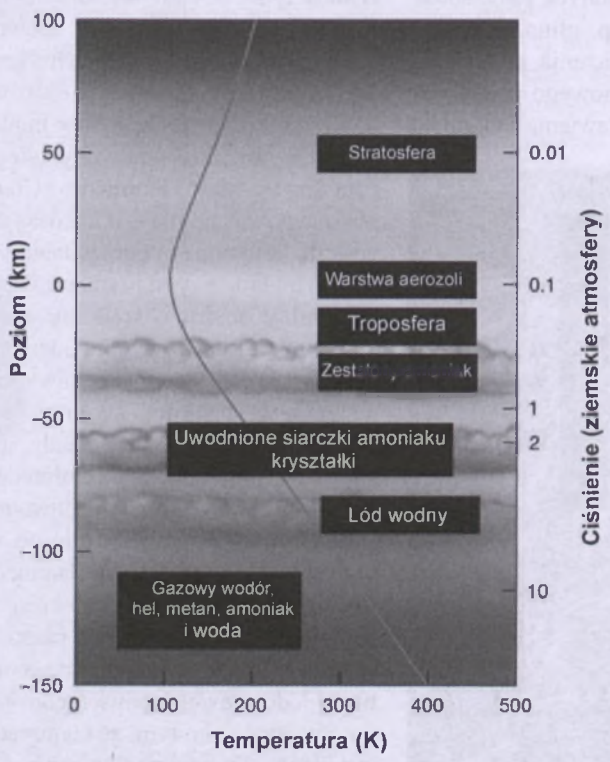
Badania spektroskopowe otoczek kometarnych pokazują wyraźnie istnienie wody dzięki rejestracji emisji różnych jej izotopów na różnych częstotliwościach (rys. 7, 8A i 8B).

Mimo iż wykonane przez zespół Deep Space 1 z NASA obrazy komety Borrely sugerują, że woda w kometach może być ukryta pod ich powierzchnią i że jest jej mniej, niż powszechnie się sądzi, nadal pogląd o dużej ilości wody zawartej w kometach jest żywy wśród badaczy.

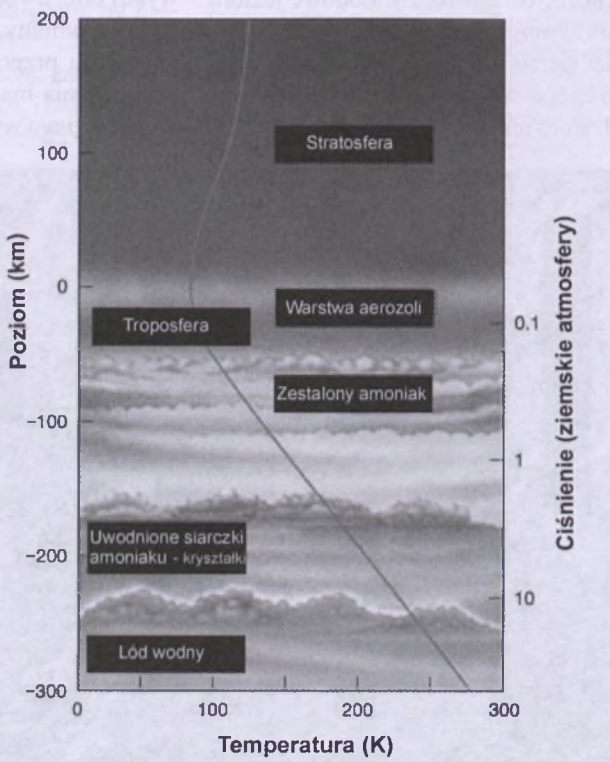
Obecnie trwają cały czas prace nad analizą próbek warkocza komety Wild 2 zebranych przez sondę Stardust; być może te wyniki rzucą nowe światło na problem budowy komet.

Poza Układem Słonecznym

Molekuła H_2O jest obecna w materii międzygwiazdowej i wokół gwiazd, a szczególnym znakiem rozpoznawczym mówiącym o jej obecności jest opisana w następnej części emisja maserowa wody. Jednak nie zawsze są warunki potrzebne, aby taka emisja zaistniała (patrz ramka oraz następna



Rys. 5. Przekrój atmosfery Jowisza



Rys. 6. Przekrój atmosfery Saturna

część artykułu). Nie oznacza taki stan braku obecności wody ani też braku możliwości stwierdzenia jej obecności.

Jeśli dana substancja jest obecna w pewnym obszarze i istnieją mechanizmy pozwalające na wzbudzanie molekuły do stanów wyższej energii, wtedy istnieją też przejścia na stany o niższej energii, związane ze spontaniczną emisją kwantów promieniowania. Brak czynnika wzmacniającego powoduje, że taki rodzaj promieniowania jest bardzo słaby, jednak możliwy do detekcji przy użyciu współczesnych narzędzi — głównie radioteleskopów obserwujących zakres mikrofalowy. (O rejestracji i badaniach widm w radioastronomii pisałem obszernie w „Uranii-PA" 5/2005).

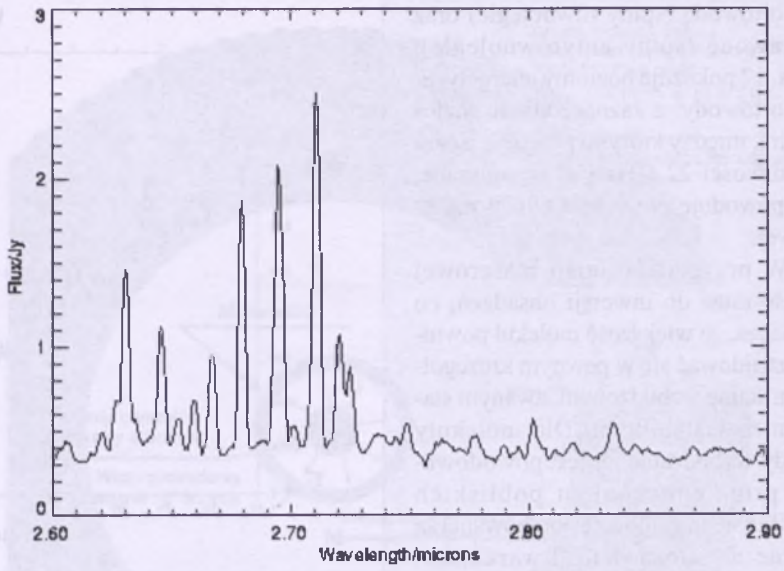
Pierwszym przykładem niech będzie cała seria linii widmowych związanych z przejściami promienistymi pomiędzy poziomami molekuły H_2O zaobserwowana w kierunku gwiazdy W Hya (rys. 9).

Oczywiście nie tylko emisja jest znakiem rozpoznawczym konkretnej molekuły, także absorpcja promieniowania świadczy o jej obecności. Wspominane już satelitarne obserwatorium ISO dokonało takiej detekcji w kierunku podczerwonego źródła w Orionie, zwanego Orion IRc 2, gdzie zarejestrowano 6 linii absorpcyjnych H_2O. Linie emisyjne zaobserwowano także dzięki teleskopowi ISO. Całość widoczna na rys. 10 (okł. II).

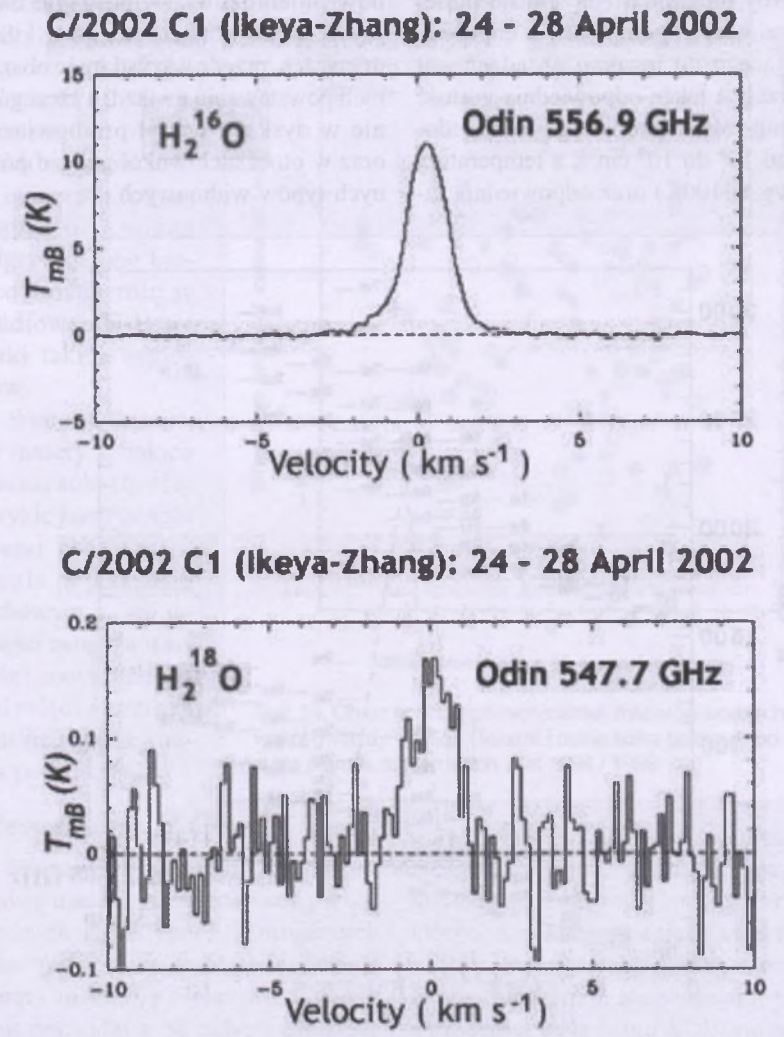
Emisja maserowa H_2O

Poziomy energetyczne, pompowanie i emisja maserowa

Molekuła H_2O może rotować i oscylować, powodując przyjmowanie różnych wartości energii (rys. 11). Zmianom stanu energii towarzyszy najczęściej (choć nie zawsze) emisja lub absorpcja kwantu promieniowania o ściśle określonej energii. Poziomy energetyczne, choć mają skomplikowaną strukturę, są w przypadku wody dobrze znane i opisane na gruncie mechaniki kwantowej, a ich wzajemne usytuowanie pokazuje pewną symetrię. Jako że atomy wodoru mogą przyjmować równoległe lub antyrównoległe spiny jądrowe, przeto poziomy energetyczne w obu przypadkach



Rys. 7. Linie spektralne wody zarejestrowane w widmie komety Hale-Bopp

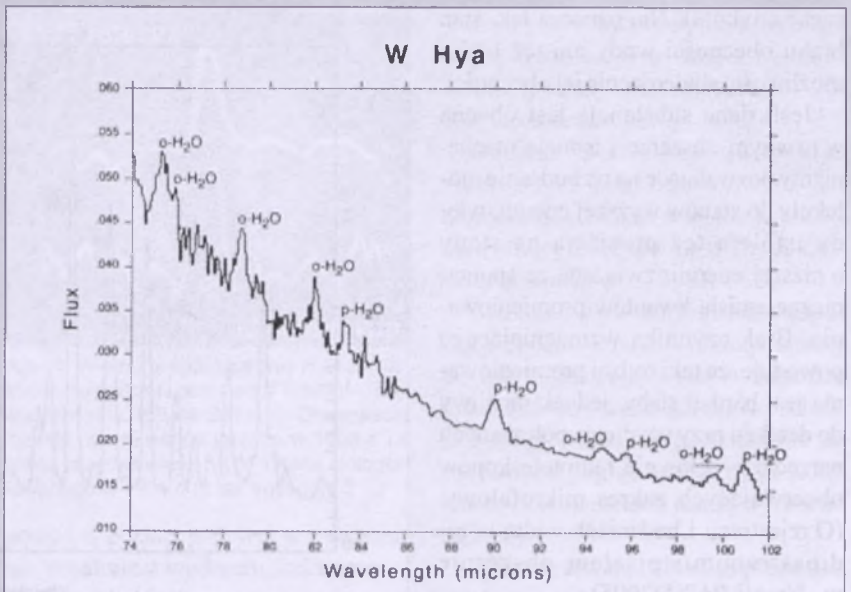


Rys. 8A i 8B. Widma izotopów wody uzyskane podczas obserwacji komety Ikeya Zhang

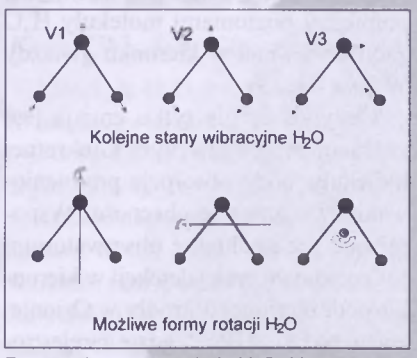
różnią się nieco, co powoduje podział na ortowodę (spiny równoległe) oraz parawodę (spiny antyrównoległe). Rys. 12 pokazuje poziomy energetyczne ortowody, z zaznaczonymi poziomami, między którymi przejście o częstotliwości 22 GHz jest wymuszane, co powoduje powstanie emisji maserowej.

W przypadku emisji maserowej dojść musi do inwersji obsadzeń, co oznacza, że większość molekuł powinna znajdować się w pewnym szczególnym stanie wzbudzonym, zwanym stanem metastabilnym. Dla molekuły wody wzbudzenie jej jest powodowane promieniowaniem pobliskich gwiazd, jednak modele pompowania są różne w zależności od warunków. W niektórych przypadkach pompowanie może następować wskutek zderzeń z innymi cząstkami, co prawdopodobnie realizowane jest w gęstym ośrodku dysków wokół protogwiazd.

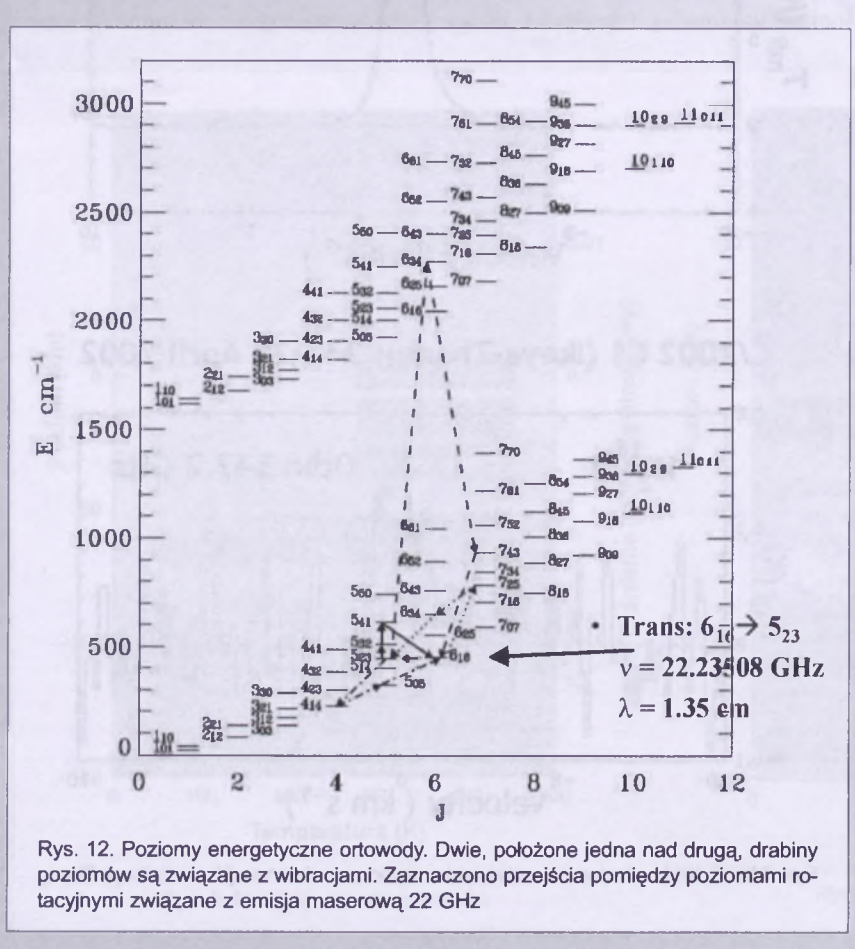
Aby mogła nastąpić emisja maserowa, oprócz pompowania doprowadzającego do inwersji obsadzeń jest potrzebna także odpowiednia gęstość i temperatura ośrodka (gęstość wodoru od 10^6 do 10^9 cm^{-3}, a temperatura powyżej 100K) oraz odpowiednia kinematyka — inaczej dopplerowskie rozmycie energii emitowanych fotonów uniemożliwi wymuszanie dalszych. Takie warunki panują w kilku miejscach, przede wszystkim w obszarach powstawania gwiazd, a szczególnie w dyskach wokół protogwiazd, oraz w otoczkach wokół gwiazd późnych typów widmowych.



Rys. 9. Obrazek przedstawia widmo wykonane w kierunku gwiazdy typu SR W Hya. Widać cała serię linii widmowych wody, zarówno para jak i orto



Rys. 11. Widok molekuły H_2O. U góry pokazano pierwsze 3 stany wibracyjne, na dole zaś możliwe usytuowanie osi rotacji



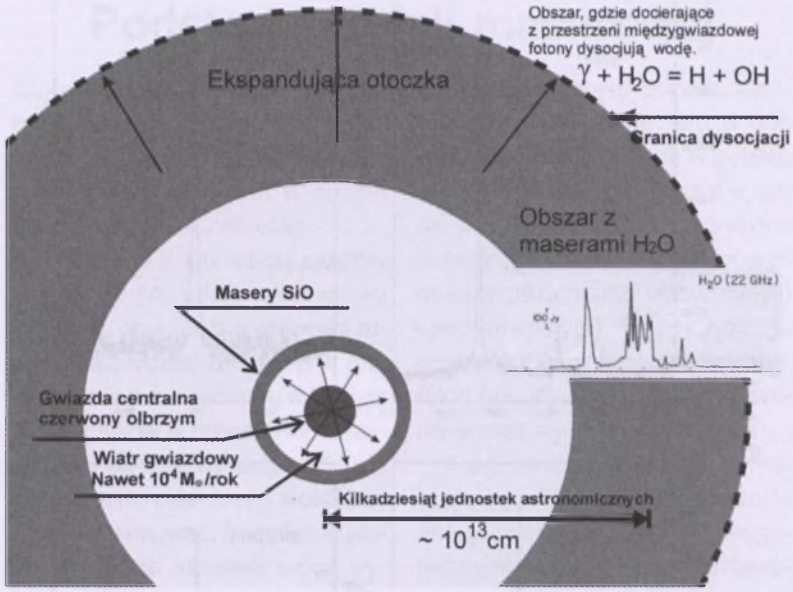
Rys. 12. Poziomy energetyczne ortowody. Dwie, położone jedna nad drugą, drabiny poziomów są związane z wibracjami. Zaznaczono przejścia pomiędzy poziomami rotacyjnymi związane z emisja maserową 22 GHz

Masery H_2O w otoczkach wokółgwiazdowych

W „Uranii-PA" (6/2002) została poruszona kwestia otoczek gwiazd AGB i emisji maserowych, jakie w tych otoczkach powstają. Wysokie tempo wypływu materii z gwiazd Asymptytycznej Gałęzi Olbrzymów, takich jak Miry, zmienne SR (półregularne) czy gwiazdy OH/IR, a także nadolbrzymy (nawet do 10^{-4} masy słonecznej na rok), powoduje powstanie rozległych otoczek gazowo-pyłowych (o rozmiarach do kilku tys. j.a.). W okolicach od kilkudziesięciu do kilkuset j.a. od gwiazdy warunki fizyczne a także obfitość molekuły H_2O sprzyjają powstaniu inwersji obsadzeń poziomów energetycznych i może dojść do emisji maserowej (rys. 13).

Masery H_2O obserwuje się w kierunku bardzo wielu gwiazd AGB, a ich bardzo charakterystyczną cechą jest

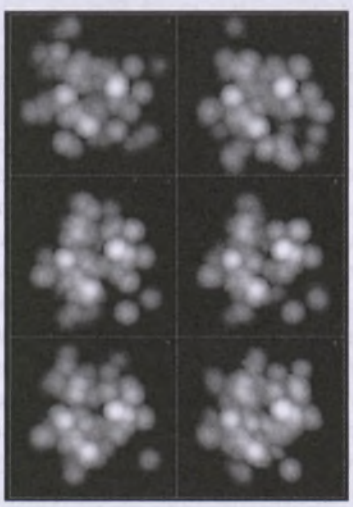
duża zmienność oraz występujące nagłe pojaśnienia, co świadczy o burzliwych procesach zachodzących w otoczkach oraz o bardzo dużej czułości emisji maserowej H_2O na te zmiany. Obserwacje interferometryczne (rys. 14 i 15) ukazują, że struktura otoczki nie jest jednorodna. Nierównomierny wypływ materii z gwiazdy powoduje powstanie małych obłoków maserowych, których rozmiary wynoszą około 1 jednostki astronomicznej. Są to spore obszary, jak na pojedyncze obszary emisji, ale długa droga wzmocnienia powoduje właśnie fakt, że masery wodne są znacznie jaśniejsze niż inne typy emisji maserowej pochodzącej z otoczek gwiazd AGB (masery SiO oraz OH).



Rys. 13. Przekrój przez otoczkę gwiazdy AGB. Wewnątrz znajduję się obszar emisji SiO. Dalej od gwiazdy panują odpowiednie warunki do występowania emisji maserowej wody, głównie na częstotliwości 22 GHz

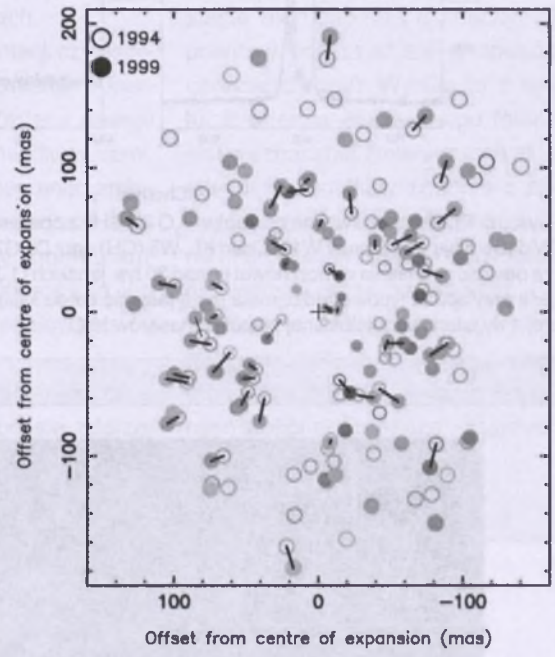
Masery H_2O w obszarach powstawania gwiazd

Jednym z najciekawszych miejsc, w którym zachodzi emisja maserowa, są obszary formowania się gwiazd (rys. 16). Jak się powszechnie sądzi, wokół większości protogwiazd formują się rozległe dyski gazowo–pyłowe. Generalnie obserwuje się dwa typy maserów związanych z obszarami powstawania gwiazd: pierwsze tworzą się w dyskach wokół protogwiazd (rys. 17, okł. II), a drugie w dżetach wypływającej z takiego układu materii. W każdym jednak przypadku obserwacje interferometryczne sytuują masery H_2O blisko protogwiazdy (od kilku do około 100 j.a.). W wypadku obserwacji maserów H_2O w obszarach formowania się gwiazd odgrywają one bardzo ważną rolę w studiowaniu dynamiki takich regionów.



Rys. 15. Sześć epok obserwacji wodnych maserów na częstotliwości 22 GHz w otoczce gwiazdy RT Vir wykonanych na przestrzeni 3 miesięcy. RT Vir to gwiazda o typie pomiędzy SRb a Mirą. Każda z plamek maserowych ma rozmiary rzędu jednostki astronomicznej

Warto podkreślić, że masery w takich obszarach są niezwykle jasnymi źródłami promieniowania w zakresie radiowym — ich jasności osiągają wartości nawet kilkudziesięciu tysięcy janskich (patrz podpis pod rys. 16).

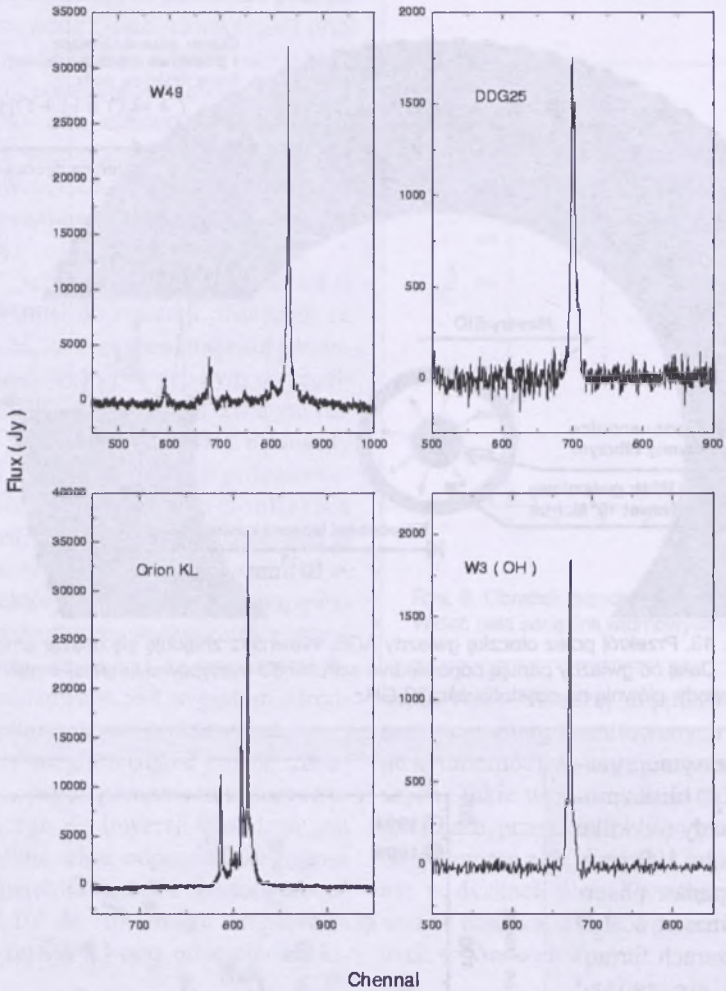


Rys. 14. Obraz poszczególnych plamek maserów wodnych wokół gwiazdy VX Sgr. Otwarte i pełne kółka pokazują pozycje plamek maserowych z lat 1994 i 1999

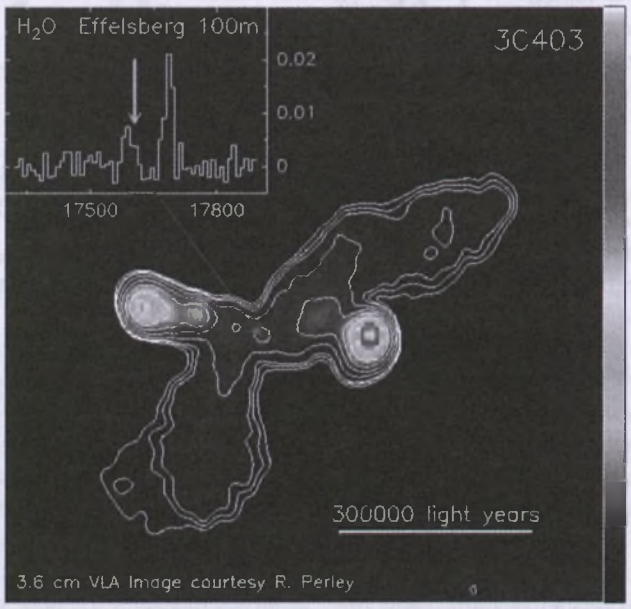
Megamasery H_2O

Mianem megamaserów określa się emisję maserową obserwowaną w sąsiednich galaktykach. Emisja tych maserów jest niezwykle silna, dzięki czemu można ją rejestrować, nawet jeśli pochodzi z odległych galaktyk. Pierwszymi megamaserami, jakie zaobserwowano, były masery hydroksylowe (OH), a wkrótce zaobserwowano też emisje H_2O. I właśnie masery wodne stały się bardzo istotnym czynnikiem poznawczym w badaniach niektórych aspektów odległych galaktyk.

Po pierwsze bardzo dokładna astrometria związana z obserwacjami megamaserów technikami VLBI pozwala na wyznaczenie ruchów własnych tychże maserów, a w dalszym toku prac, wyznaczenie dokładnych odleg-



Rys. 16. Przykładowe widma maserów H_2O 22 GHz z obszarów powstawania gwiazd. Widać emisję z obszarów W49, Orion KL, W3 (OH) oraz DDG25. Warto zwrócić uwagę, że gęstość strumienia wynosi nawet ponad 30 tys. janskich (1 Jy = 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1}) co, jeśli przyjąć, że typowe radioźródła mają jasność rzędu kilku janskich, a często poniżej 1 Jy, stanowi o kolosalnej jasności maserów H_2O



Rys. 19. Mapa kwazara 3C403 wykonana interferometrem VLA oraz widmo masera H_2O wykonane 100-m radioteleskopem w Effelsbergu

łości. I tak, dla przykładu, w ubiegłym roku zostały opublikowane rezultaty dotyczące galaktyki w Trójkącie — M33. Dokładne wyznaczenie położeń i maserów H_2O oraz obserwacje zmian pokazały, że M33 jest odległa od nas o 730 ±168 kpc oraz fakt, że porusza się względem Drogi Mlecznej z prędkością 190 ±59 km/s.

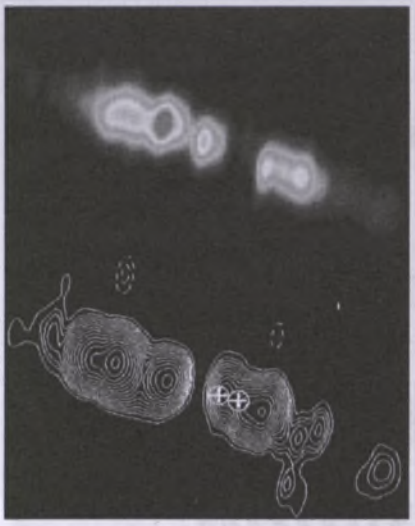
Kolejnym przykładem niech będzie emisja maserowa H_2O w aktywnych jądrach galaktyk. Obserwacje galaktyki Seyferta — NGC 4258 — uwidoczniły masery, których dokładna analiza pozwoliła stworzyć model dysku rotującego z prędkością ~100 km/s. Z rotacji tej można wywnioskować, że centrum układu ma masę ~35 mln mas słonecznych (rys. 18, okł. II). Z kolei emisja maserowa zaobserwowana w aktywnej galaktyce 3C403 za pomocą 100-m radioteleskopu w Effelsbergu oraz późniejsze obserwacje interferometryczne wykonane interferometrem VLA (rys. 19) pozwoliły ocenić masę centralnej czarnej dziury na około 39 mln mas słonecznych.

Kolejne doniesienie o obserwacji wody, tym razem w NGC1052 (eliptyczna galaktyka zakwalifikowana jako Sy2) (rys. 20). W tym przypadku przypuszcza się jednak, że emisja maserowa jest stowarzyszona nie z dyskiem, ale raczej z dżetem. Oczywiście ilość aktywnych galaktyk, w których obserwuje się emisję maserową, jest znacznie większa, i ograniczyłem się tylko do kilku przykładów.

Masery H_2O a nasza wiedza o Wszechświecie

Emisja maserowa, jakkolwiek bardzo ciekawa sama w sobie, jest wykorzystywana jako swego rodzaju medium w badaniu wielu miejsc we Wszechświecie.

Po pierwsze już same warunki, w jakich zachodzi emisja, a także warunki doprowadzające do wzbudzenia i zaistnienia inwersji obsadzeń, mówią nam wiele o ośrodku: jego gęstości, temperaturze i innych parametrach. Ma to duże znaczenie w badaniu ekspandujących otoczek wokół gwiazd AGB. Plamki maserowe związane z pojedynczymi emitującymi obłokami mają niewielkie rozmiary, dlatego ich obserwacja w czasie jest doskonałym wyznacznikiem w badaniu kinematyki zarówno w obszarach formo-



Rys. 20. Obraz galaktyki eliptycznej NGC 1052 zakwalifikowanej jako Sy2, wykazującej aktywność w jądrze, uzyskany na częstotliwości 22 GHz. Jest to przykład dżetu, w którym zaobserwowano masery H_2O. U góry mapa emisji continuum, na dole mapa konturowa I zaznaczone krzyżykami miejsca występowania maserów

Rys. 21. 32-m radioteleskop toruński będzie wkrótce obserwował masery wodne

wania się gwiazd, jak i w otoczkach gwiazd późnych typów widmowych. Z kolei dokładne określenie ruchów plamek maserowych jest podstawą do niezależnego od innych metod wyznaczania odległości.

Dr Leszek P. Błaszkiewicz jest adiunktem w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie. Pracuje dodatkowo w Olsztyńskim Planetarium. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się na radiowych badaniach maserów kosmicznych w obszarach powstawania gwiazd

Podstawy emisji maserowej

Czytelnikom, którzy nie mają możliwości zapoznania się z wcześniejszymi tekstami dotyczącymi emisji maserowej, chciałbym w dużym skrócie temat ten nakreślić.

Złożone z 2 lub więcej atomów cząsteczki posiadają wiele stopni swobody, czyli wiele możliwości ruchu. Najbardziej oczywistym jest możliwość poruszania się w jednym z 3 kierunków w przestrzeni. W zależności od budowy cząsteczki posiadają także osie obrotu, wokół których mogą rotować. Dodatkowo atomy w ramach molekuły mogą wykonywać drobne ruchy względem siebie — oscylacje (rys. 11). Jednakże ruch obrotowy i oscylacje molekuł nie są dowolne,molekuła może rotować i oscylować tylko w ściśle wyznaczonych modach.

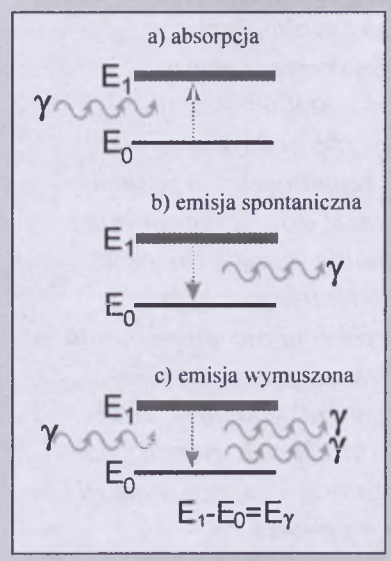
Zmiany sposobu rotacji czy oscylacji związane są ze zmianami energii całej molekuły. Zmiana energii wiąże się z kilkoma możliwościami: wymianą poprzez zderzenia, zmianami wywołanymi reakcjami chemicznymi pomiędzy molekułami oraz (najczęściej) absorpcją lub emisją kwantu promieniowania — fotonu (rys. a i b).

Najczęstszą sytuacją jest taka, że wzbudzona w procesie zderzenia bądź absorpcji do wyższego poziomu energetycznego molekuła samoistnie po bardzo krótkim czasie wraca do poziomu podstawowego, reemitując foton. Czasami zdarza się jednak, że taka wzbudzona molekuła znajdzie się na poziomie wzbudzonym, który nazywamy metastabilnym, i może na nim pozostawać przez długi okres czasu. Stan taki nazywa się *odwróceniem obsadzenia*.

Kwestia czasu trwania molekuły w konkretnym stanie wzbudzonym jest opisywana poprzez prawdopodobieństwo przejścia na niższe poziomy. Zazwyczaj prawdopodobieństwo przejścia jest bardzo wysokie, natomiast dla niektórych poziomów energetycznych to prawdopodobieństwo jest niskie. Może ono wzrosnąć znacznie, jeśli w pobliżu molekuły znajdzie się kwant o ściśle określonej energii (musi być ona dokładnie taka jak różnica energii między poziomami: wzbudzonym i podstawowym). Wtedy nastąpi przeskok i wyemitowany zostanie foton (rys. c). Proces taki nazywamy *emisją wymuszoną*.

Fakt, że energia fotonu wymuszającego musi być równa różnicy energii między poziomami energetycznymi, wzbudzonym i podstawowym, wymusza pewne warunki na układy (molekuły) biorące udział w takim rodzaju emisji. Wszystkie biorące udział w emisji maserowej molekuły powinny być względem siebie nieruchome (to znaczy, że powinny poruszać się w sposób uporządkowany). Wynika to z faktu, iż energia emitowanego fotonu jest nieznacznie zmieniona na skutek ruchu molekuły zgodnie z zasadą Dopplera. Taka niewielka zmiana energii już wystarczy, żeby foton nie wymusił emisji następnego.

Warunki, o których mowa, występują w oddalających się od gwiazd otoczkach oraz w dyskach krążących wokół protogwiazd i czarnych dziur wewnątrz AGN-ów.



Paweł Haensel

Sekrety gwiazd neutronowych: maksymalna masa i równanie stanu

Gwiazdy neutronowe to najgęstsze gwiazdy we Wszechświecie. Ich typowa masa przekracza masę Słońca, przy promieniu około dziesięciu kilometrów. Gęstość w ich środku wynosi ponad 10^{15} g/cm^3, a więc jest wielokrotnie większa od gęstości jąder atomowych. Gwiazdy neutronowe obserwujemy jako pulsary radiowe, pulsujące i wybuchające źródła rentgenowskie, i wreszcie jako magnetary. Struktura gwiazd neutronowych jest określona przez równanie stanu materii w jej wnętrzu, które wyznacza również ich maksymalną masę; przekroczenie masy maksymalnej skazuje gwiazdę neutronową na zapadnięcie do postaci czarnej dziury. Najnowsze badania teoretyczne oraz obserwacje pulsarów przybliżają nas do poznania równania stanu i wartości masy maksymalnej tych fascynujących gwiazd i do poznania struktury materii przy gęstościach przekraczających 10^{15} g/cm^3

1. Wstęp

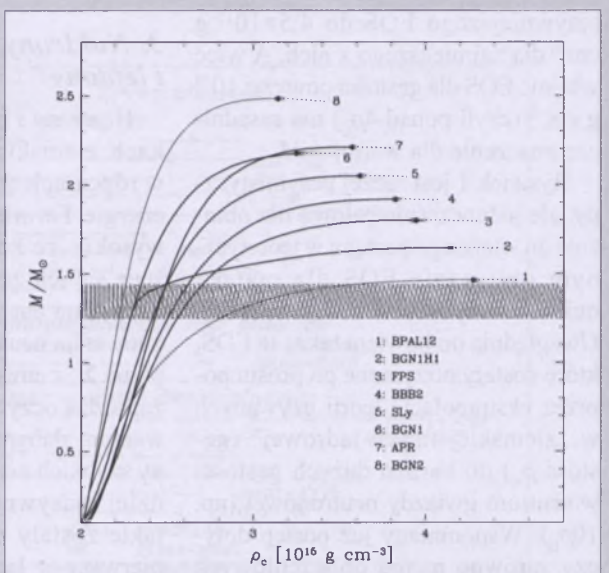
Gwiazdy neutronowe powstają w wyniku zapadania grawitacyjnego gęstych rdzeni masywnych gwiazd (masa gwiazdy na etapie spalania wodoru przekraczająca ok. 8 mas Słońca = 8 $M_\odot$), które kończą swoją ewolucję termojądrową dramatycznym wybuchem obserwowanym jako supernowa typu II (SN II); potwierdzeniem takiego scenariusza jest pulsar w mgławicy Krab. W naszej Galaktyce istnieje prawdopodobnie 10^9 gwiazd neutronowych, z których drobny ułamek obserwujemy jako pulsary radiowe, pulsary rentgenowskie (X), wybuchające źródła promieniowania X (berstery X), magnetary itp. Gwiazdy neutronowe zbudowane są z materii o gęstości przekraczającej gęstość jądrową, czyli gęstość materii w jądrach atomowych o dużej liczbie masowej. Gęstość ta wynosi $\rho_0 = 2{,}5\times10^{14}$ g cm^{-3}. Ponieważ odległość między nukleonami w gwieździe neutronowej jest mniejsza niż w „ziemskich" jądrach atomowych, na strukturę tych gwiazd istotnie wpływają oddziaływania silne między nukleonami. Ponieważ gwiazdy neutronowe mają promień 10—15 km przy masie 1—2 $M_\odot$, który jest tylko dwa razy większy niż promień czarnej dziury o takiej masie (tzw. promień Schwarzschilda, którego wartość w kilometrach wynosi 2,95 km $M/M_\odot$), czasoprzestrzeń w ich otoczeniu i ich wnętrzu jest silnie zakrzywiona. Tym samym gwiazdy neutronowe są unikalnymi laboratoriami kosmicznymi do badania zarówno oddziaływań elementarnych składników materii, jak i struktury czasoprzestrzeni w warunkach silnej grawitacji (przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni gwiazdy neutronowej przekracza 10^{14} cm s^{-2}).

Kluczowe znaczenie dla struktury gwiazd neutronowych ma *równanie stanu* (*equation of state* — EOS) materii, z której są one zbudowane. EOS podaje zależność każdej wielkości termodynamicznej (np. ciśnienia) od pozostałych (temperatury i gęstości). Ponieważ materia w gwieździe neutronowej jest silnie zdegenerowana (zależność ciśnienia od temperatury można zaniedbać), EOS ma postać zależności ciśnienia od gęstości, $P = P(\rho)$. Można je również zapisać w postaci odwrotnej zależności gęstości od ciśnienia, $\rho = \rho(P)$. To właśnie EOS decyduje, jaki promień ma gwiazda neutronowa o danej masie. Istnienie maksymalnej masy gwiazd neutronowych, najgęstszych obiektów gwiazdowych we Wszechświecie, jest konsekwencją ogólnej teorii względności (OTW), która przewiduje, że powyżej

pewnej masy M_{max} równania równowagi hydrostatycznej nie posiadają rozwiązań. Ale zupełnie ogólne rozważania prowadzą do wniosku, że jedynymi obiektami o masie rzędu $M_\odot$, promieniu mniejszym niż 100 km może być tylko gwiazda neutronowa lub czarna dziura. Obrazowo rzecz ujmując, przy $M > M_{max}$ ciśnienie materii nie jest w stanie pokonać grawitacji i tak masywny zwarty obiekt kosmiczny może istnieć tylko w postaci czarnej dziury. Samo istnienie M_{max} jest nieuniknioną konsekwencją równań równowagi hydrostatycznej gwiazd w OTW. Górne ograniczenie na M istnieje nawet dla absurdalnego fizycznie EOS materii nieściśliwej $\rho(P) = const.$, w której prędkość dźwięku jest nieskończona! Wartość M_{max} zależy od EOS materii, z której gwiazdy neutronowe są zbudowane. Dla prostoty, będziemy pomijać efekt rotacji gwiazd neutronowych, który dla nawet najszybszych pulsarów milisekundowych zwiększa M_{max} zaledwie o 2—3% (najszybszy znany pulsar obraca się 716 razy na sekundę).

Pierwsze obliczenie M_{max} dla fizycznego modelu gęstej materii wykonali w 1939 r. amerykański fizyk J. R. Oppenheimer (którego pamiętamy jako „ojca bomby atomowej" i szefa amerykańskiego programu Manhattan budowy takiej bomby) oraz jego doktorant G. M. Volkoff. Ponieważ w latach 30. XX w. wiedza nt. oddziaływań jądrowych była bardzo ograniczona, użyli oni najprostszego modelu EOS, otrzymanego dla idealnego gazu Fermiego neutronów. Otrzymany wynik, $M_{max} = 0{,}7\ M_\odot$, był kłopotliwy: takie M_{max} to zaledwie połowa maksymalnej masy białych karłów, czyli *masy Chandrasekhara*. Masywne gwiazdy produkowałyby więc nie gwiazdy neutronowe, ale białe karły *lub* czarne dziury! Oppenheimer i Volkoff podejrzewali, że aby uniknąć paradoksu, należy uwzględnić oddziaływania jądrowe. Dzisiaj możemy pójść znacznie dalej. Otóż pulsar podwójny, znajdujący się w układzie podwójnym z inną gwiazdą neutronową, odkryty przez doktoranta Princeton University R.A. Hulse'a, i jego promotora J.H. Taylora w 1974r., ma bardzo dokładnie zmierzoną masę $1{,}44\ M_\odot$. Tym samym $M_{max} > 1{,}44\ M_\odot$, czyli obserwacje pouczają nas, że siły jądrowe bardziej niż podwajają wartość M_{max}! Oznacza to, że oddziaływania jądrowe bardzo „usztywniają" EOS gęstej materii, czyli znacznie zwiększają ciśnienie przy danej gęstości.

W latach 1959--1960 zwrócono uwagę na możliwość występowania w rdzeniach gwiazd neutronowych hiperonów, a w latach 1970. teoretycy zaproponowali szereg możliwych egzotycznych faz gęstej materii (kondensaty hadronów, materia kwarkowa...), które mogłyby pojawić się przy bardzo dużych gęstościach i których obecność mogłaby istotnie wpłynąć na wartość M_{max}. Z drugiej zaś strony, warunek mówiący, że „dobra teoria" powinna dawać M_{max} większe niż najwyższa zmierzona masa gwiazdy neutronowej, może posłużyć do ograniczenia fantazji teoretyków.



Rys. 1. Wykresy masa — gęstość centralna dla różnych teoretycznych EOS gęstej materii złożonej z neutronów, z domieszką protonów, elektronów i mionów. Symbole przy krzywych to skrótowe nazwy modeli EOS. Masa gwiazd neutronowych jest wyrażona w masach Słońca $M_\odot$, natomiast gęstość centralna gwiazd jest podana w jednostkach 10^{15} g cm^{-3}. Maksima krzywych $M(\rho_c)$ są zaznaczone kropką. Kropkowane części krzywych odpowiadają konfiguracjom niestabilnym, które zapadają się do czarnych dziur i wobec tego nie istnieją we Wszechświecie. Zakreskowany pas poziomy odpowiada zakresowi dokładnie zmierzonych mas gwiazd neutronowych (rysunek z monografii *Neutron Stars 1. Equation of State and Structure*, której autorami są P. Haensel, A.Y. Potekhin i D.G. Yakovlev, 2006)

Celem tego artykułu jest krótki przegląd obecnej wiedzy nt. maksymalnej masy gwiazd neutronowych oraz omówienie możliwych konsekwencji obserwacji dla ustalenia wartości M_{max} i dla teorii gęstej materii, a więc dla jej EOS.

2. Najprostsze EOS: wyłącznie nukleony, elektrony i miony

Taki model EOS będę nazywać „modelem minimalnym", bo jest on oparty na minimalnej liczbie hipotez. Minimalny model gęstej materii uwzględnia tylko nukleony i leptony — elektrony i ujemne mezony μ, czyli miony, które pojawią się w materii wtedy, gdy energia Fermiego elektronów przekroczy energię spoczynkową mionu. Nukleony i leptony są w równowadze względem oddziaływań słabych (rozpad beta neutronu i wychwyt elektronu na protonie), co powoduje, że materia zawiera znacznie więcej neutronów niż protonów, np. 95% nukleonów to neutrony, a tylko 5% to protony, co w pełni uzasadnia nazwę „gwiazda neutronowa". Elektrony i miony słabo wpływają na EOS; są potrzebne, żeby ich ujemny ładunek mógł zrównoważyć dodatni ładunek protonów. Jądrowe (silne) oddziaływanie nukleonów ma kapitalne znaczenie dla EOS, ponieważ odległości między nukleonami są mniejsze niż zasięg sił jądrowych.

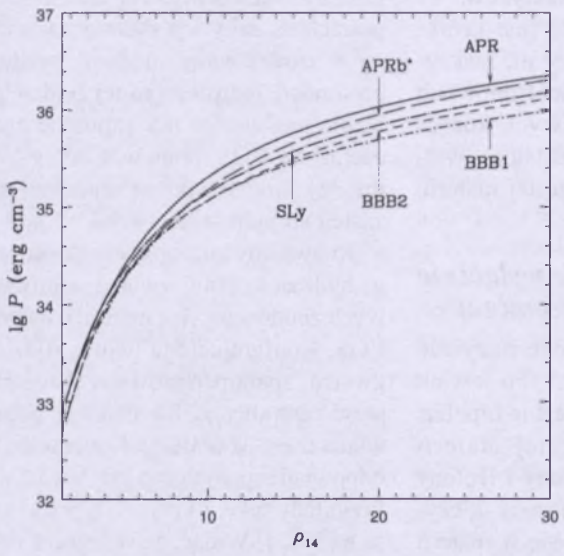
Rozważmy konfiguracje równowagi hydrostatycznej gwiazd neutronowych zbudowanych z materii o danym EOS. Konfiguracje te tworzą rodzinę gwiazd, sparametryzowaną przez gęstość centralną ρ_c. Każdemu ρ_c odpowiada masa $M = M(\rho_c)$. Danemu EOS odpowiada specyficzna krzywa $M(\rho_c)$. Przykłady takich krzywych pokazane są na rys. 1. Widać, że w zbiorze rozważanych EOS masa maksymalna M_{max} waha się w granicach 1,5—2,5 $M_\odot$.

Rzut oka na rys. 1 pokazuje również, że dla wybranych EOS gęstość centralna przy maksymalnej masie zmienia się od 3×10^{15} g cm^{-3} dla naj-

sztywniejszego EOS do $4{,}5\times10^{15}$ g cm^{-3} dla najmiększego z nich. A więc właśnie EOS dla gęstości powyżej 10^{15} g cm^{-3} (czyli ponad $4\rho_0$) ma zasadnicze znaczenie dla wartości M_{max}.

Rysunek 1 jest raczej pesymistyczny, ale jednocześnie celowo nie obrazuje on wielkiego postępu w teoretycznym obliczania EOS dla materii nukleonowej w ostatnich 15 latach. Uwzględnia on bowiem także te EOS, które zostały otrzymane po prostu poprzez ekstrapolację teorii używanych w „ziemskiej fizyce jądrowej" (gęstość ρ_0) do bardzo dużych gęstości w centrum gwiazdy neutronowej (np. $10\rho_0$). Wspomniany już postęp dotyczy zarówno metod obliczeniowych (rozwiązywanie problemu wielu cząstek), jak i znajomości oddziaływania nukleon-nukleon.

Na rys. 2 jest pokazane pięć nowoczesnych „najlepszych" EOS otrzymanych przez teoretyków. Wszystkie one były obliczone w latach 1990. Są one bardzo podobne poniżej 10^{15} g cm^{-3}, a powyżej 10^{15} g cm^{-3} różnice między nimi są na tyle umiarkowane, że masy maksymalne mieszczą się w dość wąskich granicach 1,9—2,2 $M_\odot$. To jest właśnie przedział M_{max}, który przewidują najlepsze realistyczne teorie gęstej materii składającej się z nukleonów i leptonów.



Rys. 2. Obliczone w latach 1990. „realistyczne" równania stanu (EOS) materii gwiazdy neutronowej złożonej z neutronów, protonów, elektronów i mionów w równowadze beta. Na osiach: gęstość materii w jednostkach 10^{14} g/cm^3 oraz logarytm dziesiętny ciśnienia mierzonego w jednostkach c.g.s. (rysunek z monografii *Neutron Stars 1. Equation of State and Structure*, Haensel, Potekhin & Yakovlev 2006)

3. Nukleony, hiperony i leptony

Hiperony i hiperjądra są w warunkach ziemskich nietrwałe. Jednak w rdzeniach gwiazd neutronowych energie Fermiego neutronów są tak wysokie, że korzystna energetycznie staje się ich zamiana na hiperony Λ. Korzystna energetycznie staje się też konwersja neutronu i elektronu na hiperon Σ^- z emisją neutrina. Procesy te zachodzą oczywiście dzięki oddziaływaniom słabym i prowadzą do zamiany szybkich neutronów na wolne, bardziej masywne hiperony. Pomysły takie zostały przedstawione po raz pierwszy w latach 1959–1960 przez kilku fizyków i astronomów, a autorami pionierskich prac byli Kanadyjczyk A.G.W. Cameron, Amerykanin E.E. Salpeter oraz Ormianie V.A. Ambartsumyan i G.S. Saakyan z ówczesnego ZSRR. Stabilność hiperonów w gęstej materii wynika z blokowania ich rozpadów na nukleony przez zakaz Pauliego dla nukleonów: stany nukleonów poniżej energii Fermiego są zajęte. Jakościowy efekt zamiany części nukleonów na hiperony jest oczywisty: część energii kinetycznej zamienia się na energię spoczynkową, co prowadzi w konsekwencji do zmniejszenia ciśnienia przy danej gęstości.

Progowa gęstość materii, przy której pojawiają się hiperony, silnie zależy od oddziaływania nukleon–hiperon, które jest znane znacznie gorzej niż oddziaływanie nukleon-nukleon. Stopień zmiękczenia EOS (zmniejszenia ciśnienia materii przy danej gęstości) przez hiperony zależy również od oddziaływania hiperon-hiperon i tutaj nasza niewiedza jest jeszcze większa. Szczerze mówiąc, nasza niewiedza dotycząca oddziaływania nukleon-hiperon nie pozwala nawet stwierdzić, czy hiperony istotnie pojawiają się w rdzeniach gwiazd neutronowych (tzn. czy odpowiednia „gęstość progowa" niezbędna do obecności hiperonów w materii jest mniejsza niż maksymalna gęstość gwiazd neutronowych). Jeżeli jednak gwiazdy neutronowe posiadają rdzenie hiperonowe, to efekt zmiękczenia EOS prowadzi do obniżenia wartości M_{max} o ok. 0,3—0,5 $M_\odot$, co w konsekwencji prowadziłoby do M_{max} =1,5—1,9 $M_\odot$.

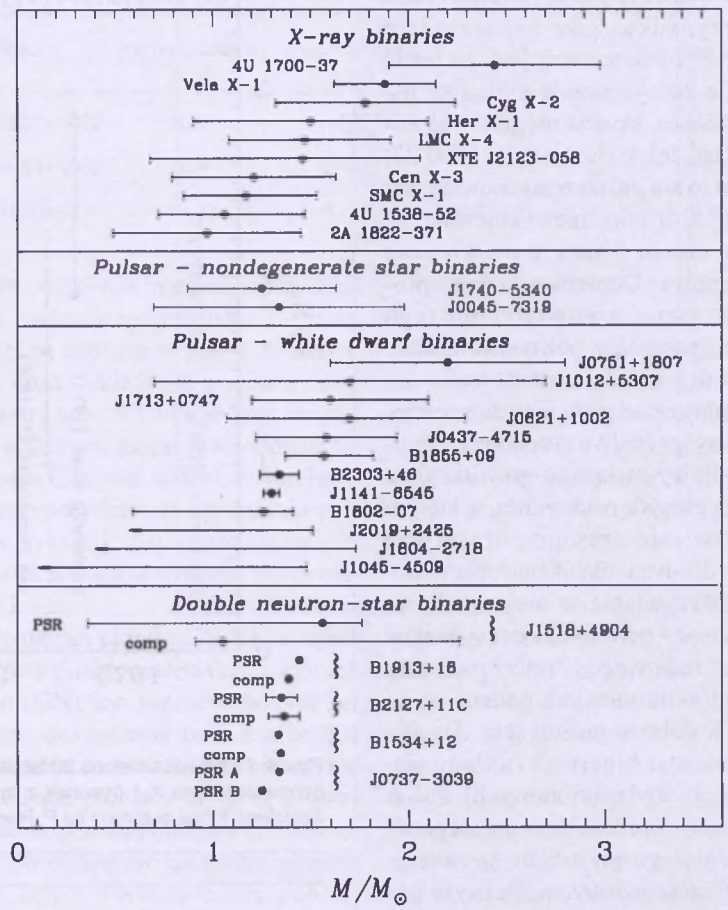
4. Egzotyczne fazy materii

Jednym z ciekawszych przewidywań teorii gęstej materii są przejścia fazowe. W 1972 r. kilku fizyków zasugerowało, że piony (mezony π^- i π^0), które jako cząstki wirtualne pośredniczą w oddziaływaniu nukleon-nukleon, mogą przy dostatecznie dużej gęstości utworzyć w materii prawdziwy kondensat bozonowy. Zjawisko zostało przewidziane niezależnie przez Rosjanina A.B. Migdała i Amerykanów R.F. Sawyera i D.J. Scalapino. Kondensat pionów miał się pojawić powyżej pewnej gęstości progowej dzięki silnie przyciągającemu oddziaływaniu pionów z materią nukleonową. Kilkanaście lat później Amerykanie D.B. Kaplan i A.E. Nelson zaproponowali możliwość kondensacji kaonów (mezony K^-) w dostatecznie gęstej materii. Kondensacja pionów i kaonów zmiękcza EOS i w konsekwencji obniża wartość M_{max}. Nie wiemy jednak, czy zjawiska takiej kondensacji rzeczywiście zachodzą przy dostatecznie dużej gęstości, w każdym razie ani kondensacji pionów, ani kondensacji kaonów nie odkryto w ziemskiej fizyce jądrowej. Nawet jeżeli któreś z tych przejść fazowych zachodzi powyżej pewnej gęstości progowej, nie wiemy, czy gęstość taka może być realizowana we wnętrzach gwiazd neutronowych.

Na zakończenie wspomnijmy o innej „egzotycznej" możliwości. Struktura kwarkowa barionów powoduje, że przy dostatecznie dużej gęstości plazma barionów zamieni się w plazmę kwarkową; wykazali to przekonująco w 1975 r., opierając się na sformułowanej nieco wcześniej teorii silnych oddziaływań, czyli Chromodynamice Kwantowej, Anglicy J.C. Collins i M.J. Perry. Niestety, nie wiemy, czy

gęstości w centrum gwiazd neutronowych są dostatecznie duże, aby takie przejście fazowe mogło zajść. Wiemy natomiast, że jeżeli takie przejście fazowe zachodzi, to zmiękcza ono EOS, a w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia M_{max}.

Na zakończenie wspomnę pewną bardzo śmiałą hipotezę stanowiącą, że „prawdziwy stan podstawowy materii" (a więc stan o minimalnej energii) osiągany jest przez stan związanej samoistnie materii kwarkowej. Jest to plazma kwarków o trzech „zapachach" (*u, d, s*), a ponieważ zawiera ona podobną liczbę kwarków *s* (dziwnych) co kwarków *u* czy *d*, więc nazywana jest często materią dziwną. Materia taka mogłaby tworzyć tzw. gwiazdy kwarkowe, zwane również gwiazdami dziwnymi. Historia tej hipotezy, własności materii dziwnej oraz gwiazd dziwnych i historia ich poszukiwań we Wszechświecie są omówione w artykule autora „Polowanie na gwiazdy dziwne" („Świat Nauki", nr 3 (163), marzec 2005, s. 38-47). Osobliwością gwiazd dziwnych jest między innymi „nietypowa" zależność promienia gwiazdy od jej masy. Zależność ta jest zupełnie inna niż dla gwiazd neutronowych. Poza tym ich wnętrze wypełnione jest plazmą kwarkową sięgającą aż do powierzchni, na której gęstość materii kwarkowej wynosi kilka ρ_0. Natomiast przewidywana wartość M_{max} tych gwiazd jest podobna do wartości otrzymywanych dla gwiazd neutronowych i wynosi 1,5—2,3 $M_\odot$. Ponieważ jednak do tej pory nie ma przekonujących dowodów na to, że gwiazdy dziwne rzeczywiście istnieją, nie będziemy ich dalej rozważać.



Rys. 3. Zestawienie wyników pomiarów mas gwiazd neutronowych w układach podwójnych. Wartości oczekiwane są oznaczone dużymi kropkami. Zakres niepewności wyników pomiarów jest oznaczony poziomymi odcinkami zakończonymi położoną literą T. W przypadkach, gdy po lewej stronie odcinek zakończony jest strzałką, oznacza, że wyznaczono tylko *ograniczenie górne* na masę gwiazdy neutronowej. Wartości mas są wyznaczone na poziomie ufności 95% (rysunek z monografii *Neutron Stars 1. Equation of State and Structure*, której autorami są P. Haensel, A.Y. Potekhin i D.G. Yakovlev, 2006)

5. *Masy gwiazd neutronowych w układach podwójnych*

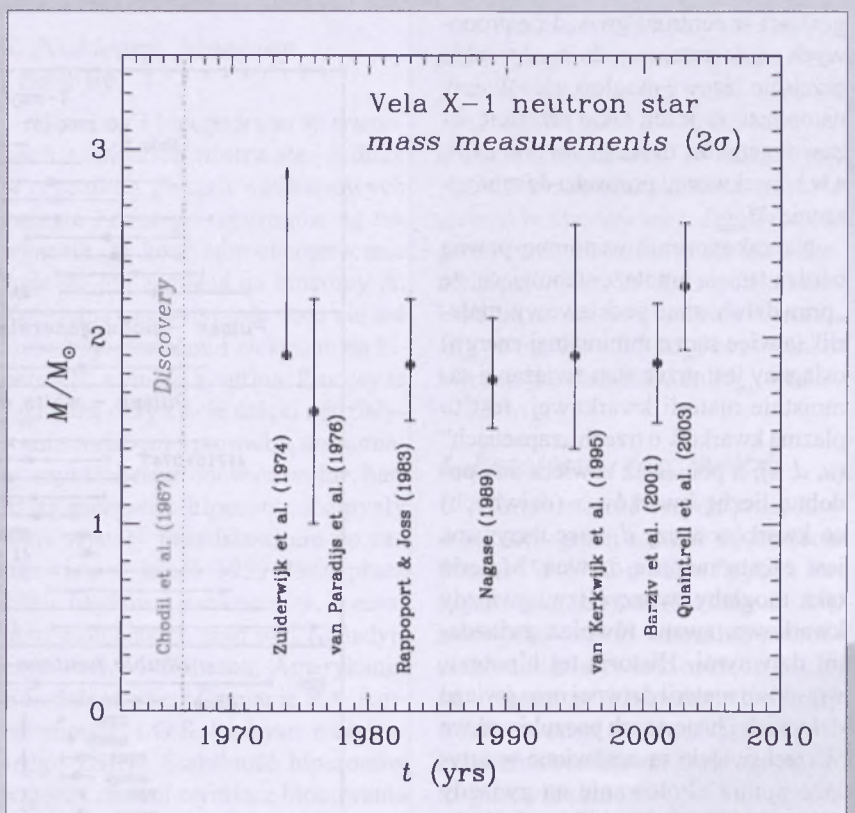
Wyznaczanie mas gwiazd w układach podwójnych na podstawie zmierzonych parametrów orbit tych gwiazd (okres orbitalny, amplituda zmian prędkości na orbicie, nachylenie płaszczyzny orbit w ustalonym układzie współrzędnych itd.) to klasyczny problem mechaniki, oczywiście pod warunkiem, że obie gwiazdy można traktować jako masy punktowe i wszystkie siły poza grawitacją można pominąć. Taką właśnie metodą starano się wyznaczyć masy gwiazd neutronowych w ciasnych układach podwójnych, obserwowanych jako źródła promieniowania rentgenowskiego. Obecnie zmierzono masy 10 gwiazd neutronowych tego typu, zebrane są one w górnym prostokącie „X-ray binaries" (podwójne układy rentgenowskie) na rys. 3.

Zaznaczono tam wartości oczekiwane oraz granice błędu na poziomie ufności 95%. Niepewność jest bardzo duża, co w dużej mierze wynika z faktu, że traktowanie gwiazdy-towarzysza jako punktu materialnego nie jest zbyt dobrym przybliżeniem. Gwiazda-towarzysz ulega zmiennej deformacji pod wpływem sił przypływowych wywołanych polem grawitacyjnym gwiazdy neutronowej. Prowadzi to do frustrującej sytuacji, zobrazowanej na rys. 4. Przeprowadzane od 30 lat pomiary masy gwiazdy neutronowej w rentgenowskim układzie podwójnym Vela X-1 oscylują wokół 2 $M_\odot$, ale dokładność tego wyniku od 25 lat nie polepsza się. Nie można też mieć nadziei, że sytuacja poprawi się w przyszłości, ponieważ ciasne układy rentgenowskie są zbyt dalekie od ideału teoretyka. Tak więc w przypadku gwiazd neutronowych w podwójnych układach rentgenowskich możemy powiedzieć tylko tyle, że 4U 1700-37, Vela X-1 oraz Cyg X-2 to kandydaci na masywne gwiazdy neutronowe, o masach znacznie większych niż 1,4 $M_\odot$. W przypadku Vela X-1 prawdopodobna jest masa ok. 2 $M_\odot$, zaś dla 4U 1700-37 — zdecydowanie ponad 2 $M_\odot$. Spodziewamy się, że gwiazdy neutronowe w ciasnych rentgenowskich układach podwójnych mogą mieć spore masy. Nasze oczekiwania

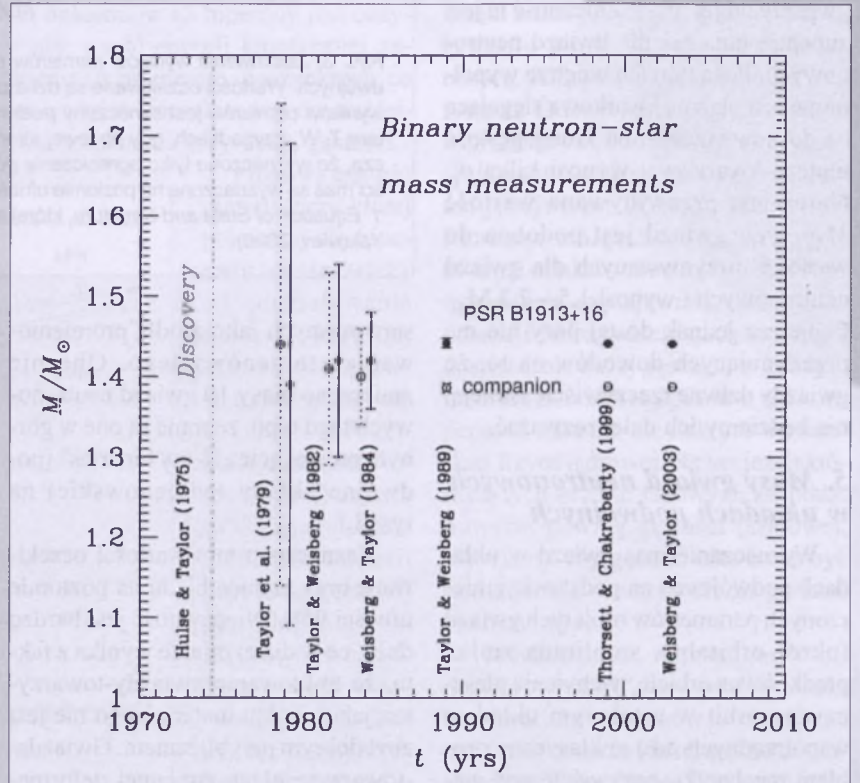
wynikają z długotrwałej akrecji („ściągania") materii z gwiazdy-towarzysza. W przypadku, gdy towarzyszem gwiazdy neutronowej jest gwiazda o masie zdecydowanie mniejszej niż masa Słońca, akrecja mogła trwać miliardy lat. Jeżeli chodzi o 4U 1700-37, nie jest to ani pulsar rentgenowski, ani berster X, a więc niewykluczone, że jest to czarna dziura, a nie gwiazda neutronowa. Dopiero wykrycie promieniowania z powierzchni tego obiektu pozwoli z pewnością ustalić, że jest to gwiazda neutronowa.

Idealny układ podwójny do zmierzenia masy gwiazdy neutronowej to pulsar radiowy związany grawitacyjnie z drugą gwiazdą neutronową, w którym zakrzywienie czasoprzestrzeni jest istotne dla dynamiki układu oraz w którym zakrzywienie to uwidacznia się w modulacji periodyczności sygnałów pulsara radiowego. Zmierzone masy gwiazd neutronowych podane są na rys. 3 w dolnym prostokącie „Double neutron–star binaries" (układy podwójne gwiazd neutronowych). Pulsar pełni rolę superdokładnego „zegara" poruszającego po orbicie w zakrzywionej czasoprzestrzeni. Pierwszy taki układ został odkryty w 1974 r. przez Hulse'a i Taylora. Rozmiary układu nie przekraczają miliona km, zaś okres orbitalny to 7h 45 min. Wprawdzie pulsar jest bardzo słabym źródłem radiowym, ale stabilność zegara pulsarowego pozwoliła na szybki wzrost precyzji pomiaru szeregu parametrów relatywistycznych. W ten sposób otrzymano w ramach ogólnej teorii względności (OTW) układ nieliniowych równań, zawierających dwie niewiadome — masy gwiazd neutronowych — pulsara, M_{PSR}, i towarzysza, $M_{comp.}$ Układ ten jest „nadokreślony" — równań jest więcej niż niewiadomych, co dodatkowo testuje OTW. Procedura wyznaczania M_{PSR} i M_{comp} jest zbieżna w czasie (rys. 5). Po 15 latach masy wyznaczone były z dokładnością lepszą niż 1%!

Obecnie masy te są wyznaczone z dokładością lepszą od promila i wynoszą M_{PSR} = (1,4408 ±0,0006) $M_\odot$, M_{comp} = (1,3873±0,0006) $M_\odot$ (poziom ufności 95%). W sumie w układach pulsar — gwiazda neutronowa zmierzono już masy 10 gwiazd neutronowych, które mieszczą się w dość wąskim przedziale (1,25—1,44) $M_\odot$. Ten



Rys. 4. Frustrująca historia 30 lat pomiarów masy gwiazdy neutronowej w źródle rentgenowskim Vela X-1 (rysunek z monografii *Neutron Stars 1. Equation of State and Structure*, której autorami są P. Haensel, A.Y. Potekhin i D.G. Yakovlev, 2006)



Rys. 5. **Chluba radioastronomii XX w.: historia 30 lat pomiarów mas gwiazd neutronowych w układzie podwójnym z pulsarem PSR B1913+16** (rysunek z monografii *Neutron Stars 1. Equation of State and Structure*, której autorami są P. Haensel, A.Y. Potekhin i D.G. Yakovlev, 2006). Po 30 latach pomiarów masy obu gwiazd neutronowych są znane z dokładnością lepszą od jednej tysięcznej masy Słońca (czyli jednego promila)

wąski zakres mas wynika prawdopodobnie z bardzo specyficznego scenariusza, w którym powstają ciasne układy dwóch gwiazd neutronowych. Dokładne wyznaczanie mas na podstawie pomiaru czasu nadchodzenia impulsów radiowych z pulsarów z uwzględnieniem efektów zakrzywienia czasoprzestrzeni w otoczeniu pulsara to chluba radioastronomii XX w. Niestety, otrzymane masy, a w szczególności największa z nich 1,44 $M_\odot$, nie są zbyt pożyteczne, jeżeli chodzi o wyznaczenie M_{max} dla gwiazd neutronowych.

Przełom dotyczący wyznaczenia M_{max} może być natomiast związany z odkryciem w ostatnich latach wielu pulsarów w układach podwójnych z białymi karłami. Nawet w przypadku ciasnych układów tego typu, gdy okres orbitalny to kilka dni lub godzin, przybliżenie masy punktowej dla białego karła jest znakomite (promień białego karła to mniej niż jedna tysięczna odległości od gwiazdy neutronowej). Jednocześnie układy są na tyle zwarte, że jest możliwe obliczenie efektów relatywistycznych w chronometrażu pulsara. Dodatkowe zalety takich układów to bardzo długi czas ich życia w okresie poprzedzającym utworzenie białego karła (miliardy lat), kiedy to gwiazda neutronowa mogła zaakreować z towarzysza nawet kilka dziesiątych $M_\odot$, stając się w ten sposób szybko rotującym pulsarem milisekundowym o wielkiej stabilności okresu rotacji. Wynika to z tego, że pole magnetyczne przy powierzchni tych pulsarów ma natężenie ok. tysiąc razy mniejsze niż w „zwykłych" pulsarach radiowych i „hamowanie magnetyczne" ruchu obrotowego jest o wiele rzędów wielkości mniej efektywne. Tak więc spodziewamy się, że w niektórych układach gwiazda neutronowa–biały karzeł są obecne masywne gwiazdy neutronowe, które jako pulsary są superdokładnymi zegarami kosmicznymi. Na rys. 3 w prostokącie „Pulsar – white dwarf binaries" (układy podwójne pulsar–biały karzeł) zostały zestawione pomiary mas gwiazd neutronowych w takich układach. Zmierzono masy 9 gwiazd neutronowych. W trzech przypadkach zmierzona wartość oczekiwana M_{PSR} jest zdecydowanie większa od 1,4 $M_\odot$. Parametry tych najbardziej z naszego punktu widzenia interesujących układów gwiazda neutronowa — biały karzeł są zebrane w tabeli 1. Zaskakuje duża dokładność pomiaru masy białego karła. Wynika to stąd, że jest ona obliczana dzięki tzw. opóźnieniu Shapiro (*Shapiro delay*), polegającemu na specyficznym opóźnieniu pulsu w sytuacji, gdy promieniowanie radiowe pulsara przechodzi blisko białego karła.

Tabela 1. Masywne pulsary radiowe w układach podwójnych z białymi karłami (BK). Wartości mas pulsarów i białych karłów wyznaczono na poziomie ufności 95%.

Pulsar	okres orbitalny (dni)	masa pulsara ($M_\odot$)	masa BK ($M_\odot$)	odnośnik
J0621+1002	8,32	$1{,}7^{+0{,}6}_{-0{,}6}$	$0{,}97^{+0{,}43}_{-0{,}24}$	*Splaver i inni (2002)*
J0751+1807	0,26	$2{,}1^{+0{,}4}_{-0{,}5}$	$0{,}19^{+0{,}03}_{-0{,}03}$	*Nice i in. (2004, 2005)*
J1855+09	12,33	$1{,}6^{+0{,}2}_{-0{,}2}$	$0{,}27^{+0{,}02}_{-0{,}03}$	*Splaver (2004)*

Ponieważ układy GN-BK z tabeli 1 to dwa punkty materialne, z których jeden (GN) jest superdokładnym zegarem, dokładność pomiaru będzie systematycznie rosła. Te niezwykle obiecujące pomiary M_{PSR} są prowadzone za pomocą unikalnego radioteleskopu w Arecibo (patrz rys. 6; poza tym http://www.naic.edu/public/the_telescope.htm).

Na końcu wspomnijmy o pomiarach mas dwóch pulsarów w układach podwójnych ze „zwykłymi gwiazdami" (na rys. 3 drugi od góry prostokąt zatytułowany „Pulsar–nondegenerate star binaries"). W tym przypadku M_{PSR} można wyznaczyć, stosując klasyczną metodę opartą na dokładnej newtonowskiej analizie krzywej blasku gwiazdy-towarzysza. Współautorem wyznaczenia masy PSR J0045-7319 jest Janusz Kałużny z CAMK PAN. Niestety, przybliżenie punktu materialnego dla towarzysza jest w obu przypadkach dalekie od doskonałości, stąd nie można mieć nadziei na polepszenie w przyszłości dokładności wyznaczenia M_{PSR}.

Rys. 6. Zdjęcie radioteleskopu w Arecibo (Porto Rico). Czasza radioteleskopu ma średnicę 305 m. Do jej konstrukcji wykorzystano naturalne zagłębienie terenowe. Dzięki ogromnej powierzchni zbierającej radioteleskop pozwala na bardzo dokładne obserwacje bardzo słabych pulsarów milisekundowych. Wiecej informacji: http://www.naic.edu/public/the_telescope.htm

7. Podsumowanie

Obecny stan teorii gęstej materii nie pozwala na dokładne obliczenie wartości M_{max}. Jeżeli wnętrze gwiazdy neutronowej składa się z nukleonów i leptonów i nie zawiera hiperonów ani żadnej egzotycznej fazy materii, najlepsze rachunki dają M_{max} = 1,9—2,2 $M_\odot$. Możliwość obecności hiperonów oraz egzotycznych faz materii rozszerza zakres przewidywań teoretycznych do 1,5—2,2 $M_\odot$. Stąd kapitalne znaczenie znalezienia masywnych gwiazd neutronowych, które mogą zawęzić (od dołu) przedział dopuszczalnych wartości M_{max}. W świetle wyników otrzymanych w ostatnich latach wydaje się, że największe szanse na obserwacyjne określenie M_{max} daje analiza ciasnych (relatywistycznych) układów pulsar-biały karzeł. Najnowsze pomiary wskazują na istnienie pulsara o masie $M_{max} \approx 2{,}1\ M_\odot$, a dokładność pomiaru jego masy będzie z latami rosła. Wartość 2,1 $M_\odot$ wskazywałaby, że EOS gęstej materii jest bardzo sztywne, a gwiazdy neutronowe składają się z nukleonów i leptonów i nie zawierają ani hiperonów, ani egzotycznych faz materii (albo zawierają ich znikomo mało).

Profesor Paweł Haensel pracuje w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie. Jego specjalnością naukową jest mikrofizyka gęstej materii oraz fizyka i astrofizyka gwiazd neutronowych

Szymon Kozłowski
Janusz A. Gil

Obserwatorium Astronomiczne w Zielonej Górze

Nowa 3-m kopuła wieńcząca Wieżę Braniborską w Zielonej Górze

i umieszczony pod nią teleskop

Trochę historii

W połowie XIX w., około 3,5 km od dzisiejszego centrum Zielonej Góry, na naturalnym wzniesieniu górującym nad miastem pnie się tylko dzikie wino. Nie ma tam jeszcze ulic i latarni miejskich. Tym oto terenem zainteresowało się Stowarzyszenie Miłośników Rozwoju Zielonej Góry. Po wykupieniu gruntów od właścicieli Stowarzyszenie postanowiło wybudować tam restaurację-winiarnię z wieżą widokową. Po opracowaniu projektu w 1859 r. rozpoczęły się prace budowlane. Obiekt został otwarty 10 marca 1860 r.

W celu uatrakcyjnienia funkcji obiektu, syn Fryderyka Foerstera (jeden z kupców zielonogórskich i założyciel Stowarzyszenia), prof. dr Wilhelm Foerster, dyrektor berlińskiego obserwatorium astronomicznego, zaproponował Stowarzyszeniu organizowanie pokazów sklepienia niebieskiego za pomocą nowoczesnego sprzętu optycznego. Miejsce do tego rodzaju pokazów było idealne. Organizacją i wyposażeniem pierwszego w Zielonej Górze obserwatorium astronomicznego zajęło się kierowane przez prof. Foerstera berlińskie obserwatorium astronomiczne. Najprawdopodobniej zielonogórskie obserwatorium zostało ufundowane dla upamiętnienia upadku słynnego meteorytu w Wilkanowie 19 lat wcześniej (22 marca 1841 r. 2 km na zachód od dzisiejszej granicy miasta w Wilkanowie spadł około kilogramowej wielkości meteoryt kamienny — chondryt zwyczajny H4; nazwa oficjalna meteorytu: Grüneberg, Wilkanówko). Obserwacje sklepienia niebieskiego nad Zieloną Górą rozpoczęły się w październiku 1887 r.

W latach 20. i 30. XX w. wieża wróciła do swojej pierwotnej funkcji i wkrótce stała się popularną „knajpą", jakich wiele było w mieście. Z chwilą wybuchu wojny obiekt został przejęty przez służby wojskowe na punkt obserwacyjny obrony przeciwlotniczej. Następnie pojawiła sie nazwa „Wieża Braniborska". Losy tego obiektu w nowszych czasach są dość dobrze znane. Różnie z nimi bywało. I gastronomia, i biura, i pustostan. Zmieniło się także otoczenie.

W lipcu 1989 r., z inicjatywy doc. Janusza Gila, ówczesnego kierownika Zakładu Astrofizyki Instytutu Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej (WSP), powołano Zielonogórskie Centrum Astronomii (ZCA). Na przyszłą siedzibę wybrano zrujnowaną i opuszczoną Wieżę Braniborską, przekazaną na ten cel przez władze Zielonej Góry. Remont i adaptacja trwały rok. Wieża Braniborska rozpoczęła swoją astronomiczną działalność w czerwcu 1990 r.

Obecny kształt Instytutu Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego został nadany w roku 2000, kiedy powołano Instytut Astronomii na wydziale Matematyki, Fizyki i Techniki WSP. Jednocześnie rozwiązano ZCA. Do zielonogórskiego zespołu dołączyli wtedy dr hab. Piotr Amsterdamski, prof. Roman Juszkiewicz i dr hab. Włodzimierz Kluźniak z Warszawy oraz prof. Andrzej Maciejewski z Torunia. Po powstaniu Uniwersytetu Zielonogórskiego Instytut Astronomii wszedł w skład Wydziału Nauk Ścisłych. W roku 2004 powołano nowy Wydział Fizyki i Astronomii, w skład którego wchodzą Instytuty Fizyki i Astronomii. Obecnie w Instytu-

cie Astronomii jest zatrudnionych czterech profesorów, trzech doktorów habilitowanych, czterech doktorów oraz trzech asystentów. Instytut Astronomii ma uprawnienia do prowadzenia kierunku magisterskiego astronomia o specjalności astrofizyka komputerowa. Od roku 2005 Wydział Fizyki i Astronomii ma uprawnienia do nadawania stopnia doktora nauk fizycznych w zakresie astronomii.

Obserwatorium dzisiaj

Pomysł wybudowania obserwatorium astronomicznego z prawdziwego zdarzenia krążył w głowach zielonogórskich astronomów już od wczesnych lat 90. XX w. W 2000 r. jeden z ówczesnych studentów astrofizyki komputerowej, Szymon Kozłowski, porozumiał się z dyrektorem Instytutu Astronomii, prof. dr hab. Januszem Gilem w sprawie ewentualnej przebudowy obserwatorium astronomicznego. Mając w perspektywie utworzenie studiów magisterskich na kierunku astronomii oraz niewystarczające możliwości sprzętu astronomicznego zamontowanego na tarasie widokowym Wieży Braniborskiej, obaj panowie zaczęli myśleć o tym, jak sfinansować przedsięwzięcie oraz jak owo obserwatorium miałoby wyglądać. Sprawy finansowe nie bez problemów udało się rozwiązać, a tymczasem powstawał projekt architektoniczny i „astronomiczny" obserwatorium. Prof. Janusz Gil, były stypendysta Fundacji Alexandra von Humboldta, zaapelował do tejże fundacji o dofinansowanie rozbudowy zielonogórskiego obserwatorium astronomicznego. W 2003 r. otrzymaliśmy 20 000 euro na zakup sprzętu. Teleskop odebraliśmy 1 kwietnia 2004 r., a oficjalne przekazanie sprzętu odbyło się 3 czerwca 2004 r. przez Konsula Generalnego Niemieckiej Republiki Federalnej dra Petera Ohra. Od sierpnia do listopada 2005 r. Wieża Braniborska została gruntownie wyremontowana i przebudowana oraz przekształcona w nowoczesne obserwatorium astronomiczne. Szczyt wieży pełni podwójną funkcję: pod 3-m kopułą (firmy Uniwersał) znajduje się pomieszczenie obserwatorium, natomiast na zewnątrz zachowała się część tarasu widokowego, z którego można podziwiać panoramę miasta (także przez lunetę).

Obecnie obserwatorium jest wyposażone w teleskop MEADE LX200GPS o średnicy lustra 35 cm oraz detektor CCD SBIG ST-8XE wraz z filtrami UBVRI i LRGB. Obserwatorium jest całkowicie skomputeryzowane oraz wyposażone w dodatkowe kamery video. Sterowanie teleskopem oraz prowadzenie obserwacji nie wymaga teraz obecności w pomieszczeniu teleskopu. Dodatkowe kamery dają podgląd tego, co dzieje się pod kopułą. W obserwatorium mamy dwa dedykowane komputery do obsługi teleskopu, detektora i filtrów oraz do analizy zdjęć. W niedługim czasie obserwatorium wzbogaci się o dodatkowy komputer — archiwum zdjęć o pojemności 1 TB. Nad bazą danych i archiwum czuwa nasz student (czwartego roku na kierunku astronomia) Tomasz Joachimiak. Nasze obserwacje będą udostępnione w Internecie poprzez stronę archiwum.

Plany, projekty obserwacyjne i opiekunowie obserwatorium

Wymieniony powyżej sprzęt umożliwia obserwacje wielu ciekawych obiektów i zjawisk na nieboskłonie. Personel obserwatorium ma w planach obserwacje m.in. tranzytów planet pozasłonecznych, poszukiwanie gwiazd supernowych, obserwacje gwiazd zmiennych oraz realizację wielu innych projektów. W najbliższej przyszłości nawiążemy współpracę z krajowymi i zagranicznymi obserwatoriami astronomicznymi w celu wspólnych obserwacji zjawisk astronomicznych. Jesteśmy także zainteresowani współpracą szczególnie ze studentami starszych lat na kierunku astronomii, którzy będą mogli doskonalić swoje umiejętności obserwacyjne w naszym obserwatorium oraz prowadzić własne badania. Część z nich będzie mogła podjąć pracę oraz dalszą naukę na prowadzonych przez nas studiach doktoranckich.

W fazie rozruchu obserwatorium udało nam się wykonać wiele wartościowych obserwacji, w tym obserwacje dwóch tranzytów planety pozasłonecznej HD 209458 (artykuł *Fotometria milimagnitudowa tranzytów planet* w „Uranii–PA" 3/2005). Obserwowaliśmy także supernową SN2005cs w galaktyce M51 — zaraz po jej odkryciu, Plejady w filtrach UBVRI (można z tych obserwacji wyznaczyć typy gwiazd oraz odległość do nich), ruch księżyców Jowisza oraz wykonaliśmy wiele kolorowych zdjęć znanych obiektów ciemnego nieba. Więcej informacji o obserwatorium wraz z obserwacjami i z galerią zdjęć można znaleźć na naszej stronie internetowej: http://astro.ia.uz.zgora.pl/~observ/

Oficjalną opiekę nad obserwatorium sprawują obecnie profesorowie Janusz Gil i George Melikidze. Obsługa obserwatorium jest w rękach mgra inż. Krzysztofa Maciesiaka i mgra Szymona Kozłowskiego oraz studentów Marka Marcinkowskiego i Andrzeja Szarego. Ten ostatni obsługuje także jedną z kilkunastu polskich stacji bolidowych (http://pfn.pkim.org/). Zielonogórska stacja bolidowa, składająca się z trzech kamer video, monitoruje ponad połowę pogodnego, nocnego nieba. W skład obsługi obserwatorium wchodzą także aktywni członkowie Zielonogórskiego Oddziału PTMA, w tym licealista — laureat kilku konkursów astrofotograficznych — Bartosz Szymański. Kontakt e-mailowy z nami to: observ@astro.ia.uz.zgora.pl lub poprzez indywidualne adresy e-mailowe, kontakty GG lub Skype, które to dostępne są na stronie internetowej obserwatorium.

Otwarcie obserwatorium

25 listopada 2005 r. podczas kolejnej edycji Kepleriady — serii wykładów popularnonaukowych poświęconych astronomii — odbyło się oficjalne otwarcie Obserwatorium Astronomicznego w Zielonej Górze. Około godziny 16:00, na szczycie wieży, w pomieszczeniu teleskopu przecięto wstęgę. Następnie zebrani goście mieli możliwość wysłuchania trzech wykładów: *Duża nauka małym teleskopem* — dr Maciej Konacki (CAMK w Toruniu), *Kepler i tajemnica Gwiazdy Betlejemskiej* — dr Jarosław Włodarczyk (Instytut Historii Nauki PAN w Warszawie) oraz *Odkrycie planety z trzema słońcami* — dr Maciej Konacki (CAMK w Toruniu).

Podziękowania

Dziękujemy Archiwum Państwowemu w Starym Kisielinie koło Zielonej Góry za udostępnienie nam materiałów archiwalnych dotyczących Wieży Braniborskiej.

Mgr Szymon Kozłowski jest obecnie doktorantem w Obserwatorium Jodrell Bank w Anglii;
Prof. dr hab. Janusz A. Gil jest dyrektorem Instytutu Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego

Konrad Rudnicki

O współpracy profesorów Piotrowskiego i Zonna

Stefan Piotrowski (1910–1995)

Włodzimierz Zonn (1905–1975)

Do mojego artykułu o Włodzimierzu Zonnie ogłoszonym w „Uranii-PA" 6/2005 (s.254) odnoszą się aż trzy inne notatki i publikacje, których nie mogę pozostawić bez omówienia. Pierwsza z nich to odredakcyjny komentarz na końcu mego artykułu, gdzie jest powiedziane o dwóch wybitnych warszawskich astronomach, co następuje: *„W Warszawie prof. Zonn i prof. Piotrowski stanowili dwie niezwykłe osobowości, z których pierwszy porywał studentów swym sposobem bycia i swymi wykładami, w których okazywał uroki astronomii, a drugi zapewniał studentom solidną wiedzę matematyczno-fizyczną i doprowadzał ich do pierwszych linii frontu współczesnych badań naukowych. Obaj stworzyli warszawską szkołę astronomii".* O ile w pełni się zgadzam z drugim zdaniem, o tyle pierwsze sugerujące, że to tylko prof. Piotrowski zapewniał solidną wiedzę, wznawia błędną opinię o znaczeniu Zonna jako przede wszystkim animatora warszawskiej astronomii. Powiedzieć o Zonnie na Zjeździe PTA we Wrocławiu i napisać o tym do „Uranii" zgodziłem się właśnie dlatego, aby tę szerzoną, a błędną opinię przełamać. Owo odredakcyjne posłowie burzy prawdę historyczną, wprowadza na powrót niesprawiedliwą legendę. To właśnie profesor Piotrowski po latach znakomitej młodzieńczej pracy naukowej w Krakowie i za granicą stał się potem w Warszawie przede wszystkim organizatorem, animatorem, Zonn zaś, który prawie do śmierci trwał na pierwszej linii nauki, dawał solidną wiedzę matematyczno-astronomiczną i doprowadzał do pierwszych linii frontu współczesnych badań naukowych. Z niego można było brać przykład jak pracować naukowo, gdzie szukać ciekawych tematów, jak je opracowywać. Przed napisaniem tego pomyślałem, że może się mylę, może taki pogląd wynika z mojego osobistego szacunku i uczniowskiego przywiązania do Zonna. Bo jak ocenić, co jest wartościową pracą naukową?

Aby poddać moje przekonania obiektywnemu sprawdzianowi, sięgnąłem do wydawnictwa *Astronomischer Jahresbericht /Astronomical Abstracts* z lat działalności obu profesorów. Nie można mieć wątpliwości, że to wydawnictwo kwalifikowało publikacje według określonych kryteriów — jako naukowe do omówienia — nie kierując się sentymentami. Wziąłem stamtąd dane o ilości opublikowanych prac z lat 1947–1976. Obok podaję tabelkę, w której zgrupowałem ilości nauko-

Lata	1947 1951	1952 1956	1957 1961	1962 1966	1967 1971	1972 1976
Stefan Piotrowski	7	15	11	5	6	8
Włodzimierz Zonn	6	18	32	24	20	14

wych publikacji w interwałach pięcioletnich.

U obu profesorów widać młodzieńczy wzrost aktywności, jej maksimum i potem zwolnienie działalności. U profesora Piotrowskiego to zwolnienie daje się wyraźnie zauważyć od chwili, gdy objął poważne obowiązki organizacyjne. Niech nikt nie powie, że usiłuję pomniejszać jego rolę. Był pełen zapału naukowego. Mianowano go profesorem, zanim się zdążył habilitować. Obiecywał wtedy, że tę habilitację jednak przeprowadzi. Gdy jednak został członkiem Akademii Nauk, po prostu habilitować już mu się nie wypadało. Poniekąd afiszował się z tym. Były to czasy, gdy o dobrą herbatę było trudno. Na swoich zebraniach naukowych częstował uczestników dwoma rodzajami herbat. Ta, uważana wówczas za lepszą, była tylko dla habilitowanych. Sam pił zwykłą, podkreślając: „Nie mam habilitacji". Spora liczba członków Polskiej Akademii Nauk wówczas jej nie miała. Większość z nich wykorzystywała posiadaną godność dla własnych korzyści. Piotrowski — zawsze dla dobra warszawskiej astronomii. W przeciwieństwie do Zonna był człowiekiem świetnie się czującym wśród międzyludzkich układów i układzików i wiedział, jak je wykorzystywać dla swojego zakładu, dla swoich uczniów, a przede wszystkim dla dobra nauki. Od uczniów wymagał zawsze solidnej, uczciwej, naukowej pracy. Również wtedy, gdy osobiście na nią już czasu nie miał, potrafił kierować pracami innych tak, że stawały się znane w świecie. Sam natomiast nie dopisywał swojego nazwiska do prac wykonanych przez innych. Być jego uczniem, to znaczyło mieć zapewnioną drogę rozwoju naukowego. Mając odpowiednie stosunki, umiał dla młodych ludzi znajdować odpowiednie stanowiska. Podkreślam określenie „odpowiednie". Dla naukowo słabszych znajdował etaty w instytucjach na ich miarę, gdzie byli pożyteczni i nie powodowali naukowej obstrukcji. O ile wiem, tylko raz zdarzyła mu się pod tym względem pomyłka: na uniwersyteckim etacie docenta umieścił świeżo habilitowanego, który ten etat po prostu swoją osobą zablokował i do emerytury żadnej naukowej pracy nie ogłosił.

Nauka potrzebuje administratorów mających opanowane zarówno prawdziwą wiedzę, jak i umiejętność administracji. Stefan Piotrowski umiał takim być. I to jest jego wielką zasługą i nie potrzeba mu przypisywać zasług nie posiadanych. Miał spore własne wyniki badawcze, zanim osiadł w Warszawie, miał ich pewną liczbę i potem. Jego głównymi osiągnięciami w nauce są jednak przede wszystkim wspaniałe zdobycze naukowe jego uczniów, a dziś również uczniów jego uczniów, od których wymagał zdyscyplinowanej pracy i którym umiał mościć wygodną drogę rozwoju.

Zonn natomiast dawał praktyczny przykład, jak pracować naukowo, jak iść drogą samodzielnej myśli, szukać nietypowych problemów, aby je samodzielnie rozwiązywać. Pisałem poprzednio, które z nich uważam za najważniejsze i tu nie będę tego powtarzał. Warto też wspomnieć, że monografia Zonna „Astronomia gwiazdowa", której pozwolił mi być współautorem, jest jedną z niewielu polskich książek astronomicznych, jakie się ukazały w trzech krajach i w trzech językach — polskim, rosyjskim i angielskim. Widocznie oceniono zawarte w niej niestandardowe wartości.

* * *

Gdy chciałem to napisane wysłać już do „Uranii", ukazał się w niej list pani Lidii Zonn, który też wymaga mego komentarza. Pani Lidia, zgadzając się ze mną w większości spraw wiążących się z jej ojcem, stanowczo przeczy, aby był on wolnomularzem.

Pani Lidio, ma Pani rację, że fakt, iż w otoczeniu Pani Ojca mogłem poznać wybitnych działaczy wolnomularskich, nie jest dowodem, że sam był jednym z nich. Jednak przekonanie, że tak było, nie jest moją hipotezą opartą na tym fakcie, ale wiadomością uzyskaną z dobrego źródła. Profesor Zonn nie był jedynym ojcem i mężem, o którym najbliżsi nie wiedzieli, że należy do wolnomularstwa. W krajach, gdzie władze i tłum nie lubią wolnomularzy, takie sytuacje zdarzają się dość często.

* * *

I znów już miałem wysłać napisane do redakcji, gdy w marcu wyszła książka Hurwica *Uczeni też ludzie**, gdzie jest rozdział o Włodzimierzu Zonnie, a w nim sporo nie tylko tych samych wiadomości, co u mnie, ale nawet podanych tymi samymi sformułowaniami. Może kto pomyśli, że się chcę poskarżyć na plagiat? Wprost przeciwnie. Chcę właśnie przestrzec tych, co porównawszy teksty, podjęliby takie podejrzenia. Tu nie ma plagiatu i to w żadną stronę. Po prostu ongiś przekazałem profesorowi Hurwicowi pewne wiadomości o Zonnie, wiedząc tylko tyle, że będzie miał na ten temat odczyt w Akademii Nauk. Mój odczyt na zjazd we Wrocławiu nie był wtedy jeszcze planowany. A i później nie wiedzieliśmy nawzajem o sobie, że będziemy publikować nasze wypowiedzi. W rezultacie obaj posłużyliśmy się częściowo tymi samymi materiałami i — co śmieszniejsze — zachowując je w tej samej, źródłowej formie. Wyszło więc trochę podobnie jak z tymi bliźniakami, którzy napisali identyczne dwa wypracowania na temat „Mój kotek", a pani od polskiego tłumaczyli, że przecież pisali o tym samym kotku. To wyjaśnienie uważam tu za konieczne, bo może po naszej śmierci komuś się zachce napisać o nas i jeszcze sobie pomyśli o którymś coś brzydkiego.

A wszystkich zachęcam do przeczytania tego, co profesor Hurwic napisał o Zonnie i jakie ładne fotografie tam umieścił.

Chyba się już nic innego nie pojawi w sprawie mego artykułu i mogę to wreszcie wysłać do Redakcji.

* Józef Hurwic *Uczeni też ludzie – Sylwetki polskich uczonych*, Polska Akademia Umiejętności, Komisja Historii Nauki, Monografie 8, Kraków — 2006, 180 stron.

Profesor Konrad Rudnicki jest emerytowanym profesorem Uniwersytetu Jagiellońskiego, specjalistą w dziedzinie astronomii gwiazdowej i kosmologii

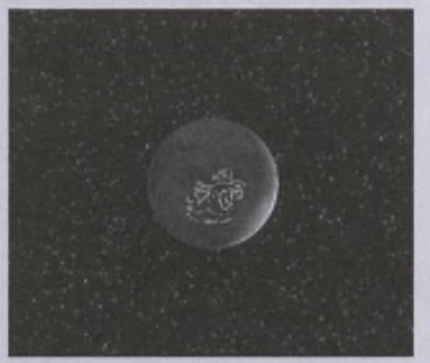
Zorza na Marsie

Zorze polarne nie są jedynie ozdobą Ziemi. Występują również na Jowiszu, Saturnie, Uranie i Neptunie. Statek kosmiczny Mars Explorer Europejskiej Agencji Kosmicznej dostarczył dowodów na istnienie zórz polarnych także na Marsie.

Mars nie posiada ani wewnętrznego pola magnetycznego, ani pola dipolowego, które mogło być przyczyną powstania zorzy. Niektóre jednak regiony planety wykazują dość znaczną aktywność magnetyczną, którą uważa się za pozostałość po dawnym, planetarnym polu magnetycznym. Już w 2004 r. sonda zarejestrowała smugi światła w okolicach tych magnetycznych obszarów Marsa.

Struktury zorzowe powstają w wyniku ruchu przyspieszonych, naładowanych cząstek w atmosferze, które jonizując otoczenie powodują emisję światła. Niestety nie jest jeszcze znany dokładny skład górnych warstw atmosfery Marsa. Dopiero wyniki badań nad tym problemem pozwolą określić, jakie pierwiastki ulegają wzbudzaniu i jakimi kolorami świeci marsjańskie, nocne niebo.

(*kw*)



Artystyczna wizja zorzy na Marsie
Rys. M. Holmström

Zważone karły

Amerykańskim naukowcom udało się wyznaczyć podstawowe parametry brązowych karłów krążących wokół wspólnego środka masy w układzie podwójnym. Orbita układu jest nachylona do nas kantem, dzięki czemu można było zaobserwować periodyczne przejścia jednego karła przed tarczą drugiego, powodujące zmiany w widmach ich jasności. Jest to pierwszy tego typu układ wśród dotychczas odkrytych układów zaćmieniowych.

Brązowe karły to obiekty, których początkowe masy są zbyt małe, aby w ich jądrach rozpoczęło się spalanie wodoru w hel i aby powstały z nich pełnowartościowe gwiazdy. Dopiero masa rzędu 80 mas Jowisza pozwoliłaby na zainicjowanie reakcji termojądrowych we wnętrzu takiego obiektu.

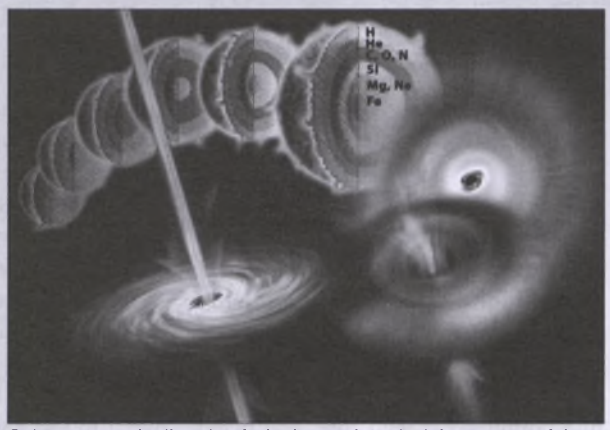
Z odpowiednich cech struktur w widmach promieniowania zarejestrowanych podczas zaćmień karłów odczytano masy, rozmiary i temperatury obu ciał. Pierwsze z nich ma masę około 55 a drugie 35 razy większą od masy Jowisza. Układ znajduje się w Obłoku Oriona, w którym wiek większości gwiazd nie przekracza 10 mln lat, jest zatem stosunkowo młody. Jak na swoje masy nowo odkryte brązowe karły są dość duże — ich rozmiary są zbliżone do słonecznych. Dane z obserwacji i obliczenia teoretyczne wskazują, że temperatura masywniejszego obiektu (2650 K) jest niższa od temperatury jego towarzysza (2790 K). Nie jest to zgodne z modelami ewolucyjnymi karłów z założeniem, że są one mniej więcej jednakowo stare. Mamy więc do czynienia albo z karłami o różnym wieku i pochodzeniu, które w jakiś sposób spotkały się ze sobą, albo z modelami, które wymagają rewizji i korekty.

(*kw*)

Artystyczna wizja odkrytego układu zaćmieniowego brązowych karłów

Najstarszy błysk gamma

Zaledwie kilkaset milionów lat po Wielkim Wybuchu pewna gwiazda wypaliła całe swoje paliwo jądrowe, uległa potężnej eksplozji i zamieniła się w czarną dziurę, emitując przy tym bardzo silne promieniowanie. Światło z tego wybuchu w postaci błysku gamma dotarło do Ziemi dopiero we wrześniu zeszłego roku. Błysk GRB050904 jest najdalszym wybuchem kiedykolwiek zanotowanym.



Schemat ewolucji gwiazdy kończącej życie jako czarna dziura.
Rys. Nicolle Rager Fuller/NSF

Wszechświat liczy sobie około 13,7 mld lat. Zaobserwowany przez naukowców z amerykańskiego uniwersytetu Penn State wybuch miał miejsce nie później niż 1 mld lat od narodzin Wszechświata, jest zatem znakomitym materiałem do badań jego młodości.

Gwiazda, która błysk wyprodukowała, była bardzo młoda i zarazem masywna. Takie gwiazdy mogły się znacznie różnić od tych, które się dziś obserwuje. Były o wiele cięższe i większe oraz o wiele gwałtowniej zachodziły w nich reakcje jądrowe spalania wodoru i helu.

Błyski gamma trwają zazwyczaj ok. 10 s, choć ich poświatę można jeszcze obserwować przez kilka kolejnych dni. Wybuch z 2005 r. trwał ponad 500 s(!), a w danych wyraźnie widać pojaśnienia wtórne, co może dowodzić niejednorodnemu tworzeniu się czarnej dziury.

W obserwacjach bliższych, więc zarazem młodszych błysków gamma rzadko widać wybuchy wtórne. Być może powodem tego są różnice w powstawaniu czarnych dziur we wczesnym Wszechświecie i w epoce późniejszej.

Do tej pory odkryto tylko jeden obiekt, który leży dalej od czarnej dziury odpowiedzialnej za wysłanie wrześniowego błysku gamma. Jest to kwazar — superciężka, o masie wielu miliardów gwiazd, czarna dziura.

Odkrycia dokonano instrumentami na satelicie Swift, wystrzelonym w listopadzie 2004 r., stworzonym właśnie do wykrywania słabych błysków gamma z obrzeży naszego Uniwersum.

(*kw*)

Rozrywana gromada gwiazd

Słońce znajduje się w gigantycznym systemie ogromnego skupiska gwiazd, w przeważającej liczbie niedostrzegalnych nieuzbrojonym okiem. Część z tych odległych gwiazd ujawnia się w postaci szerokiej, niejednorodnej smugi przez całe niebo, znanej jako Droga Mleczna — będącej w rzeczywistości ogromnym dyskiem naszej Galaktyki. Gwiazdy poza tym dyskiem są jeszcze słabsze. Wokół tego systemu, pod wpływem jego grawitacji, krąży wiele gromad gwiazdowych, niekiedy bardzo masywnych, tzw. gromad kulistych zawierających dziesiątki albo nawet setki tysięcy gwiazd. Scenariusze rozwoju Galaktyki przewidują, głównie na podstawie rozważań teoretycznych, że populacja gwiazd w Galaktyce jest ustawicznie zasilana m.in. poprzez tzw. przypływowe rozmywanie (rozrywanie) gromad. Siły grawitacji, które kierują ruchami obiektów, silnie zależą od odległości (bardzo szybko maleją z odległością). Powoduje to wyraźne zróżnicowanie ich działania nawet na tak nieznacznych odległościach, jak rozmiary gromad gwiazdowych, powodując powstawanie sił rozciągających — rozrywających te obiekty — poprzez stopniową ucieczkę ich członów pokonujących siły wiązania gromady. Podobny mechanizm działa również w przypadku oddziaływania Księżyca (i Słońca) na przeciwległe punkty naszego globu, powodując spiętrzanie wód w tych miejscach i będąc jedną z głównych przyczyn występowania na Ziemi przypływów mórz i oceanów. Te rozrywające siły zależą zarówno od wielkości grawitacji, w polu której znajduje się obiekt (gromada), jak i rozmiarów i masy samej gromady utrzymującej ją razem. Niestety, zjawisko rozpływania się gromady zachodzi na słabym, ale niezwykle gęstym gwiazdowym tle i jest skrajnie trudne do zaobserwowania.

Grupa astronomów z Kalifornijskiego Instytutu Technologii (CALTECH) skoncentrowała badania tego zjawiska na jednej z gromad kulistych NGC5466 zawierającej przeszło 50000 gwiazd, której orbita wokół centrum Galaktyki (centrum sił) daje szansę zaobserwowania tego mechanizmu. Autorzy projektu przebadali 9 min gwiazd z otoczenia tej gromady, poszukując wśród nich takich, których barwy, jasności i ruchy mogłyby wskazywać na ich pochodzenie z wymienionej gromady. Przeprowadzona analiza pokazała, że część badanych gwiazd rzeczywiście wykazuje podobieństwo fizycznej wspólnoty z gromadą i, zgodnie z oczekiwaniami, rozłożona jest przed i za gromadą w odniesieniu do centrum Galaktyki, wzdłuż przypuszczalnej orbity gromady. Zaskakujący był dla badaczy fakt niezwykłych rozmiarów tego zjawiska. Przebadana dotychczas próbka pokazała bowiem, że „struga" gwiazd pochodzących prawdopodobnie z omawianej gromady rozprzestrzenia się w rzucie na niebo na połowie nieboskłonu. A jak stwierdzają sami autorzy, prawdopodobnie nie obejmuje to całej istniejącej strugi. Jej dalszy przebieg będzie intensywnie badany. Badanie struktury, rozmiaru i własności fizycznych i kinematycznych tej „strugi" (czy jak chcą autorzy — „rzeki") gwiazd powinny pozwolić odpowiedzieć również na inne intrygujące pytanie o występowaniu w Galaktyce dodatkowej, tzw. ciemnej materii istotnie przyczyniającej się do grawitacji całego systemu i na określenie jej ilości. Tak intensywny wyrzut pyłu poza galaktyki, jak obserwowany w przypadku M82, może stanowić istotny element do zrozumienia składu materii międzygalaktycznej a także do interpretacji obserwacji dalekich obiektów, na których linii widzenia taka materia się znajduje.

A. Strobel

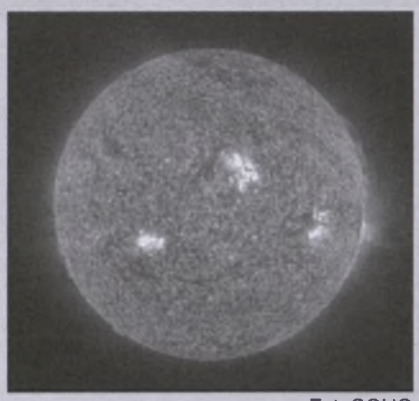
Drugi bliźniak Słońca

Najprostszą metodą na znalezienie życia we Wszechświecie wydaje się wyselekcjonowanie gwiazd, które swoimi fizycznymi parametrami najbardziej przypominają nasze Słońce. Monitoring danych spektro- i fotometrycznych takich gwiazd pozwoli odkryć ewentualne planety, na których może istnieć życie.

Za pomocą teleskopu hawajskiego Keck I astronomowie z Australijskiego Uniwersytetu Narodowego odkryli, a następnie zidentyfikowali jedną z pobliskich gwiazd jako bardzo podobną do Słońca pod względem wieku, rozmiaru, temperatury i składu chemicznego. Gwiazda oznaczona HD 98618 znajduje się w konstelacji Wielkiej Niedźwiedzicy w odległości około 126 lat świetlnych i jest na tyle jasna, że można ją dojrzeć przez lornetkę. Jest ona dopiero drugą tego typu, prawie identyczną jak Słońce; pierwsza z nich 18 Scorpii została odkryta dekadę temu.

Choć masa bliźniaka jest o około 2% większa od naszej gwiazdy i jest od niej o około 10% młodsza, to powstał on wręcz w takim samym środowisku chemicznym. Bardzo podobny proces ewolucyjny może oznaczać powstanie wokół niego planet podobnych do tych z Naszego Systemu. Techniki wykrywania planet wokół innych gwiazd są już na tyle zaawansowane, że ich odkrycie lub zaprzeczenie ich istnieniu w okolicy HD 98618 jest tylko kwestią czasu.

(*kw*)



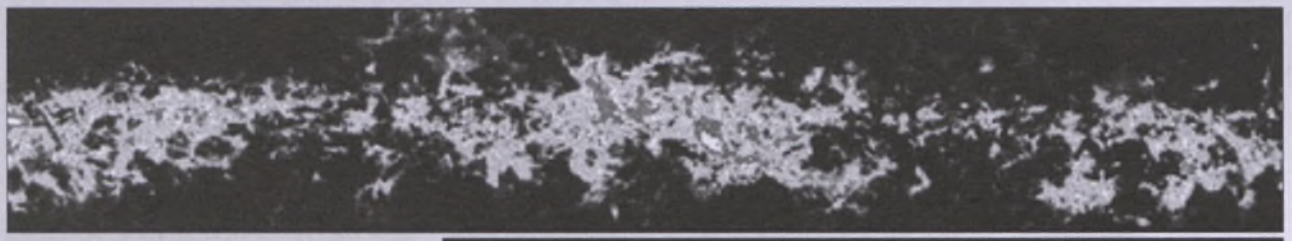
Fot. SOHO

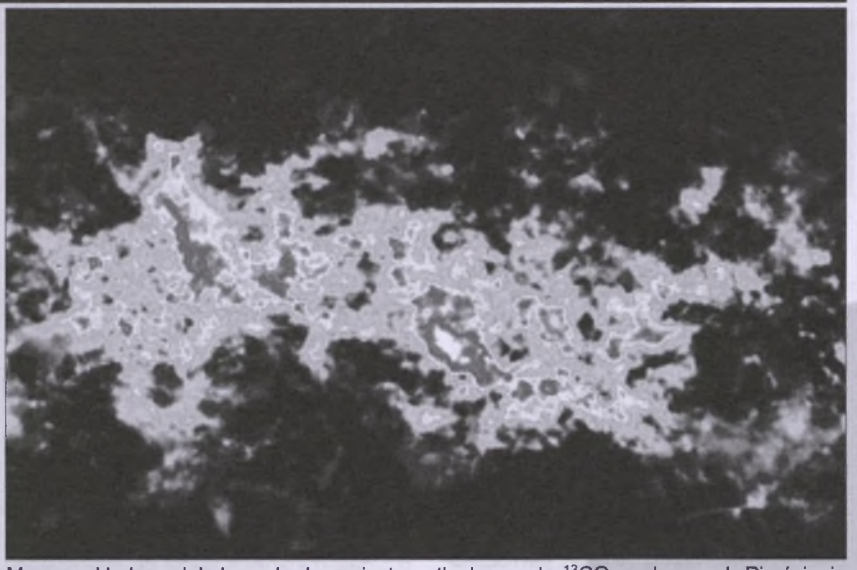
Sól na Marsie

Już kilka razy podczas swej wędrówki po powierzchni Marsa samobieżny robot Spirit natrafił na niezwykle jasną substancję. Ostatnio niespodziewanie zetknął się z wysypiskiem tej tajemniczej materii, gdy podążał ku miejscu swojego zimowego snu na Wzgórzu McCoola. Fizyczne jak i chemiczne analizy przeprowadzone za pomocą instrumentów zainstalowanych na łaziku określiły tę substancję, dobrze widoczną na poniższym zdjęciu, jako sole o wysokiej zawartości żelazonośnych siarczanów. Wiodąca hipoteza zakłada, że owa sól jest zapisem obecności wody na powierzchni Marsa — wody, która odparowując pozostawiła skupiska soli w analogiczny sposób, jak dzieje się w wielu miejscach na wybrzeżach ziemskich mórz i oceanów.

(*jd*)

Fot. Mars Exploration Rover Mission, Cornell, JPL, NASA



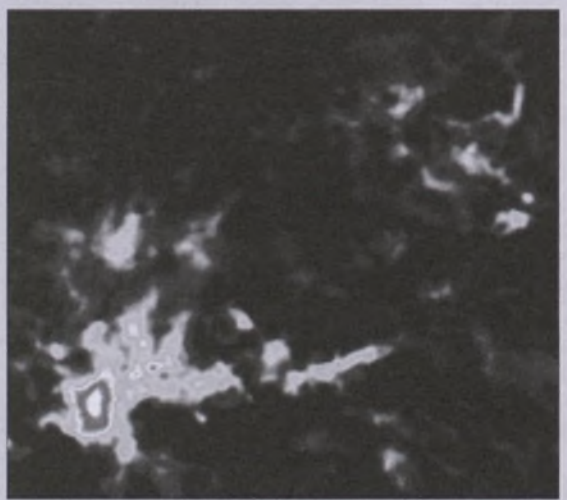


Mapa rozkładu molekularnych chmur izotopu tlenku węgla ^{13}CO w obszarach Pierścienia Galaktycznego naszej Galaktyki uzyskana w programie GRS realizowanym przez astronomów amerykańskich z Bostonu i niemieckich z Kolonii. Na dole najbardziej masywny obszar Pierścienia Galaktyki, prawdopodobnie najbardziej masywna struktura grawitacyjna w naszej Drodze Mlecznej

Siedliska narodzin gwiazd

Zgodnie z teoriami powstawania gwiazd, rodzą się one w gigantycznych chmurach molekularnych. W podobnej scenerii, przeszło 5 mld lat temu, powstało także nasze Słońce.

Pełne zrozumienie procesu i mechanizmów formacji wymaga m.in. poznania i zbadania szczegółowej budowy takiej chmury. Grupa astronomów z Uniwersytetu w Bostonie (USA), Kolonii w Niemczech i Uniwersytetu w Massachusetts (USA) podjęła 8-letni program ustalenia szczegółowych map (obrazów) ogromnych chmur gazu molekularnego w Galaktyce, tzw. *Galactic Ring Survey* (GRS). Dla tego celu skoncentrowano się na prześledzeniu rozkładu molekuły ^{13}CO, używając dużego radioteleskopu Uniwersytetu Massachusetts, który pozwala na odbiór emisji radiowej w częstości bliskiej 100 GHz, w której promieniuje ta molekuła — prawie 1000 razy wyższej aniżeli radiowe pasmo FM. Emisja molekuł ^{13}CO pozwala na głębsze wnikanie w obszar badanej chmury, aniżeli było to możliwe w tradycyjnych badaniach rozkładu molekuły ^{12}CO, dla której chmury są bardziej nieprzezroczyste. Wartość badań rozkładu przestrzennego molekuły ^{13}CO, znacznie dokładniejszych niż jakichkolwiek wykonanych dotychczas, leży, w opinii autorów badań, głównie w możliwości odtworzenia rozkładu gazu w chmurze w miejscach, w których aktualnie powstają gwiazdy. Dostarczyć to może istotnego klucza do zrozumienia samego mechanizmu ich formacji. Dodatkową korzyścią jest ustalenie przestrzennego rozkładu takich chmur w Galaktyce, który to rozkład określa jej strukturę spiralną. Jak stwierdził jeden z badaczy, właśnie dlatego, że znajdujemy się wewnątrz Drogi Mlecznej, mniej wiemy o jej strukturze (obrazie zewnętrznym) niż o bardzo odległych galaktykach. Jednak podjęte badania, mimo iż wiąże się z nimi tak wiele oczekiwań, są niezwykle żmudne i trudne — szczegółowe struktury chmur molekułarnych są bowiem dla astronomów wielką niewiadomą i ich badanie dostarczy zapewne wielu nowych i nieoczekiwanych faktów.



Rozkład chmur ^{13}CO w rejonie intensywnego powstawania gwiazd W51. Obszar ten znajduje się w odległości 15 tys, lat św. od Ziemi, a rozciąga się na przestrzeni 260 lat św. Materiał zaangażowany w tworzenie się gwiazd ma masę przeszło 100 tys. mas Słońca. Dziesiątki tysięcy lat są potrzebne dla utworzenia jednej nowej gwiazdy

Analiza uzyskanych dotychczas obrazów już dostarczyła ciekawych wyników, a jednym z pierwszych jest prawdopodobna identyfikacja w niektórych chmurach ciemnych, zimnych molekularnych globul, będących najwcześniejszymi stadiami rozwoju gwiazd. Ponieważ nie zostały one jeszcze ogrzane przez zanurzone w ich wnętrzu dopiero powstające gwiazdy, są nadal dużo zimniejsze i spokojniejsze. Sukcesywne badanie takich globul powinno dostarczyć ważnych informacji na temat powstawania gwiazd, gdyż badając te globule, badamy najwcześniejsze fazy życia gwiazd. Innym ciekawym i ważnym wynikiem było stwierdzenie, że badane chmury molekularne mają podobnie niejednorodną strukturę, niezależnie od ich rozmiarów, masy i aktywności gwiazdotwórczej, czyli prezentują podobny wzorzec formacji gwiazd. To podobieństwo zdaniem badaczy sugeruje, że wszystkie chmury formują gwiazdy o różnych masach, ale w przybliżeniu w tej samej proporcji. Wniosek ten byłby ogromnie ważny dla zrozumienia obserwowanego rozkładu przestrzennego gwiazd w Galaktyce.

Andrzej Strobel

XXII OMSA, Grudziądz 16–18 marca 2006 r.

Prof. Andrzej Woszczyk otwiera Seminarium i przedstawia wspomnienie o wieloletnim Jurorze Grudziądzkich Seminariów, prof. Tadeuszu Jarzębowskim

Referat na temat swych obserwacji 2-m teleskopem na Hawajach przedstawia Łukasz Góralski z Grudziądza

Pierwszy referat na Seminarium o meteorytach kamiennych przedstawia Mateusz Szyszka z Poznania, późniejszy laureat II miejsca

Nagrodę (teleskop widoczny na poprzednim zdjęciu) i gratulacje Jury odbiera laureat I miejsca, Piotr Plaszczyk z Częstochowy

Fot. Gerard Szukay

Mgławica Tarantula — w sieci kosmicznego pająka

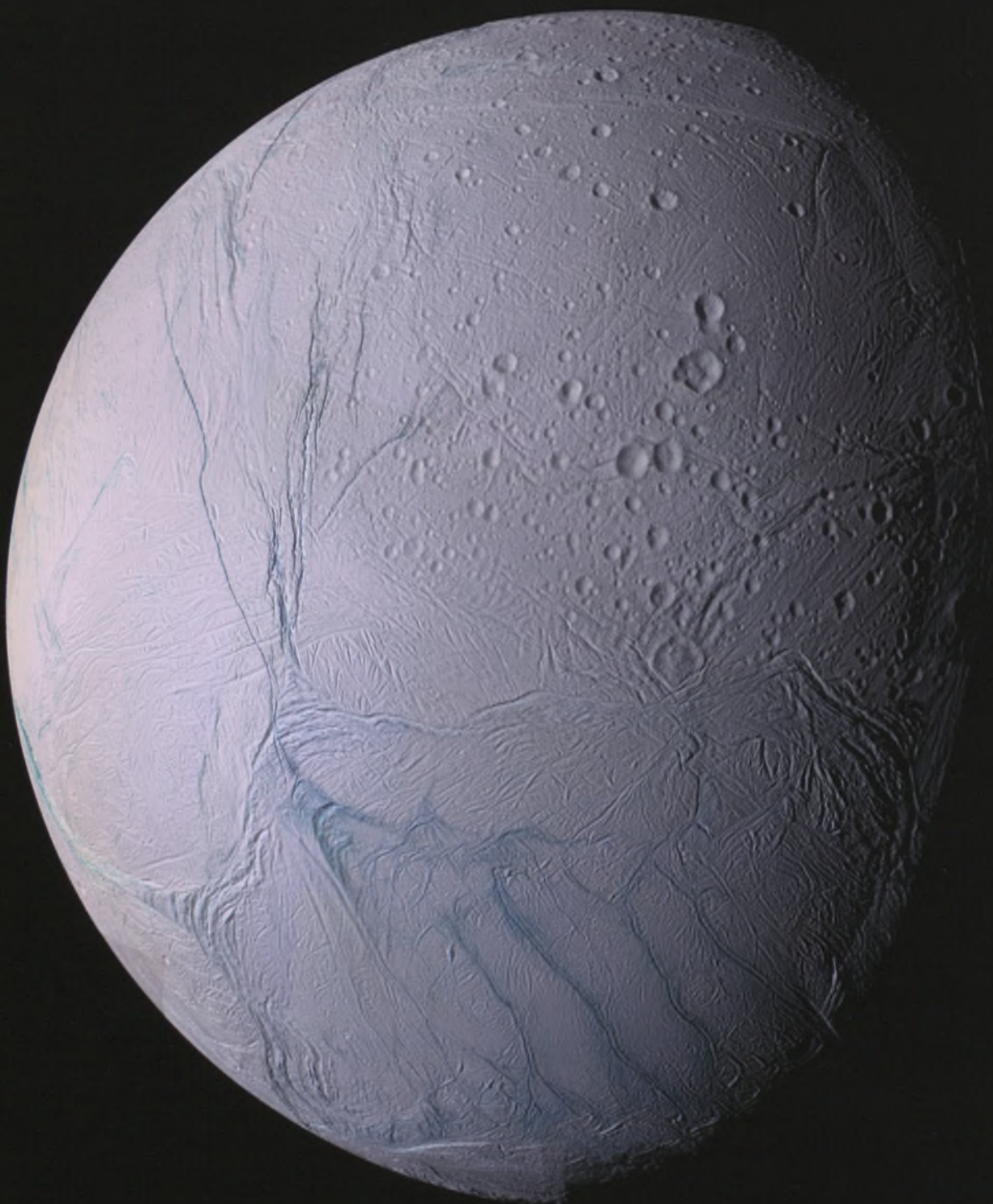
Mgławica Tarantula to jedna z pereł południowego nieba, fragment sąsiadującej z Drogą Mleczną galaktyki — Wielkiego Obłoku Magellana. Charakterystycznym kształtom zawdzięcza swą popularną nazwę, nosi też oznaczenia NGC 2070 oraz 30 Doradus. Miano jednego z największych pająków nosi najzupełniej zasłużenie, gdyż w rzeczywistości jej rozmiary sięgają 1000 l.św. To największy obszar powstawania gwiazd w galaktykach Grupy Lokalnej i największa mgławica emisyjna na niebie. Jak potwierdzają prezentowane obrazy uzyskane teleskopem VLT, jej struktura jest niesłychanie złożona. Centralne położenie zajmuje gromada jasnych, masywnych i gorących gwiazd (oznaczona R136 — po lewej u góry), licząca sobie zaledwie 2-3 mln lat. Odnajdziemy w niej ponad 200 masywnych gwiazd, wśród nich obiekty o masie przekraczającej 50 mas Słońca. Po prawej u góry kolejne skupisko jasnych gwiazd — Hodge 301, o wieku około 20 mln lat. W tym przypadku najmasywniejsze gwiazdy zdążyły już zakończyć ewolucję jako supernowe, rozrzucając w otaczającą je przestrzeń sporą część materii. Zaś co najmniej trzy czerwone nadolbrzymy czekają na swoją kolej.

Podczas gdy niektóre z gwiazd kończą swój żywot w sieci olbrzymiego pająka, inne wciąż się tam rodzą. W kłębowiskach i zakamarkach tej gwiezdnej kolebki powstają słońca przeróżnej wielkości. Możemy śledzić zadziwiający proces kosmicznego recyklingu (po lewej na dole), w którym fale uderzeniowe materii oraz promieniowania dokonują kompresji kolejnych obłoków gazu i pyłu, powołując do istnienia następne pokolenia gwiazd. Po prawej stronie na dole widzimy w postaci czerwonej bańki otoczenie gwiazdy o masie 20-krotnie większej od naszego Słońca, 6-krotnie gorętszej, o promieniu 10-krotnie większym oraz promieniującej 130 tys. razy silniej od naszej Dziennej Gwiazdy.

Wszystkie obrazy uzyskano w latach 2002–2003 przy użyciu trzech wąskopasmowych filtrów oraz przy łącznym czasie ekspozycji nieco przekraczającym 3 min. Fot. ESO (*kr*)

Urania
Postępy Astronomii

Woda na Enceladusie?



Bazując na danych zarejestrowanych przez instrumenty sondy Cassini, uczeni są przekonani, że zbiorniki ciekłej wody znajdują się zaledwie kilkadziesiąt metrów poniżej powierzchni małego (500 km średnicy), ale aktywnego księżyca Saturna — Enceladusa. Nowe, ekscytujące wyniki koncentrują się wokół gejzerów i pióropuszy wytryskujących z powierzchni księżyca. Pióropusze są związane z długimi, tygrysimi pręgami widocznymi na zdjęciu w obszarze bieguna południowego. Szczegółowe modele wskazują na pochodzenie pióropuszy z położonych blisko powierzchni „kieszeni" napełnionych ciekłą wodą o temperaturze 0°C, podczas gdy powierzchnia Enceladusa ma temperaturę –200°C (73 K). Jak ważny to krok w poszukiwaniach wody niezbędnej dla zapoczątkowania życia poza Ziemią, nie trzeba chyba nikogo przekonywać. Położone tak blisko powierzchni zbiorniki byłyby bardziej dostępne niż np. wodny ocean wykryty we wnętrzu jowiszowego księżyca Europa.

Fot. Cassini Imaging Team, SSI, JPL, ESA, NASA

Uciekająca gwiazda

W ramach programu Przeglądu Nieba, wykonanego w Południowym Europejskim Obserwatorium (ESO) w Chile, brytyjsko-niemiecka grupa astronomów odkryła gwiazdę, określoną symbolem HE 04357-5439, o zaskakująco zagadkowych własnościach.

Po pierwsze, uzyskane widmo tej gwiazdy sugeruje, że jest ona bardzo masywna (około 8 razy masywniejsza niż Słońce), o zbliżonym do Słońca składzie chemicznym, a przy tym bardzo młoda — o wieku zaledwie 30 mln lat. Tymczasem znajduje się na peryferiach Galaktyki, w odległości około 200 000 lat świetlnych od Słońca, w gwiazdozbiorze Ryby-Miecza, w obszarze, w którym występują z reguły obiekty bardzo stare i o znacznie mniejszej zawartości ciężkich pierwiastków niż w Słońcu.

Po drugie, gwiazda ta porusza się w przestrzeni z ogromna prędkością, 723 km/s, co odpowiada 2,6 min km/h. Tak ogromna prędkość praktycznie uwalnia ją od grawitacyjnego przyciągania Drogi Mlecznej i pozwoliła znacznie oddalić się od miejsca swego powstania. Wspomniany, zbyt młody wiek nie pozwala jednak umieścić jej pochodzenia w obszarach zawierających tego typu obiekty. Odkrywcy próbują wyjaśnić tak dużą prędkość gwiazdy rozważanym od lat 80. mechanizmem, w którym układ podwójny gwiazd przebiegający w pobliżu masywnej czarnej dziury ulega pod jej wpływem rozbiciu, przy czym jeden ze składników zostaje pochłonięty przez czarną dziurę, a drugi jest wyrzucany z ogromną prędkością poza układ. W przypadku gwiazdy HE0437-5439 masa czarnej dziury musiałaby być rzędu miliona mas słonecznych. Wprawdzie czarna dziura o takiej masie znajduje się najprawdopodobniej w centrum naszej Drogi Mlecznej, ale oceniony wiek gwiazdy nie pozwoliłby jej przebyć odległości od centrum Galaktyki do obecnego miejsca pobytu.

Argumentem, który mógłby przemawiać za pochodzeniem HE0437-5439 z Galaktyki (jej centrum), byłoby przyjęcie, że obserwowana gwiazda należy do klasy tzw. „niebieskich maruderów" (blue stragglers) — obiektów, które mogły powstać w wyniku zespolenia się (zlania) dwóch gwiazd. W takim przypadku wiek HE 04357-5439 byłby znacznie (nawet sześciokrotnie) dłuższy niż oceniany i można byłoby ją „cofnąć" do miejsca jej urodzenia nawet w pobliżu centrum Drogi Mlecznej, do obszaru, którego własności nie byłyby sprzeczne z jej cechami.

Pozostaje jeszcze możliwość wyjaśnienia tak dużej prędkości, także z odwołaniem się do czarnej dziury, jednak ulokowanej nie w centrum Galaktyki, ale w tzw. Wielkim Obłoku Magellana (WOM), najbliższej galaktyce. Takie wyjaśnienie wydaje się prawdopodobne, gdyż obserwowana gwiazda znajduje się na niebie relatywnie blisko WOM i nawet dalej od centrum Galaktyki niż Obłok Magellana.

Podane wyjaśnienia nie wyczerpują zapewne wszystkich możliwych. Ilość pytań, jakie stawia to intrygujące odkrycie, jest jednak tak duża, że wymaga dalszych obserwacji celem bardziej precyzyjnego ustalenia zarówno jej własności fizyczno-chemicznych, jak i położenia i prędkości przestrzennej.

Andrzej Strobel

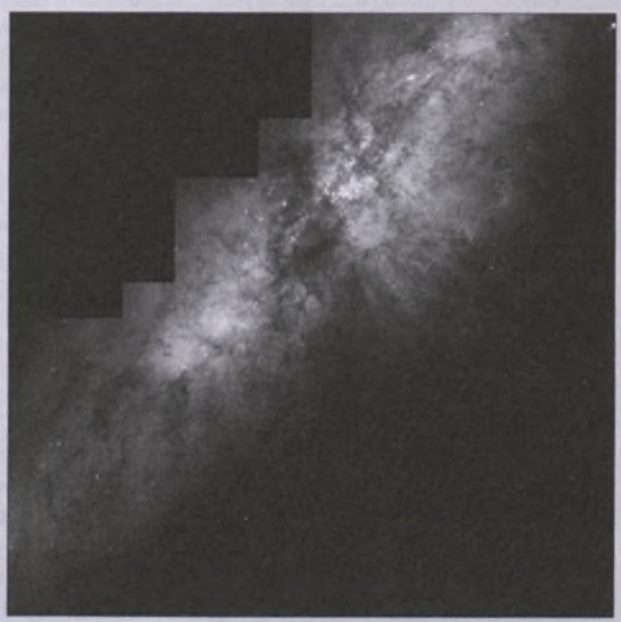
Dymiąca galaktyka

Galaktyka M82, położona w gwiazdozbiorze Wielkiego Psa, w odległości 12 mln lat świetlnych, nazywana też od jej kształtu „Cygarem", znana była od dawna jako miejsce intensywnej formacji gwiazd. Przemawiała za tym zarówno jej niejednorodna, „zaburzona" obserwowana struktura wewnętrzna, jak i stwierdzony intensywny wypływ gazu w postaci dwóch stożków, w kierunkach przeciwległych od galaktyki, prostopadle do jej wydłużonego obrazu i skierowanych wierzchołkami do centrum. Taki fakt sugerował, że intensywny proces tworzenia nowych gwiazd zachodzi głównie w obszarze centralnym. Powstawanie nowych gwiazd w zaawansowanej wiekowo galaktyce tłumaczono oddziaływaniem na nią jej bezpośredniej towarzyszki — galaktyki M81.

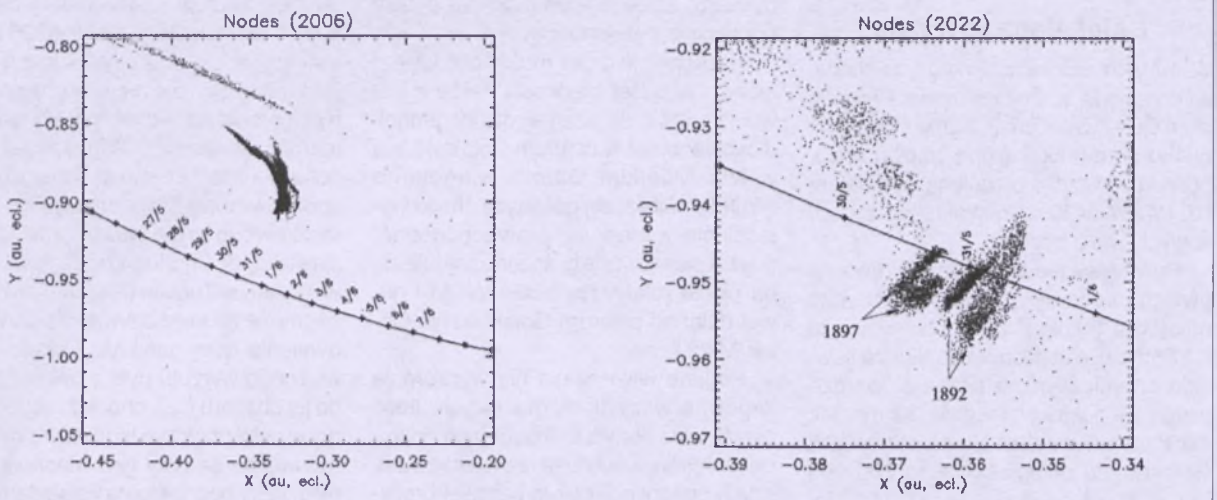
Ostatnio do tych faktów dołączono nowe, zdumiewające odkrycie. Grupa badaczy wykorzystująca Kosmiczny Teleskop Spitzera, przeznaczony do obserwacji promieniowania w podczerwieni, odkryła, że całą galaktykę otacza obszerna chmura pyłu „świecącego" w podczerwieni i rozciągająca się na odległość około 20 tys. lat świetlnych po obu stronach galaktyki. Zdumiewający był nie tylko niespotykany dotychczas wokół innych galaktyk rozmiar tej chmury, ale także jej nieregularny kształt, znacznie odbiegający od spodziewanego, podobnego do gazu, stożkowego wypływu. Interpretując to zjawisko, dr Charles Engelbracht z Uniwersytetu w Tucson (Arizona) stwierdził, że „może ono wskazywać na generalne dymienie całej galaktyki wskutek ustawicznego wyrzutu pyłu z gwiazd z całego jej obszaru (...), chociaż nie rozumiemy w pełni przyczyn tego zjawiska". Zdumiewające są przy tym własności tego pyłu, który pod wieloma względami przypomina spaliny samochodowe lub dym z popularnego grilla i składa się zapewne z tzw. PAH-ów — wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Dym ten powstający w gwiazdach jest prawdopodobnie wyrzucany w przestrzeń w wyniku wydmuchiwania go przez wiatry gwiazdowe i promieniowanie gwiazd.

Rozciągła i nieregularna chmura pyłu wokół M82 wyróżnia ją znacznie od naszej Drogi Mlecznej, w której pył jest rozłożony regularnie w płaszczyźnie wąskiego, szybko rotującego dysku. Tak intensywny wyrzut pyłu poza galaktyki, jaki obserwujemy w przypadku M82 może stanowić istotny element do zrozumienia składu materii międzygalaktycznej, a także do interpretacji obserwacji dalekich obiektów, na których linii widzenia taki materiał się znajduje.

Andrzej Strobel



M82 sfotografowana przez teleskop kosmiczny Hubble'a



Rezultaty obliczeń teoretycznych dr. P. Wiegerta z Kanady możliwego scenariusza rozpadu komety 73P/SW. Powyższe wykresy obrazują wielkość i położenie chmury pyłu powstałego na skutek rozpadu komety 73P/SW spowodowanego stresem termicznym w stosunku do orbity Ziemi w latach 2006 i 2022

Kometa 73P/Schwassmann-Wachmann umiera

W roku 1995 kometa 73P/Schwassmann-Wachmann 3 bez żadnych widocznych powodów rozpadła się na co najmniej 3 odrębne minikomety. Znajdowała się wtedy w odległości ok. 250 min km od Ziemi. Teraz, w maju 2006 r., kometa będzie przebiegała tylko ok. 10 mln km od Ziemi (25 razy dalej niż Księżyc), a więc astronomowie będą mieli dużo lepsze warunki obserwacji. Bliżej Ziemi przechodziła w 1983 r. kometa IRAS-Iraki-Alcock, która zbliżyła się wtedy do nas na odległość 5 mln km. Planowane są obserwacje za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a. Wielki radioteleskop Arecibo w Puerto Rico będzie próbował ją sięgnąć wiązką radarową, aby wyznaczyć jej (ich?) kształt i spin (obrót). Miłośnicy astronomii na całym świecie będą mogli łatwo dostrzec te minikomety, gdy będą przechodziły przez gwiazdozbiory Łabędzia i Pegaza

Zdjęcie komety 73P/SW tuż po rozpadzie jej jądra na 3 części w 1995 r.
Fot. Jim V. Scotti

w dniach od 12 do 14 maja br. Choć komety te znajdą się bardzo blisko Ziemi, ich blask będzie stosunkowo niewielki, ok. 3-4 wielkości gwiazdowej. Na obserwacje trzeba więc będzie wybierać miejsca nieskażone światłem latarń ulicznych lub innym oświetleniem. Ale lornetka znakomicie ułatwi śledzenie ewolucji ich kształtu i drogi wśród gwiazd.

Liczba fragmentów, na które rozpadła się kometa 73P/S-W, stale się zmienia. W czasie rozpadu w 1995 r. astronomowie wyróżniali 3 minikomety: A, B i C. Teraz (w marcu 2006 r.) mówią o ośmiu fragmentach: dwa większe B i C oraz mniejsze fragmenty nazwane G, H, J, L, M i N. Wydaje się więc, że kolejne fragmenty rozpadają się dalej i tworzą kolejne generacje minikomet. Niektórzy już donoszą (2 kwietnia 2006 r.), że śledzą przeszło 20 fragmentów tej komety. W tej sytuacji trudno określić, „jak długi będzie sznur pereł", gdy kometa osiągnie peryhelium, mówi znany badacz komet i obiektów przechodzących w pobliżu Ziemi, Don Yeomans z JPL.

Oczywiście, można się spodziewać deszczu meteorów, gdy ta rodzina komet osiągnie perigeum. Chmura pyłu powstała z rozpadu w 1995 r. może po 11 latach być tak duża, że w okresie największego zbliżenia do Ziemi stanie się źródłem licznych spadków meteorów. Przewidywania są jednak trudne, bo nie znamy przyczyny rozpadu komety w roku 1995. Jeśli przyczyną rozpadu był stres termiczny podobny do tego, jaki zachodzi, gdy kostka zimnego lodu wpadnie do gorącej zupy (bo przecież po długiej drodze w zimnych przestrzeniach peryferiów Układu Słonecznego, wychłodzona kometa w miarę zbliżania się do Słońca jest silnie przez nie ogrzewana), to wtedy ekspansja chmury pyłu powstałej w czasie rozpadu byłaby powolna i nie byłoby zjawiska deszczu meteorów w czasie największego zbliżenia komety 73P/SW do Ziemi. Tak twierdzi dr Paul Wiegert, badacz komet z Uniwersytetu Zachodniego Ontario w Kanadzie. Gdyby natomiast przyczyną rozpadu było zderzenie z jakimś małym ciałem międzyplanetarnym, to wybita w takiej katastrofie materia rozprzestrzeniałaby się znacznie szybciej i już w maju br. bylibyśmy świadkami pięknego zjawiska licznych gwiazd spadających związanych z rozpadem tej komety.

Takie zjawisko nastąpiło w czasie „umierania" komety 3D/Bieli w XIX w. Najpierw, w 1846 r., obserwowano rozpad tej komety na dwie części, później w 1872 r. kometa rozsypała się całkowicie na wiele części. W rezultacie o jej istnieniu świadczyły trzy intensywne (3000 do 15 000 meteorów na godzinę) deszcze meteorów w latach 1872, 1885 i 1892. I tak zakończyło się jej życie.

Według rachunków Wiegerta i jego współpracowników, przy założeniu stresu termicznego jako przyczyny rozpadu komety 73P/SW, powstała chmura pyłu jest za mała, aby spowodować zauważalny wzrost ilości spadających meteorów w 2006 r., natomiast można się spodziewać nowego roju meteorów związanego z rozpadem tej komety w czasie jej ponownego powrotu w sąsiedztwo Ziemi w 2022 r.

Pozostaje więc czuwać i pilnie obserwować majowe niebo.

(*aw*)

Marsjańska misja w Ostrowcu Świętokrzyskim

10 lutego 2006 r. Ostrowiec Świętokrzyski przeżywał niecodzienne wydarzenie astronomiczno-kulturalne. Było nim wyczekiwane z niecierpliwością przez lokalnych miłośników astronomii otwarcie wystawy fotograficznej zatytułowanej „Mars: Mission Possible", której organizatorem i pomysłodawcą jest Sekcja ds. Prasy i Kultury Konsulatu Generalnego USA w Krakowie. Ekspozycja, która w Ostrowcu Świętokrzyskim gościła w dniach 10.02.—10.04 br., została wystawiona w ostrowieckim Muzeum Historyczno-Archeologicznym. Wcześniej można było ją oglądać w Krakowie, a także w Olsztynie. Znakomitą większość zdjęć zaczerpnięto z najnowszej marsjańskiej misji badawczej NASA, tj. Mars Exploration Rover. Wystawę urozmaiciły jednak także fotografie wykonane przez krążące wokół Marsa orbitery, a także zdjęcia pochodzące z misji Mars Pathfinder.

Wystawę uroczyście otworzył dyrektor muzeum, pan Wojciech Kotasiak w towarzystwie gościa honorowego, pani Hilary Renner pełniącej funkcję zastępcy attaché ds. kultury ambasady Stanów Zjednoczonych w Warszawie. W obecności Prezydenta Miasta, pana Jana Szostaka, dyr. Kotasiak podkreślił zaangażowanie i poświęcenie, jakie towarzyszyło bezpośredniemu organizatorowi, panu Markowi Wójcickiemu, a także niewątpliwy sukces organizacyjny, jaki należy przypisać Organizatorom, którzy pozyskali marsjańską wystawę właśnie dla Ostrowca. Pani Renner przedstawiła pokrótce historię misji MER, która jest wciąż misją czynną, a także zaprezentowała krótki zarys zamierzeń NASA w dziedzinie podboju Marsa na najbliższe lata, nie wyłączając planów misji załogowej wykorzystującej część technologii programu księżycowego Apollo.

Po części oficjalnej wszystkich zgromadzonych gości zaproszono do sali ekspozycyjnej, gdzie wystawiono ponad 20 zdjęć pochodzących z początkowej fazy misji łazików Spirit i Opportunity, czyli z okresu styczeń-kwiecień 2004 r. Prezentowały one to, co najciekawsze w misji bliźniaczych pojazdów. Od zdjęć Spirita opuszczającego gniazdo lądownika, poprzez te prezentujące zagadkowe struktury skalne napotkane przez łazik Opportunity w kraterze Endurance, aż do mikroskopowych ujęć marsjańskich skał, uzyskanych dzięki działalności przyrządu Rock Abrasion Tool, czy pięknych panoram marsjańskiego świata, wykonanych przez oba pojazdy. Po wyczerpującym omówieniu wszystkich fotografii przez pana M. Wójcickiego uczestnicy wernisażu zostali zaproszeni do sąsiedniej sali, gdzie odbył się pokaz filmu NASA obrazującego przebieg misji Mars Exploration Rover od startu z Ziemi aż po lądowanie na powierzchni Czerwonej Planety i wykonywanie pierwszych zdjęć i badań. Oglądając emocje zespołu dowodzącego misją w Laboratorium Napędów Odrzutowych w Pasadenie, mogliśmy przeżyć raz jeszcze chwile chwały obydwu łazików, jak i podziwiać rewelacyjne efekty pierwszych badań. Ostatnim punktem programu było spotkanie uczestników wernisażu przy herbacie, zorganizowane dzięki hojności ambasady USA w Warszawie.

Plakat reklamujący wystawę w hallu Muzeum Historyczno-Archeologicznego

Grzegorz Kubicki

PKiM zaprasza do Ostrowika

wszystkich miłośników astronomii, zainteresowanych obserwacjami meteorów, do udziału w XVII Obozie Obserwacyjnym Pracowni Komet i Meteorów (PKiM), który odbędzie się w dniach 17.07—03.08 br. w Stacji Obserwacyjnej Obserwatorium Astronomicznego UW w Ostrowiku pod Warszawą. Obóz jest organizowany głównie dla początkujących obserwatorów (wystarczy znajomość gwiazdozbiorów).

W czasie obozu będziemy obserwować wizualnie i teleskopowo aktywne w tym czasie roje: alpha-Cygnidy, omikron-Draconidy, Aquarydy, Capricornidy i wczesne Perseidy. W czasie obozu do Waszej dyspozycji będą m.in. 3 refraktory Celestron 102/500 mm, zachęcamy jednak do zabrania ze sobą lornetek ze statywami. Obóz będzie także doskonałą okazją do nauczenia się obsługi stacji fotograficznych i video, które wchodzą w skład sieci Polish Fireball Network (www.pfn.pkim.org). Będzie także możliwość, aby nauczyć się analizowania danych obserwacyjnych.

Obserwacje innych obiektów będziemy prowadzić 20-cm refraktorem Grubb. Będziemy także mieli okazję zapoznać się z działaniem profesjonalnego 60-cm teleskopu systemu Cassegraina.

Obóz jest bezpłatny; wyżywienie i dojazd we własnym zakresie. Zakwaterowanie w budynkach mieszkalnych Stacji. Do naszej dyspozycji będą dwie w pełni wyposażone kuchnie; niedaleko Stacji jest sklep spożywczy. Zapewniamy poradniki do obserwacji, mapki, raporty i inne materiały.

Wakacje w Ostrowiku to także gra w piłkę siatkową, koszykową i nożną, wycieczki do lasu na grzyby i jagody oraz bardzo dobra atmosfera. (zobacz: www.pkim.org w działach Obozy i Seminaria oraz www.republika.pl/kwima/zapiski.html, gdzie spisane są tzw. Zapiski Ostrowickie).

Na wasze (tylko indywidualne!) zgłoszenia czekamy do 30 czerwca. Ilość miejsc jest ograniczona. W pierwszej kolejności będą przyjmowane osoby, które wykonają obserwacje przed obozem i zadeklarują udział w całym obozie.

Zgłoszenia i ewentualne pytania prosimy kierować e-mailowo na adres pkim@pkim.org lub rpoleski@astrouw.edu.pl albo pocztą tradycyjną na adres: Pracownia Komet i Meteorów, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego, Al. Ujazdowskie 4, 00-478 Warszawa

XXII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne im. prof. Roberta Głębockiego

Jak co roku od 32 już lat, w okolicach wiosennej równonocy, w Grudziądzu odbywa się seminarium astronomiczno-astronautyczne, które już od 22 lat ma charakter ogólnopolski, stąd jego pełna nazwa — XXII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne, w skrócie OMSA. Od tego roku Seminarium zyskało patrona w postaci śp. Prof. Roberta Głębockiego — wielkiego entuzjasty tej wspaniałej imprezy, związanego z nią od samego początku. Jego zaangażowanie niech zilustruje fakt, że nawet pełniąc funkcję ministra edukacji pojawił się w Grudziądzu, by wspierać uczestników i organizatorów. (Wspomnienia o prof. R. Głębockim znajdują się w numerze 3/2005 „Uranii–PA").

Warto w tym miejscu zaznaczyć, że Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne jest zwieńczeniem i finałem poprzedzonym seminariami organizowanymi na szczeblach wojewódzkich. W tej edycji młodzież nadesłała 375 referatów, z których do wygłoszenia na finałach wojewódzkich wytypowano 102. Komisje jurorów w każdym ze zgłoszonych województw wytypowały po 2 referaty na finał do Grudziądza i dodatkowo jeden z uczestników w nagrodę mógł uczestniczyć w XXII OMSA, w charakterze słuchacza — kibica.

Liczba nadesłanych prac w różnych województwach była różna i wahała się od ponad stu do ledwie kilku. Organizatorzy seminariów wojewódzkich mieli więc czasami trudne zadanie i trzeba wyrazić uznanie wszystkim za ich pracę i zaangażowanie, szczególnie, że czasy nie sprzyjają naukom ścisłym i często jedyną zapłatą jest satysfakcja.

Trzeba też wyrazić ubolewanie, że w dwóch województwach — małopolskim oraz podkarpackim nie znalazł się nikt chętny do podjęcia się organizacji tej mającej wielką tradycję imprezy. W dwóch kolejnych województwach — lubuskim i zachodniopomorskim seminaria z różnych przyczyn nie odbyły się. Miejmy nadzieję, że w następnych edycjach będzie inaczej i w Grudziądzu znajdą się reprezentanci wszystkich województw.

Jak zawsze podkreślić wypada nieustanny, od początków imprezy, wkład i zapał pani Małgorzaty Śróbki-Kubiak, której tym razem w organizacji, z racji choroby, nie mógł pomagać Kazimierz Schilling z Olsztyna. Pojawił się za to Bartosz Dąbrowski, młody astronom i od niedawna pracownik Planetarium i Obserwatorium w Grudziądzu, który dzielił trudy organizacji imprezy. Oczywiście, jak każdego roku w organizacji i koordynacji pomagało Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, tym razem w osobie pani Ewy Janaszak.

W roku bieżącym, podobnie jak w poprzednich (i oby była to tradycja), nie zawiedli sponsorzy, którzy ufundowali nagrody. Nagrodę główną stanowił teleskop o średnicy zwierciadła 150 mm ufundowany przez Polskie Towarzystwo Astronomiczne. Wśród darczyńców znaleźli się także: Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, Marszałek woj. warmińsko-mazurskiego, Prezydent Miasta Grudziądza, Kujawsko-Pomorski, Dolnośląski, Świętokrzyski i Warmińsko-Mazurski Kurator Oświaty, Spółdzielnia Mieszkaniowa w Grudziądzu, Starostwa Powiatowe w Grudziądzu i Kwidzynie oraz sponsorzy prywatni. Myślę, że nikt z laureatów nie był rozczarowany nagrodami, a upominki otrzymali wszyscy uczestnicy XXII OMSA!

Seminarium rozpoczęło się we czwartek, 16 marca, a otwarcia dokonał przewodniczący jurorów, prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, profesor dr hab. Andrzej Woszczyk. W ciepłych słowach powitał uczestników, na których składało się 25 referujących, kibice oraz liczne grono opiekunów i nauczycieli i entuzjastów imprezy. Prof. Woszczyk w kilku zdaniach wspomniał wieloletniego jurora i dobrą duszę OMSA, prof. Tadeusza Jarzębowskiego, który odszedł od nas, a jeszcze rok wcześniej uczestniczył w pracach jury XXI OMSA. Jego pamięć uczczono minutą ciszy. (Wspomnienia o prof. T. Jarzębowskim znajdują się w numerze 1/2006 „Uranii–PA").

Zaszczytu wykładu inauguracyjnego tym razem dostąpił dr Maciej Konacki, wielokrotny uczestnik i laureat OMSA. Opowiedział o metodach odkrywania planet. Warto dodać, że przewodniczący dał Maciejowi Konackiemu tylko 15 min do dyspozycji, a więc dokładnie tyle, ile mają inni uczestnicy. Dr Konacki zmieścił się w czasie znakomicie.

Po tym wystąpieniu rozpoczęła się zasadnicza część, w której w 3 sesjach wysłuchano 25 referatów. W gremium jurorów, oprócz przewodniczącego, prof. Andrzeja Woszczyka oraz niżej podpisanego, znaleźli się także: dr Maria Pańków, mgr Ewa Janaszak, dr Henryk Brancewicz, dr Adam Michalec oraz dr Krzysztof Rochowicz. Jurorzy reprezentowali Polskie Towarzystwo Astronomiczne, Polskie Towarzystwo Astronautyczne, Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii oraz Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne. W trakcie Seminarium dr Krzysztof Rochowicz wygłosił dodatkowo krótki odczyt dotyczący zagrożeń czyhających na Ziemię ze strony drobnych ciał Układu Słonecznego.

W piątek, przed obiadem, została zakończona część zasadnicza, a jurorzy przed przystąpieniem do obrad zebrali się na spotkaniu z nauczycielami i opiekunami. Prezentowano opinię, że Seminarium jest niezwykle ważną imprezą z punktu widzenia wychowania i nauczania, aczkolwiek niedocenianą w kręgach władz oświatowych. Opowiedziano się za poczynieniem wszelkich możliwych starań, by nadać Seminarium rangę olimpiady.

W czasie obrad jury uczestnicy i opiekunowie brali udział w seansie pod kopułą planetarium, gdzie wysłuchali pod gwiazdami muzyki Vangelisa.

Jurorzy mieli za zadanie wyłonienie najlepszych referatów, co nie było łatwym zadaniem z racji bardzo wyrównanego poziomu większości uczestników. Po wysłuchaniu referatów dotyczących meteorytów, obserwacji bolidów, budowy przyrządów astronomicznych — tych współczesnych i tych dawnych, referatów dotyczących ciał Układu Słonecznego oraz ich eksploracji, a także tych przedstawiających rubieże Wszechświata zarówno teoretycznie, jak i od strony praktycznych obserwacji (między innymi wykorzystujących obserwacje teleskopami z programu Foulkes Telescope Project), jurorzy, z których każdy miał do dyspozycji przy ocenie maksymalnie 10 punktów, zdecydowali następująco:

I miejsce Piotr Plaszczyk z Częstochowy za referat: *„Gwiazdy zmienne i ich amatorskie obserwacje"* (70 punktów)

II miejsce Mateusz Szyszka z Poznania za referat: *„Meteoryty kamienne w aspekcie petrologicznym i Mössbauerowskim"* (63)

III miejsce Łukasz Sęk z Krakowa za referat: *„Co jest na zewnątrz? Otoczenie galaktyk spiralnych"(62)*

IV miejsce Piotr Strzelewicz ze Żnina za referat: *„Historyczny przegląd instrumentów astronomicznych"* (61)

V miejsce Paweł Łukasik z Kraśnika za referat: *„Nowe Horyzonty: rzut światła na światy zewnętrzne"* (60)

VI miejsce Piotr Rymaszewski z Ostródy za referat: *„Czarne dziury"* (58)

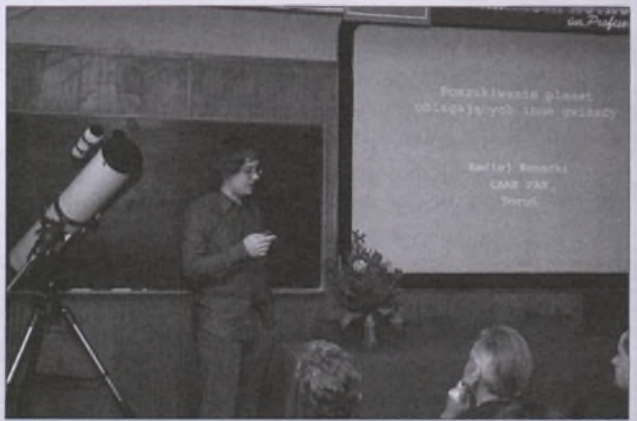
VII miejsce Ariel Mucha z Krakowa za referat: *„Metoda mikrosoczewkowania grawitacyjnego"* (55)

VIII miejsce Roman Rodzewicz z Węgorzewa za referat: *„Kosmologia kwantowa"* (54)

IX miejsce Monika Kodrycka z Bydgoszczy za referat: *„Misja New Horizons, odkrywanie krańców Układu Słonecznego"* (53)

X miejsce Dawid Schneider z Ostrowa Wielkopolskiego za referat: *„Mój teleskop"* (52)

Uważny Czytelnik zauważył zapewne, że podane w nawiasach za tytułem referatu liczby to punktacja przyznana przez jurorów. Pierwszy raz w historii OMSA zdarzyło się, by laureat pierwszego miejsca uzyskał maksymalną liczbę punktów! O ile Piotr Plaszczyk, który w swym referacie bardzo ładnie opowiedział o różnych typach gwiazd zmiennych, umiejętnie wplatając w to swój imponujący materiał obserwacyjny, wyprzedził następnego w kolejności miejsc uczestnika o 7 punktów, o tyle różnice na następnych pozycjach wynosiły zaledwie 1–3 punkty.



Dr Maciej Konacki rozpoczyna swój wykład nt. poszukiwania planet obiegających inne słońca. Fot. Gerard Szukay

Ogłoszenie wyników oraz wręczenie nagród i dyplomów miało miejsce w sobotę, a oprócz uczestników, organizatorów i jurorów uczestniczyli w nim także wiceprezydent miasta Grudziądza pan Sławomir Szymański, dyrektor Zespołu Szkół Technicznych (gospodarza Seminarium) pani Mirosława Wojtaszewska, starszy wizytator Kujawsko-Pomorskiego Kuratorium Oświaty pan Czesław Stawikowski oraz wicestarosta powiatu grudziądzkiego pan Marek Ostrowski.

W krótkich słowach przewodniczący jury podsumował przebieg seminarium, a po wystąpieniach wymienionych wyżej gości, z których każde bez wyjątku chwaliło ideę Seminarium, przystąpiono do wręczania dyplomów i nagród. Oprócz hojnie obdarowanych laureatów, wypunktowanych już w tym tekście, każdy z pozostałych uczestników, co już nadmieniałem, oprócz dyplomu otrzymał drobne upominki.

Ogólny aplauz i kuluarowe komentarze uczestników upewniły, że wybór jury był jak najbardziej trafny i piękny teleskop trafił w godne ręce. Laureat I miejsca, Piotr Plaszczyk, poproszony przeze mnie o kilka słów komentarza odnośnie swoich wrażeń napisał:

Do Grudziądza pojechaliśmy grupą czteroosobową jako reprezentacja woj. śląskiego, pod opieką pani Urszuli Jeruszko. Cieszę się, że mogłem wziąć udział w OMSA i wysłuchać wykładu dra Macieja Konackiego nt. poszukiwania planet obiegających inne słońca oraz wykładu nt. zagrożeń dla Ziemi ze strony ciał Układu Słonecznego wygłoszonego przez dra Krzysztofa Rochowicza, i wysłuchać referatów uczestników seminarium astronomicznego, dzięki którym mogłem dowiedzieć się wielu ciekawych rzeczy o astronomii. Miło poznać inne osoby, które są miłośnikami astronomii, a także osoby studiujące astronomię, które przyjechały na OMSA, m.in. Piotra Wirkusa.

Samo przygotowanie referatu powiększyło moją wiedzę o astronomii, a wyróżnienie i otrzymana nagroda, o jakiej marzy pewnie każdy miłośnik astronomii, zmobilizowały mnie do dalszej pracy i obserwacji astronomicznych, a w szczególności obserwacji gwiazd zmiennych.

Grudziądz, mimo przedwiosennej pory, nie przywitał ani nie pożegnał uczestników wiosenną aurą, jednak niepowtarzalna i ciepła atmosfera podczas imprezy skutecznie zrekompensowała chłód na dworze.

Wstępne ustalenia pozwalają przypuszczać, że następne, XXIII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne im. Prof. Roberta Głębockiego odbędzie się w dniach 22–24 marca 2007 r., oczywiście w Grudziądzu. Wypada mieć nadzieję, że w każdym z województw znajdą się osoby, które zechcą podjąć się trudów organizacji seminariów i przede wszystkim znajdą się młodzi pasjonaci astronomii i astronautyki, którzy przygotują swoje referaty.

Leszek P. Błaszkiewicz

IV Konferencja Meteorytowa PTM Warszawa–Wyszków, 7–9 kwietnia 2006

Polskie Towarzystwo Meteorytowe istnieje dopiero 4 lata, a liczba jego członków wzrosła już przeszło 4-krotnie i wynosi obecnie ponad 80 osób. Co dwa lata (nieparzyste) w Olsztynie odbywają się Seminaria Meteorytowe, a w lata parzyste, już w innych miejscowościach, odbywają się Konferencje Meteorytowe. Po takim wstępie dziwić może przygodnych Czytelników numer tegorocznej konferencji. Należy się tu więc wyjaśnienie, iż tradycja spotkań meteorytowych jest znacznie starsza i sięga roku 1979, kiedy to we Fromborku miało miejsce I Seminarium Meteorowo-Meteorytowe pod przewodnictwem pani Honoraty Korpikiewicz.

IV Konferencja Meteorytowa rozpoczęła się w piątek 7 kwietnia spotkaniem uczestników na Wydziale Biologii Uniwersytetu Warszawskiego. Po omówieniu spraw organizacyjnych przez kol. Janusza Kosinskiego, pełniącego obowiązki gospodarza, oficjalnie otworzył Konferencję przewodniczący komitetu organizacyjnego prof. Andrzej Manecki. Zgromadzeni na wydziałowej auli słuchacze na początek wysłuchali referatu dr Anny Karczemskiej o zastosowaniu spektroskopii ramanowskiej w badaniu minerałów pozaziemskich w wybranych meteorytach. Następnie astronom, dr Jadwiga Biała przybliżyła słuchaczom temat dysków protoplanetarnych. Po przerwie na obiad prof. Andrzej Muszyński przedstawił nowe okazy meteorytu Morasko znalezione przez Krzysztofa Sochę podczas zaplanowanego na dwa lata systematycznego przeszukiwania rezerwatu, a prof. Hieronim Hurnik przypomniał historię 45 lat badań powierzchni Marsa poprzez wysyłane tam kolejne misje.

W programie pierwszego dnia znalazła się jeszcze wizyta w Muzeum Wydziału Geologii UW, gdzie znajduje się niemała kolekcja kamieni z nieba. Po wystawie oprowadzał osobiście kustosz i kierownik muzeum dr Marek Stępisiewicz, pokazując również okazy zwykle niedostępne zwiedzającym. Zainteresowanie wzbudziły zwłaszcza liczne okazy meteorytu Pułtusk.

Pamiątkowe zdjęcie uczestników Konferencji. Fot. Jarosław Bandurowski

Po wycieczce do muzeum specjalny autokar przewiózł wszystkich do Ośrodka Szkoleniowo-Noclegowego ZDZ w Wyszkowie, gdzie jeszcze tego dnia odbyło się spotkanie kolekcjonerów meteorytów dostępne także dla publiczności.

Program drugiego dnia konferencji, już w Wyszkowie, zawierał 2 kolejne sesje naukowe. Prof. Wojciech Stankowski omówił geologiczne implikacje upadku materii pozaziemskiej, następnie prof. Łukasz Karwowski przedstawił nowy polski meteoryt Święcany znaleziony w żwirze wysypanym na drogę w okolicach Jasła, a Janusz Kosinski omówił, niestety bezowocne, poszukiwania meteorytu, który według relacji świadków spadł przed rokiem 1930 w miejscowości Gaj koło Wyszkowa. Po krótkiej przerwie na kawę Agnieszka Gurdziel przedstawiła wyniki wstępnych badań dotyczących problemu wietrzenia meteorytu Pułtusk, a następnie Agnieszka Jastrzębska omówiła zmiany zachodzące w materii meteorytowej na skutek zderzeń. Zbigniew Tymiński zapoznał zebranych z aktualnym stanem poszukiwań meteorytów w ramach Meteorytowej Grupy Poszukiwawczej PTM. Na zakończenie tej części spotkania pojawił się referat niespodzianka, czyli relacja z wyprawy do Omanu. Można było nie tylko zobaczyć i dotknąć przywiezione stamtąd meteoryty znalezione na pustyni, ale także je zakupić.

Po południu odbyła się sesja terenowa: wyjazd do Pułtuska, gdzie zwiedzano m.in. Muzeum Regionalne posiadające w swych zbiorach okazy meteorytu Pułtusk (słynny deszcz meteorytów z 1868 r.) oraz przejazd przez obszar tegoż spadku i spacer po polu nad Narwią w samym środku elipsy rozrzutu z nadzieją, że wśród licznych ziemskich kamieni znajdzie się jakiś zapomniany przybysz z kosmosu.

Wieczorem miało jeszcze miejsce nieoficjalne spotkanie PTM przy uroczystej kolacji.

Ostatni, trzeci dzień Konferencji przeznaczony był na Walne Zebranie członków Towarzystwa, podczas którego omówiono dotychczasowe dokonania, przedstawiono plany pracy Towarzystwa na nowy okres i wybrano nowy zarząd. Prezesem PTM został wybrany ponownie prof. Łukasz Karwowski.

Chyba wszyscy uczestnicy Konferencji rozjeżdżali się do domów syci pozytywnych wrażeń i niecierpliwie wyczekujący następnego spotkania w Olsztynie. Chwalono zwłaszcza bardzo dobrą organizację Konferencji, co było zasługą Janusza Kosińskiego, który nie tylko wszystko dobrze zaplanował, ale był na miejscu od pierwszych do ostatnich godzin starając się spełniać wszelkie życzenia uczestników.

Jacek Drążkowski, Andrzej S. Pilski

Regionalny Konkurs Astronomiczny w Dąbrowie Górniczej

Tegoroczny Regionalny Konkurs Astronomiczny w Dąbrowie Górniczej został zorganizowany przez nauczycieli Zespołu Szkół Nr 1 im. Związku Orła Białego, Dąbrowskie Koło Miłośników Astronomii i Obserwatorium im. S. Brzostkiewicza w Dąbrowie Górniczej dla uczniów klas I-III gimnazjum szkół z rejonu Delegatury Kuratorium Oświaty w Sosnowcu. Celem konkursu była popularyzacja astronomii, integrowanie uczniów Dąbrowy Górniczej interesujących się astronomią oraz nabycie umiejętności sięgania do różnych źródeł informacji. Konkurs koordynowali: Zofia Duszyńska, Dariusz W. Nelle, Alicja Biegańska i Ewelina Opatowicz. Zgłoszenia do udziału w konkursie należało przesyłać do dnia 13 stycznia 2006 r., a sam finał konkursu odbył się w dniu 10 marca 2006 r.

Konkurs obejmował 3 kategorie:

— Turniej Wiedzy Astronomicznej. Zakres wiedzy: budowa Wszechświata, Układ Słoneczny, charakterystyka ciał niebieskich, ruchy Ziemi i ich następstw

— Konkurs na grafikę komputerową o tematyce astronomicznej

— Konkurs na opowiadanie o tematyce fantastycznej

Motto: *Gwiazd szukam, przewodniczek łodzi*

Tematy prac do wyboru:

1. Twoje refleksje i przemyślenia na temat, czego ludzie od wieków szukają w gwiazdach — rozprawka.
2. To była niezapomniana wizyta! — opowiadanie o „wizycie przyjaźni" w szkole znajdującej się na innej planecie.
3. W czasie podróży międzyplanetarnej spędziłem(łam) kilka dni na planecie Małego Księcia — kartki z pamiętnika.
4. SOS dla Ziemi! — list kosmitów do Ziemian.

Turniej wiedzy astronomicznej wygrał Mariusz Rajczyk z Gimnazjum nr 1, którym opiekowała się Pani Jolanta Bartocha.

Konkurs na grafikę komputerową wygrała Dominika Szymańska z Zespołu Szkół Plastycznych — opiekun Pani Ewa Brzostkiewicz.

Konkurs literacki wygrała Gabriela Urbańska z Gimnazjum nr 7, którą opiekowała się Pani Dorota Szatan.

Organizatorzy przygotowali ciekawe nagrody dla laureatów, dyplomy dla wszystkich uczestników, podziękowania dla opiekunów przygotowujących uczniów do konkursów oraz podziękowania dla szkół. Nagrodę główną w postaci lunety astronomicznej ufundował Zakład Optyki Instrumentalnej UNIWERSAŁ. Wręczenie nagród miało uroczysty charakter, gościem honorowym był Prezydent Miasta Dąbrowy Górniczej Pan Jerzy Talkowski. Po wręczeniu nagród uczestnicy konkursu wraz z opiekunami oraz zaproszeni goście udali się do obserwatorium, gdzie odbył się pokaz Słońca oraz zwiedzenie stałej ekspozycji poświeconej sylwetce Stanisława R. Brzostkiewicza.

Na podstawie informacji Dariusza W. Nelle notatkę sporządziła Redakcja

Prezydent Dąbrowy Górniczej mgr Jerzy Talkowski wręcza nagrodę Dominice Szymańskiej, laureatce I miejsca w konkursie grafiki komputerowej

Pani mgr Alicja Biegańska, vicedyrektor Zespołu Szkół nr 1 wręcza główną nagrodę (teleskop) zwycięzcy konkursu Mariuszowi Ratajczakowi

Praca Dominiki Szymańskiej z Zespołu Szkół Plastycznych, która najbardziej się podobała Jurorom

NGC 3079

α (J2000)	10^h, $02{,}0^m$
δ (J2000)	+55° 41'
Gwiazdozbiór	Wielka Niedźwiedzica
Typ	Galaktyka spiralna Sb-II
Jasność fotograficzna	10,8
Jasność wizualna	11,5
Jasność absolutna Mv	—
Rozmiar	7,6'×1,7'
Odległość	~15 Mpc
Prędkość radialna	+1116 km/s

Galaktyka ta od kilkunastu lat szczególnie przyciąga uwagę astronomów. Pozwolę sobie na nieco szerszy jej opis w ramach niniejszego cyklu, gdyż jest to niezwykle intrygujący obiekt. William Herschel odkrył ją w 1790 r. i skatalogował jako H V.47. W katalogu NGC mamy taki jej opis: „bardzo jasna, duża, mocno wydłużona". Galaktyka prezentuje się okazale jedynie w dużych teleskopach amatorskich, gdyż poza samymi centralnymi obszarami ma stosunkowo małą jasność powierzchniową. Można ją zobaczyć przez 12-cm teleskop przy ciemnym niebie jako słabą, wąską smużkę światła. W większym telekopie o średnicy co najmniej 30 cm można dostrzec pewne niejednorodności jasności powierzchniowej oraz duże wydłużenie galaktyki — patrz rysunki obok wykonane odpowiednio przez 25-cm i 46-cm teleskop.

Jest to jedna z najbliższych galaktyk aktywnych, której obszary centralne, dokładniej jądro, zostało sklasyfikowane jako LINER (ang. *Low Ionisation Narrow Emission Line Region*), czyli obszar o niskim stopniu jonizacji, gdzie powstają wąskie linie emisyjne. Jądro jest również klasyfikowane jako jądro typu Seyfert 2 (czyli jest to AGN — *Active Galactic Nuclei)*. Jest to galaktyka spiralna o małym wybrzuszeniu centralnym i szerokich, dobrze rozwiniętych, lecz nieco nieregularnych ramionach. Widziana jest z boku, krawędzią, pod kątem około 85°. Aktywność galaktyki przejawia się zarówno w poprzez procesy zachodzące w jądrze, które pośrednio obserwujemy w zakresie rentgenowskim i radiowym, procesy gwiazdotwórcze, które obserwujemy pośrednio w zakresie optycznym, ultrafioletu i przede wszystkim podczerwieni, jak również skomplikowane procesy oddziaływania materii wyrzucanej z jądra galaktyki z materią jej samej i jej bliskim otoczeniem, obserwowane jako zmiany intensywności strumienia energii, jaka dociera do nas od niej w pewnych zakresach widma elekromagnetycznego. Galaktyka zawiera dużo pyłu, o czym świadczy nadwyżka promieniowania w dalekiej podczerwieni, w porównaniu z podobnymi galaktykami spiralnymi.

Obserwacje radiowe przeprowadzone pod koniec lat 80. ubiegłego wieku wykazały obecność dwóch płatów promieniowania o rozmiarach kilku kpc, ułożonych symetrycznie po obu stronach galaktyki wzdłuż jej osi symetrii. VLBI dzięki swej potężnej rozdzielczości pozwolił stwierdzić, że płaty mają skomplikowaną strukturę i zdają się pochodzić ze zwartego jądra. Ponadto odkryto mniejszych rozmiarów pętlę emisji Hα, również ułożoną wzdłuż tej samej osi, co zinterpretowano jako gigantyczny wypływ zjonizowanej materii z centrum galaktyki, mający rozmiary rzędu 1 kpc i kształt ogromnego, nieregularnego bąbla. Jest on doskonale widoczny na zdjęciu wykonanym przez teleskop Hubble'a.

Zaproponowano dwie hipotezy próbujące wytłumaczyć, jak i gdzie powstał ten bąbel: pierwsza, że wyprodukowało go aktywne jądro (AGN) i druga, że jest skutkiem silnej i gwałtownej aktywności gwiazdotwórczej, która miała niedawno miejsce (lub może jeszcze ma) w centrum galaktyki. Przy takim gwałtownym powstawaniu gwiazd często formują się bardzo masywne grupy gwiazd, które w krótkim czasie koń-

czą swoją ewolucję wybuchem supernowej. Właśnie energia wydzielona podczas tysięcy takich wybuchów mających miejsce w stosunkowo krótkim czasie i w niewielkiej przestrzeni miałaby dostarczyć energii niezbędnej do wyrzutu materii. Materia ta pochodziłaby głównie z gęstego wiatru gwiazdowego bardzo gorących gwiazd, która poprzez oddziaływanie z falami uderzeniowymi tworzonymi przez supernowe byłaby odpowiednio napędzana. Mamy więc tu do czynienia z czymś, co można by nazwać superwiatrem — i tak też to zjawisko jest nazywane przez astronomów. Modele pokazują, że jeśli przyjąć takie wyjaśnienie, to wzmożenie aktywności gwiazdotwórczej nastąpiło około milion lat temu i trwa do dzisiaj. Co więcej, analiza naziemnych obserwacji radiowych i rentgenowskich wykonanych przez obserwatorium kosmiczne Chandra pokazuje, że takich epizodów powinno być wcześniej jeszcze kilka i pojawiają się one co około 10 mln lat. Warto tu dodać, że materia powiązana z emisją Hα jest rozpędzona do prędkości aż 1700 km/s (liczonej względem jądra galaktyki) i jest to więcej niż prędkość ucieczki z tej galaktyki!

Jest rzeczą ciekawą i dziwną, że włóknom emisji Hα wychodzącym z centrum galaktyki towarzyszą ściśle z nią powiązane włókna emisji w zakresie rentgenowskim obserwowane przez Chandra, co więcej rozciągające się potem jeszcze dalej na odległość rzędu 1 kpc. Wyjaśnienie zaproponowane przez astronomów jest następujące: gorący superwiatr (podgrzany poprzez fale Alfvena i kolizje fal uderzeniowych do temperatury 10 mln K) owinął się wokół fragmentu chmury chłodnego, neutralnego wodoru otaczającego galaktykę, tworząc potężny bąbel (widzimy to jako włókna w zakresie rentgenowskim); następnie oddziaływał on na ściany tego bąbla, wyrywając z niego długie kolumny materii, która następnie była rozgrzana do temperatury około 10 tys. K i zjonizowana (tę z kolei widzimy jako emisje Hα). Powstają pytania: czemu superwiatr ma właśnie postać takich nieregularnych i oddalonych od siebie włókien oraz czemu zakrzywił się, tworząc wokół chłodnej materii coś w rodzaju jamy? Jak na razie nie ma na te pytania wyczerpujących odpowiedzi.

Środek galaktyki otacza dysk molekularny o masie około 5 mld mas Słońca i promieniu około 600 pc. Wokół samego jądra NGC 3079 ma znajdować się szybko rotujący dysk materii o średnicy około 100 pc. Na podstawie prędkości rotacji wewnętrznych części dysku oszacowano masę jądra na około 5 mln mas Słońca. Dysk ten zawiera niezwykle silne masery wodne (czyli ukierunkowane i koherentne źródło mikrofal przypominające charakterem swej emisji laser), które mają największą jasność spośród znanych do tej pory maserów H_2O. Z uwagi na swą jasność zwane są megamaserami, a są to w istocie struktury w obrębie najbardziej wewnętrznej części tego dysku, która ma rozmiary rzędu kilku parseków. Masery tego typu znaleziono również we wnętrzach innych „prototypowych" galaktyk, takich jak NGC 1068 i 4258. Obserwacje VLBA (zespół dziesięciu 25-m anten rozsianych na terenie Stanów Zjednoczonych) maserów wykazały, że po jednej stronie jądra grupują się masery zbliżające się do nas a po drugiej oddalające się. Interpretuje się to jako emisję maserową pochodzącą z wielu miejsc wąskiego, szybko rotującego, keplerowskiego dysku. Keplerowska rotacja jakiegoś układu ciał znaczy, że obraca się on tak, jakby prawie cała masa układu była skupiona w jego środku — w zwartym, masywnym obiekcie — tak, jak ma to miejsce np. w naszym Układzie Słonecznym, gdzie ruchem planet „zarządza" Słońce znajdujące się bardzo blisko środka układu. Prędkość takiej rotacji spada z pierwiastkiem odległości od centralnego obiektu, co jest niejako jej obserwacyjnym wyznacznikiem. Obserwacje maserów w NGC 3079 przez VLBA również wykazały obecność rotującego wokół jądra dysku, ale rotuje on niekeplerowsko i w bardzo „niezorganizowany" sposób. Jest najprawdopodobniej gruby, złożony z wielu osobnych fragmentów. Możliwe, że taka struktura dysku ma bezpośredni związek z potężnym wypływem materii, o którym była już wcześniej mowa. Jeśli tak, to źródłem tego wypływu byłoby jądro galaktyki, czyli, jak się obecnie przypuszcza, czarna dziura o masie przynajmniej miliona Słońc. Materia pochodząca z masywnego dysku molekularnego miałaby stanowić paliwo zasilające aktywność jądra. Z nieznanych nam dzisiaj powodów część materii opadającej na czarną dziurę zostałaby wyrzucona wzdłuż osi symetrii dysku z ogromną prędkością, przy czym wyrzut nie miałby charakteru wąskiej, skolimowanej strugi,

tak jak to się obserwuje w przypadku innych aktywnych jąder galaktyk (np. M 87), lecz duży kąt rozwarcia w formie wielu szerokich strug.

Czy to jedyne wyjaśnienia gwałtownego wyrzutu materii, jakiego doświadczyła NGC 3079 w swej niedalekiej przeszłości? Wyjaśnienia te bazują w istocie na konserwatywnym paradygmacie przyjętym obecnie przez większość astronomów. Można go w skrócie streścić w dwóch podpunktach: 1) ruchy materii w obrębie galaktyki, a także poza nią, są w zdecydowanej mierze generowane przez sumaryczne pole grawitacyjne obiektów w niej zawartych (czyli zależą od mas grawitacyjnych), 2) aktywność silnych, zwartych źródeł w zakresie wysokich energii, tj. zakresie promieniowania X i γ oraz, do pewnego stopnia, w zakresie radiowym pochodzi od uwalniania grawitacyjnej energii potencjalnej materii opadającej na te obiekty, które, rzecz oczywista, muszą być bardzo małe. Znamy obecnie już wiele wyjątków od tych dwóch generalnych „reguł", np. na ruchy zjonizowanej materii w obłokach HII decydujący wpływ mają wiatry gwiazdowe i galaktyczne pole magnetyczne, natomiast energia silnych źródeł rentgenowskich może pochodzić z „przestrajania" skrajnie silnych pól magnetycznych — magnetary. Jednak generalnie przyjmuje się, że materia, patrząc na nią makroskopowo w skali kosmicznej, jest niemal idealnie elektrycznie obojętna, w związku z czym oddziaływania elektryczne i, do pewnego stopnia, magnetyczne traktuje się tak, jakby miały marginalne znaczenie, szczególnie jeśli rozpatrujemy globalną dynamikę wielkich obiektów, takich jak galaktyki czy gromady galaktyk. Jest to zastanawiające, gdyż większość znanej materii (nie piszę tu o tzw. ciemnej materii, gdyż jej istnienie jest postulowane jako efekt zastosowania tego paradygmatu do ruchu galaktyk) występuje w formie plazmy, czyli materii zjonizowanej. W plazmie mamy do czynienia z uporządkowanymi prze-

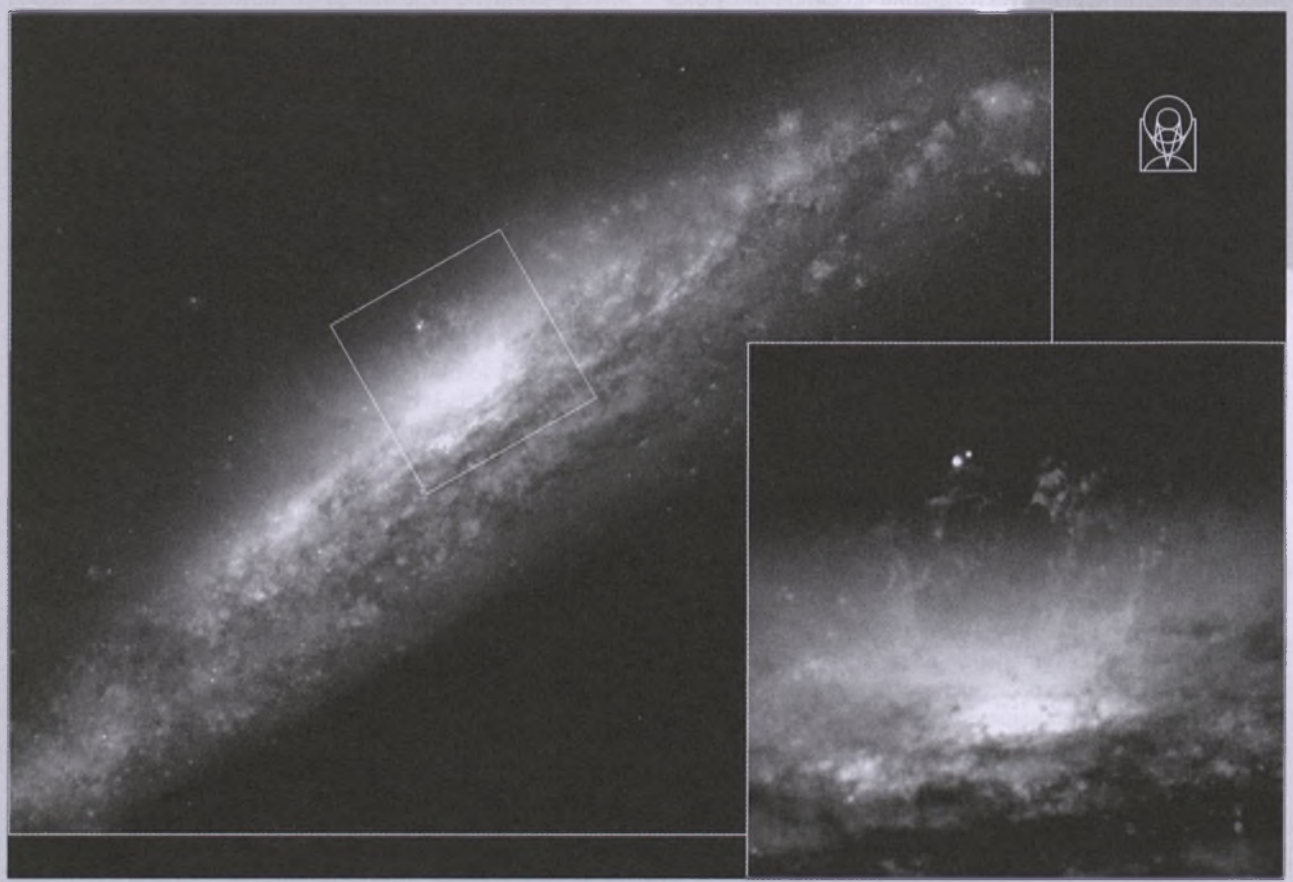
pływami ładunków — silnymi prądami — oraz z silnymi polami magnetycznymi. Prekursor uwzględniania oddziaływań magnetycznych w zjawiskach astronomicznych Hannes Alfvén podkreślał w swych pracach, że mogły (lub mogą mieć) decydujący wpływ na kształtowanie układów planetarnych, formowanie się gwiazd, kształt galaktyk czy oddziaływania pomiędzy galaktykami. Skoro większość zwykłej materii we Wszechświecie to plazma, więc Wszechświat ma tak naprawdę elektryczną naturę i powinny rządzić w nim prawa elektrodynamiki i magnetohydrodynamiki.

Zgodnie z tą, dzisiaj wciąż kontrowersyjną, wizją obserwowane w NGC 3079 ogromne włókna zjonizowanej materii są w rzeczywistości kanałami, którymi biegną potężne prądy galaktyczne, zwane prądami Birkelanda, będącymi wyładowaniami w plazmie. Prądy te zakrzywiają się w polu magnetycznym galaktyki i dosięgają jej płaszczyzny w miejscach, które obserwujemy jako obszary wzmożonej aktywności gwiazdotwórczej — obszary HII. Elektrycznej aktywności jądra miałby towarzyszyć wyrzut małych, zwartych obiektów obserwowanych przez nas jako kwazary. Cóż, taka wizja funkcjonowania galaktyki aktywnej (oczywiście przedstawiona tutaj w wielkim skrócie), wydaje się co najmniej dyskusyjna. Lecz trzeba pamiętać, że tylko tam, gdzie ma miejsce rzetelna dyskusja nowych poglądów, pozbawiona uprzedzeń czy z góry założonych dogmatów, może mieć miejsce istotny postęp, przełom w naszym rozumieniu świata. Może się to wydać przypadkiem, lecz rzeczywiście w pobliżu NGC 3079 zaobserwowano nadwyżkę liczby kwazarów. W obrębie około 15' łuku od środka galaktyki ich gęstość powierzchniowa liczona na sferze niebieskiej jest około 100 razy większa niż średnio na niebie. Wyjaśnienie tego faktu efektem selekcji obserwacyjnej lub mikrosoczewkowaniem kwazarów leżących w tle na obiektach halo NGC 3079 jest raczej mało prawdopodobne. Co prawda jeden z nich to słynny kwazar podwójny 0957+561A, B, który jest w istocie podwójnym obrazem tego samego kwazara o przesunięciu ku czerwieni równym $z = 1{,}41$. Soczewkę grawitacyjną w tym przypadku stanowi galaktyka należąca do gromady galaktyk mającej przesunięcie ku czerwieni równe $z = 0{,}36$. Jednak obecność tej gromady nie tłumaczy nadwyżki kwazarów w sąsiedztwie NGC 3079. Czyżby więc te obiekty, których poczerwienienie wynosi średnio około 1, mają jakiś związek z tą galaktyką? Jeśli tak, to jaki, jeżeli zgodnie z powszechnie obecnie akceptowaną teorią kosmologicznego poczerwienienia kwazarów powinny się one znajdować tysiące razy dalej od niej?

Na zakończenie dodam, że w 2001 r. zaobserwowano w NGC 3079 pojawienie się gwiazdy supernowej oznaczonej 2001ci, która, jak się już możemy domyśleć, nie była typowa i przez pewien czas trwały dyskusje nad jej naturą. W momencie odkrycia miała jasność 19 mag., w maksimum jasności osiągnęła 16,6 mag. Przez pewien czas uważana była za supernową typu II, a potem za zmienną typu η Carinae z uwagi na nietypową krzywą blasku i małą (jak na supernową) jasność absolutną: –12,7 mag. Jednak obserwacje spektroskopowe potwierdziły, że jest to supernowa typu I, z tym że w zakresie widzialnym jej jasność została zmniejszona aż o 5 mag. w wyniku silnej wewnętrznej ekstynkcji.

Dariusz Graczyk

Dodatkowe interesujące informacje na temat NGC 3079 Czytelnik znajdzie na stronach internetowych:
http://www.vlba.nrao.edu/imgmonth/NGC3079/
http://www.kopernik.org/images/archive/n3079.htm



ASTROKRAK

F.P.U.H. ***ASTROKRAK***, ul. Mogilska 51, 31-545 Kraków
e-mail: astrokrak@astrokrak.pl - **www.astrokrak.pl**
tel.: **(12) 413 55 26**, fax: (12) 417 31 81
sklep czynny: pon. - pt. 9-17, sob. 10-15

Zobacz również nowe forum miłosników astronomii - *www.astromaniak.pl*

BRESSER

Absolutna nowość na rynku!!!

SERIA MESSIER
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z najbogatszym wyposażeniem dodatkowym)

Refraktor R-90 ..... 1299.00
Refraktor R-102 ..... 1999.00
Refraktor R-127L 2899.00
Refraktor R-127S 2999.00
Refraktor R-152 ..... 3799.00
Newton N-130 ..... 1299.00
Newton N-150 ..... 1799.00
Newton N-203 ..... 2499.00

ORION

SERIA SKYVIEW PRO
(Teleskopy na montażu paralaktycznym SkyView Pro z opcjonalnym napędem lub Intelliscope)

Refraktor 80mm ED APO ..... od 3750.00
Refraktor 100mm ED APO ..... od 5750.00
Refraktor 120mm ..... od 3350.00
Maksutow 127mm ..... od 3350.00
Maksutow 150mm ..... od 4650.00
Newton 203mm ..... od 3650.00

SOLIGOR

Digital • Photo • Optic • Video

LORNETKI ASFERYCZNE NIGHT VISION

7x50 ..... 485.00
10x50 ..... 495.00

SERIA MT
(Teleskopy Newtona na montażu paralaktycznym)

MT-910 114mm 1099.00
MT-750 152mm 1650.00
MT-800 200mm 2250.00

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA

Plössl (4-40mm/1,25") ..... od 95.00
RKE (26-40mm/2") ..... od 195.00
Barlow 2x/1,25" 95.00
Barlow 2x/2" 250.00

Sky-Watcher

TELESKOPY

Dobson 203mm (pyrex) 1830.00
Dobson 252mm (pyrex) 2850.00
Refraktor 102mm EQ3 ..... 2030.00
Maksutow 102mm EQ2 ..... 1820.00
Maksutow 127mm EQ3 ..... 2860.00

ANTARES

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA

Plössl (6-40mm/1,25") ..... od 105.00
Ortoskop. (6-12,5mm/1,25") ..... od 250.00
Erfla (30-52mm/2") ..... od 315.00
Szerokokątne (67°/5,7-25mm) ..... od 299.00
Szerokokątne (82°/7,5-18mm) ..... od 499.00
Barlow 2x/1,25 ..... 105.00
Barlow 1,6x/2" 350.00
Plössl podświetlany (10mm/1,25") 525.00

NASADKI KĄTOWE

45° 1,25"/1,25" 105.00
90° 1,25"/1,25" 125.00
45° M42x1/1,25" 125.00
90° M42x1/1,25" 145.00
90° 2"/2" 98% 395.00
Prowadząca 90° 2"/T2 z podgl. 625.00

FILTRY

ALP 1,25" 225.00
ALP 2" 415.00
ND 13 1,25" (szary) 45.00
ND 13 2" (szary) 105.00
Kolorowe 7 szt. 1,25" 285.00
Kolorowe 7 szt. 2" 475.00

MEADE

SERIA LX200GPS
(Teleskopy Schmidta-Cassegraina na montażu widłowym z pełną automatyką naprowadzania GO-TO)

8" (203mm) 13500.00
10" (254mm) 16900.00
12" (305mm) 23900.00
14" (356mm) 30900.00
16" (406mm) 59900.00

SERIA LDX-75
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z systemem GO-TO)

5" (127mm refraktor) 5150.00
6" (152mm refraktor) 6150.00
6" (152mm Schmidt-Newton) 5250.00
8" (203mm Schmidt-Newton) 6150.00
8" (203mm Schmidt-Cassegrain) 8390.00
10" (254mm Schmidt-Newton) 7490.00

SERIA LIGHTBRIDGE
(Teleskopy trussowe na montażu Dobsona)

Newton 203mm ..... od 1699.00
Newton 254mm ..... od 2350.00
Newton 305mm ..... od 3899.00

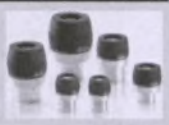
SERIA ETX
(Teleskopy Maksutowa na montażu widłowym z systemem GO-TO)

90AT (90mm) 3125.00
90PE (90mm) 3895.00
105AT (105mm) 4150.00
105PE (105mm) 4950.00
125AT (125mm) 5450.00
125PE (125mm) 6250.00

Akcesoria MEADE

OKULARY Z SERII 5000

Plössl (60°/5,5-40mm) ..... od 499.00
SWA (68°/16-40mm) ..... od 899.00
UWA (82°/4,7-30mm) ..... od 1050.00



KAMERY CCD
(Z oprogramowaniem Autostar Suite)

LP Imager 550.00
DS Imager 1525.00
DS Imager Pro 1950.00
Reduktor/korektor CCD f/3,3 ..... 799.00

CORONADO

TELESKOPY I FILTRY SŁONECZNE Hα

Już od 2825.00

LUMICON

OKULARY PODŚWIETLANE
(Z krzyżem nitek)

12,5mm ortoskop. 585.00
25mm Kellner 275.00

FILTRY MGŁAWICOWE

Deep Sky 1,25" 375.00
Deep Sky 2" 730.00
UHC 1,25" 375.00
UHC 2" 730.00
OIII 1,25" 375.00
OIII 2" 730.00
H-Beta 1,25" 375.00
H-Beta 2" 730.00
Comet 1,25" 375.00
Comet 2" 730.00

NASADKI KĄTOWE

Enhanced 1,25" 365.00
Enhanced 2" 695.00
LumiBrite 1,25" 98% 550.00
LumiBrite 2" 98% 875.00

KSIĄŻKI I ATLASY

Night Sky Observer's Guide tom I i II 135.00
Uranometria tom I i II 179.00
Uranometria tom III 195.00
Sky Atlas 2000.0 wersja deluxe 179.00
Atlas of the Moon 135.00

MAPY I GLOBUSY

Karta Messiera 13.00
Karta Caldwella 13.00
Mapa Księżyca 13.00
Globus nieba 330.00
Globus Księżyca 225.00

OPROGRAMOWANIE

RedShift 5 ..... 425.00
Starry Night Pro 625.00
Starry Night Enth. 335.00
CoolSky 2.0 ..... 39.00
Maxim DL 1250.00
SkyMap Pro 375.00
SkyChart III 169.00
Desktop Universe 825.00
SkyTools 2 CD 425.00

SKY PUBLISHING

ASTROKRAK

TELESKOPY I AKCESORIA

Jesteśmy producentem wysokiej klasy teleskopów i akcesoriów astronomicznych. Wykonujemy teleskopy o aperturze od 250 do 600mm. Zbudowaliśmy największy amatorski teleskop w Polsce! Ponadto oferujemy usługi projektowe, naprawcze i regulacyjne w zakresie optyki i mechaniki a także wykonujemy sprzęt na indywidualne zamówienie klienta.

ZŁĄCZKI I REDUKCJE

M42/Canon EOS 49.00
M42/Nikon 49.00
M42/T2 ..... 45.00
1,25"/M42 ..... 35.00
2"/M42 ..... 45.00
M42/web kamera 45.00
L-adapter mały 20.00
L-adapter duży 25.00

WYCIĄGI OKULAROWE
(Do refraktora, Newtona lub Cassegraina)

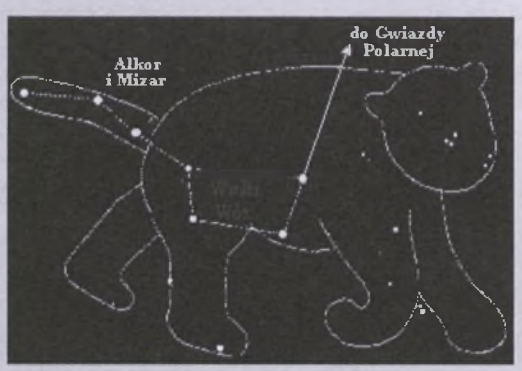
Obrotowy 1,25" 115.00
Przesuwny 1,25" 195.00
Przesuwny 2" 275.00

Niniejszy cennik jest jedynie niewielkim fragmentem oferty. Sprawdź wszystkie nasze produkty na *www.astrokrak.pl*

Ćwiczenia i zadania z astronomii
(w kursie fizyki i astronomii w liceum)

Jakkolwiek licea już od kilku lat realizują program nowego przedmiotu **fizyka i astronomia**, zarówno w podręcznikach, jak i w zbiorach zadań treści astronomiczne są często pomijane lub przynajmniej traktowane bardzo marginesowo. Sporo różnych zadań przedstawiłem we wcześniejszych artykułach. Były tam niejako ilustracją omawianych treści. Dziś chcę zwrócić uwagę na najprostsze nawet obserwacje dokonywane gołym okiem. Wielokrotnie przekonałem się, że wzbudzają one duże zainteresowanie uczniów. A wzbudzenie zainteresowania to podstawowy warunek powodzenia w nauczaniu.

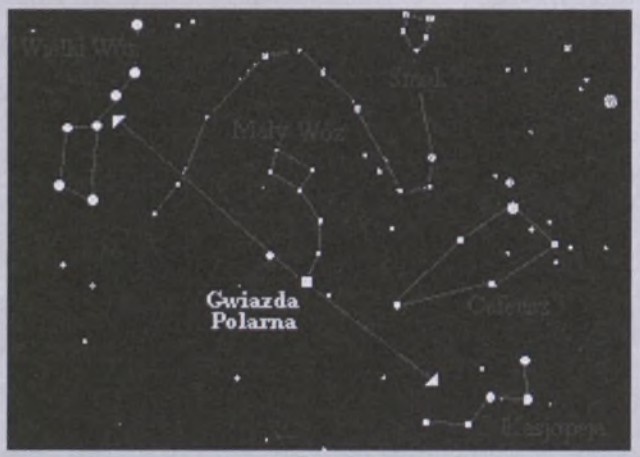
1. Czy orientujesz się na niebie? Czy potrafisz odszukać niektóre gwiazdozbiory? Jeśli nie, proponuję zacząć obserwacje. Zaczniemy od Wielkiego Wozu, który jest częścią gwiazdozbioru Wielkiej Niedźwiedzicy (rys. 1). Gwiazdozbiór łatwo znajdziemy na północnej stronie nieba. Prosta wyznaczona przez dwie tylne gwiazdy Wozu wskazuje Gwiazdę Polarną (w odległości 5 odcinków równych odległości między tymi gwiazdami).



Rys. 1

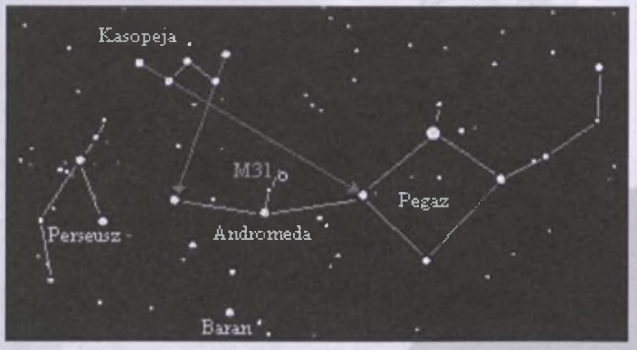
2. Wielką Niedźwiedzicę, w zależności od pory nocy, możemy zobaczyć taką jak na rysunku bądź stojącą na głowie lub leżącą „do góry nogami". Wyjaśnij, czym to jest spowodowane.

3. Wielka Niedźwiedzica i Gwiazda Polarna pozwalają z kolei odnaleźć gwiazdozbiór Kasjopei. Cztery najjaśniejsze gwiazdy tego gwiazdozbioru (rys. 2) tworzą charakterystyczny kształt litery W (lub M). Odnajdziemy go po przeciwnej stronie Gwiazdy Polarnej (względem Wielkiego Wozu).



Rys. 2

4. Od Kasjopei łatwo przejdziemy do gwiazdozbioru Andromedy (rys. 3). Trzecia z najjaśniejszych gwiazd tego gwiazdozbioru jest jednocześnie jedną z gwiazdozbioru Pegaza. Tworzy on rozległy, wyraźny czworokąt.



Rys. 3

5. Gwiazdozbiór Andromedy nie jest zbyt ciekawy, ale warto go odnaleźć, bowiem w nim możemy w sprzyjających warunkach (noc bezksiężycowa, czyste niebo, z dala od świateł miejskich) dostrzec najdalszy obiekt widoczny gołym okiem. Jest to Wielka Galaktyka Andromedy (M31) odległa od nas o ponad 2 mln lat świetlnych (rys. 3). Zobaczymy, co prawda, tylko jej najjaśniejszą część zwaną jądrem. Jest to jednocześnie jedyna galaktyka widoczna gołym okiem z północnej półkuli Ziemi (z półkuli południowej są widoczne dwie znacznie bliższe galaktyki karłowate: Wielki i Mały Obłok Magellana).

6. Nietrudno (szczególnie jesienią) odnaleźć gwiazdozbiór Łabędzia i znajdującą się w pobliżu bardzo jasną Węgę w gwiazdozbiorze Lutni (rys. 4). Najjaśniejsza gwiazda Łabędzia, Deneb, Wega i Altair w Orle tworzą rozległy trójkąt zwany Trójkątem Letnim.

Rys. 4

7. Na zimowym niebie wprost trudno nie zauważyć gwiazdozbioru Oriona (rys. 5). Na jego tle znajduje się jedyna dostrzegalna gołym okiem Wielka Mgławica Oriona (M42) —

Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA OSOP 2006

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zaprasza na szósty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA „OSOP 2006".

Obóz odbędzie się w dniach 20—31 lipca 2006 r. w schronisku „Cicha Dolina" w Roztokach Górnych (południowa część Bieszczad, na południe od Cisnej). Celem obozu jest nauczenie wszystkich chętnych podstaw obserwacji nieba.

W planie obozu znajduje się szkolenie w zakresie:

— orientowania się na niebie,
— podstaw określania czasu i współrzędnych w astronomii,
— podstaw optyki astronomicznej,
— obserwacji Słońca,
— obserwacji Księżyca, planet, planetoid oraz komet,
— obserwacji gwiazd zmiennych,
— obserwacji meteorów,
— obserwacji obiektów mgławicowych,
— obserwacji zjawisk zakryciowych.

Przewidziane są zarówno dzienne zajęcia teoretyczne, jak też obserwacje nocne. Instruktorami będą doświadczeni obserwatorzy, członkowie PTMA. Ponadto przewidziane są wykłady popularnonaukowe z dziedziny astrofizyki i kosmologii oraz planuje się przeprowadzenie wycieczek turystycznych po Bieszczadach.

Przewidywany koszt obozu to około 330 zł. Kwota ta obejmuje:

— nocleg w schronisku (należy wziąć własne śpiwory),
— transport z Krakowa (cena transportu zależy od ilości uczestników),
— ubezpieczenie.

Wyżywienie każdy uczestnik Obozu zapewnia we własnym zakresie. Można skorzystać ze stołówki schroniska, co jednak podnosi koszty.

Organizatorzy Obozu zapewniają zaopatrzenie w wystarczającą liczbę teleskopów, jednakże mile widziane jest posiadanie własnego sprzętu obserwacyjnego.

Warunkiem uczestnictwa w obozie jest:

— członkowstwo PTMA. Osoby nie należące do PTMA muszą się wcześniej zapisać;
— ukończone 18 lat. Osoby w wieku 16-18 lat muszą przedstawić pisemną zgodę rodziców. Osoby w wieku poniżej 16 lat mogą brać udział w Obozie wyłącznie wraz z pełnoletnim opiekunem.

Liczba miejsc ograniczona! Listę uczestników zatwierdzi Zarząd Oddziału Krakowskiego PTMA, a osoby zakwalifikowane zostaną powiadomione. Ostatecznym terminem przyjmowania zgłoszeń jest 31 maja 2006. Osoby zakwalifikowane muszą wpłacić podaną kwotę w ciągu tygodnia od chwili otrzymania potwierdzenia. Zgłoszenia oraz wszelkie pytania prosimy kierować do kierownika Obozu, dra Tomasza Ścieżora (tel. 012 266 12 41, e-mail sciezor@vistula.wis.pk.edu.pl) lub do dra Sławomira Stachniewicza (tel. kom. 0504 836 142, e-mail Slawomir.Stachniewicz@ifj.edu.pl).

olbrzymia chmura gazu oświetlonego przez jasne gwiazdy znajdujące się w jej wnętrzu.

Rys. 5

8. Jeśli odnalazłeś Oriona, łatwo zidentyfikujesz Sześciokąt Zimowy utworzony przez bardzo jasne gwiazdy: Rigel w Orionie, Syriusza w Wielkim Psie, Procjona w Małym Psie, Polluksa w Bliźniętach, Capellę w Woźnicy i Aldebarana w Byku (rys. 6). W pobliżu Aldebarana odnajdujemy bardzo dobrze widoczną gromadę gwiazd — Plejady. Warto zwrócic uwagę na różnicę barw Rigela (temperatura powierzchniowa ok. 12 000 K) i Betelgezy (temperatura ok. 3 000 K). Syriusz jest najjaśniejszą gwiazdą północnego nieba.

9. Czy widziałeś już na niebie którąś z planet? Jeśli nie, spróbuj odnaleźć przynajmniej jedną z aktualnie widocznych. Informacje o tym, które planety są aktualnie widoczne i w którym miejscu na tle gwiazd znajdziesz m. in. w miesięczniku *Wiedza i Życie*. Możesz też wykorzystać komputerową mapę nieba, np. *Home planet* (www.fourmilab.ch/homeplanet/homeplanet.html)

Wartościowe są również bardzo proste obliczenia i problemy znakomicie ułatwiające uczniom poprawną interpretację „astronomicznych" wielkości. I nie tylko.

Rys. 6

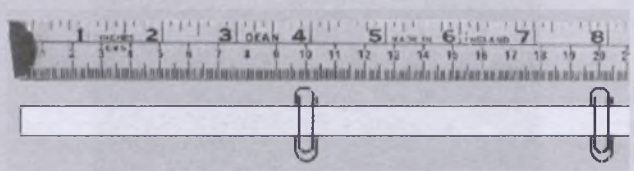
10. Odległość Ziemia — Słońce wynosi ok. 150 mln km. Ile czasu potrzebuje światło na przebycie tej drogi? Wyobraź sobie, że lecisz do Słońca szybkim samolotem z prędkością 1200 km/godz. Ile czasu będzie trwała podróż?

Rys. 7

11. Każdy metr kwadratowy powierzchni Ziemi ustawiony prostopadle do kierunku promieni słonecznych otrzymuje od Słońca w każdej sekundzie 1,36 kJ energii. Opierając się na tej informacji, oblicz moc promieniowania Słońca. Największa Polska elektrownia, Bełchatów, pracuje z mocą 4 440 MW, dostarczając krajowi ok. 20% zużywanej energii elektrycznej. Ile takich elektrowni produkowałoby tyle energii co Słońce?

12. To zdjęcie (rys. 7) zostało wykonane nieruchomym aparatem z bardzo długim czasem naświetlania. Gdzie (na jaką gwiazdę) był skierowany obiektyw aparatu? Oszacuj, ile czasu trwało naświetlanie zdjęcia.

13. Z obserwacji Hubble'a wynika, że wszystkie galaktyki oddalają się od nas z prędkościami proporcjonalnymi do ich odległości. Czy wynika stąd, że znajdujemy się w środku Wszechświata?

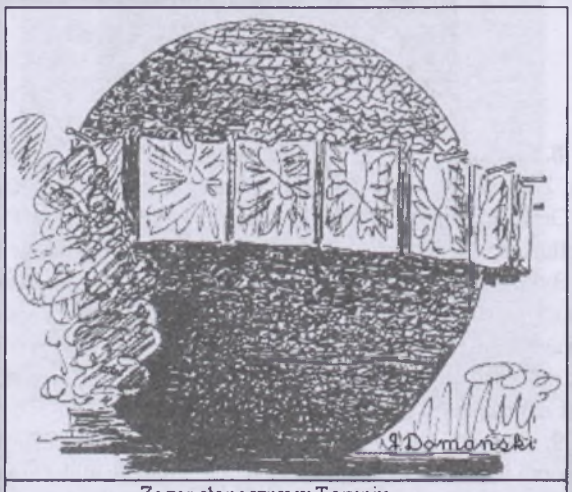


Rys. 8

14. Nie jesteś pewien, czy w poprzednim ćwiczeniu udzieliłeś poprawnej odpowiedzi? Aby się upewnić, wykonaj doświadczenie. Potrzebna będzie gumka bieliźniarska (ok. 1 m) i przymiar krawiecki (lub inny). Do gumki przypnij (co 10 cm) spinacze biurowe (rys. 8). Nazwijmy środkowy spinacz DM (Galaktyka Drogi Mlecznej). Kolejne na prawo G_1, G_2, G_3 ...Spinacze po lewej odpowiednio G_{-1}, G_{-2} ...Rozciągnij nieco gumę. Nie zmieniając rozciągnięcia gumy, przyłóż taśmę miernicą tak, aby kreska oznaczona jako 50 cm znalazła się naprzeciwko DM (tu być może przyda się pomoc kolegi (koleżanki)). Zobacz, jak oddaliły się od DM pozostałe galaktyki. Teraz przenieś błyskawicznie do innej galaktyki, np. G_2. Wystarczy w tym celu przesunąć taśmę miernicą tak, aby kreska oznaczająca 50 cm znalazła się naprzeciwko G_2. Zobacz, jak oddaliły się od niej pozostałe galaktyki. Możesz oczywiście powtórzyć doświadczenie dla innego rozciągnięcia gumy.

15. W wielu miastach spotkać można zegary słoneczne (rys. 9). Czy czas, jaki wskazuje zegar słoneczny i czas, jaki odczytujesz z twojego zegarka, są tym samym czasem? Uzasadnij swoje zdanie.

Juliusz Domański



Zegar słoneczny w Toruniu

Rys. 9

W dniach 14–17 lipca 2006 r. w związku z 70-leciem odkrycia komety Lisa oraz rozpoczęciem budowy Obserwatorium Astronomicznego na Lubomirze we wsi Węglówka odbędzie się konferencja astronomiczna

STACJA ASTRONOMICZNA NA LUBOMIRZE
w 70-lecie odkrycia komety Lisa

Wszystkich czytelników „Uranii–PA", astronomów zawodowych, członków PTA, PTMA, jak również sympatyków zapraszamy do uczestnictwa w konferencji oraz do wygłoszenia referatów.

Zgłoszenia uczestnictwa (oraz zgłoszenia referatów) należy kierować do Zarządu Głównego PTMA w Krakowie (31-055 Kraków ul. Miodowa 13/35, tel. 012-422-38-92 lub ptma@vistula.wis.pk.edu.pl)

Koszt uczestnictwa w konferencji 150 zł od osoby (dla zgłaszających się po 31 maja br. 180 zł). Wpisowe prosimy przekazywać również do 31 maja na adres PTMA lub na jego konto w BPH O/Kraków
nr 27 1060 0076 0000 4023 4001 0561

W ramach tej opłaty uczestnicy otrzymają materiały konferencyjne, noclegi, wyżywienie oraz transport na trasie Krakow—Węglówka—Kraków.

Zapraszamy do uczestnictwa

Julian Murzyn
Wójt Gminy Wiśniowa

Henryk Brancewicz
Prezes PTMA

Polski globus Marsa

Do obserwacji Czerwonej Planety przydaje się globus Marsa — warto jeszcze przed spojrzeniem w okular wiedzieć, na jakie lądy właśnie patrzymy. Niestety, takie cacko można kupić tylko wysyłkowo przez Internet za około sto dolarów. Bogumił Bubniak z Lipinek k. Biecza (niedaleko Gorlic), miłośnik astronomii zajmujący się zawodowo kowalstwem artystycznym, postanowił sam zrobić taki globus.

— *Jak wpadłeś na pomysł, żeby zrobić globus Marsa?*

Pomysł zrodził się po przeczytaniu książki Arthura C. Clarke'a „Śniegi Olimpu". Zafascynował mnie Mars i zapragnąłem mieć globus tej planety. Na początku chciałem kupić, ale okazało się, że w naszym kraju jest ciężko go zdobyć, więc postanowiłem zrobić sobie sam.

— *Skąd wziąłeś części? Jakie narzędzia są potrzebne do budowy takiego globusa?*

— Minęło prawie pół roku, zanim zabrałem się do pracy. Przez ten okres poszukiwałem dokładnych map planety i planowałem, co, jak i z czego będzie wykonane. Najpierw wykonałem drewniany stojak (uchwyt) — mam dostęp do niewielkiego warsztatu stolarskiego, zatem mogłem wykonać go samodzielnie. Kulę o średnicy 68 cm także wykonałem sam. Powstała ze sklejenia płatów styropianu o grubości 10 cm. Łuk stojaka posłużył jako wzór do wycięcia kuli. Następnie całość została wzmocniona siatką, wyszpachlowana i na koniec pomalowana odpowiednim gruntem w celu ujednolicenia i utwardzenia szpachli.

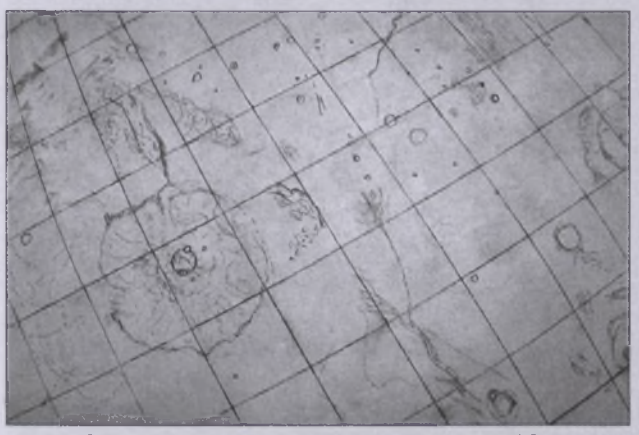
— *Jak nanosiłeś na globus siatkę i kontury marsjańskich lądów?*

— Najbardziej żmudną pracą było nanoszenie siatki. Kreślenie jej rozpocząłem od wyznaczenia równika z punktami co 5°. Łącząc nitką bieguny z kolejnymi punktami na równiku, rysowałem południki, natomiast mocując do łuku stojaka ołówek i kręcąc kulą, nanosiłem równoleżniki, oczywiście także co 5°. A szkicowanie konturów jest tym, na co czekałem — Dolina Marinerów! Ależ ona jest piękna...

— *Globus jest ciągle ulepszany?*

Pozostało mi jeszcze nanieść trochę więcej konturów, zakreślić koła podbiegunowe oraz zwrotniki Raka i Koziorożca. No i wreszcie to, co najtrudniejsze — pokrycie kiedyś całości kolorem. Myślę, że użyję do tego po prostu plakatówek i na samym końcu planuję całość czymś zaimpregnować.

Bogumił Bubniak i jego polski globus Marsa



Olympus Mons nakreślony według danych z NASA

— *Czy łatwo jest zrobić taki globus?*

— Każdy etap, zarówno wykonanie stojaka, kuli, kreślenie siatki, jak i konturów nie jest łatwy. No, nie mówiąc już o kolorowaniu, na temat którego będę mógł coś powiedzieć dopiero za jakiś czas. Jedno jest pewne! Żeby zrobić sobie samemu taki globus, należy być cierpliwym i nienerwowym (w chwilach, gdy coś nie wychodzi) i mieć trochę wolnego czasu.

— *Czy myślałeś o tym, żeby zrobić jeszcze inne globusy, np. Księżyca albo Wenus?*

— Jeszcze nie wiem. Ewentualnie jeżeli będę „cierpiał" kiedyś na brak zajęcia. Chociaż — Wenus? Hm, kto wie?

Na razie pozostaje nam czekać i podziwiać dotychczasowe osiągnięcia na stronie internetowej: http://www.astrobodi.of.pl/

Z Bogumiłem Bubniakiem rozmawiał Karol Pankowski

Zdjęcia wykonał Wiktor Bubniak

OZMA 2006

Tegoroczny X Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii odbędzie się na terenie stacji obserwacyjnej Pałucko–Pomorskiego Stowarzyszenia Astronomiczno–Ekologicznego w Niedźwiadach w dniach 3–6 sierpnia 2006 r. Choćby z tego względu, że zlot ten będzie jubileuszowy (10.) organizatorzy zapewniają szereg atrakcji. Szczegóły w następnym numerze „Uranii-PA" oraz na stronie www.ozma.astronomia.pl na początku maja. Serdecznie zapraszamy!

Zdzisław Szałkowski
sekretarz PPSAE

Lipiec

Słońce

W lipcu deklinacja Słońca z dnia na dzień maleje, w związku z czym dni są coraz krótsze. Dnia 4 lipca Ziemia znajdzie się w najdalszym od Słońca punkcie swojej orbity — w aphelium.

W Warszawie 1 lipca Słońce wschodzi o 2^h19^m, zachodzi o 19^h00^m, a 31 lipca wschodzi o 2^h55^m, zachodzi o 18^h29^m. W lipcu Słońce wstępuje w znak Lwa.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
VII 1	–2,77	2,85	7,56
3	–1,86	3,07	341,09
5	–0,95	3,29	314,61
7	–0,05	3,50	288,14
9	0,86	3,71	261,67
11	1,76	3,91	235,20
13	2,65	4,11	208,74
15	3,54	4,31	182,27
17	4,43	4,50	155,80
19	5,30	4,69	129,34
21	6,17	4,87	102,88
23	7,03	5,05	76,42
25	7,88	5,22	49,96
27	8,71	5,38	23,50
29	9,54	5,54	357,05
VII 31	10,35	5,69	330,59

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$1^d13^h42^m$ i $28^d18^h39^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

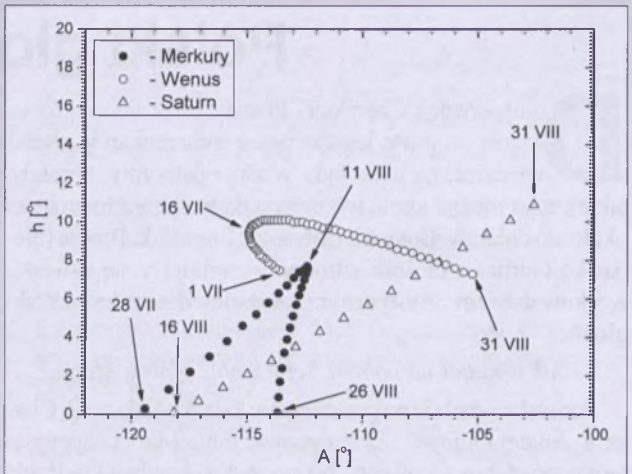
Bezksiężycowe noce będziemy mieli pod koniec miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $3^d16^h37^m$, pełnia $11^d03^h02^m$, ostatnia kwadra $17^d19^h13^m$ i nów $25^d04^h31^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się 1 lipca o 20^h13^m, w perygeum 13 lipca o 17^h31^m i ponownie w apogeum 29 lipca o 13^h04^m.

Planety i planetoidy

Merkury znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Nad ranem, nisko nad północno-wschodnim horyzontem, można odnaleźć **Wenus** świecącą z jasnością -4^m. W ciągu całego miesiąca wysokość planety nad horyzontem, mierzona na początku świtu cywilnego, tj. ok. godzinę przed wschodem Słońca, wzrośnie zaledwie z 8° do 10°. Przez teleskopy można zobaczyć tarczę Wenus, o średnicy ok. 11", w fazie zbliżającej się do pełni.

Na początku lipca, wieczorem, ok. godzinę po zachodzie Słońca, można próbować odnaleźć **Marsa**, świecącego z jasnością $+1,8^m$ zaledwie 9° nad zachodnim horyzontem. W ciągu miesiąca wysokość planety nad horyzontem maleje i, przy tak małej jasności, pod koniec lipca jego obserwacja staje się niemożliwa. Średnica tarczy planety wynosi zaledwie 4", co praktycznie uniemożliwia teleskopowe obserwacje jakichkolwiek szczegółów powierzchniowych.



Rys. 1. Merkury, Wenus i Saturn nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w lipcu i sierpniu 2006 na początku świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca)

Także wieczorem zobaczymy **Jowisza,** świecącego coraz niżej nad południowo-zachodnim horyzontem z jasnością $-2,2^m$. W ciągu miesiąca wysokość planety nad horyzontem, mierzona w godzinę po zachodzie Słońca, zmniejsza się od 22° do 15°.

Saturn znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

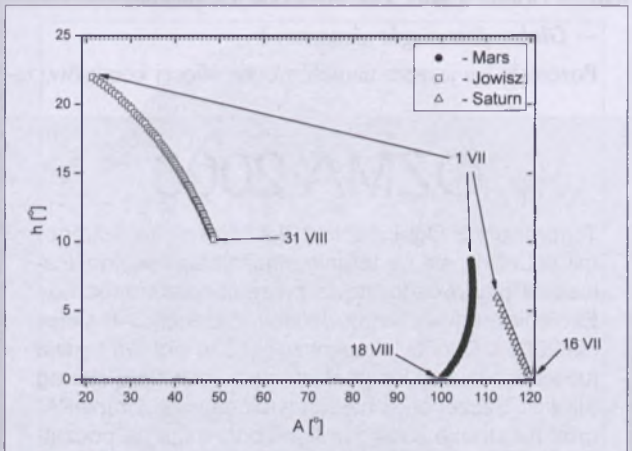
Uran i **Neptun** zbliżają się do opozycji i są widoczne całą noc 25° od siebie w gwiazdozbiorach odpowiednio Wodnika i Koziorożca.

Wieczorem można obserwować **Plutona** w gwiazdozbiorze Węża, jednak niezbędne jest posiadanie teleskopu o średnicy obiektywu (zwierciadła) równej przynajmniej 15 cm.

W lipcu możemy obserwować w pobliżu opozycji jasne planetoidy:

(1) Ceres, (jasność $7,8^m$). 10 VII: $22^h09,9^m$, –24°07'; 20 VII: $22^h05,5^m$, –25°15'; 30 VII: $21^h59,1^m$, -26°26'.

(6) Hebe, (jasność $8,0^m$). 10 VII: $21^h14,6^m$, –9°15'; 20 VII: $21^h09,6^m$, –10°47'; 30 VII: $21^h02,4^m$, –12°43'.



Rys. 2. Mars, Jowisz i Saturn nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w lipcu i sierpniu 2006 pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca)

(15) Eunomia, (jasność 8,3^m). 10 VII: 20^{h}50,6^m, –14°46'; 20 VII: 20^{h}41,8^m, –14°25'; 30 VII: 20^{h}31,8^m, –14°08'.

Meteory

W drugiej połowie lipca można obserwować meteory z kompleksu Akwarydów/Kaprikornidów: **Piscis Austrinidy (PAU)** (22^{h}44^m, –30°), **południowe delta Akwarydy (SDA)** (22^{h}36^m, –16°) i **alfa Kaprikornidy (CAP)** (20^{h}28^m, –10°). Roje te składają się ze słabych, stosunkowo wolnych meteorów, chociaż w skład CAP wchodzą też niekiedy bardzo jasne i powolne (a więc efektowne) bolidy. Południowe delta Akwarydy są jednym z najaktywniejszych rojów nieba południowego, aktywność dwóch pozostałych jest niska. Maksimum aktywności rojów przypada 28 lipca (PAU i SDA) i 30 lipca (CAP), toteż w ich obserwacjach nie będzie przeszkadzał Księżyc po nowiu.

* * *

1^{d}21^{h}56^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,4^m *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2005]*.

1^{d}23^h Minimalna libracja Księżyca (1,2°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

1^{d}23^{h}32^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2003]*.

4^{d}00^h W swoim ruchu po orbicie wokółsłonecznej Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, w aphelium, w odl. 1,016672 j.a.

5^{d}23^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 5°.

6^{d}19^h Jowisz nieruchomy w rektascensji.

8^{d}16^h Maksymalna libracja Księżyca (8,8°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieniona).

13^{d}07^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.

14^{d}23^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 1°.

15^d Gwiazda zmienna długookresowa U Her (miryda) (16^{h}25,8^m, +18°54') osiąga maksimum jasności (7,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 2/2004]*.

15^{d}03^h Minimalna libracja Księżyca (2,0°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione).

18^{d}07^h Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

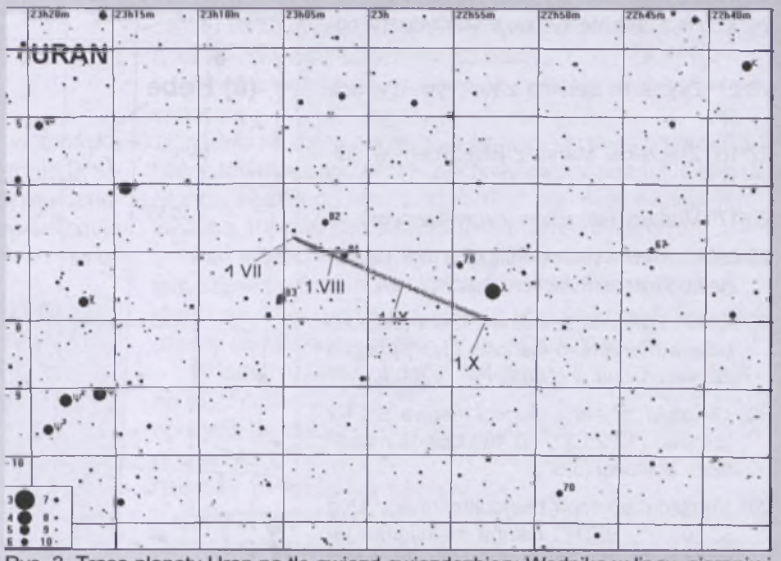
19^{d}20^{h}12^m Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2003]*.

21^d Gwiazda zmienna długookresowa RS Lib (15^{h}24,3^m, –22°55') osiąga maksimum jasności (7,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2004]*.

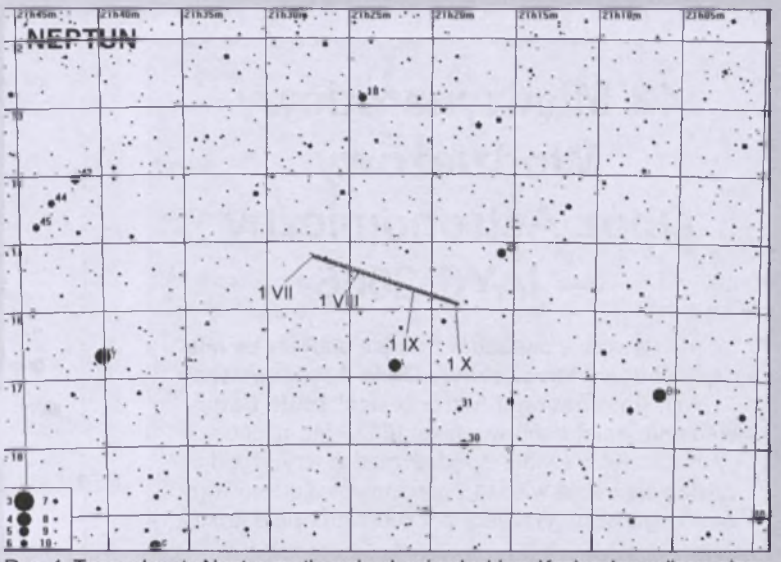
22^{d}03^h Maksymalna libracja Księżyca (8,6°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione).

22^{d}23^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 5°.

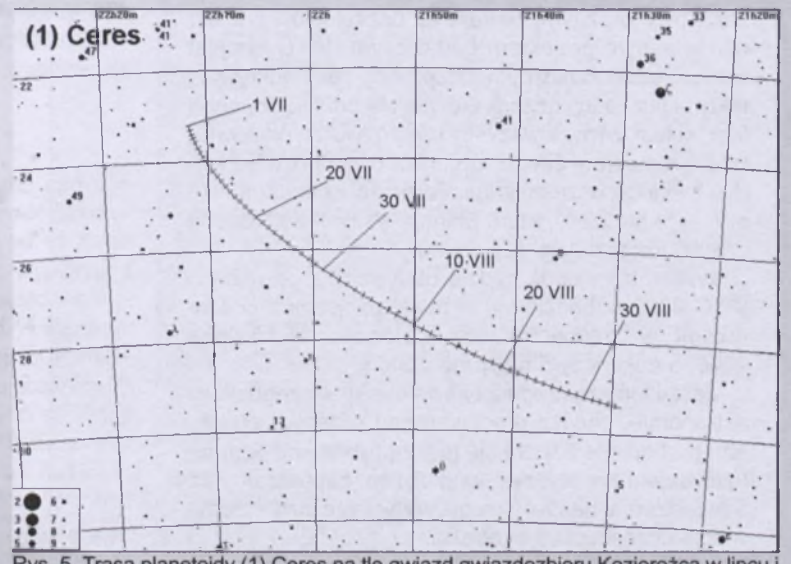
22^{d}23^{h}21^m Słońce wstępuje w znak Lwa, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 120°.



Rys. 3. Trasa planety Uran na tle gwiazd gwiazdozbioru Wodnika w lipcu, sierpniu i wrześniu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10,5^m)



Rys. 4. Trasa planety Neptun na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu, sierpniu i wrześniu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10,5^m)



Rys. 5. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu i sierpniu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 9^m)

24^d13^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odległości 9°.

26^d01^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.

27^d18^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 0,1°.

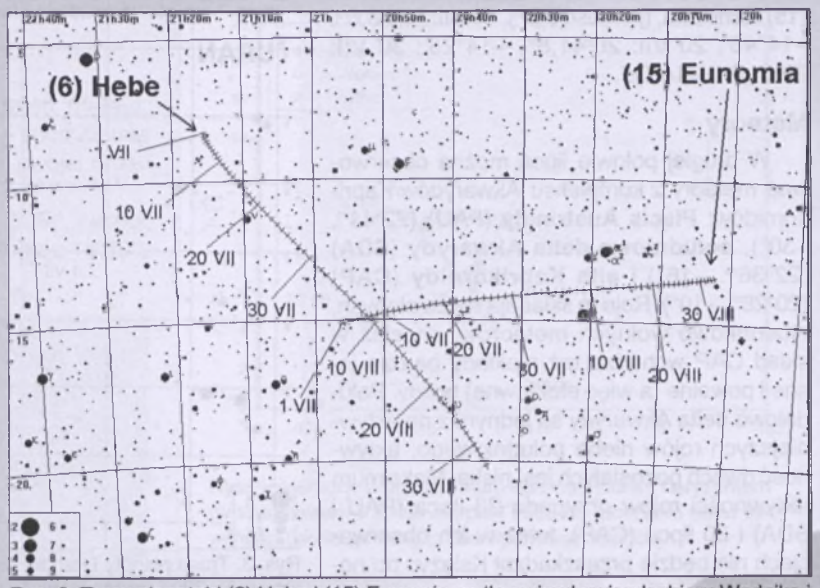
28^d17^h Merkury nieruchomy w rektascensji.

29^d06^h Minimalna libracja Księżyca (0,9°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

$29^d23^h49^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2003].*

30^d Gwiazda zmienna długookresowa SS Vir (miryda) ($12^h25,3^m$, +0°46') osiąga maksimum jasności ($6,8^m$).

31^d Gwiazda zmienna długookresowa V Peg ($22^h01,0^m$, +6°07') osiąga maksimum jasności ($8,7^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 4/2005].*



Rys. 6. Trasy planetoid (6) Hebe i (15) Eunomia na tle gwiazd gwiazdozbioru Wodnika i Koziorożca w lipcu i sierpniu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 9^m)

42 Międzynarodowy Młodzieżowy Obóz Astronomiczny — IAYC 2006

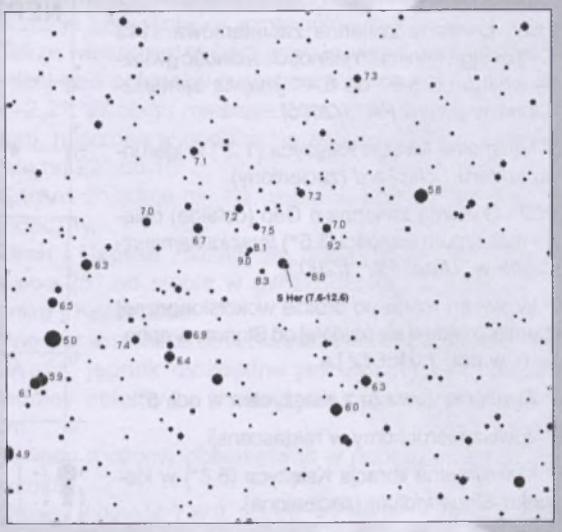
Co roku w jakimś miejscu w Europie odbywa się **Międzynarodowy Młodzieżowy Obóz Astronomiczny — IAYC** (**International Astronomical Youth Camp**). Siedemdziesiąt osób w wieku 16–24 lat, pochodzących z całego świata spędza razem trzy tygodnie dzieląc się swoją wiedzą i porozumiewając się w języku angielskim. Wszyscy oni interesują się astronomią.

IAYC różni się od innych obozów astronomicznych pod dwoma względami: tym, że jest to obóz międzynarodowy, oraz tym, że każdy z uczestników pracuje nad własnym projektem badawczym. IAYC nie jest kursem astronomicznym, uczestnicy sami odkrywają fakty, a nie są ich uczeni. Różnią się oni między sobą tłem kulturowym, a wszyscy razem tworzą niepowtarzalną atmosferę obozu. Organizatorzy obozu też kiedyś byli jego uczestnikami. Teraz są członkami IWA e.V. — organizacji, która planuje wszystko związane z IAYC już przeszło trzy dekady.

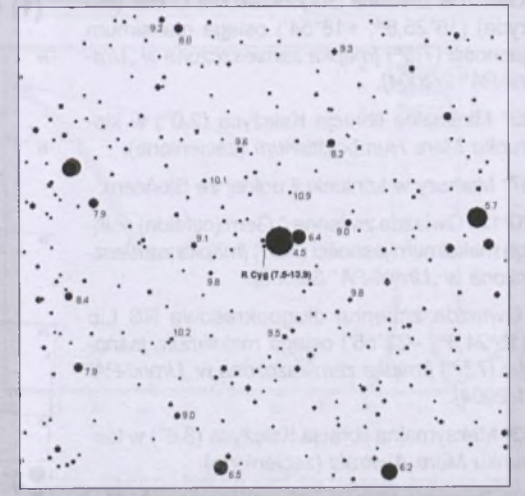
W tym roku obóz będzie odbywał się po raz 42. IAYC 2006 odbędzie się w małej miejscowości **Tremesek**, w Czechach. Obóz rozpocznie się **15 lipca 2006**, a zakończy **5 sierpnia 2006 r.**

Jeżeli lubisz przedmioty ścisłe, a w szczególności astronomię, chcesz pracować nad własnym projektem pod opieką lidera i nie masz problemu z porozumiewaniem się w języku angielskim, zapraszamy do odwiedzenia naszej strony **www.iayc.org** i oczywiście uczestnictwa w obozie.

Anna Lesiewicz



Rys. 7. Mapa gwiazdozbioru Herkulesa do obserwacji gwiazdy zmiennej S Her ($16^h51^m53,9^s$, +14°56'31"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 6°, północ u góry)



Rys. 8. Mapa gwiazdozbioru Łabędzia do obserwacji gwiazdy zmiennej R Cyg ($19^h36^m49,4^s$, +50°12'00"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 2°, północ u góry)

Sierpień

Słońce

W sierpniu deklinacja Słońca nadal maleje, w związku z czym dni są coraz krótsze. W Warszawie 1 sierpnia Słońce wschodzi o 2^h56^m, zachodzi o 18^h27^m, a 31 sierpnia wschodzi o 3^h45^m, zachodzi o 17^h26^m. W sierpniu Słońce wstępuje w znak Panny.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
VIII 1	10,75	5,77	317,37
3	11,54	5,91	290,92
5	12,31	6,05	264,47
7	13,07	6,18	238,02
9	13,81	6,30	211,58
11	14,54	6,42	185,13
13	15,24	6,53	158,69
15	15,94	6,63	132,25
17	16,61	6,72	105,82
19	17,26	6,81	79,38
21	17,90	6,89	52,95
23	18,51	6,96	26,52
25	19,11	7,03	0,10
27	19,68	7,08	333,67
29	20,23	7,13	307,25
VIII 31	20,76	7,17	280,83

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$25^d00^h11^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie sierpnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $2^d08^h46^m$, pełnia $9^d10^h54^m$, ostatnia kwadra $16^d01^h51^m$, nów $23^d19^h10^m$ i ponownie pierwsza kwadra $31^d22^h56^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się $10^d18^h29^m$ a w apogeum $26^d01^h21^m$.

Planety i planetoidy

Przez prawie cały sierpień, nad ranem, nisko nad północno-wschodnim horyzontem można obserwować **Merkurego**, którego jasność w ciągu miesiąca rośnie od $+1,3^m$ do $-1,5^m$. Maksymalną wysokość nad horyzontem, wynoszącą na początku świtu cywilnego (tj. ok. godzinę przed wschodem Słońca) prawie 8°, planeta osiągnie w dniu 11 sierpnia. Przez teleskop, przy powiększeniu przynajmniej 100×, można będzie wtedy zobaczyć tarczę Merkurego o średnicy 7" w fazie zbliżonej do kwadry. Przez teleskopy o średnicy obiektywu (zwierciadła) równej przynajmniej 10 cm i przy powiększeniu powyżej 150× można próbować dostrzec szczegóły powierzchniowe planety, w czym pomóc może użycie żółtego lub pomarańczowego filtru.

W porównaniu z lipcem, pogarszają się nieco warunki porannej widzialności **Wenus** i pod koniec miesiąca, na początku świtu cywilnego, można ją znaleźć na wysokości już tylko 7° nad wschodnim horyzontem.

Mars znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Z dnia na dzień pogarszają się warunki wieczornej widzialności **Jowisza** i pod koniec sierpnia, w godzinę po zachodzie Słońca, będzie go można próbować odnaleźć na wysokości już tylko 10° nad południowo-zachodnim horyzontem.

Pod koniec sierpnia nad porannym, wschodnim horyzontem pojawi się **Saturn**, którego wysokość z dnia na dzień będzie rosła i pod koniec miesiąca, na początku świtu cywilnego, znajdziemy go już na wysokości 11°, świecącego z jasnością $0,7^m$.

W sierpniu panują bardzo dobre warunki obserwacji **Urana** ($5,7^m$) i **Neptuna** ($7,8^m$) w związku z ich zbliżaniem się do opozycji. Do dostrzeżenia tarcz obu planet (o średnicach odpowiednio 3,7" i 2,3") niezbędny jest teleskop o średnicy przynajmniej 10 cm i powiększeniu 100×.

Wieczorem można obserwować Plutona, jednakże jasność planety wynosi jedynie $13,9^m$ i do jej zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

W sierpniu w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(1) Ceres, (jasność $7,6^m$). 9 VIII: $21^h51,1^m$, –27°33'; 19 VIII: $21^h42,3^m$, –28°29'; 29 VIII: $21^h33,8^m$, –29°09'.

(6) Hebe, (jasność $7,9^m$). 9 VIII: $20^h54,0^m$, –14°54'; 19 VIII: $20^h45,7^m$, –17°07'; 29 VIII: $20^h39,0^m$, –19°12'.

(15) Eunomia, (jasność $8,5^m$). 9 VIII: $20^h21,5^m$, –13°54'; 19 VIII: $20^h12,3^m$, –13°42'; 29 VIII: $20^h05,2^m$, –13°30'.

Meteory

Od 17 lipca do 24 sierpnia promieniują słynne **Perseidy (PER)**, rój związany z kometą 109P/Swift-Tuttle, o najbardziej regularnej corocznej aktywności. Model struktury strumienia przewiduje w tym roku wystąpienie głównego maksimum w nocy 12/13 sierpnia w godzinach 23:00—1:30. W tym okresie radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Perseusza i ma współrzędne: rekt. 3^h09^m, dekl. +59°. Obserwacje Perseidów w tym roku praktycznie uniemożliwi znajdujący się w pełni Księżyc.

W sierpniu nadal można obserwować meteory z kompleksu Akwarydów/Kaprikornidów. Są to przede wszystkim **Południowe iota-Akwarydy (SIA)** i **Północne iota-Akwarydy (NIA)**. SIA promieniują w okresie od 25 lipca do 15 sierpnia (maksimum 4 sierpnia) z radiantu o współrzędnych rekt. 22^h16^m, deki. –15°, natomiast NIA promieniują w okresie od 11 do 31 sierpnia (maksimum 20 sierpnia) z radiantu o współrzędnych rekt. 21^h48^m, dekl. –6°. Tak jak opisane wcześniej roje kompleksu, także i te mało aktywne roje składają się ze słabych, stosunkowo wolnych meteorów. W porannych obserwacjach SIA nie będzie przeszkadzał Księżyc po pierwszej kwadrze, a w obserwacjach NIA Księżyc zbliżający się do nowiu.

W okresie od 3 do 25 sierpnia możemy także obserwować meteory z roju **kappa-Cygnidów (KCG)**. Maksimum aktywności roju przypada 18 sierpnia, gdy współrzędne radiantu wynoszą: rekt. 19^h04^m, dekl. +59°. Także i ten rój składa się ze słabych, bardzo wolnych meteorów, lecz jego obserwacjom nie będzie przeszkadzał zbliżający się do nowiu Księżyc.

* * *

2^d07^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 5°.

$2^d22^h14^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2002]*.

4^d20^h Zakrycie gwiazdy τ Sco ($2,8^m$) przez ciemny brzeg Księżyca po pierwszej kwadrze, widoczne w całej Polsce (Szczecin

20^h25^m — Krosno 20^h43^m).

5^d07^h Maksymalna libracja Księżyca (9,7°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieniona).

$6^d23^h08^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 4/2003].*

7^d00^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości 19°.

7^d12^h Saturn w koniunkcji ze Słońcem.

$7^d23^h00^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2002].*

8^d Gwiazda zmienna długookresowa S Her ($16^h51,9^m$, +14°57') osiąga maksimum jasności ($7,6^m$).

9^d13^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 4°.

10^d06^h Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 2°.

10^d22^h Neptun w opozycji do Słońca.

11^d08^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 0,7°.

11^d10^h Minimalna libracja Księżyca (1,6°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione).

13^d Gwiazda zmienna długookresowa χ Cyg (miryda) ($19^h50,5^m$, +32°55') osiąga maksimum jasności ($5,2^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2002].*

$13^d21^h51^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2003].*

$14^d22^h33^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2001].*

18^d17^h Maksymalna libracja Księżyca (9,6°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione).

19^d Gwiazda zmienna długookresowa W Cet (miryda) ($0^h02,1^m$, −14°41') osiąga maksimum jasności ($7,6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 4/2002].*

21^d00^h Złączenie Merkurego z Saturnem w odl. 0,5°.

22^d03^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 2°.

22^d17^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.

22^d22^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 0,7°.

$23^d06^h25^m$ Słońce wstępuje w znak Panny, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 150°.

25^d Gwiazda zmienna długookresowa R Cas (miryda) ($23^h58,4^m$, +51°24') osiąga maksimum jasności ($7,0^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2002].*

25^d12^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 1°.

25^d17^h Minimalna libracja Księżyca (0,4°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

27^d00^h Złączenie Wenus z Saturnem w odl. 0,07°.

30^d Gwiazda zmienna długookresowa R Cyg (miryda) ($19^h36,8^m$, +50°12') osiąga maksimum jasności ($7,5^m$).

30^d Gwiazda zmienna długookresowa V Cas (miryda) ($23^h11,6^m$, +59°42') osiąga maksimum jasności ($7,9^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 4/2004].*

$30^d00^h14^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2003].*

31^d Gwiazda zmienna długookresowa V Mon (miryda) ($6^h22,7^m$, −2°11') osiąga maksimum jasności ($7,0^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 5/2003].*

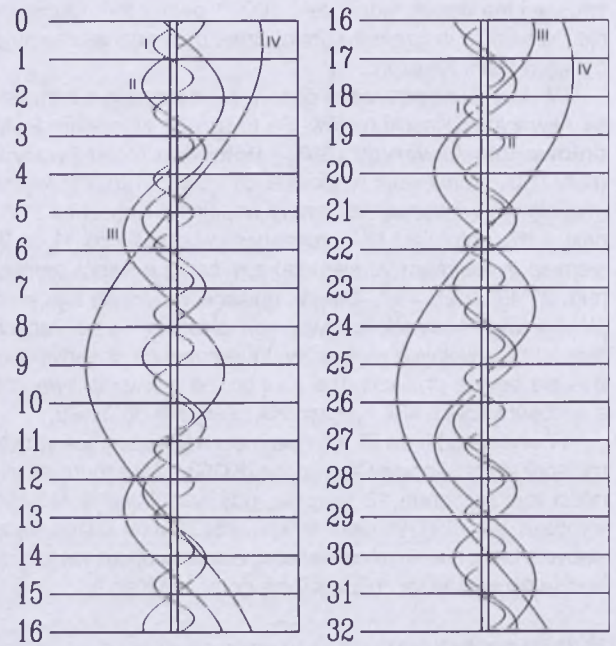
UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby otrzymać datę w obowiązującym w lipcu i sierpniu w Polsce „czasie letnim", należy dodać 2 godziny.

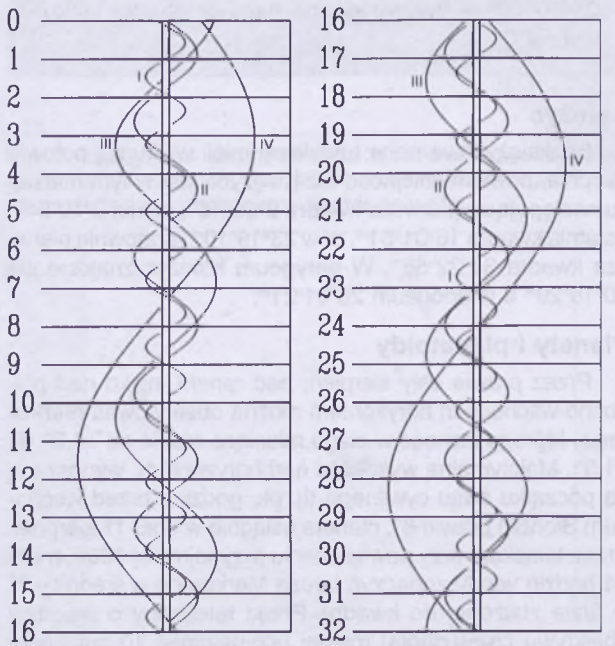
Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opracował T. Ściężor



Rys. 9. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lipcu 2006 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 10. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w sierpniu 2006 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo

Interesujące obiekty: **Psy Gończe**

Obiekt	Rodzaj obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ' : "]	V [mag.]	Rozmiary kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] /F[mm]
M 3	GK	13:42:12,0	+28:23:00	6,3	18'	40–60/8–15×	40–70/135–500
M 51	G	13:29:52,6	+47:11:44	8,1	11,2'×6,9'	60–80/30–60×	60–80/600–1000
M 94	G	12:50:53,1	+41:07:17	8,1	11,2'×9,1'		
M 106	G	12:18:57,8	+47:18:25	8,3	18,6'×7,2'		
M 63	G	13:15:49,0	+42:01:59	8,5	12,6'×7,2'		
NGC 4631	G	12:42:07,6	+32:32:30	9,0	15'×3,3'	70–100/40–80×	80/800–1200
NGC 4449	G	12:28:11,3	+44:05:42	9,4	5,1'×3,7'		
NGC 4490	G	12:30:36,1	+41:38:34	9,5	5,9'×3,1'		
NGC 5195	G	13:29:59,2	+47:16:03	9,6	5,4'×4,3'		
NGC 4214	G	12:15:38,8	+36:19:39	9,6	7,9'×6,3'		
NGC 5005	G	13:10:56,1	+37:03:31	9,8	5,4'×2,7'		
NGC 4244	G	12:17:29,9	+37:48:28	10,0	16,6'×1,9'	120–150/80×	100/800–1200
NGC 5033	G	13:13:28,0	+36:35:36	10,0	10'×5,6'		
NGC 4395	G	12:25:48,8	+33:32:48	10,0	13,2'×11'		
NGC 4656	G	12:43:58,1	+32:10:11	10,1	15,3'×2,4'		
NGC 4151	G	12:10:32,3	+39:24:24	10,3	6,3'×4,5'	150/80–100×	150/1500–2000
NGC 5371	G	13:55:40,0	+40:27:44	10,5	4,4'×3,6'		
NGC 4618	G	12:41:33,0	+41:09:04	10,6	4,4'×3,8'		
NGC 4111	G	12:07:02,9	+43:04:00	10,8	4,6'×1,0'	170–200/100×	150–200/2000
NGC 4143	G	12:09:36,2	+42:32:04	10,8	2,3'×1,4'		
NGC 4145	G	12:10:01,7	+39:52:58	10,8	5,9'×4,3'		
NGC 4242	G	12:17:30,0	+45:37:09	10,9	5,0'×3,8'		
NGC 5353	G	13:53:26,7	+40:16:59	11,1	2,8'×1,5'		
IC 4182	G	13:05:49,3	+37:36:23	11,1	4,8'×4,1'		
NGC 4220	G	12:16:11,8	+47:52:59	11,3	3,9'×1,4'	200–250/120×	200–250/2000
NGC 4217	G	12:05:50,6	+47:05:24	11,3	5,2'×1,5'		
NGC 4346	G	12:23:27,9	+46:59:38	11,3	3,3'×1,3'		
NGC 5377	G	13:56:16,7	+47:14:08	11,3	4,6'×2,7'		
NGC 4138	G	12:09:29,7	+43:41:08	11,3	2,6'×1,7'		
NGC 4460	G	12:28:45,5	+44:51:52	11,4	4,4'×1,4'		
NGC 5383	G	13:57:04,9	+41:50:46	11,5	3,5'×3,1'		
NGC 4914	G	13:00:42,9	+37:18:53	11,5	3,6'×2,2'		
NGC 5273	G	13:42:06,0	+35:39:00	11,5	2,8'×2,5'		
NGC 4800	G	12:54:37,8	+46:31:53	11,6	1,8'×1,4'		
NGC 5350	G	13:53:21,5	+40:21:50	11,6	3,2'×2,6'		
NGC 5112	G	13:21:56,6	+38:44:07	11,6	3,9'×2,9'		
NGC 5198	G	13:30:11,4	+46:40:15	11,7	2,1'×1,9'		
NGC 5297	G	13:46:23,4	+43:52:21	11,7	5,6'×1,3'		
NGC 4485	G	12:30:31,3	+41:42:03	11,7	2,4'×1,7'		
NGC 5395	G	13:58:37,9	+37:25:31	11,7	3,1'×1,7'		
NGC 5444	G	14:03:24,1	+35:07:57	11,7	2,7'×2,3'		

G — galaktyka, GK — gromada kulista

Wiesław Skórzyński

Leszek M. Sokołowski: ***ELEMENTY KOSMOLOGII dla nauczycieli, studentów i dociekliwych uczniów***. Wyd. ZamKor, s. 280, Kraków 2005.

Skoro dr hab. Leszek Sokołowski, pracownik naukowy Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, zaznacza w tytule, że *Elementy Kosmologii*... są między innymi dla „dociekliwych uczniów", to w takim razie są również dla dociekliwych miłośników astronomii. Potwierdza to zresztą powoływanie się autora na podręcznik *Fizyka dla szkół ponadgimnazjalnych* (autorzy: Maria Fiałkowska, Krzysztof Fiałkowski, Barbara Sagnowska) oraz na pozycję ks. prof. Michała Hellera *Ewolucja Kosmosu i kosmologii* (zob. np. „Urania–PA" nr 2/2006).

Prezentowana tu książka rozwiewa przede wszystkim wiele mitów, którymi obrosła szczególna i ogólna teoria względności (STW i OTW) oraz kosmologia — nie tylko wśród niektórych miłośników astronomii (że nie wspomnę już o nawiedzonych „poprawiaczach" fizyki współczesnej).

Im dalej w las, tym więcej drzew, czyli staje się gęściej i w lesie, i we wczesnym Wszechświecie... Jednak żarty na bok, bowiem sprawy zaczynają być poważne pod różnymi względami, również językowymi, o czym będzie na samym końcu tych pobieżnych z konieczności uwag.

Zaczęło się od... paradoksu Olbersa: dlaczego nocne niebo jest ciemne? Nie potrafiła tego wyjaśnić fizyka Newtona (prowadziła właśnie do paradoksu!). Spór trwał parę stuleci, wzmożony dodatkowo paradoksem grawitacyjnym Seeligera i sprawą tzw. „śmierci cieplnej" Wszechświata, czyli kwestią jego cech termodynamicznych. Tym właśnie wielusetwiekowym (bo być może nawet od czasów starożytnych filozofów greckich...) zmaganiom z „oporną materią" Kosmosu jest poświęcona prezentowana tu pozycja.

Po szerokim wprowadzeniu Czytelników we współczesną problematykę kosmologiczną — łącznie z wyjaśnieniem pojęcia Wszechświata oraz roli fizyki i geometrii w kształtowaniu kosmologii — autor przechodzi do wyłożenia założeń tej dziedziny nauki — teoretycznych i empirycznych.

Szczególną i szczegółową uwagę autor poświęca słynnym modelom Friedmanna oraz nie mniej słynnemu prawu Hubble'a, jak również osobliwości początkowej i ewolucji Kosmosu. Jak się wydaje, modele Friedmanna najpewniej zdają sprawę z kształtu i ewolucji Wszechświata, wbrew temu, co początkowo sądził o nich sam Einstein. Kształt i ewolucję Kosmosu opisuje oczywiście tzw. stała k określająca charakter krzywizny czasoprzestrzeni. Może ona przyjmować trzy wartości: jeśli $k = +1$, to Wszechświat jest zamknięty (stanowi go czterowymiarowa sfera); jeśli $k = 0$, to Wszechświat jest płaski (euklidesowy); natomiast jeśli $k = -1$, to Wszechświat jest otwarty (czasoprzestrzeń jest zakrzywiona i nieskończona). Dodajmy jeszcze, iż w drugim i trzecim przypadku nasz Wszechświat będzie się rozszerzał zawsze! Ponadto autor przedstawia kwestię odległości w kosmologii, tak często nurtującą niektórych miłośników astronomii. W trakcie opisu ewolucji Kosmosu jest szeroko uwzględnione również rozmieszczenie galaktyk we Wszechświecie, bogato ilustrowane głębokimi przeglądami nieba (obrazującymi m. in. tzw. Wielkie Mury, Supergromady, Grupę Lokalną — należy do niej Droga Mleczna, a dokładniej nasza Galaktyka).

Istotny parametr naszego Wszechświata stanowi jego średnia gęstość $r_{śr}$: najogólniej biorąc jeśli $r_{śr} \leq r_{kr}$, to Wszechświat jest otwarty; jeśli $r_{śr} > r_{kr}$, to Wszechświat jest zamknięty. Obecnie przyjmuje się, że $r_{śr} \approx r_{kr}$. Sprawa jest jednak bardziej zawiła, o czym Czytelnik może się przekonać podczas lektury.

Sporo miejsca autor poświęcił też promieniowaniu tła — drugiemu, po „ucieczce galaktyk", dowodowi na ekspansję (ewolucję) Wszechświata. Obecnie natomiast trwają intensywne poszukiwania neutrinowego promieniowania tła, co okazało się niełatwym zadaniem wobec istnienia trzech rodzajów neutrin, niemal bezmasowych i prawie nie oddziałujących z materią.

Dwa następne rozdziały, bardzo obszerne, przedstawiają: dzieje wczesnego Wszechświata (od opisu pierwotnej plazmy fizycznej, problemu grawitacji kwantowej, Ery Plancka, ery kolejno wyłaniających się „cząstek elementarnych", po erę radiacyjną i rekombinacji atomów, głównie wodoru), a także problem pochodzenia pierwiastków w obserwowanym Kosmosie (rozpowszechnienie pierwiastków, pierwotna nukleosynteza, reakcje termonuklearne i cykle przemian, eksplozje nowych i supernowych — czyli powstawanie pierwiastków w gwiazdach). Zamyka ten rozdział porównanie teorii pierwotnej nukleosyntezy z danymi empirycznymi, które ją potwierdzają.

Ostatni rozdział — *Poza modelem standardowym* (autor ma na myśli zarówno standardowy model kosmologiczny, jak i standardowy model cząstek elementarnych) — przedstawia egzotyczne hipotezy dotyczące pochodzenia i ewolucji Wszechświata (lub jej braku...), w tym zasadę antropiczną i problem inflacji. O ile ta ostatnia została niedawno zweryfikowana empirycznie, to zasada antropiczna (zwłaszcza silna albo „ostateczna") jest w gruncie rzeczy niefalsyfikowalna, dlatego większość uczonych (oraz filozofów i teologów) odrzuca ją jako „drogę do zrozumienia Wszechświata".

Podsumowuje tę pozycję „powrót do początku", czyli do paradoksu Olbersa, który zainicjował ciąg pytań i wątpliwości odnośnie natury obserwowanego Wszechświata, aż te kwestie wyłoniły z siebie kosmologię współczesną. Zasadniczy tekst kończy zdanie: *Ciemność nocnego nieba świadczy o tym, że Wszechświat miał początek i jego wiek jest skończony*.

Do tekstu podstawowego książki są dołączone *Aneksy* (12) przybliżające pewne problemy matematyczne oraz fizyczne, kolorowe fotografie obiektów pozagalaktycznych, mapy rozkładu temperatury promieniowania tła (w tzw. barwach umownych), wybrana literatura przedmiotu i *Skorowidz*.

Wracając do *Aneksów* — sądzę, iż to w nich należało umieścić większość wyprowadzeń, ponieważ tekst zasadniczy tak jest nimi przeładowany, że nawet „dociekliwy uczeń" nie poradzi sobie z nimi. Inna sprawa to fatalna, wręcz niechlujna edycja, wręcz nie uznająca obowiązującej w polskim interpunkcji! Prowadzi to niekiedy do niezamierzonego efektu niezrozumiałości tekstu — co właściwie autor miał na myśli? A szkoda, bowiem autor włożył wiele trudu w zaznajomienie nas z wielką przygodą intelektualną ludzkości.

T. Zbigniew Dworak

Muzyka z Internetu

Każdy miłośnik astronomii mający możliwość korzystania z Internetu docenia to źródło informacji, jak i wspaniałych zdjęć obiektów astronomicznych. Na następnej stronie kolega Roman Schreiber podaje świetny przykład adresu internetowego, pod którym można posłuchać różnych dźwięków o kosmicznym pochodzeniu. Jest to również bogate źródło muzyki, która może być obiektem naszego zainteresowania.

Aby nie zatonąć w tym potężnym infooceanie, ograniczę się tu do jednej tylko witryny: Strefy Wirtualnej Polski (http://strefa.wp.pl), gdzie można znaleźć ponad 70 tys. plików dźwiękowych w formacie mp3. Można je stamtąd nie tylko odsłuchać, ale legalnie i za darmo pobrać na dysk twardy komputera czy do innych urządzeń odtwarzających muzykę.

W Strefie każdy twórca muzyki może założyć swoje konto i umieszczać w nim swoje dzieła, przyporządkowując je do jednego z istniejących działów gatunków muzycznych. Mnie interesuje dział „Elektroniczna", a w szczególności podziały „Ambient" i „El-Muzyka".

Przed laty sam umieściłem tam kilka utworów skomponowanych przez kolegę, Andrzeja Matusewicza, jako tło muzyczne do pewnej międzynarodowej meteorytowej imprezy zorganizowanej na zamku w Lidzbarku Warmińskim, gdzie mieszkam. Muzyka sama w sobie okazała się na tyle interesująca, że namówiliśmy autora do wydania jej w postaci kasety magnetofonowej (technologia nagrywania własnych płyt CDR dopiero raczkowała). Gdy skromny nakład uległ wyczerpaniu, Andrzej zgodził się na zamieszczenie swoich kompozycji w Sieci. Są tam do dziś (http://andrzejmatusewicz.mp3.wp.pl).

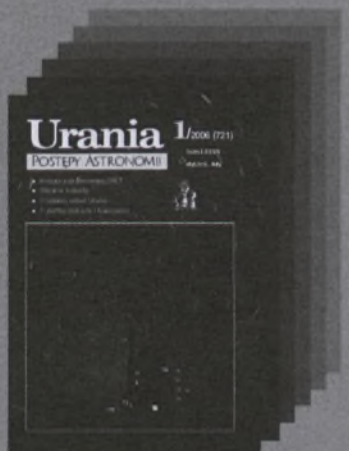
Bardziej nastrojową muzykę kosmiczną, pasującą do kontemplacji rozgwieżdżonego nieba, znajdziemy na stronie Adama Certamen Bownika. To bardzo płodny artysta (89 opublikowanych utworów!) mający skłonność do tworzenia dłuższych form muzycznych i często sięgający do tematyki astronomicznej, co widać po tytułach zamieszczonych w Strefie albumów (*Ekliptyka*, *Vega*, *S Andromedae*, *Phobos*, *Olympus Mons*). Muzyką Bownika zainteresowała się ostatnio niemiecka wytwórnia „Syngate" i wydała już 2 albumy z jego muzyką. Najnowszy album nosi tytuł *Mars Global Inspiration* i jak łatwo się domyślić, został zainspirowany trwającymi badaniami powierzchni Czerwonej Planety. Niestety, szanse na zaistnienie zawartych tam kompozycji w Sieci są raczej nikłe (no, chyba że wytwórnia nie będzie nimi zainteresowana, czego oczywiście życzyć Adamowi nie wypada).

Od jakiegoś czasu, przynajmniej liczebnościowo, internetowe dokonania Bownika zostały zdystansowane przez innego twórcę, Krzysztofa Duszkiewicza, tworzącego głównie muzykę w nurcie ambient i wcale nie łatwiejszą w odbiorze. Może mało tu odniesień do astronomii, ale muzyka naprawdę ciekawa.

Od jakiegoś czasu moim faworytem jest jednak Mr Smok (Adam Borkowski), czyli 1/4 zespołu Endorphine (http://www.smok.mp3.wp.pl). Jego muzyka działa na mnie wybitnie terapeutycznie i bardzo jestem ciekaw, jak zabrzmi na żywo pod kopułą planetarium (mam nadzieję usłyszeć w tym roku w Olsztynie lub Fromborku).

Połowy w morzu dźwięków za pomocą Sieci mogą trwać długo. Obowiązkowo muszę tu jeszcze wymienić Piotra Lenarta, akustyka z lubelskiego radia, który przez kilka lat prowadził tam własne audycje „Elmania", prezentujące szerokie spektrum muzyki elektronicznej. Obecnie sam tworzy i publikuje swoje dzieła. Podczas ubiegłorocznego koncertu na dziedzińcu olsztyńskiego zamku zachwycił mnie czystością wypracowanego brzmienia. Ponieważ jego muzyka z roku na rok staje się coraz bardziej dojrzalsza, warto będzie poświęcić mu więcej uwagi.

Jacek Drążkowski



INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2006 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 1160220200000000055305241

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii" i „Uranii-PA" udziela:

Karolina Wojtkowska
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: urania@astri.uni.torun.pl
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

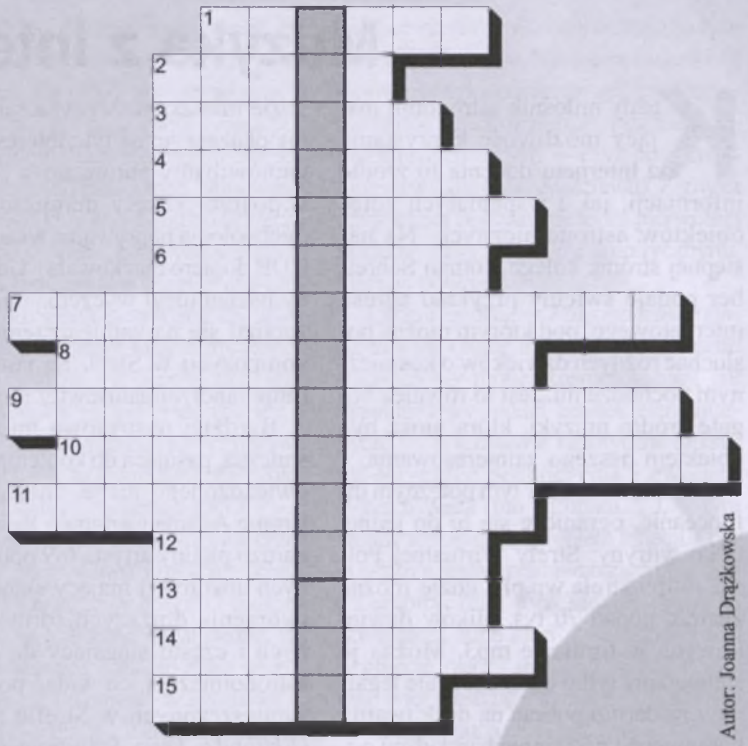
Krzyżówka

Kupon konkursowy Uranii-PA 3/2006

Rozwiązaniem krzyżówki z „Uranii-PA" nr 1/2006 były w założeniu nazwy 4 księżyców Urana: „KORDELIA, JULIA, ROZALINDA I ARIEL". Pomimo słusznych uwag p. Piotra Brycha (zamieściliśmy je w dziale listów w „Uranii-PA" 2/2006) dotarło do redakcji 10 rozwiązań zgodnych z oczekiwaniami. Nagrody książkowe wylosowali: **Grzegorz Górecki** z Mikołowa i **Piotr Wirkus** z Lęborka. Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą. Dodatkową nagrodę otrzymuje **Piotr Brych** z Warszawy za analityczne potraktowanie naszej zabawy.

Zapraszamy do nowej krzyżówki, gdzie tradycyjnie do diagramu należy wpisać słowa odpowiadające poniższym opisom. Litery z wyróżnionych pól utworzą hasło, które jest rozwiązaniem krzyżówki.

1. Np. wodne
2. Białe lub brązowe
3. Planeta lodu
4. Nazwisko twórcy polskiego globusa Marsa
5. Cząstka
6. Jedna z jasnych gwiazd zimowego nieba
7. Promień ...
8. Inaczej Grüneberg
9. Masa ...
10. Krzemiany o budowie warstwowej
11. Wieża w Zielonej Górze
12. Substancje z wbudowaną wodą
13. Najjaśniejsza gwiazda na niebie
14. Chronodynamika ...
15. Tak nazywana jest mgławica M82



Autor: Joanna Drążkowska

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwie książki o tematyce astronomicznej. Na rozwiązania czekamy do końca czerwca br. Osoby nie będące prenumeratorami „Uranii-PA" muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

Nazwy księżyców, które tworzyły hasło „System Urana" w diagramie w „Uranii-PA" 1/06: CRESSIDA, TYTANIA, DESDEMONA, PORTIA, OFELIA, UMBRIEL, PUK, OBERON, MIRANDA, BELINDA, BIANKA (pisownia wg *Słownika szkolnego. Astronomia*, WSiP 1994)

Ciekawe strony internetowe...

W dzisiejszej notce proponuję krótką wycieczkę w świat fal radiowych powstających w Układzie Słonecznym. Można je nie tylko zarejestrować, ale po odpowiednim przetworzeniu (trochę tak, jak w zwykłym odbiorniku radiowym) również usłyszeć.

Pod adresem http://www-pw.physics.uiowa.edu/space-audio/ znajdziemy próbki sygnałów pochodzących od najróżniejszych obiektów z magnetosferycznym otoczeniem Ziemi włącznie. Wszystkie obserwacje łączy fakt wykorzystania dla ich przeprowadzenia urządzeń zbudowanych przez grupę prof. Donalda Gurnetta z University of Iowa. Uczestniczy ona do dziś w większości misji związanych z obserwacjami fal radiowych i plazmowych w naszym układzie planetarnym (ostatnie dane pochodzą z misji magnetosferycznej CLUSTER oraz z sondy CASSINI krążącej obecnie wokół Saturna). Dostępne na stronie próbki dotyczą naturalnych emisji radiowych Ziemi, takich jak Kilometrowe Promieniowanie Radiowe Ziemi (AKR), czy ich odpowiednika dla Saturna, emisji rejestrowanych w okolicach Ganimedesa, Callisto, Europy, ale też produkowanych w koronie słonecznej, jak i na krańcach heliosfery. Można nawet posłuchać, jak brzmią elektromagnetyczne sygnatury wyładowań atmosferycznych Saturna, lub co „słychać" w trakcie przechodzenia przez pierścienie planety.

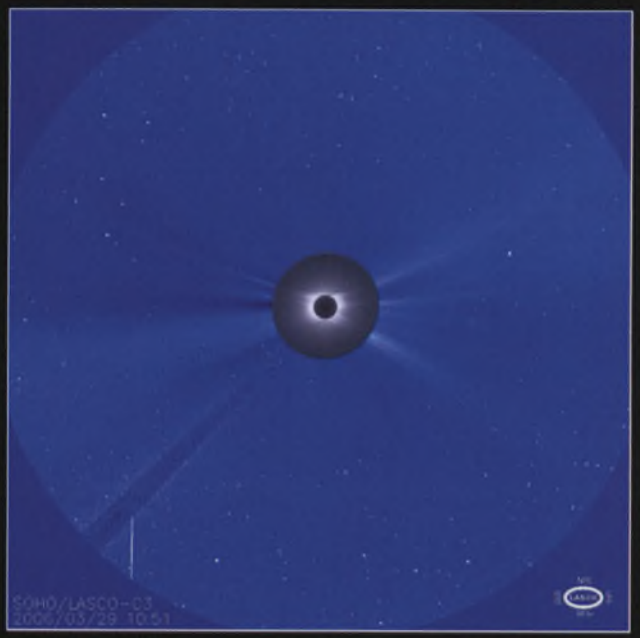
(*rs*)

Zaćmienie Słońca 29 marca 2006 r.

Galeria Uranii

Nasz Przyjaciel z Grecji, Anthony Ayiomamitis, już parę godzin po zaćmieniu, przysłał nam kilka zdjęć z tego niezwykłego spektaklu Natury. Wraz z ok. 3 tys. gości z całego świata przeżywał i fotografował zaćmienie na maleńkiej (9 km kw.) greckiej wyspie Kastelorizo we wschodniej części archipelagu Wysp Egejskich. Liczba gości 15 razy przewyższała liczbę mieszkańców. Ale przepiękna pogoda pozwoliła cieszyć się spektaklem, obserwować perły Baily'ego (zdjęcie u góry), koronę wraz z licznymi protuberancjami u jej podstawy (zdjęcie w środku) oraz niezwykłą zmianę kolorystyki nieba (której niestety zdjęcia nie potrafią uchwycić).

Przytaczamy też zdjęcia nadesłane nam przez Tomasza Ścieżora z Krakowa. Nasz Kolega obserwował w Turcji, w miejscowości Side. Wszystkie zdjęcia wykonał aparatem Practica LTL na filmie FUJI Superia 200 ASA, obiektywem 135 mm z dołączonym konwerterem 2× (wypadkowa ogniskowa 270 mm). Poniżej, pierścień z diamentem z końcowego stadium fazy częściowej. Prezentowane niżej zdjęcie korony słonecznej to efekt złożenia 9 zdjęć fazy całkowitej wykonanych w zakresie ekspozycji od 1/500 do 10 s. Dodatkowo został zwiększony kontrast metodą „nieostrej maski". Jako ciekawostkę zamieszczamy to zdjęcie usytuowane na tle korony sfotografowanej przez satelitę SOHO. U dołu sekwencja przebiegu zaćmienia: zdjęcia faz częściowych wykonano, poczynając od 9:30 UT co 10 min, zdjęcie fazy całkowitej wykonano o 10:57 UT



ISSN 0032-5414

Wieża Braniborska
— obecnie siedziba Instytutu Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego i jego Obserwatorium Astronomiczne

Urania

Postępy Astronomii

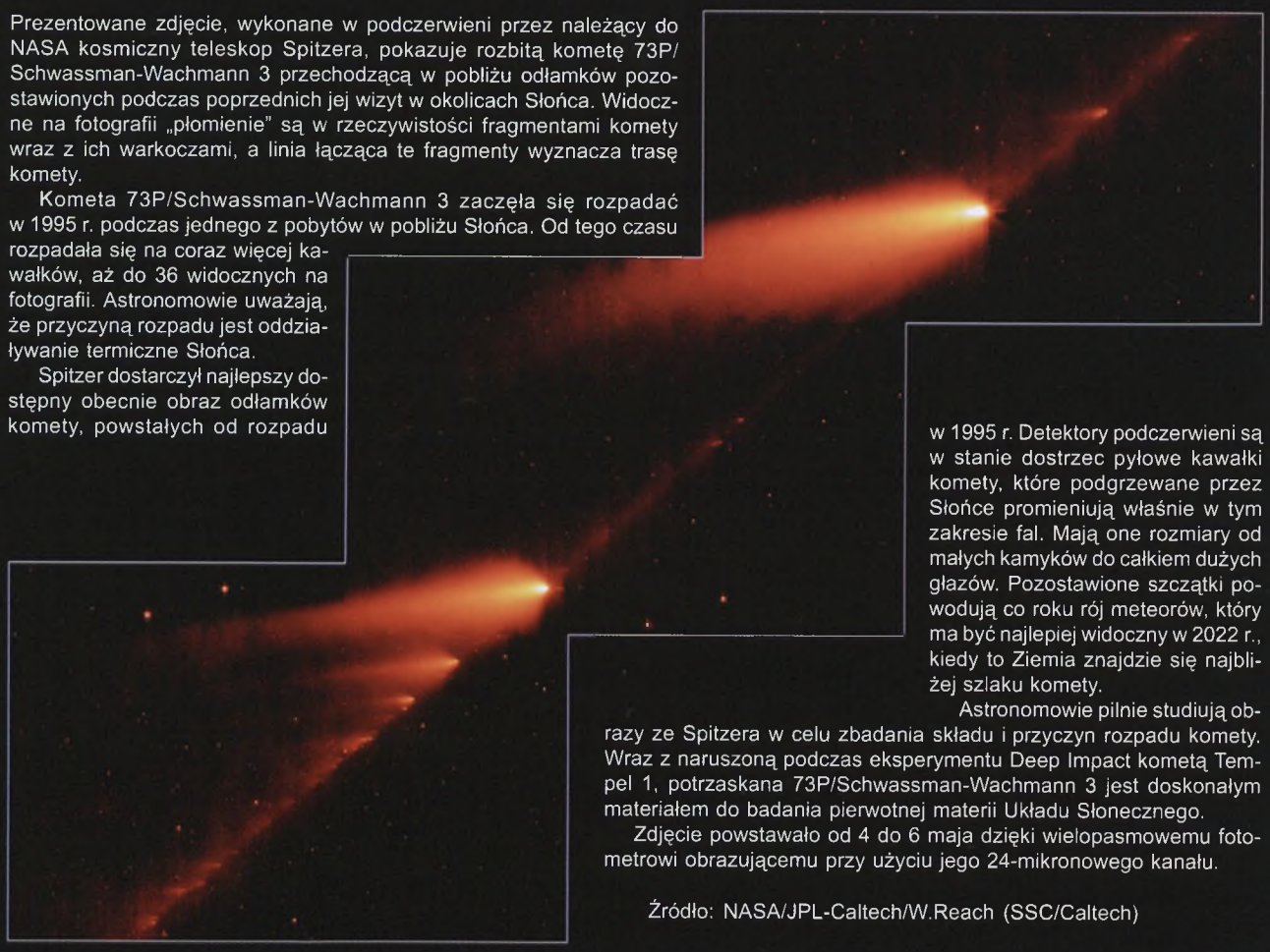
4/2006 (724)

tom LXXVII

lipiec—sierpień

- Dwie nowe książki o sprawie Galileusza
- Światy pod dwoma słońcami
- Wywiad z prof. A. Opolskim
- Zaćmienie zaćmieniu nierówne

Milion kawałków komety



Prezentowane zdjęcie, wykonane w podczerwieni przez należący do NASA kosmiczny teleskop Spitzera, pokazuje rozbitą kometę 73P/Schwassman-Wachmann 3 przechodzącą w pobliżu odłamków pozostawionych podczas poprzednich jej wizyt w okolicach Słońca. Widoczne na fotografii „płomienie" są w rzeczywistości fragmentami komety wraz z ich warkoczami, a linia łącząca te fragmenty wyznacza trasę komety.

Kometa 73P/Schwassman-Wachmann 3 zaczęła się rozpadać w 1995 r. podczas jednego z pobytów w pobliżu Słońca. Od tego czasu rozpadała się na coraz więcej kawałków, aż do 36 widocznych na fotografii. Astronomowie uważają, że przyczyną rozpadu jest oddziaływanie termiczne Słońca.

Spitzer dostarczył najlepszy dostępny obecnie obraz odłamków komety, powstałych od rozpadu w 1995 r. Detektory podczerwieni są w stanie dostrzec pyłowe kawałki komety, które podgrzewane przez Słońce promieniują właśnie w tym zakresie fal. Mają one rozmiary od małych kamyków do całkiem dużych głazów. Pozostawione szczątki powodują co roku rój meteorów, który ma być najlepiej widoczny w 2022 r., kiedy to Ziemia znajdzie się najbliżej szlaku komety.

Astronomowie pilnie studiują obrazy ze Spitzera w celu zbadania składu i przyczyn rozpadu komety. Wraz z naruszoną podczas eksperymentu Deep Impact kometą Tempel 1, potrzaskana 73P/Schwassman-Wachmann 3 jest doskonałym materiałem do badania pierwotnej materii Układu Słonecznego.

Zdjęcie powstawało od 4 do 6 maja dzięki wielopasmowemu fotometrowi obrazującemu przy użyciu jego 24-mikronowego kanału.

Źródło: NASA/JPL-Caltech/W.Reach (SSC/Caltech)

Zegar słoneczny w Milanówku, składający się z głazów narzutowych, pokazuje czas od godz. 12 do 18. Kamień znajdujący się w środku kręgu wyznacza miejsce, w którym stojący człowiek rzuca cień wskazujący aktualną godzinę czasu lokalnego. Fot. Jerzy Puszcz (zdjęcie wykonane 6 czerwca br. o godz. 17.30)

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

fot. A. Dauksza-Wiśniewska

W czerwcu br. Nestor polskich astronomów Profesor Antoni Opolski ukończył 93 lata . Z tej okazji raz jeszcze składamy czcigodnemu Panu Profesorowi wyrazy szacunku oraz życzenia zdrowia i długich lat życia. Dziękujemy też za rozmowę m.in. wspominającą życie w oflagu w czasie II wojny światowej oraz historię ciekawego instrumentu astronomicznego Obserwatorium Wrocławskiego. Rozmowę tę zamieściliśmy na s. 164–168.

O planetach pod dwoma słońcami, czyli o problemach planet występujących w układach podwójnych i wielokrotnych gwiazd pisze Krzysztof Hełminiak. Tych planet jest znacznie mniej niż planet wokół gwiazd pojedynczych. Czy rzeczywiście planety powstają chętniej wokół gwiazd pojedynczych, czy też wynika to z selekcji obserwacyjnej związanej z technikami odkrywania planet? W każdym bądź razie jest to ciekawy problem dotyczący powstawania i ewolucji układów planetarnych. Polecam lekturę tego artykułu.

Sprawa procesu Galileusza co jakiś czas zaprząta uwagę zarówno badaczy-historyków, jak i tzw. szerokiej publiczności. W latach 1981–1992 odbyły się w Watykanie posiedzenia komisji ds. ponownego zbadania okoliczności procesu Galileusza przed sądem Inkwizycji. Jej raport, ogłoszony w 1992 r., nie zadowolił jednak badaczy tej sprawy. Ostatnio (2005 r.) ukazały się dwie książki, które są plonem dalszych badań sprawy Galileusza. Ich treść i stan badań nad tą sprawą przybliża nam Andrzej Krasiński (s. 148).

Zaćmienie Słońca z dnia 29 marca br. i liczne wyprawy na obserwacje tego zjawiska w rejonie przebiegu pasa całkowitego zaćmienia zaowocowały wieloma „raportami" na ten temat. Dużo więc miejsca poświęcamy temu wydarzeniu. Nie wszystkie opisy zmieściły się w bieżącym zeszycie, ale wydaje się nam, że przynajmniej wyselekcjonowaliśmy najciekawsze zdjęcia uzyskane przez naszych Czytelników.

Szeroko omawiamy XLIX Olimpiadę Astronomiczną, która zakończyła się zawodami finałowymi 12 marca 2006 r. w Planetarium w Chorzowie. Dwa pierwsze miejsca zajęły panie: Krystyna Macioszek z Zielonej Góry i Karolina Sołtys z Lublina — gratulujemy. O innych laureatach można przeczytać na s. 178, ale obecnych i przyszłych uczestników tych olimpijskich zmagań gorąco zachęcamy do uważnej lektury szczegółowego omówienia kilku zadań Olimpiady Astronomicznej pióra Jerzego Kuczyńskiego, jednego z organizatorów i jurorów tego konkursu. Studentom, uczniom i wszystkim miłośnikom astronomii polecamy też korzystanie z bardzo ciekawej i użytecznej książki. Uniwersytet Warszawski wydał Obserwacje i pomiary astronomiczne *Andrzeja Branickiego z Białegostoku, a Andrzej Strobel przedstawia jej krótką recenzję i zaleca ją też do podręcznej biblioteki każdego nauczyciela fizyki i astronomii.*

Jak zwykle zamieszczamy kalendarzyk astronomiczny, już na wrzesień i październik, opracowany przez Tomasza Ścieżora oraz wskazujemy interesujące obiekty w gwiazdozbiorach Puchar, Rak i Ryby. Nie zapomnieliśmy o nowych odkryciach, wydarzeniach krajowych, Galerii Galaktyk, felietonie muzycznym, krzyżówce i ciekawych stronach internetowych.

Nasze strony internetowe zostały ostatnio odnowione: uzyskały nową szatę graficzną, są bardziej „przyjazne" dla użytkowników. Kalendarz astronomiczny szybko podaje wydarzenia danego dnia. Prostszy jest dostęp do materiałów archiwalnych i tych materiałów jest coraz więcej. A to wszystko dzięki pracy kol. Marka Gołębiewskiego. Ciekawi jesteśmy Państwa opinii na temat tych stron.

Życzę Państwu przyjemnej lektury i pogodnego letniego nieba

Toruń, w czerwcu 2006 r.

BIBLIOTEKA
w TORUNIU

VIII Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA

„Struktura i ewolucja komet i innych drobnych ciał Układu Słonecznego" 13–15 X 2006

w jubileusz 80-lecia prof. dr. hab. Konrada Rudnickiego oraz w 70 rocznicę odkrycia komety C/1936 O1 przez Władysława Lisa

Informujemy, że w dniach 13–15 października br. w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie „Fort Skała" (OAUJ), ul. Orla 171, odbędzie się VIII Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA.

Członkowie SOK (z opłaconą składką PTMA i SOK) mogą brać udział w konferencji w ramach składki, inne osoby po uiszczeniu opłaty konferencyjnej, wynoszącej dla członków PTMA 15 zł, dla pozostałych 30 zł.

Istnieje możliwość noclegów w hotelu „Fort 39" w odległości ok. 1,5 km od OAUJ w cenie 20 zł/noc od osoby (ewentualnie należy doliczyć jednorazową opłatę w wysokości 3 zł za pościel).

Przewidywany porządek konferencji:

13 październik (piątek)
- przyjazd uczestników
- odczyt inauguracyjny
- otwarcie sesji zdjęciowej

14 październik (sobota)
- odczyty zaproszonych prelegentów (krajowych i zagranicznych)
- dyskusja nad problemami obserwacji komet
- kolacja przy ognisku
- obserwacje nieba

15 październik (niedziela)
- odczyty referatów zgłoszonych
- omówienie stanu bieżącego i przyszłości SOK

Osoby pragnące w ramach konferencji wygłosić referat są proszone o dostarczenie jego pisemnej wersji do końca września br. Sam tekst nie powinien przekraczać 1/4 arkusza autorskiego, to jest 10 000 znaków (w pliku czysto tekstowym jest to równowartość ilości bajtów) lub około 6 stron maszynopisu znormalizowanego (30 linii po 60 znaków). Zapewniamy dobrą jakość grafiki wykresów i rysunków, jeśli zostaną przesłane w postaci wektorowej (pliki postscriptowe PS i EPS) albo na papierze w możliwie dużym formacie (najlepiej A4, lecz nie większym).

Wszystkie prezentowane referaty zostaną następnie opublikowane w Biuletynie Naukowym SOK PTMA „Komeciarz" (ISSN 1644-1303).

Pytania natury technicznej najlepiej kierować do redaktora technicznego Biuletynu na jego adres elektroniczny qmq@vistula.wis.pk.edu.pl lub na adres SOK PTMA.

Zgłoszenia udziału w konferencji wraz z rezerwacją miejsca noclegowego prosimy przesyłać na adres:

Sekcja Obserwatorów Komet PTMA
ul. Miodowa 13/35
31-055 Kraków

oraz e-mail: SOK@vistula.wis.pk.edu.pl

Na zgłoszenia oczekujemy do 30 września 2006.

Tu może być reklama Twojej Firmy!

Nasz cennik jest następujący:

cała strona kolorowa: 1000,00 zł
cała strona czarno-biała: 400,00 zł

Przy mniejszych formatach dla stron czarno-białych:

1/2 s.: 300,00 zł
1/4 s.: 200,00 zł
1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł".
Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

X Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii — Niedźwiady 2006

Termin zlotu: 3–6 sierpnia 2006 r.
Temat przewodni: Zaćmienia Słońca

Dziesiąty zlot to okazja do podsumowań i wspomnień, ale nie tylko... Każdy będzie miał możliwość zaprezentowania własnych dokonań. Zachęcamy do zabrania sprzętu optycznego ze względu na dobre warunki obserwacyjne.

OZMA nie jest typowym zlotem astronomicznym, mogą brać w nim udział zarówno profesjonalni astronomowie, zaawansowani miłośnicy, jak i zupełnie początkujący, a także ich rodziny czy przyjaciele. Zachęcamy wszystkich chętnych, mile widziane całe Kluby i Stowarzyszenia. Osoby niepełnoletnie przywożą zgodę rodziców.

W programie zlotu tradycyjnie znajdą się takie punkty, jak: konkurs astronomiczny z nagrodami, wykłady i prelekcje zaproszonych gości specjalnych.

Termin zlotu: 3–6 sierpnia 2005.

Miejsce zlotu: stacja Obserwacyjna PPSAE w Niedźwiadach koło Szubina.

Organizatorzy: PPSAE przy współudziale Urzędu Miasta i Gminy Szubin oraz Szubińskiego Domu Kultury.

Zakwaterowanie: Własne namioty, przyczepy kempingowe, w wyjątkowych sytuacjach udostępniamy nocleg w pomieszczeniu.

Wyżywienie: Zapewniamy tradycyjnie dwa obiady i kiełbaski na ognisko. Pozostałe posiłki we własnym zakresie.

Koszt uczestnictwa: Zlot nie jest imprezą dochodową, organizatorzy liczą jedynie na zwrot poniesionych kosztów. Opłata za uczestnictwo wynosi 55 zł. Cena obejmuje: koszulkę z nadrukiem, identyfikator, dwa obiady, kiełbaski i pieczywo + dodatki na ognisko, koszt energii elektrycznej, bieżącej wody, WC, itp.

Termin przyjmowania zgłoszeń upływa 25 lipca 2006 r. Zgłoszenia i pytania związane z imprezą przyjmujemy na adresy: ozma@astronomia.pl lub tradycyjną pocztą PPSAE „Grupa Lokalna", Niedźwiady 19, 89–205 Tur oraz zdzih.foto@wp.pl lub telefonicznie (raczej w godzinach późno popołudniowych) nr kom 508 295 588.

Zapraszamy!

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się **„Uranii"** — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i **„Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CBK PAN

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomii
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81
Poczta elektroniczna (E-mail address):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.pta.edu.pl
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Karolina Wojtkowska, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2006 kosztuje 54 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 zł.

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Zarząd Główny – Sekretariat
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146
E-mail: hania@camk.edu.pl
WWW: www.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w czerwcu roku 2006

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

W NUMERZE

148 ***Dwie nowe książki o sprawie Galileusza***
Andrzej Krasiński

W latach 1981–1992 w Watykanie odbywała swe posiedzenia powołana przez Jana Pawła II komisja do sprawy ponownego zbadania okoliczności procesu Galileusza przed sądem Inkwizycji. Jej raport, ogłoszony w 1992 r., nie stanowi jednak zamknięcia sprawy dla historyków, którzy badają ją nadal. Plonem tych badań są dwie książki, które ukazały się w 2005 r.
Ich treść i stan badań nad procesem Galileusza przybliża nam niniejszy artykuł

156 ***Światy pod dwoma słońcami***
Krzysztof Hełminiak

Zaledwie kilkanaście procent pozasłonecznych planet znajduje się w układach gwiazd podwójnych lub wielokrotnych. Jest to znacznie mniej niż oceniana liczba gwiazd podwójnych i ciekawy problem astronomiczny. Czy taka sytuacja jest rezultatem selekcji wynikającej z niedoskonałości technik obserwacyjnych czy też rzeczywiście planety powstają chętniej wokół gwiazd pojedynczych? Badania takich układów dostarczają ciekawych wniosków dotyczących powstawania i ewolucji tych planet

164 ***Profesor Opolski wspomina***

W czerwcu 2006 r. Profesor Opolski obchodził 93. rocznicę urodzin. Z tej okazji życzymy Mu dużo zdrowia i długich lat życia. Dziękujemy za podzielenie się z Panią Barbarą Cader-Sroka z Instytutu Astronomicznego we Wrocławiu swymi uwagami na temat niedawnego Zjazdu PTA i swymi wspomnieniami z życia obozowego w czasie II wojny światowej

169 ***Zaćmienie zaćmieniu nierówne***
Andrzej Trepka

Fakt, że oglądałem w życiu trzy całkowite zaćmienia Słońca, nie czyni mnie rekordzistą — choć nie wiem, czy w kraju dałoby się takich szczęśliwców liczyć na kopy. (Poznałem tylko jednego, który przeżył ich kilkanaście). Owego olśniewającego zjawiska nie sposób z czymkolwiek porównać i nie zapamiętać szczegółów na zawsze

w kolorze: Milion kawałków komety (okł. II); Zaćmienie w Turcji (wkł. I–IV); Galeria Uranii (okł. III, IV)

154 **rozmaitości:** *Wiatry umierających gwiazd; Niebieski pierścień Urana; Kolizja plam na Jowiszu*

167 **w kraju i ze świata:** *Zaćmienie w Turcji (172); Turecki pierścień z brylantem i korona... słoneczna (173); Toruń miastem festiwalowym (175); XLIX Olimpiada Astronomiczna (176)*

177 **astronomia w szkole:** *Omówienie kilku zadań Olimpiady Astronomicznej*

182 **galeria obiektów NGC:** *NGC 3432, NGC 3521*

184 **kalendarz astronomiczny 2006:** *Wrzesień — październik*

189 **poradnik obserwatora:** *Interesujące obiekty: Puchar, Rak, Ryby*

190 **recenzje:** *Andrzej Branicki „Obserwacje i pomiary astronomiczne"*

191 **astronomia i muzyka:** *Kosmos jest w nas*

192 **relaks z Uranią:** *Krzyżówka*

192 **ciekawe strony internetowe**

NA OKŁADCE

Bipolarna mgławica emisyjna NGC 6164

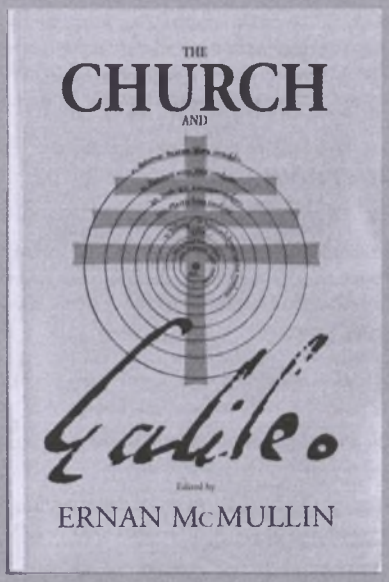
W środku mgławicy emisyjnej NGC 6164-5 znajduje się niezwykle masywna gwiazda bliska kresu swego życia. Widoczna na zdjęciu centralna gwiazda to HD 148937, która jest tak gorąca, że jej promieniowanie ultrafioletowe ogrzewa i rozświetla znajdujący się wokół gaz. Pochodzi on z gwiazdy, a wydostał się z niej na skutek jej szybkiej rotacji. Materiał ten został następnie ukształtowany przez pole magnetyczne gwiazdy i utworzył widoczny symetryczny kształt mgławicy bipolarnej.

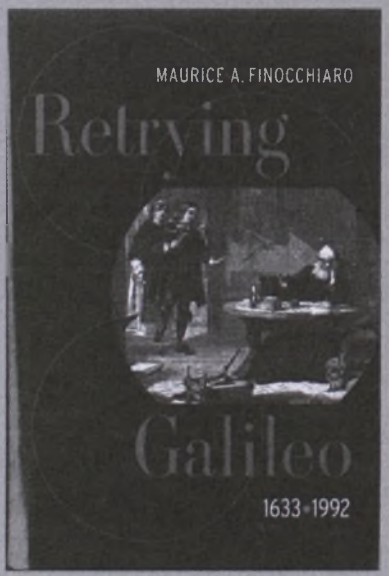
Mgławica NGC 6164-5 rozciąga się na przestrzeni 4 l. św., a znajduje się w odległości 4 tys. l. św. od nas w gwiazdozbiorze Węgielnica na południowym niebie.

Fot. teleskop Gemini, AURA i NSF

Andrzej Krasiński

Dwie nowe książki o sprawie Galileusza





Czytelnicy „Uranii" mieli okazję zapoznać się ze sprawą *rehabilitacji Galileusza* w latach 1981–1992 [1–2]. Przypomnijmy w skrócie. Papież Jan Paweł II powołał w roku 1981 komisję do ponownego zbadania okoliczności procesu Galileusza przed sądem Inkwizycji, przeprowadzonego w latach 1632–1633. W świetle dzisiejszej wiedzy sprawa wydawała się oczywista, toteż świecka publiczność spokojnie czekała na wynik. Raport komisji, ogłoszony w roku 1992, wywołał jednak powszechne niezadowolenie. W dwustronicowym tekście tylko jeden krótki akapit mówił o błędnej decyzji kościelnego sądu i o krzywdzie wyrządzonej wielkiemu człowiekowi. Pozostała część tekstu była zamaskowaną próbą usprawiedliwienia Kościoła oraz zrzucenia części odpowiedzialności za sprawę na jej ofiarę.

Poza środowiskiem Kościoła sprawa jest uważana za niezamkniętą — historycy badają ją nadal. Jedno z podsumowań tych badań ukazało się w roku 2005 [3]. Jest to, wzbogacony o kilka nadesłanych artykułów, zbiór referatów z konferencji pod tym samym tytułem, która odbyła się w Notre Dame w roku 2002. Dzieło to jest trudne w czytaniu dla niefachowego czytelnika, ponieważ autorzy — historycy piszący dla historyków — wtrącają do swoich tekstów liczne dygresje odnoszące się do wydarzeń późniejszych i wcześniejszych niż aktualnie opisywane. Dlatego dobrze jest zapoznać się przedtem z chronologicznym przebiegiem zdarzeń. Rolę tę może spełnić książka G. de Santillany [4], napisana przystępnie i z dużym talentem literackim.

Czytelnik, który przebrnie przez trudności spowodowane erudycją autorów i mnogością odwołań do dokumentów, w nagrodę otrzyma dużą porcję bardzo ciekawej wiedzy. Dla mnie jednym z ciekawszych był następujący szczegół. Galileusz uważał, że jeśli w świetle nowych odkryć pewne stwierdzenia Pisma Świętego zaczynają wydawać się nam nieprawdziwe, to znaczy, że źle rozumieliśmy Pismo i musimy nauczyć się interpretować je po nowemu. Okazuje się, że to podejście wcale nie było w XVII w. nowe. Jako pierwszy zaproponował je św. Augustyn 1200 lat wcześniej! W dziele *De Genesi ad literam* („O dosłownym znaczeniu Księgi Rodzaju") pisał on tak: „Prawda jest zawarta raczej w tym, co Bóg objawia, nie w tym, co błądzący po omacku ludzie przypuszczają. Lecz jeśli potrafią oni poprzeć swoją doktrynę niepodważalnymi dowodami, to musimy wykazać, że stwierdzenie Pisma (...) nie jest w sprzeczności z prawdziwością ich konkluzji" ([3], s. 92 — moje tłumaczenie z angielskiego przekładu tekstu łacińskiego). Dalej pisze on: „...różne interpretacje [Pisma] są czasem możliwe, bez uszczerbku dla naszej wiary. W takim przypadku nie powinniśmy pospiesznie i twardo stawać po jednej stronie, ryzykując, że jeśli dalszy postęp w poszukiwaniu prawdy przekonująco podważy nasz pogląd, upadniemy razem z nim." ([3], s. 97). To zostało napisane w V w.! Już

wtedy św. Augustyn przeczuwał, że wiedza ludzka będzie się rozwijać i może zmusić nas do nowych spojrzeń na Pismo Święte. Gdyby uczeni teolodzy w XVII w. zechcieli posłuchać tej rady, mogłoby nie dojść do procesu Galileusza...

Inna ciekawostka: Galileusz tak bardzo starał się przekonać ludzi Kościoła do teorii Kopernika nie tylko dlatego, że mocno wierzył w jej prawdziwość. Jako głęboko wierzący chrześcijanin chciał uchronić swój Kościół przed przyszłą kompromitacją, jaką byłoby opowiedzenie się po złej stronie w tym sporze. W różnych pismach, przy różnych okazjach, wielokrotnie zapewniał o swoim pełnym pokory i miłości szacunku dla Kościoła (np. [3], s. 273–274). Nie udało się... Małość ludzkiego ducha zwyciężyła i zaciążyła nad dalszą historią Kościoła.

Lektura książki uświadamia dzisiejszemu czytelnikowi, z jak bezsensownymi przeszkodami musieli walczyć pionierzy nowoczesnej nauki. Do XVII w. powszechnie obowiązywała zasada dosłownego odczytywania Pisma Świętego i szukania w nim odpowiedzi na pytania będące domeną nauki. Zwolennicy teorii Kopernika mogli używać jej jako podstawy do obliczeń pod warunkiem, że traktowali ją jako hipotezę, a nie jako dosłowny opis rzeczywistości. W żargonie teologów zgodność wyników obliczeń z obserwacjami nazywała się „zachowywaniem pozorów" („saving the appearances" — [3], s. 249). Ktokolwiek chciał traktować teorię Kopernika jak opis rzeczywistości, ściągał na siebie nieprzyjazną uwagę Inkwizycji. „Dowodem" na to, że Słońce krąży wokół Ziemi był między innymi następujący cytat z Pisma Świętego: podczas bitwy pod Gibeonem „...rzekł Jozue w obecności Izraelitów: *Stań, słońce, nad Gibeonem!...*" (Księga Jozuego 10:12, patrz [5], s. 123 i [6] s. 215) i dalej: „Czyż nie jest napisane w Księdze Sprawiedliwego: *Zatrzymało się Słońce na środku nieba i prawie cały dzień nie spieszyło do zachodu*?" (Księga Jozuego 10:13, [6] s. 215).

Stosunek Kościoła do teorii Kopernika zmieniał się w ciągu 370 lat, jakie minęły od wyroku na Galileusza. W roku 1633 papież Urban VIII i Święte Oficjum, jak pisze jeden z autorów, „went out of their way to frighten Copernicans" („stawali na głowie, aby przerazić zwolenników Kopernika"). Dopilnowali oni, aby wyrok sądu kościelnego i słowa skruchy Galileusza zostały rozpowszechnione wśród matematyków, astronomów i filozofów w Europie ([3], s. 281). Terror okazał się początkowo skuteczny ([3], s. 284). Jednak z upływem czasu ludzie Kościoła stopniowo uświadamiali sobie, że stanęli po złej stronie i że zakaz rozpowszechniania teorii Kopernika coraz bardziej ich kompromituje. Mimo to nie potrafili zdobyć się na zmianę decyzji. W XVIII w. przyjął się więc następujący obyczaj: astronomowie poprzedzali swoje dzieła zastrzeżeniem, że teoria Kopernika jest tylko hipotezą, po czym swobodnie posługiwali się nią nie ukrywając, że traktują ją jako opis rzeczywistości — Kościół udawał natomiast, że wszystko jest w porządku. Do przesilenia doszło w roku 1820. Papieski cenzor, Filippo Anfossi, odmówił zgody na druk książki astronoma Giuseppe Settelego, ponieważ autor otwarcie nauczał systemu heliocentrycznego, łamiąc w ten sposób zakaz Inkwizycji z roku 1616. Settele zaskarżył tę decyzję do papieża Piusa VII, który z kolei przekazał sprawę Kongregacji Indeksu i Świętemu Oficjum (Inkwizycji). Kongregacja Indeksu dała zgodę na druk, zaś Oficjum zmieniło decyzję Anfossiego. Uzasadnienie było następujące: inkwizytorzy z 1616 r. nie stwierdzili, że heliocentryzm jest sprzeczny z wiarą, tylko że jest sprzeczny z tradycyjnym rozumieniem Pisma ([3], s. 279–280). Wkrótce potem, w 1835 r., „Dialog" Galileusza został wykreślony z Indeksu Ksiąg Zakazanych. (Więcej o tej historii patrz niżej, przy omówieniu drugiej książki).

Najsilniejsze wrażenie robi ostatni rozdział książki, którego autorem jest George Coyne, w jednej osobie zakonnik jezuita, profesor astrofizyki, dyrektor Watykańskiego Obserwatorium Astronomicznego w Castel Gandolfo i członek wspomnianej na wstępie komisji papieskiej. W rzeczowym wywodzie pokazuje on, że komisja nie wykonała powierzonego jej zadania i w gruncie rzeczy pozorowała tylko działalność. W jej składzie byli wyłącznie duchowni zajmujący wysokie stanowiska w kościelnej hierarchii, nie było zaś ani jednego historyka czy filozofa nauki. Jedyny astrofizyk (sam Coyne) został powołany do niej tylko dlatego, że był dyrektorem obserwatorium. Komisja zebrała się 7 razy w okresie 1981–1983, po czym nastąpiła 7-letnia przerwa, w ciągu której nie działała ona i jej członkowie nie kontaktowali się między sobą. Ukazywały się w tym czasie prace napisane z inspiracji komisji, ale ich współautorami byli ludzie spoza jej składu, zaś komisja nie zapoznawała się z treścią artykułów przed opublikowaniem. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy były nieustające problemy zdrowotne przewodniczącego, kardynała Gabriela-Marie Garrone. W roku 1990 kardynał Paul Poupard, w zastępstwie Garrone, rozesłał list do członków komisji, zamykający jej prace. Następnym i ostatnim wydarzeniem w jej historii było ogłoszenie komunikatu końcowego w roku 1992 (napisanego bez konsultacji z ogólnym gremium). Komisja kilkakrotnie postanawiała zwrócić się z prośbą do papieża o zgodę na otwarcie dla badaczy archiwum Inkwizycji, ale nie jest pewne, czy którakolwiek z tych próśb dotarła do adresata. Dopiero po roku 1992 Papieska Akademia Nauk zainicjowała projekt opublikowania wszystkich dokumentów Inkwizycji dotyczących relacji Kościoła z nauką.

Autorzy powstrzymali się od wyciągania wniosków i formułowania ocen. Ostatnie słowo w tej sprawie musi w końcu zostać wypowiedziane przez przedstawicieli Kościoła...

Druga książka, której warto poświęcić uwagę, to opracowanie historyczne, przedstawiające dzieje sprawy Galileusza od roku 1633 do czasów współczesnych, napisane przez Maurice Finocchiaro [5].[1] Zbieżność dat wydania obu książek jest przypadkowa, ale uzupełniają się one znakomicie. Liczne zawarte w [5] cytaty z listów i dokumentów pozwalają czytelnikowi na zapoznanie się z przemyśleniami ludzi różnych epok na temat Galileusza i jego losu. Jest to lektura niezwykle ciekawa. Okazuje się, że sprawa Galileusza budziła ostre kontrowersje od samego początku i jeszcze za życia Galileusza niektórzy ludzie wypowiadali się z zadziwiającą śmiałością przeciwko stanowisku Kościoła. Jako przykład może posłużyć relacja napisana w roku 1633 przez Giovanfrancesco Buonamiciego,

[1] Autor jest emerytowanym profesorem wydziału filozofii Uniwersytetu stanu Nevada w Las Vegas (informacja ze strony http://www.unlv.edu/Philosophy/faculty.htm).

dyplomatę skoligaconego z Galileuszem. Zawiera ona takie np. zdania:[2] „Te i inne dowody [systemu heliocentrycznego], które Galileusz za pomocą teleskopu odkrył na niebie wcześniej niż ktokolwiek inny, wzbudziły zazdrość wielu osób; będąc zazdrosnymi o jego chwałę i niezdolnymi do zaprzeczenia oczywistej prawdzie tych odkryć, zaczęli oni go prześladować; w szczególności dotyczy to zakonników dominikańskich, którzy skierowali się do Inkwizycji i Świętego Oficjum w Rzymie..." ([5], s. 34). „Zaaprobowana w opisany wyżej sposób, książka ta została wydrukowana we Florencji. Obudziła ona jeszcze raz jego prześladowców [dominikanów]; wsparli ich (...) [jezuici], z powodu osobistej urazy kogoś z ich zakonu [Christopha Scheinera] do Galileusza w sprawie pierwszeństwa odkrycia plam słonecznych; wnieśli więc nowe skargi do tego samego trybunału, który jest zawsze gotowy do oskarżeń i gotowy gromić wolną myśl potępieniami i ekskomunikami." ([5], s. 35).

Jeszcze ostrzej wypowiedział się w roku 1661 angielski wydawca dzieł Galileusza, Thomas Salusbury:[3] „Jego Świątobliwość [Papież Urban VIII] skutkiem tego poczuł nieprzejednany gniew na naszego autora, i myśląc, że żadna inna zemsta nie będzie dostateczna, zaangażował swój apostolski autorytet (...), aby potępić go i objąć zakazem jego książkę jako heretycką; prostytuując opinię Kościoła dla swojej prywatnej zemsty" ([5], s. 79).

Znajdujemy też w tej książce dowód skuteczności taktyki Inkwizycji, która usiłowała zastraszyć matematyków i astronomów w całej Europie (patrz wyżej). René Descartes, gdy dowiedział się o wyroku na Galileusza, jego wymuszonych słowach skruchy i o uzasadnieniu wyroku, zrezygnował z publikacji napisanego już dzieła pt. *Świat*. (Zostało ono opublikowane 14 lat po jego śmierci, w roku 1664 — zaś **wszystkie** dzieła Kartezjusza zostały potępione przez Kościół w roku 1663 i wpisane do Indeksu Ksiąg Zakazanych w roku 1664). W liście do Marina Mersenne'a Descartes opisał swoją reakcję następująco: „Było to dla mnie tak wielkim szokiem, że prawie postanowiłem spalić wszystkie moje papiery, a przynajmniej nie pokazywać ich nikomu innemu. (...) za żadne skarby świata nie chciałbym napisać dzieła zawierającego choćby słówko potępione przez Kościół, ale też wolę utajnić je niż opublikować okaleczone" ([5], s. 44).

Za Galileuszem wstawiały się do papieża Urbana VIII liczne wysoko postawione osobistości, a wśród nich — ówczesny polski król Władysław IV Waza ([5], s. 55–56). Wszystko bezskutecznie. Spór polityczny Władysława IV z papieżem doprowadził do zerwania stosunków politycznych Polski z Watykanem w 1642 r.

Duch młodzieńczej przekory nie opuścił Galileusza nawet wtedy, gdy, będąc już ponad 70-letnim człowiekiem, żył w areszcie domowym nakazanym wyrokiem Inkwizycji. W liście do swojego znajomego, paryskiego prawnika Elii Diodati, zrelacjonował przyjacielskie odwiedziny, demonstracyjnie złożone mu przez wielkiego księcia Florencji, i skomentował to tak: „Nie ucierpiałem zatem wcale w dwu sprawach, które powinny być cenione ponad wszystko, to jest zdrowiu i reputacji. (...) Zło i niesprawiedliwość wyrządzona mi przez zazdrość i złą wolę nie martwiły i nie martwią mnie wcale. Przeciwnie, (...) rozmiar tej obrazy jest pociechą dla mnie i stanowi coś w rodzaju zemsty; niesława obraca się przeciw zdrajcom i ludziom opanowanym przez ignorancję — matkę złej woli, zazdrości, złości i wszystkich innych nikczemnych, brzydkich występków i grzechów" ([5], s. 56). Równie oryginalne myśli zawiera list do innego wybitnego prawnika i polityka, Nicolasa de Peiresc, z podziękowaniem za wstawiennictwo: „...nie mam nadziei na żadną poprawę, ponieważ nie popełniłem żadnego przestępstwa. Mógłbym mieć nadzieję na łaskę i wybaczenie, gdybym popełnił błąd, ponieważ za błędy książęta mogą zawiesić karę lub ułaskawić; lecz w stosunku do kogoś, kto został skazany niesprawiedliwie, korzystne jest dla nich być surowymi, bo jest to przykrywką dla legalności postępowania" ([5], s. 59).

Po śmierci Galileusza kontrowersje wokół jego „Dialogu" i wyroku Inkwizycji z 1633 r. nie wygasły i przechodziły skomplikowaną ewolucję. Wydarzenia te, opisane w książce Finocchiaro, nie są powszechnie znane, więc omówię krótko te z nich, które wydały mi się najciekawsze.

Przede wszystkim zwraca uwagę bardzo silny opór, jaki wśród ludzi Kościoła budziła myśl o przyznaniu się do błędu. Niechęć ta sprawiła, że Kościół długo bronił się przed wykreśleniem dzieł Kopernika i Galileusza z Indeksu Ksiąg Zakazanych nawet wtedy, kiedy teoria Kopernika była już ogólnie zaakceptowana. Na przykład, w roku 1757 Kongregacja Indeksu podjęła decyzję, zaaprobowaną przez papieża Benedykta XIV, aby z najbliższego wydania Indeksu usunąć ogólny zakaz publikacji ksiąg nauczających o ruchu Ziemi i nieruchomości Słońca. Wydanie z roku 1758 nie zawiera już tego zakazu, ale nadal zawiera zakaz publikacji pięciu podstawowych książek, które w swoim czasie spopularyzowały system kopernikowski (autorami tych książek byli Kopernik, Paolo A. Foscarini, Diego de Zúñiga, Kepler i Galileusz [5] s. 138–139 i 153–154).

Tę niechęć wzmagała świadomość, że teoria Kopernika była ogólnie uznawana w świecie protestanckim, więc przyznanie się Kościoła do błędu wzmocniłoby jego protestanckich przeciwników. Relacje z protestantyzmem dały okazję do paru kontrowersji wewnątrz Kościoła. Papieski konsultant z roku 1757, Carlo Lazzari, argumentował, że cofnięcie decyzji Inkwizycji z roku 1633 odbierze broń przeciwnikom Kościoła katolickiego, a Kościołowi przysporzy szacunku. Przywołał on jako argumenty przykłady z przeszłości i skomentował je następująco: „Czasem heretycy byli pierwsi lub najbardziej precyzyjni we wskazówkach, jakie nam dawali w sprawach kościelnych; nie zostały one odrzucone" ([5], s. 149).

Ponieważ otwarte stawanie przeciwko teorii Kopernika coraz bardziej izolowało Kościół od środowiska naukowego, autorzy sprzyjający Kościołowi próbowali różnych retorycznych sztuczek. Na przykład, francuski dziennikarz Jacques Mallet du Pan opublikował w roku 1784 w dzienniku *Mercure de France* obszerny wywód, w którym

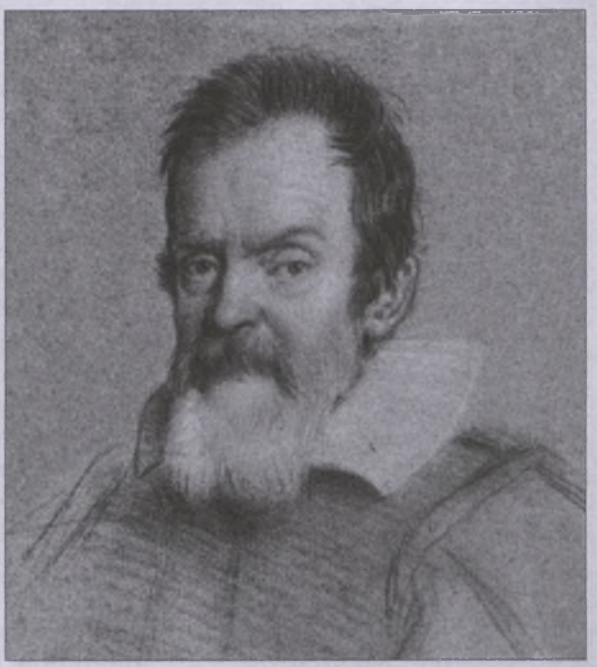
[2] Wstawki w nawiasach kwadratowych pochodzą ode mnie, cytaty to moje przekłady z angielskiego tłumaczenia.

[3] Salusbury był pierwszym autorem, który postawił hipotezę, że praprzyczyną procesu i skazania Galileusza była osobista uraza papieża Urbana VIII, obrażonego za skarykaturowanie go jako Simplicia — Prostaczka, jednego z rozmówców w *Dialogu* Galileusza.

dowodził, że Galileusz nie był prześladowany za swoje poglądy naukowe, tylko za niewłaściwe wypowiedzi z dziedziny teologii ([5], s. 159–163). Podkreślał też, że Galileusz był traktowany przez Inkwizycję z niezwykłym szacunkiem, np. nie został zamknięty w więzieniu, lecz mieszkał w wygodnych apartamentach. Wypowiedzi tego rodzaju były w późniejszych latach powtarzane w innych publikacjach bez podania źródła i przekształcały się w mity. Po artykule du Pana ukazała się w tej samej gazecie replika Girolamo Ferri, który stwierdził, że „przesada w prawdzie jest kłamstwem" ([5], s. 161) — było to podsumowanie techniki polemicznej du Pana.

Girolamo Tiraboschi, jezuita i bibliotekarz księcia Modeny, w roku 1797, w 10. tomie swojej 13-tomowej historii literatury włoskiej dowodził, że Galileusz sam na siebie ściągnął nieszczęście, ponieważ prezentował swoje poglądy w sposób zbyt natarczywy oraz wykazywał zbyt wielki zapał i pasję w dyskusjach ([5], s. 167). Swój wywód Tiraboschi podsumował radą: „Niech ten przykład będzie lekcją dla uczonych mężów: aby byli bardziej ostrożni w starciach nie tylko z powszechną opinią innych akademików, ale także z przesądami ludzi; i niech dadzą się przekonać, że im bardziej obrońcy prawdy unikają używania przemocy lub podstępu w dążeniu do celu, tym łatwiej prawda stanie się znana i zatriumfuje nad błędem" ([5], s. 172).

Losy dokumentów Inkwizycji podczas wojen napoleońskich były bardzo burzliwe. Armia Napoleona w roku 1798 zajęła Rzym i ogłosiła detronizację papieża Piusa VI. Papież został deportowany do Florencji. Następny papież, Pius VII, na krótko wrócił do Rzymu za zgodą Napoleona, ale nie był mu posłuszny w sprawach polityki międzynarodowej, więc został też zdetronizowany w roku 1809 i deportowany do Francji. W roku 1810, na rozkaz Napoleona, całe ogromne archiwum papieskie zostało przetransportowane z Rzymu do Paryża,[4] a następnie, w roku 1811, rozpoczęto prace nad kompletnym tłumaczeniem na francuski i wydaniem tej części archiwum, która dotyczyła sprawy Galileusza ([5], s. 175–177). Osobisty bibliotekarz Napoleona, Antoine A. Barbier, tak argumentował za publikacją ([5], s. 176): „Dowodzą one dobrej wiary i światłości umysłu uczonego astronoma i równocześnie ujawniają perfidię i ignorancję jego oskarżycieli. Opublikowanie tych dokumentów jest godne panowania Waszej Cesarskiej Mości." Projekt zrealizowano częściowo, jego kontynuację przerwała klęska Napoleona. Nowy francuski rząd restytuował monarchię i zdecydował, że archiwa papieskie mają wrócić do Rzymu. Ale tu zainterweniował rachunek ekonomiczny. Objętość dokumentów i koszt ich transportu spowodowały, że 2/3 z nich zniszczono albo sprzedano producentom tektury. W ten sposób przepadło na zawsze 3600 tomów protokołów z procesów i 300 tomów wyroków sądów Inkwizycji ([5], s. 178). Od zniszczenia ocalały dokumenty procesu Galileusza, które już w XVIII w. zostały wydzielone z ogólnego archiwum i były przechowywane osobno. Francuscy dysponenci tych dokumentów ociągali się jednak ze zwrotem. Zaginęły one na czas dłuższy i wróciły do Rzymu dopiero w roku 1843 ([5], s. 223 i 230).



Portret Galileusza. Źródło: *Wikimedia Commons*

Wspomniana już sprawa Settelego ciągnęła się długo ([5], rozdz. 10). Za opublikowaniem książki Settelego opowiadała się większość ludzi z kręgu papieża i Inkwizycji. Cenzor Anfossi stał jednak na stanowisku, że zakaz z roku 1616 nadal obowiązuje nie tylko formalnie, ale też jest merytorycznie słuszny. („Święta Kongregacja powiedziała nam, że twierdzenie, jakoby ruch obrotowy naszego globu był prawdopodobny, jest bardzo poważnym błędem" — [5], s. 213.) W obronie swojego stanowiska walczył twardo i nieustępliwie, posuwając się nawet do odmowy wykonania decyzji papieża i sądu Inkwizycji. Naraził się przy tym na śmieszność, gdy opublikował polemiczną broszurkę, na wydanie której sam sobie wydał zezwolenie jako papieski cenzor. To nieposłuszeństwo ściągnęło na niego ryzyko stanięcia przed sądem Inkwizycji w roli oskarżonego, ale w tym wypadku Kościół okazał się wyrozumiały. Maurizio Benedetto Olivieri, konsultant Inkwizycji w tej sprawie, poddał wszystkie argumenty Anfossiego bezlitosnej i miażdżącej krytyce, lecz w konkluzji stwierdził, że były to błędy popełnione w dobrej wierze i z nadmiaru gorliwości. „Został on uwiedziony przez osoby, które były niekompetentne, ale które wydawały mu się (i jestem pewien, że były) «poza wszelkim podejrzeniem»" ([5], s. 217–218).

Raport Olivieriego jest w całości zacytowany w książce Finocchiaro. Zawiera on wszechstronną analizę sytuacji z XVII i początku XIX w. Oto charakterystyczny fragment: „...istnieje wiele innych przykładów uczonych, którzy, mimo że przedstawiali kontrargumenty, zastrzeżenia i poprawki im nakazane, równocześnie starannie dawali do zrozumienia, że zostali do tego zmuszeni przez innych, lecz oni sami w rzeczywistości skłaniali się ku poparciu ruchu Ziemi." [Tu przykłady nazwisk i sytuacji]. „Ułomność, moralna i inna, tych zewnętrznych deklaracji posłuszeństwa, które w rzeczywistości są symulowane, jest dla mnie mocnym powodem do usunięcia zakazu" ([5], s. 212). Finocchiaro stwierdził jednak, że argumentacja Olivieriego w swojej końcowej wymowie jest dość

[4] Papieskie dokumenty zostały przewiezione do Paryża w trzech konwojach; pierwszy z nich zawierał 3329 skrzyń i kosztował 179 320 lirów włoskich ([5], s. 176).

niebezpieczna. Olivieri dowodził bowiem, że w roku 1820 należało odwołać zakaz nauczania kopernikanizmu i usunąć kopernikańskie książki z Indeksu, ale z równą stanowczością dowodził, że decyzja Inkwizycji podjęta w roku 1633 była, w tamtym momencie i przy ówczesnej wiedzy naukowej, słuszna ([5], s. 221).

Jedną z najoryginalniejszych była wypowiedź szkockiego fizyka Davida Brewstera (znanego nam z badań nad polaryzacją światła), który był teologiem z wykształcenia i miał uprawnienia kaznodziei. W roku 1835 opublikował on raczej nieprzyjazną biografię Galileusza, a główny zarzut był następujący: „Ale jakie usprawiedliwienie możemy wymyślić dla upokarzającego przyznania się do winy i odwołania poglądów przez Galileusza? Dlaczego ten mistrzowski duch swojego okresu — ten wysoki kapłan gwiazd — ten sędziwy mędrzec, którego wspaniała kariera była bliska ukoronowania — dlaczego odrzucił koronę męczennika, której sam pożądał, i która, upleciona z nieśmiertelnych laurów, miała właśnie zstąpić na jego głowę? (...) Galileusz stchórzył ludzkim strachem, a jego poddanie się było ocaleniem Kościoła. Miecz Inkwizycji opadł na jego zniszczony kark; i chociaż jego uderzenie nie było fizyczne, spadł on z fatalnymi skutkami moralnymi dla osobowości ofiary i dla godności nauki" ([5], s. 224–225).

Druga połowa XIX w. była złotym okresem badań nad sprawą Galileusza. Wszystkie dawniejsze mity i interpretacje różnych szczegółów tej sprawy zostały od nowa, wszechstronnie i gruntownie przebadane ([5], rozdz. 11). Odnaleziono nieznane przedtem historykom dokumenty, po raz pierwszy niektórzy świeccy historycy uzyskali dostęp do oryginalnych dokumentów Inkwizycji z XVII w., co zaowocowało nowymi hipotezami i wnioskami (między innymi o sfałszowaniu ostrzeżenia Galileusza z roku 1616, umieszczonego w dokumentach procesu z 1633, [5] s. 242–254, patrz też [1]). Ten renesans nastąpił także po stronie wrogów Galileusza, wśród których wspomnieć trzeba Marino Mariniego, dyrektora tajnego archiwum Watykanu. Swój wywód w obronie Kościoła podsumował on tak: „Musimy stwierdzić, że prawdopodobnie nigdy nie było procesu sądowego tak sprawiedliwego i mądrego jak ten" ([5], s. 230).

Szczególnie zasłużonym badaczem w tym okresie stał się Austriak Karl von Gebler. Syn zawodowego żołnierza (marszałka) i sam z początku żołnierz, opuścił armię z powodu złego stanu zdrowia i jako samouk zabrał się za badanie historii sprawy Galileusza. W wieku 26 lat, w roku 1876, opublikował książkę, która zdobyła mu taki szacunek, że uzyskał dostęp do archiwów watykańskich i w sposób bardzo staranny wykorzystał i przygotował do publikacji znalezione tam materiały. Odpisy i objaśnienia dokumentów zostały włączone do włoskiego i angielskiego tłumaczenia jego książki, które ukazały się w roku 1879. Niestety, autor nie doczekał wydania — zmarł w roku 1878. Według Finocchiaro jest to najlepsze opracowanie tych dokumentów i jest użyteczne jeszcze dzisiaj, przynajmniej jako punkt wyjściowy do badań ([5], s. 255).

Na fali tego zainteresowania, w pobliżu Villa Medici w Rzymie, wzniesiono w roku 1877 marmurową kolumnę upamiętniającą Galileusza, na której umocowano tablicę z napisem „Pałac w pobliżu tego miejsca, kiedyś należący do rodziny Medici, był więzieniem Galileo Galilei, którego winą było, że zobaczył Ziemię krążącą wokół Słońca. SPQR MDCCCXXXVII" ([5], s. 261).[5]

Podsumowaniem złotego okresu było narodowe wydanie kompletnego zbioru dzieł Galileusza. Decyzją króla włoskiego wydanie zostało sfinansowane z państwowej kasy i ukazało się w 20 tomach w latach 1890–1909, pod redakcją zespołu naukowego, którego przewodniczącym był Antonio Favaro. Na mocy decyzji papieża Leona XIII, panującego w latach 1878–1903, Favaro uzyskał dostęp do tajnego archiwum Watykanu i do jeszcze trudniej dostępnego archiwum Inkwizycji w Rzymie.

Najważniejszym wydarzeniem okresu panowania Leona XIII było opublikowanie encykliki „Providentissimus Deus" w roku 1893. Papież, miejscami prawie cytując zdania Galileusza, ale nie powołując się na niego w żadnym fragmencie, ustanowił jego pogląd na relacje między nauką i religią jako oficjalną doktrynę Kościoła ([5], s. 263–266).[6]

Nie zakończyło to jednak kontrowersji. W roku 1908 fizyk Pierre Duhem opublikował książkę, w której dowodził, że teorie fizyczne nie są wyjaśnieniami zjawisk natury, zaś ich hipotezy nie są stwierdzeniami o naturze, lecz tylko założeniami mającymi doprowadzić do wniosków zgodnych z doświadczeniem. Na bazie tego stwierdzenia dowodził, że Kościół w osobach papieża Urbana VIII i kardynała Bellarmino wykazał się w XVII w. lepszym zrozumieniem nauki niż Kepler i Galileusz ([5], s. 267).

Już w XIX w. temat sprawy Galileusza wszedł do literatury artystycznej, ale dopiero w wieku XX pojawiły się dwa dzieła, które zdobyły duży rozgłos i popularność. Był to dramat teatralny Bertolda Brechta, który w trzeciej wersji nosił tytuł „Życie Galileusza", oraz niby-historyczna rozprawa Artura Koestlera pt. „Lunatycy: historia zmiennej wizji Wszechświata w oczach ludzi". Dramat Brechta, w pierwszej wersji napisany w roku 1938 i przerobiony po raz ostatni w latach 1953–1956, do roku 1966 miał przynajmniej 89 przedstawień teatralnych na całym świecie ([5], s. 297). Obszerne streszczenie utworu Brechta ([5], s. 297–302) sprawia wrażenie, że autor prawie wiernie odtworzył wydarzenia z życia Galileusza, z mało istotnymi literackimi podkolorowaniami. Galileusz nie jest jednak w tym utworze bohaterem jednoznacznie pozytywnym. Brecht zarzuca mu, że podjął walkę przeciwko Kościołowi, od której mógł się uchylić (tak jak Kopernik), a następnie przegrał ją przez dezercję ([5], s. 305).

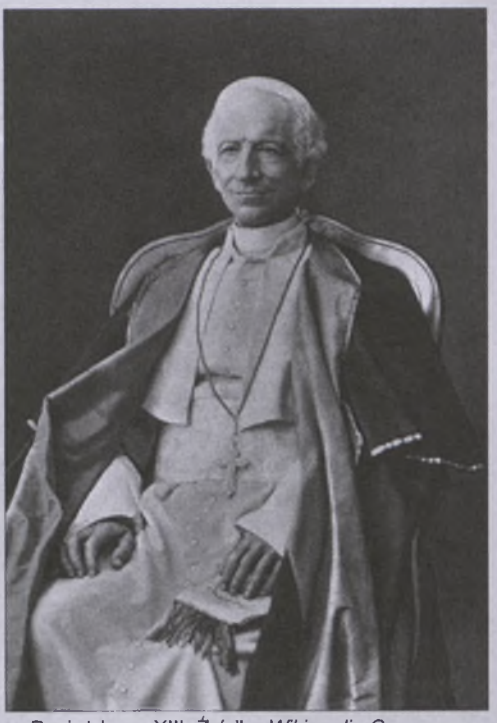
Utwór Koestlera, opublikowany w roku 1959, jest paszkwilem na Galileusza, pełnym niezgodnych z faktami historycznymi oskarżeń, dowodzących, że autor czytał stare teksty nie w pełni je rozumiejąc. Głównym oskarżeniem Koestlera było to, że z winy Galileusza nastąpił konflikt wiary i nauki, którego konsekwencje trwają do dziś ([5],

[5] Skrót SPQR oznacza „Senatus Populusque Romanus" — [w imieniu] Senatu i ludu rzymskiego. Umieszczanie go na budowlach i symbolach państwowych jest włoską tradycją wywodzącą się z czasów rzymskich. Ściśle mówiąc, Villa Medici nie była więzieniem Galileusza, tylko rezydencją ambasadorów Toskanii w Rzymie, w której Inkwizycja pozwoliła Galileuszowi mieszkać podczas procesu w 1633 r.

[6] Patrz czwarty akapit niniejszego tekstu.

s. 306–317). Mimo to, nie można odmówić trafności jednej z uwag: „Jego [Galileusza] metoda polegała na robieniu pośmiewiska z przeciwnika — w czym niezawodnie odnosił sukces, niezależnie, czy miał rację, czy się mylił (...). To była doskonała metoda, aby osiągnąć chwilowy sukces i zrobić sobie wroga na całe życie. Metodą tą nie dowodził on swoich racji, ale niszczył argumenty przeciwnika." ([5], s. 310).

Raz w swojej historii Kościół zbliżył się na odległość pół kroku od rzeczywistej rehabilitacji ([5], rozdz. 6). Z okazji 300-lecia śmierci Galileusza, przypadającego w roku 1942, Papieska Akademia Nauk postanowiła opublikować książkę przedstawiającą jego sprawę w sposób obiektywny. Na autora wyznaczono Pio Paschiniego, księdza z Udine, który był wtedy prezydentem Uniwersytetu Laterańskiego w Rzymie. Odmówił on z początku, tłumacząc się brakiem przygotowania w dziedzinie fizyki, także w dziedzinie historii był specjalistą od innego okresu i innych tematów. Wskutek usilnego nalegania prezesa Akademii, Agostino Gemelli, zmienił jednak decyzję — i zrobił więcej, niż od niego oczekiwano. Przeprowadził gruntowne studia, wskutek których pisanie przeciągnęło się aż do roku 1945. Napisane przez niego dzieło było pełne ostro sformułowanych zarzutów pod adresem Kościoła i Inkwizycji. Recenzenci z Akademii zarzucili Paschiniemu między innymi, że zbyt surowo ocenił jezuitów. Paschini odmówił dokonania zmian w tekście, Akademia odmówiła więc publikacji i skierowała sprawę do watykańskiego Sekretariatu Stanu. Decyzją papieża Piusa XII sprawa została przekazana Świętemu Urzędowi. O stawianych mu zarzutach Paschini dowiadywał się ustnie z rozmów z osobami zajmującymi się sprawą ([5], s. 321–322). Zarzuty dotyczyły głównie trzech spraw: 1. Według funkcjonariuszy Św. Urzędu, książka była apologią Galileusza, nieobiektywnie przedstawiającą rolę Kościoła; 2. Galileusz nie był w stanie przedstawić przekonującego dowodu modelu Kopernika; 3. Krytyka konsultantów Inkwizycji z roku 1633 była zbyt ostra. Odpowiedź Paschiniego na zarzuty, zrelacjonowana przez Finocchiaro ([5], s. 323), zawierała następujące stwierdzenia: Nie ma niczego obiektywnego ani bezstronnego w mówieniu, że argumenty obu stron są jednakowo mocne, gdy w rzeczywistości nie są. Zarzut o braku przekonującego dowodu stosuje się z jeszcze większą siłą do modelu geocentrycznego. Natomiast obciążając konsultantów odpowiedzialnością za błędną decyzję, Paschini zmniejszał odpowiedzialność Kościoła i Inkwizycji. W liście do swojego przyjaciela Giuseppe Vale Paschini tak wyjaśnił tło swoich trudności: „Jest jasne jak słońce, że jezuici i dominikanie tracą twarz w tej aferze i nie lubią, gdy się im o tym mówi" ([5], s. 324).


Papież Leon XIII. Źródło: *Wikimedia Commons*

Wreszcie, w roku 1946 Święty Urząd postanowił odłożyć książkę Paschiniego „na półkę", decyzja została zatwierdzona przez watykański Sekretariat Stanu, zaś autorowi postanowiono wypłacić 20 000 lirów honorarium. Paschini umarł w roku 1962, lecz przedtem, w testamencie, przekazał rękopis swojemu wiernemu asystentowi Michele Maccarrone ([5], s. 326).

Po śmierci mistrza Maccarrone podjął starania o wydanie dzieła. Okazją do tego była 400. rocznica urodzin Galileusza, przypadająca w roku 1964 i odbywający się w tym czasie II Sobór Watykański. W roku 1964 Święty Urząd podjął decyzję o wydaniu książki bez stawiania żadnych warunków i zlecił sprawę Papieskiej Akademii, która mianowała belgijskiego jezuitę, Edmonda Lamalle, redaktorem wydania. Książkę opublikowano jeszcze w tym samym roku 1964. Poprzedzał ją wstęp Lamalle'a, w którym postawił on Paschiniemu szereg zarzutów, m. in. takie: książkę napisano 20 lat wcześniej, a od tamtej pory nauka historii zrobiła duży postęp; Paschini nie był specjalistą od tematu; oparł się tylko na narodowym wydaniu dzieł Galileusza i nie skonsultował innych źródeł; w związku z tym Paschini widział wszystkie fakty tylko oczami Galileusza i jego uczniów ([5], s. 327–328). W konkluzji wstępu Lamalle stwierdził jednak, że nie byłoby właściwe zmienianie wymowy książki ani dopisywanie do niej drugiej w postaci obszernych przypisów, toteż „nasze zmiany (...) były rozmyślnie bardzo dyskretne; ograniczyły się one do poprawek, które naszym zdaniem były niezbędne i do minimalnej aktualizacji bibliografii" ([5], s. 328).

Szczęśliwe zakończenie sprawy? Tylko z pozoru. Prawdziwy epilog nastąpił 14 lat później. Przedtem jednak, w końcowym dokumencie Soboru Watykańskiego II, wstawiono krótki fragmencik o relacjach nauki i wiary, w którym w przypisie wspomniano książkę Paschiniego. Soborową dyskusję o tej sprawie tak relacjonuje protokół: „Galilei. — Niewłaściwe jest mówić o tym w dokumencie. — Nie zmuszajmy Kościoła do powiedzenia: popełniliśmy błąd. Sprawa powinna być osądzona w kontekście tamtych czasów. W książce Paschiniego wszystko jest przedstawione w prawdziwym świetle" ([5], s. 329).

W roku 1978 seminarium duchowne w Udine zorganizowało konferencję dla uczczenia stulecia urodzin Paschiniego. Biblioteka seminarium posiadała oryginalny tekst książki Paschiniego podarowany jej przez Maccarrone po publikacji. Jeden z uczestników konferencji, Pietro Bertolla, postanowił porównać oryginał z opublikowaną wersją — i zrobił zaskakujące odkrycie. Deklaracja Lamalle'a, złożona we wstępie do książki, okazała się niezgodna z prawdą. Ingerencji edytorskich było wprawdzie niewiele, ale wszystkie zastępowały tezy Paschiniego, nie-

pochlebne dla Kościoła i inkwizytorów, tezami *odwrotnymi* — z argumentami autora zastąpionymi przez całkiem inne zdania Lamalle'a. Podanie przykładów wymagałoby przytoczenia zbyt obszernych cytatów (patrz [5], s. 331–337). Kościół nie zajął w tej sprawie żadnego oficjalnego stanowiska i, jak dotąd, sprawa ta nie miała dalszego ciągu. Aż się prosi o komentarz, od którego Finocchiaro się powstrzymał: tak niewiele brakowało, aby Kościół dokonał wtedy prawdziwej autorehabilitacji. Cała żmudna praca została już zrobiona przez *księdza* Paschiniego, z inicjatywy *Papieskiej* Akademii Nauk... Chrześcijańska pokora jeszcze raz przegrała z intrygami.

Ostatnią częścią książki [5] jest opis wydarzeń z lat 1979–1992. To nie jest koniec historii sprawy, różne ważne teksty pojawiły się później, ale takie ramy autor narzucił swojemu dziełu. Do tego świeżego jeszcze tematu dodał on kilka mało znanych szczegółów. Aż do roku 1979 ludzie Kościoła przyznawali co najwyżej, że w roku 1633 Kościół popełnił *błąd*. Jan Paweł II jako pierwszy człowiek Kościoła zasugerował, że Kościół dopuścił się *złego czynu* („wrongdoing" — [5], s. 340); komentarz ten znalazł się w mowie papieża wygłoszonej w roku 1979 podczas zebrania Papieskiej Akademii Nauk, zwołanego dla uczczenia 100 rocznicy urodzin Einsteina. Wkrótce potem papież wezwał do podjęcia przez Kościół nowych badań nad sprawą Galileusza. Badaniom miały przyświecać trzy zasady: bezstronna współpraca strony naukowej i kościelnej, gotowość każdej strony do uznania własnych błędów i zasług drugiej strony oraz wykazanie harmonii między wiarą i nauką ([5], s. 340–341). Prasa zaczęła wtedy pisać o „rehabilitacji" — Kościół tego słowa nie używał ([5], s. 343). Komisja, powołana w roku 1981, miała kilka tematycznych podkomisji, mających za zadanie zbadanie różnych filozoficznych i teleogicznych aspektów sprawy, ale nie było w jej składzie ekspertów od Galileusza, nie było niekatolików i były tylko dwie osoby świeckie. Kardynał Agostino Casaroli, watykański sekretarz stanu, który powołał komisję, w swoim piśmie nakreślił jej też bardziej ograniczone zadania, niż zrobił to pierwotnie papież. Jej zadaniem miało być wielostronne „powtórne przemyślenie" sprawy Galileusza: „To nie ma być rewizja procesu ani rehabilitacja, ale spokojna i obiektywna refleksja" ([5], s. 344). Tak więc od samego początku zadania, które postawiono komisji, mijały się z głównym punktem społecznych oczekiwań. Z inicjatywy komisji podjęto szereg badań, między innymi kolejne przeszukanie i opublikowanie kościelnych archiwów rzymskich, ale rezultat końcowy całej akcji był dość jednostronny. Nie było to wszechstronne przemyślenie sprawy, tylko poszukiwanie dowodów dla z góry postawionej tezy o harmonii nauki i wiary ([5], s. 347–348).

Wśród książek opublikowanych w okresie prac komisji znalazło się też dzieło niemieckiego jezuity Waltera Brandmüllera, będące kolejną apologią Kościoła. Podstawową tezą książki było stwierdzenie, że każdy ma prawo do popełniania błędów, więc nie należy potępiać Inkwizycji za jej błąd ([5], s. 348–350). Książka Brandmüllera stała się potem głównym źródłem, na którym oparł się kardynał Paul Poupard w oficjalnym podsumowaniu prac komisji. Warto zacytować tu mądrą opinię Finocchiaro: „Poupard doświadczył odwiecznego kłopotu laików, którzy polegają na ekspertach: eksperci często nie zgadzają się ze sobą, a wtedy można sobie wybierać i przebierać między nimi dla uzasadnienia każdej konkluzji" ([5], s. 352). Autor wykazał jednak, że Poupard posługiwał się tekstem Brandmüllera w sposób niedbały i dopuścił się szeregu przeinaczeń ([5], s. 352–353). Końcowe przemówienie papieża, zamykające prace komisji, wykazuje większy stopień zrozumienia sprawy, ale było sformułowane w dyplomatycznym języku, który tylko pozwalał *domyślać się*, że papież nie we wszystkim zgadza się z Poupardem ([5], s. 354 i 357).

Książkę zamyka rozdział pod tytułem „Niedokończona sprawa" („Unfinished business"). Zawiera on m. in. informację, że jedną z reakcji na prace komisji było twierdzenie, iż do szeregu mitów związanych z Galileuszem i jego sprawą doszedł jeszcze jeden: mit o tym, że Kościół zreahabilitował Galileusza ([5], s. 359 — autor cytuje tę opinię, ale nie przyjmuje jej za swoją).

Książka Finocchiaro jest napisana z imponującą erudycją i jest podsumowaniem dorobku naukowego życia autora — najwyraźniej przeczytał on wszystkie teksty, na które się powołuje.[7] Gdy potrzebne było tłumaczenie z innego języka, porównywał krytycznie wszystkie istniejące wersje i często tłumaczył sam, a przy każdym nazwisku dawnego autora lub postaci historycznej, które wymienia, podany jest krótki życiorys. Jedyny zarzut, jaki można by postawić książce to ten, że na ogół unika ona przedstawiania fizycznej treści różnych dyskusji, np. nie wyjaśnia, jakie było (błędne) objaśnienie przyczyny pływów na Ziemi przez Galileusza albo w jaki sposób, według Galileusza, obserwowane cechy plam słonecznych miały dowodzić heliocentryzmu i obalać geocentryzm (np. na s. 315). To są jednak drobiazgi, które zainteresowany czytelnik, zwłaszcza fizyk, łatwo sobie uzupełni z pomocą innych źródeł. To wspaniałe dzieło stanie się pewnie kolejną klasyczną pozycją literatury nt. sprawy Galileusza.

Literatura

[1] Andrzej Krasiński, *Sprawa Galileusza — część I.* „Urania – Postępy Astronomii" **41**, 109 (1993).

[2] Andrzej Krasiński, *Sprawa Galileusza — część II.* „Urania – Postępy Astronomii" **41**, 183 (1993).

[3] Ernan McMullin (Redaktor). *The Church and Galileo.* University of Notre Dame Press, Notre Dame, Indiana, 2005, s. 390.

[4] Giorgio de Santillana, *The crime of Galileo.* Time Inc,. New York 1962.

[5] Maurice Finocchiaro, *Retrying Galileo 1633–1992.* University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London 2005, s. 485.

[6] *Pismo Święte Starego i Nowego Testamentu w przekładzie z języków oryginalnych.* Opracował zespół, wydanie III poprawione. Wydawnictwo Pallotinum, Poznań — Warszawa 1990.

[7] Według przybliżonej oceny (liczba pozycji na typowej stronie × liczba stron) bibliografia książki zawiera 930 pozycji, przy czym, jak mówi nagłówek, jest to „Select bibliography".

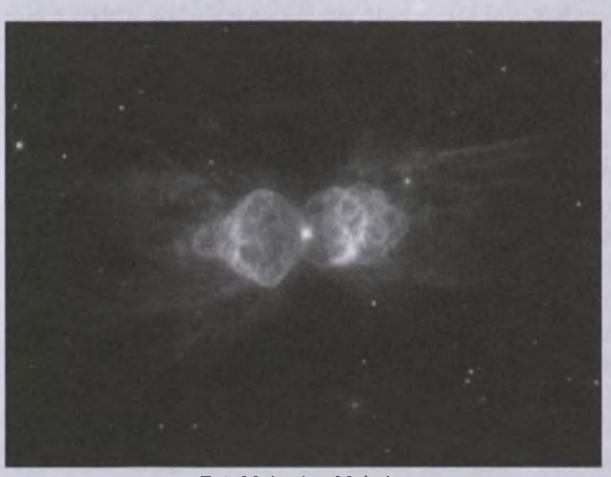
Andrzej Krasiński jest docentem w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika w Warszawie. Jego zainteresowania naukowe dotyczą głównie teorii względności i kosmologii

Wiatry umierających gwiazd

Na zdjęciu obok przedstawiono ostatnie stadium życia gwiazdy podobnej do Słońca — mgławicę planetarną. Fotografia jest kompozycją obrazów: rentgenowskiego z Chandry (niebieskie), optycznego (zielone) i podczerwonego (czerwone) z teleskopu Hubble'a.

Mgławice planetarne, mimo swej nazwy, nie mają nic wspólnego z planetami oprócz optycznego złudzenia — przez mały teleskop mgławice przypominają tarcze planet.

Po kilku miliardach lat życia gwiazda puchnie i staje się czerwonym olbrzymem. W ciągu następnych kilkuset tysięcy lat większość masy takiej gwiazdy zostaje rozproszona w przestrzeni kosmicznej, a prędkość jej rozchodzenia się nie przekracza kilkudziesięciu km/h, co jest wartością stosunkowo niewielką. Ta utracona materia tworzy mniej lub bardziej sferyczne obłoki, przy



Fot. Mgławica Mrówka

okazji często odsłaniając jego wewnętrzne obszary – gorące, świecące jądro. Jądro emituje silne promieniowanie ultrafioletowe, które rozgrzewa otaczający gaz do temperatury kilkunastu tysięcy stopni i sprawia, że jego prędkość wzrasta do półtora miliona km/h. Szybko „wiejące" wiatry koncentrują się w dwóch przeciwległych płatach o wyciągniętych kształtach. Fale uderzeniowe, które wytwarzają się podczas zderzenia gazu z otaczającym obłokiem, produkują gorące bąble zaobserwowane przez Chandrę. Pochodzenia i mechanizmu tych struktur jeszcze nie poznano, ale podejrzewa się, że są związane z silnymi, skręconymi liniami pola magnetycznego generowanego w pobliżu gorącego, gwiezdnego jądra.

Karolina Wojtkowska

Niebieski pierścień Urana

Odkryto nowy, niebieski pierścień otaczający Urana w odległości 97700 km od centrum planety. Jest on podobny do najbardziej zewnętrznego pierścienia E Saturna i stał się drugim takim w Układzie Słonecznym.

Odkrycia dokonano w ubiegłym roku dzięki złożeniu optycznych obrazów z teleskopu Hubble'a i podczerwonych zdjęć z hawajskiego teleskopu Keck.

Pierścień krążący dookoła Saturna powstał przez zderzenia mikrometeorytów z jego małym księżycem Enceladusem, wypuszczając w kosmos małe drobinki, które rozpraszają i odbijają światło niebieskie. Podobna sytuacja może istnieć na Uranie, gdyż nowy pierścień znajduje się przy satelicie Mab. Teoria ta jednak nie ma zbyt wielu zwolenników, jako że Mab jest zbyt mały na taki proces.

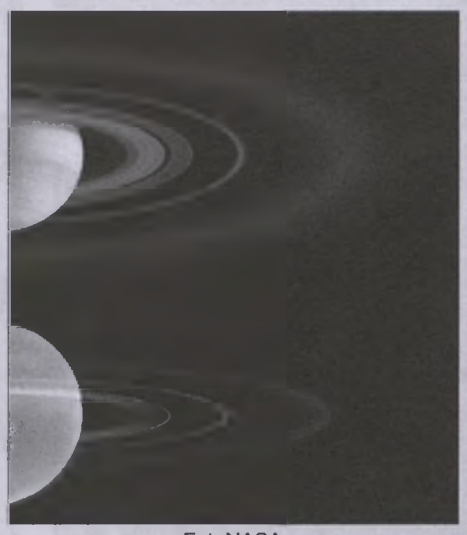
Pierścień musi się składać z bardzo maleńkich, o rozmiarach tysięcznych części grubości włosa cząsteczek pyłu i gazu, gdyż większe drobiny barwią pierścienie na czerwono. Być może wszystkie większe cząstki zostały przechwycone przez planetę, pozostawiając jedynie te najmniejsze, które pod wpływem ciśnienia promieniowania słonecznego, zmian grawitacyjnych i pola magnetycznego ulegają jakimś bardzo subtelnym siłom i przemieszczają się w ramach pierścienia.

Karolina Wojtkowska

Kolizja plam na Jowiszu

4 lipca będziemy świadkami bardzo bliskiego przejścia obok siebie dwóch potężnych burz na Jowiszu. Nie będzie to zderzenie czołowe, a Wielka Czerwona Plama nie pochłonie mniejszej, co się jednak dokładnie stanie — astronomowie nie potrafią sprecyzować.

Od sześciu lat na Jowiszu obserwujemy dwie ogromne czerwone plamy będące szalejącymi układami burzowymi. Pierwsza z nich to

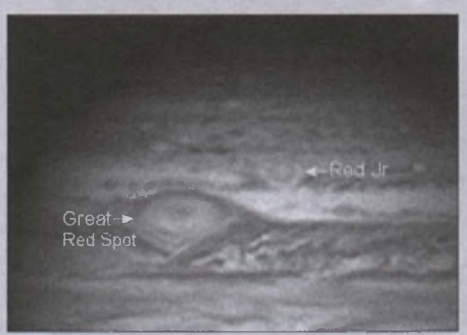


Fot. NASA

znana od dawna Wielka Czerwona Plama, dwa razy większa od Ziemi, w obrębie której prędkość wiatrów osiąga wartość 500 km/h. Druga z nich to o połowę mniejszy Czerwony Junior (Owal BA) odkryty w 2000 r. Na początku lipca obydwie plamy przejdą bardzo blisko siebie. Takie przejścia obserwujemy co dwa lata. Ostatnie z nich — w 2002 i 2004 r. nie pozostawiły na plamach żadnych śladów. Naukowcy obawiają się, że tym razem może być inaczej.

Czerwony Junior nie zawsze był czerwony. Przez pięć lat, aż do roku 2006 wyglądał jak zwykła biała plama burzowa podobna do innych na planecie. Czerwony odcień mógł oznaczać, że burza nabrała gwałtowności. Czerwona barwa Wielkiej Czerwonej Plamy też nie jest do końca wytłumaczona. Sądzi się, że wiatry wynoszą materiał z głębin atmosfery Jowisza wysoko ponad chmury a tam, pod wpływem ultrafioletowego promieniowania słonecznego niektóre związki zaczynają świecić na czerwono. Zderzenie dwóch plam może spowolnić wirowanie Juniora, osłabić go i w konsekwencji pozbawić tego koloru.

Karolina Wojtkowska



Fot. NASA

Krzysztof Helminiak

Światy pod dwoma słońcami

Planety w układach podwójnych i wielokrotnych

Już od kilkunastu lat znajdujemy planety pozasłoneczne wokół przeróżnych typów gwiazd — od „martwych" pulsarów i białych karłów, przez nigdy nie „obudzone" brązowe karły, gwiazdy podobne do Słońca, aż po olbrzymy. Znajdujemy je także w gwiezdnych parach, zaś wnioski z tych odkryć potrafią być bardzo zaskakujące

Wstęp

Cóż jest takiego zaskakującego? Wydawałoby się, że niewiele. Od kilkudziesięciu już lat uczeni spodziewali się znaleźć planety w układach podwójnych i wielokrotnych gwiazd. Prowadzone były badania teoretyczne nad ich dynamiką, powstawaniem i ewolucją. Wiadomo było, że „gwiezdne pary" są w Galaktyce bardzo liczne. Potwierdziły to wyniki uzyskane przez Duquennoya i Mayora w 1991 r. Doszli oni do wniosku, że wśród gwiazd starszych niż miliard lat mniej niż połowa to „samotnicy". W przypadku gwiazd młodych, np. zebranych w gromadach otwartych, odsetek ten jest według nich jeszcze mniejszy. Świeże wyniki uzyskane przez Ladę (2006) zachwiały tym poglądem. Pokazał on, że najczęściej powstające gwiazdy — karły typów widmowych K i M — raczej wolą samotność. Nie ulega jednak wątpliwości, że układy podwójne i wielokrotne nie są w naszej części Galaktyki czymś wyjątkowym.

Dziwny zatem może się wydać fakt, jak mało znamy planet w układach podwójnych. Ze wszystkich 188 odkrytych egzoplanet[1] tylko niewiele ponad 30 krąży w układach podwójnych. Dlaczego? Głównie jest to wina stosowanych metod obserwacyjnych. Większość odkryć przyniosła metoda prędkości radialnych (RV), w której poszukuje się grawitacyjnego wpływu planety w postaci okresowych zmian w prędkości radialnej gwiazdy, które objawiają się przez zmienne położenie linii widmowych. Poziom tych zmian zależy m.in. od masy planety i dla największych jest na poziomie kilkudziesięciu, kilkuset m/s. Uzyskanie takiej precyzji pomiarów dla pojedynczej gwiazdy już jest sztuką samą w sobie. Sytuacja o wiele bardziej się komplikuje, gdy w widmie obiektu znajdujemy linie pochodzące od dwóch gwiazd. Do niedawna nie dysponowaliśmy metodą pozwalającą osiągnąć odpowiednią dokładność. Dlatego też układy spektroskopowo podwójne, zwłaszcza te najciaśniejsze, z najmniejszymi okresami orbitalnymi, były z reguły pomijane w programach poszukiwania planet metodą RV. Zdarzało się nawet, że w prowadzonym przeglądzie były odkrywane nowe układy spektroskopowo podwójne, po czym usuwano je z listy „celów". Dopiero od niedawna wiemy, jak mierzyć prędkości radialne w takich przypadkach z dobrą dokładnością. Nowe podejście do takich pomiarów zaowocowało już odkryciami.

Nieraz zdarzało się także, że gwiazdowy towarzysz był odkrywany jakiś czas po odkryciu planety. Dowodem na grawitacyjne związanie dwóch gwiazd były podobne wartości ruchu własnego i odległości. Zdecydowana więk-

[1] Stan na kwiecień 2006, wg *Encyklopedii Pozasłonecznych Układów Planetarnych*: http://vo.obspm.fr/exoplanetes/encyclo/encycl.html

szość układów podwójnych, w których znane są planety, to właśnie takie pary, o których można powiedzieć tylko tyle, że wspólnie krążą wokół centrum Galaktyki. Ich separacje — kilkaset do ponad tysiąca jednostek astronomicznych (rozmiary wewnętrznego obłoku Oorta) — powodują, że praktycznie nie mamy szans za naszego życia zaobserwować ich ruchu orbitalnego. Wydaje się także, że ostatnie przeglądy wyczerpały już nasze możliwości w tej materii. Same układy podwójne, które posiadają planety i których elementy orbitalne są znane, można dosłownie policzyć na palcach. Generalnie można pokusić się o stwierdzenie, że planety powstają „chętniej" wokół gwiazd pojedynczych, ale wciąż mamy za mało przykładów i niedostatecznie dobre techniki obserwacyjne, aby potwierdzić lub obalić tę hipotezę.

Historia... krótka

Osoby bardziej zainteresowane astronomią i tematyką planet pozasłonecznych powinny wyrecytować przez sen dwie daty: rok 1992 — odkrycie planet wokół pulsara oraz rok 1995 — odkrycie pierwszej planety wokół gwiazdy podobnej do Słońca (51 Peg). Ale historię odkryć planet można zacząć już w roku 1989 i to od razu od układu podwójnego. Wówczas został odkryty małomasywny towarzysz gwiazdy HD114762, będącej częścią układu podwójnego o separacji ok. 230 AU[2]. Dolne ograniczenie masy $M_2 \sin i$ (wielkość uzyskiwana z obserwacji RV, i oznacza nachylenie orbity, M_2 rzeczywistą masę planety) zostało obliczone na 11 mas Jowisza (M_J), co stawia HD114762b wśród bardzo masywnych planet. Dalsze obserwacje pokazały jednak, że najprawdopodobniej masa tego obiektu jest dużo większa, czyli że nie jest on planetą, a brązowym karłem (o rozgraniczeniu między tymi obiektami nieco później). Niemniej jednak w niektórych późniejszych pracach HD114762b jest uznawany wciąż za planetę.

Potem przyszedł rok 1995 i odkrycie 51 Peg b, po którym się „posypało". Druga po 51 Peg b odkryta egzoplaneta — 16 Cyg B b — to ponownie był strzał w rozległy układ podwójny, o separacji 700 AU. Wśród licznych odkryć z roku 1996 należy także wspomnieć planety wokół gwiazd 55 Cnc i υ And. Są to znane wśród badaczy planet układy wieloplanetarne, które także mają stosunkowo odległych gwiazdowych towarzyszy. Separacje między gwiazdami wynoszą odpowiednio 1150 i 750 AU.

Także w 1996 r. została odkryta planeta wokół gwiazdy τ Boo. To jeden z tych nielicznych przypadków, w których jest znana orbita drugiego składnika gwiazdowego (o separacji 240 AU).

Na planetę w układzie spektroskopowo podwójnym trzeba nam było czekać aż do 2002 r., kiedy to zaobserwowano odchyłki prędkości radialnych gwiazdy γ Cep[3]. Co ciekawe, okres obiegu planety to ponad 900 dni, zaś okres obiegu składnika wtórnego sięga prawdopodobnie 70 lat.

Ale chyba najdziwniejszym i najciekawszym przypadkiem planety w układzie podwójnym jest obiekt o masie 2,5 masy Jowisza i okresie obiegu około 100 lat(!), krążący wokół układu podwójnego, w którego skład wchodzą pulsar milisekundowy i biały karzeł — PSR B1620-26. Już w 1993 r. pojawiło się doniesienie o planecie wokół tego pulsara, ale przez kolejne 10 lat uzyskiwanych obserwacji nie dało się wytłumaczyć obecnością planety. Dopiero w 2003 r. zostało wykazane, że pulsarowi towarzyszy trzeci obiekt — biały karzeł — a także uzyskano poprawne parametry układu.

Orbity planet w układach wielokrotnych

W układach wielokrotnych istnieje kilka typów możliwych orbit planet. Dvorak (1984) wprowadził podział ze względu na to, w jaki sposób planeta krąży w danym układzie:

- Typ S (satelitarne) — planeta krąży blisko jednej z gwiazd stosunkowo rozległego układu. Zalicza się tu wszystkie planety odkryte metodą prędkości radialnych.
- Typ P (planetarne) — planeta krąży wokół całego, stosunkowo ciasnego układu. Jako przykład można podać planetę w układzie pulsara B1620-26. Podobny charakter ma także HD202206c. Wewnątrz jego orbity krąży obiekt o masie minimalnej 17 M_J, czyli będący poza planetarnym „reżimem" mas.
- Typ L (libracyjne) — planeta krąży wokół składnika głównego w punkcie stabilności Lagrange'a L_4 lub L_5, podobnie jak planetoidy trojańskie w układzie Słońce–Jowisz. Nieznana jest żadna planeta tego typu.

Podstawowym zagadnieniem w układach zawierających więcej niż dwa ciała jest kwestia stabilności ich orbit. „Niestabilność" orbity w praktyce oznacza, że nie powinniśmy widzieć danego obiektu na takiej orbicie. Grawitacyjny wpływ innych ciał powinien wówczas całkiem szybko doprowadzić do zderzenia badanego obiektu z innym lub do wyrzucenia go poza układ. W przypadku egzoplanet w układach podwójnych stabilność orbit była wielokrotnie badana w odniesieniu do wszystkich trzech typów.

W przypadku typu L zagadnienie wydaje się raczej oczywiste. Punkty L_4 i L_5 są obszarami stabilnymi ze swojej definicji. W Układzie Słonecznym znamy wiele przypadków ciał krążących po takich orbitach, związanych z różnymi parami obiektów (np. Słońce-Jowisz, Saturn-Tytan, Słońce-Neptun). W przypadku pozostałych typów wszystko zależy od drugiego składnika.

Dla ustalenia uwagi przyjmijmy, że planeta typu S krąży po kołowej orbicie wokół składnika głównego układu podwójnego, w tej samej płaszczyźnie, co druga gwiazda. Zdefiniujmy też tzw. parametr masy $m = M_B/(M_A+M_B)$, gdzie M_A i M_B oznaczają masy kolejno składnika głównego i wtórnego, a wielką półoś i ekscentryczność orbity składnika wtórnego oznaczmy odpowiednio a_B i e_B. Symulacje wykonane m.in. przez Holmana i Wiegerta (1999) pokazały, że np. dla $m = 0{,}3$ promień największej stabilnej orbity typu S wynosi około $0{,}37\ a_B$ dla kołowej orbity drugiej gwiazdy. Gdy zwiększa się ekscentryczność składnika wtórnego, obszar stabilny znacząco się zmniejsza. Dla $e_B = 0{,}5$ największa dopuszczalna orbita ma promień $0{,}14\ a_B$.

[2] Podawane separacje odnoszą się do sytuacji, w której płaszczyzna orbity układu jest zgodna z płaszczyzną nieba. Jest to zatem raczej rzut separacji na płaszczyznę nieba, a nie prawdziwa odległość. Rzeczywiste odległości między poszczególnymi gwiazdami są prawdopodobnie większe.

[3] Doniesienia o możliwej planecie pojawiały się już w 1989 i 1992 r.

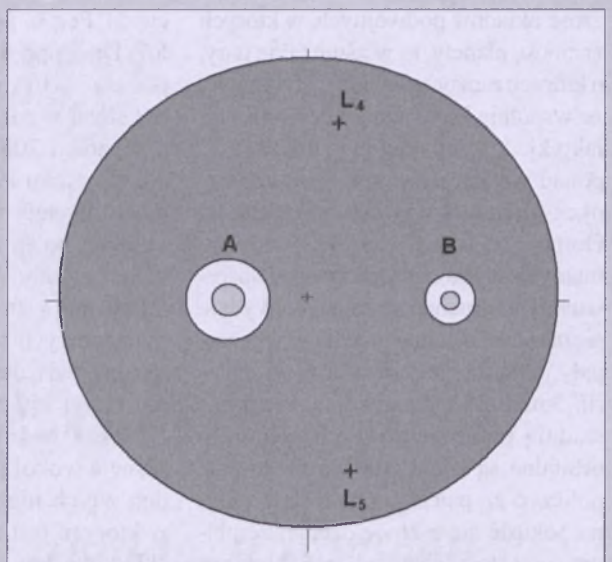
Dla takiej samej wartości m, najmniejsza stabilna orbita typu planetarnego jest 2,3 razy większa niż separacja gwiazd w przypadku kołowej orbity składnika wtórnego. Gdy ponownie zwiększymy e_B do wartości 0,5, to hipotetyczna planeta nie utrzyma się w układzie, jeśli będzie miała orbitę o promieniu mniejszym niż około 4 a_B.

Obszary „stabilne" zmniejszają się nie tylko pod wpływem wzrostu ekscentryczności orbity składnika wtórnego. Nietrudno się domyślić, że jeśli wzrośnie także jego masa (a więc i parametr m), to jego grawitacja będzie wywierała większy wpływ na ruch planety, a konkretnie zmniejszy zakres jej stabilnych orbit. Zmiany parametrów orbity planety niekorzystnie wpływają także na możliwość późniejszego jej pozostania w układzie. Trudniej jest utrzymać się planecie, której początkowa orbita jest eliptyczna lub nachylona do płaszczyzny orbity gwiazd. Zaznaczyć warto, że orbita „stabilna" nie oznacza takiej, której kształt i orientacja w przestrzeni się nie zmienia. Odnosi się zaś do sytuacji, w której badany obiekt przez długi czas (na tyle długi, że będziemy mieli szansę zaobserwować układ) nie zderzy się z innym ani nie zostanie wyrzucony z całego układu pod wpływem grawitacji ciał bardziej masywnych[4].

Narodziny i „życie" światów pod dwoma słońcami

Zarys ogólnego modelu narodzin planet...

Powszechnie przyjmowany model powstawania układów planetarnych — model Safronova — wywodzi się jeszcze z XVIII-wiecznej hipotezy „mgławicy Słonecznej", wysuniętej przez Kanta i Laplace'a. Gęsty obłok materii międzygwiazdowej zaczyna zapadać się pod wpływem własnej grawitacji. Rotuje coraz szybciej, aż przyjmuje kształt spłaszczonego dysku, w środku którego tworzy się protogwiazda. Po przekroczeniu pewnej granicy gęstości i temperatury zaczynają się w niej reakcje termojądrowe. Tymczasem cząstki pyłu i gazu w dysku mogą się łączyć, tworząc jądra przyszłych planet (planetozymale). W małych odległościach od protogwiazdy temperatura i promieniowanie usuwa gaz i lód, pozostawiając tylko materiał skalny. Na dużych odległościach, za tzw. „linią śniegu", zostaje wystarczająco dużo stałego materiału (lodowego i skalistego), aby mógł on tworzyć jądra o masach tak dużych, że są zdolne akreować gaz i tworzyć atmosfery gazowych olbrzymów, takich jak Jowisz. Przed „linią śniegu" z planetozymali powstają planety skaliste, takie jak Ziemia.



Rys. 1. Obszar orbit niestabilnych (ciemnoszary kolor) odpowiadający wynikom uzyskanym przez Holmana i Wiegerta (1999) dla kołowej orbity składnika B. Dodatkowo są zaznaczone punkty L_4 i L_5, w których może znajdować się planeta

Tak w dużym uproszczeniu wygląda jeden z dwóch najbardziej prawdopodobnych i najpopularniejszych scenariuszy powstawania planet olbrzymów — model akrecji na jądro. Druga hipoteza — model niestabilności dyskowych — zakłada, że dysk protoplanetarny jest tworem dynamicznym i stosunkowo nietrwałym. Dzieli się na mniejsze, gęstsze fragmenty, które podlegają grawitacyjnemu zapadaniu. Stałe jądro tworzy się na skutek opadania ziaren pyłu i podobnego materiału ku centrum takiego zagęszczenia.

Oba procesy przewidują tworzenie się planet jowiszowych za „linią śniegu" (jest to w pozornej sprzeczności z odkryciami „gorących Jowiszy", ale o tym za chwilę). Oba mają swoich zwolenników i przeciwników, a argumentów przemawiających za poparciem lub odrzuceniem jest równie wiele dla każdego z nich. Na przykład w modelu akrecji na jądro planeta o masie Jowisza tworzy się w czasie około 10 mln lat, natomiast z badań nad dyskami wiemy, że prawdopodobnie „żyją" one dużo krócej. Model niestabilności prowadzi do powstania „Jowiszy" już w czasie ok. 1000 lat, ale z drugiej strony okazuje się, że potrzebne do rozpoczęcia narodzin planet zaburzenia w dysku mogą w ogóle nie powstać, gdyż dyski wokół młodych gwiazd same w sobie są tworami bardzo stabilnymi. Sam proces fragmentacji i zapadania się zagęszczeń jest trudny w opisie i nie do końca poznany. Mamy natomiast obserwacyjne dowody na istnienie dysków, w których w tym właśnie momencie trwa zlepianie się ziaren (np. McCabe i in., 2003).

Wiadomo na pewno — powiedzmy „prawie na pewno" — że planety skaliste powstają w procesie zlepiania się ziaren, a później większych brył skalnych. Wiadomo też, że proces ten bez większych problemów zachodzi blisko protogwiazdy, czego bezpośrednim dowodem są cztery wewnętrzne planety naszego Układu Słonecznego. Ponadto okazuje się, że takie historie zdarzają się częściej i w dziwniejszych miejscach, niż się nam wydaje — np. w okolicach pulsarów. Od 1992 r. znamy przykłady planet, najprawdopodobniej skalistych, wokół pulsara, a od kwietnia tego roku, dzięki teleskopowi kosmicznemu Spitzera, znamy też przykład dysku pyłowego wokół „martwej gwiazdy"[5].

...i w układach podwójnych

Gdy do jednej protogwiazdy dołożymy drugą (albo i trzecią), scenariusze tworzenia się planet, zwłaszcza olbrzymów, zaczynają się jeszcze bardziej komplikować. Nie jest jeszcze źle, gdy dysk protoplanetarny tworzy

[4] Jest to tzw. astronomiczne kryterium stabilności. Co ciekawe, według innego kryterium — Lapunowa — układy planetarne, w tym nasz Układ Słoneczny, są niestabilne.

[5] http://www.jpl.nasa.gov/news/news.cfm?release=2006-049

się wokół dwóch protogwiazd. W większych odległościach od takiej pary sytuacja praktycznie niczym się nie różni od przypadku opisanego powyżej. Spokojnie może sobie wtedy powstać planeta na orbicie typu P. Co innego, gdy planety chcą powstać w dysku otaczającym tylko jedną gwiazdę, a druga gwiazda jest stosunkowo blisko.

O tym, że w układach podwójnych występują dyski, wiemy z obserwacji. Dla przykładu w młodym obiekcie L1551 IRS 5 odkryto dyski wokół obu składników, odległych od siebie o 45 AU (rys. 2). Ich masy to 0,03 i 0,06 masy Słońca, co w zupełności wystarczy do tworzenia planet (Rodriguez i in., 1998). Wokół młodych układów spektroskopowo podwójnych na falach milimetrowych obserwowanych jest wiele przykładów dysków okołopodwójnych. Jednak te najbardziej masywne są rzadkie w układach bardziej rozległych, o separacjach rzędu kilkudziesięciu jednostek astronomicznych.

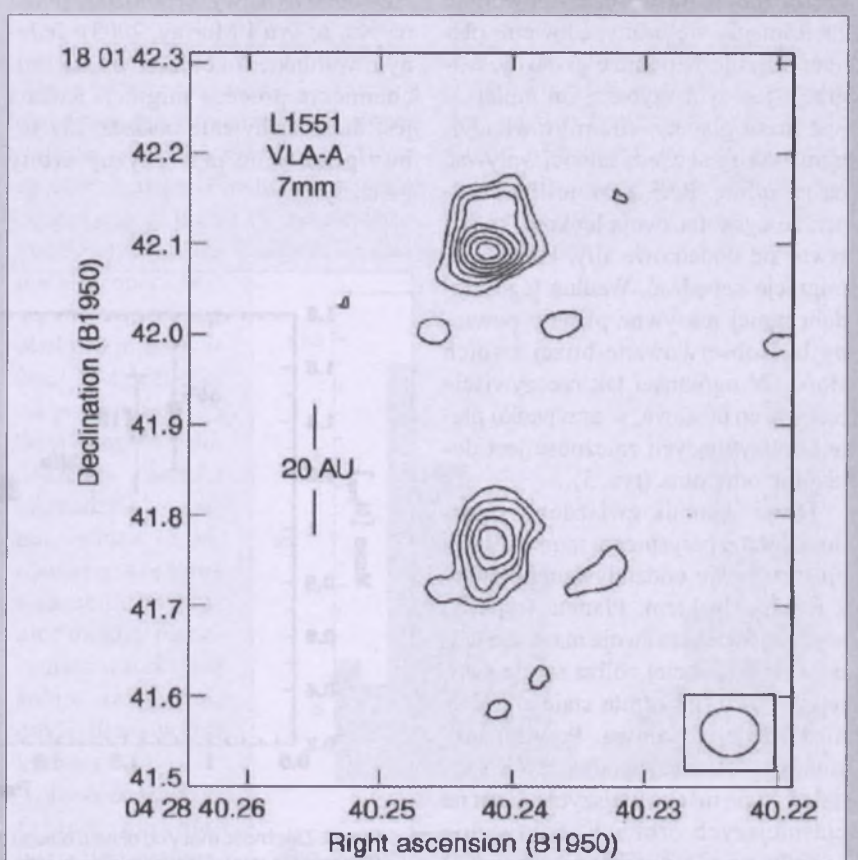
W obu przypadkach podstawowym efektem obecności gwiazdowego towarzysza jest obcięcie dysku. Jego rozmiary wówczas są oczywiście w zgodzie z obszarami stabilności orbit opisanymi w punkcie 3. Konkretnie, dla parametru masy $m = 0{,}3$ wewnętrzny promień dysku okołopodwójnego jest dwukrotnie większy od separacji gwiazd a_B, jeśli orbita składnika wtórnego jest kołowa i rośnie ze wzrostem ekscentryczności. Dysk okołogłówny osiąga wówczas promień co najwyżej 0,4 a_B, a okołowtórny 0,27 a_B. Wartości te maleją ze wzrostem ekscentryczności orbity drugiej gwiazdy. Podobnie jak na obszary stabilności, negatywny wpływ na rozmiary dysków mają takie czynniki, jak zwiększenie masy drugiej gwiazdy czy nachylenie płaszczyzny dysku do płaszczyzny orbity gwiazd.

Z powyższego można wyciągnąć prosty wniosek. Planetom w układach podwójnych jest trudniej powstać, ponieważ mogą nie mieć na to miejsca. Druga gwiazda zmniejsza rozmiary dysku protoplanetarnego oraz jego masę. Nie dziwi zatem fakt, że jeśli już jakieś planety znajdujemy, to prawie tylko w rozległych układach podwójnych, o separacjach rzędu kilkuset a nawet tysiąca jednostek astronomicznych, kiedy to składnik wtórny wywiera znikomy wpływ na bezpośrednie otoczenie składnika głównego układu.

Dopuszczalne rozmiary dysków odbijają się na możliwości powstawania planet gazowych i skalistych. W zbyt małym dysku okołogłównym (gdy jego krawędź wypadnie bliżej niż „linia śniegu") nie będą miały szansy utworzyć się planety olbrzymy; gdy za „linią śniegu" wypadnie krawędź dysku okołopodwójnego, prawdopodobnie nie powstaną planety skaliste (bez gazowych otoczek). Niemałą zagadką dla teoretyków było zatem odkrycie „gorącego Jowisza" krążącego wokół głównego składnika układu HD 188753 (Konacki, 2005). Składnik wtórny (który sam jest układem podwójnym) znajduje się na tyle blisko, że dysk okołogłówny nie osiągnąłby rozmiarów potrzebnych do utworzenia gazowego olbrzyma za „linią śniegu". Prawdopodobne w tym przypadku wydaje się być wyjaśnienie, że planeta powstała wokół pojedynczej jeszcze gwiazdy, która przechwyciła grawitacyjnie drugi składnik dużo później.

Ale to nie koniec komplikacji. O ile zdania teoretyków na temat mechanizmu powstawania planet jowiszowych wokół jednej gwiazdy są podzielone, o tyle w przypadku dwóch i więcej gwiazd opinii jest prawie tyle, co badaczy i prac, jakie napisali. Chodzi na przykład o to, czy i w jakim przypadku obecność drugiej gwiazdy pomaga w formowaniu się planet czy też nie. Na przykład wpływ grawitacji towarzysza może być źródłem niestabilności, które mogą doprowadzić do szybkiego utworzenia się planet. W ciaśniejszych układach podwójnych olbrzymy powinny zatem powstawać częściej przez grawitacyjny kolaps fragmentów dysku niż w wyniku akrecji na jądro. Jednakże w innej sytuacji dysk okołogwiazdowy może być podgrzewany do temperatur powodujących wyparowanie gazów i niektórych lodowych składników ziaren, co z kolei uniemożliwia powstawanie jakichkolwiek planet w jakikolwiek sposób.

Dzisiejszy stan wiedzy nie pozwala nam jednoznacznie powiedzieć, który mechanizm formacji gazowych olbrzymów jest prawdziwy i jak gwiazdowe



Rys. 2. Obraz młodego układu podwójnego L1551 IRS 5 wykonany przez instrument VLA na długości fali 7mm, ukazujący dwa dyski wokółgwiazdowe o promieniach 10 AU każdy (Rodriguez i in., 1998)

towarzystwo wpływa na ten proces. Coraz częściej uczeni skłaniają się ku przekonaniu, że w każdym konkretnym obiekcie historia była inna. Prawdopodobnie też oba scenariusze formowania się olbrzymów działają jednocześnie, tyle że z różną skutecznością. Zapewne wiele operacji będą musiały jeszcze wykonać nasze procesory, zanim poznamy odpowiedzi na większość nurtujących nas w tej materii pytań.

Migracja

Jedną z zagadek, która wydaje się już po części rozwiązana, jest obecność gazowych olbrzymów tam, gdzie nie powinno ich być, czyli bardzo blisko swojej gwiazdy macierzystej (10–20 promieni gwiazdy). Odpowiedzialny za to jest, według dzisiejszych ocen, tzw. proces migracji.

Kiedy gazowa protoplaneta o masie jowiszowej jest zanurzona jeszcze w dysku, wciąż zbiera na siebie materię i rośnie. Sam dysk, mimo że cienki[6], również posiada masę, przez co dochodzi do grawitacyjnego oddziaływania dysku i protoplanety. Skutkiem jest utrata przez protoplanetę części momentu pędu, co powoduje zacieśnianie się orbity. Słowem, planeta migruje w pobliże gwiazdy. Migracja jest tym szybsza, im mniejsza jest masa planety, siłom grawitacyjnym dysku jest wtedy łatwiej wpływać na jej orbitę. Poza tym, jeśli założymy, że dysk ma swoją lepkość, to pojawią się dodatkowe siły, które będą migrację napędzać. Według tego modelu mniej masywne planety powinny być obserwowane bliżej swoich słońc. W ogólności tak rzeczywiście jest, ale co ciekawe, w przypadku planet tranzytujących zależność jest dokładnie odwrotna (rys. 3).

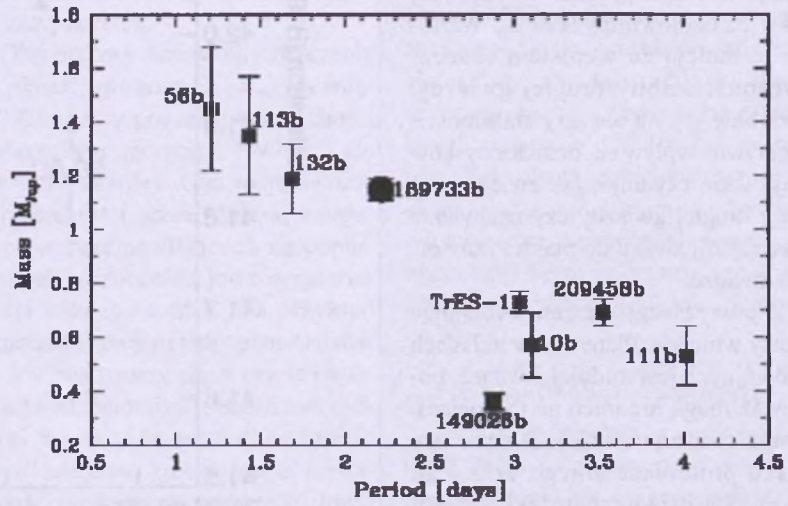
Drugi składnik gwiazdowy prawdopodobnie przyspiesza tempo migracji. Nasila się oddziaływanie planety z lepkim dyskiem. Planeta (typu S) szybciej zwiększa swoja masę, ale jednocześnie szybciej zbliża się do swojej gwiazdy. Jej orbita staje się również bardziej kołowa. Powinniśmy zatem w układach podwójnych spodziewać się masywniejszych planet na ciaśniejszych orbitach. Faktycznie w praktyce nie obserwuje się wokół gwiazd pojedynczych „gorących Jowiszy" o masach większych niż 2 M_J. Efekt ten nie może być spowodowany ograniczeniami metody, gdyż planety najmasywniejsze i krótkookresowe są właśnie najłatwiej wykrywalne wszelakimi metodami, w tym metodą mierzenia prędkości radialnych.

W układach podwójnych o dużej separacji brana jest także pod uwagę tzw. migracja Kozaia (Kozai, 1962; Wu i Murray, 2003). Grawitacja drugiej gwiazdy powoduje, że wartość mimośrodu orbity planety e_P na przemian maleje prawie do zera, po czym rośnie do wartości bliskich 1. W czasie, gdy e_P jest duże, peryastron orbity znajduje się bardzo blisko gwiazdy. Wówczas podczas przejścia przez peryastron na planetę działają potężne siły pływowe pochodzące od gwiazdy. Planeta traci energię i moment pędu, co prowadzi do zacieśnienia orbity. Czyni to migrację Kozaia bardzo skutecznym sposobem na sprowadzenie masywnych planet na ciasne orbity. Tłumaczy także istnienie w układach podwójnych planet na orbitach bardzo eliptycznych, a więc wydawałoby się niestabilnych, np. HD80606 b (najwyżej położony punkt na rys. 6; Wu i Murray, 2003). Jedynym warunkiem koniecznym do uruchomienia procesu migracji Kozaia jest duże nachylenie płaszczyzny orbity planety do płaszczyzny orbity gwiazdy.

A co z planetami ziemskimi?

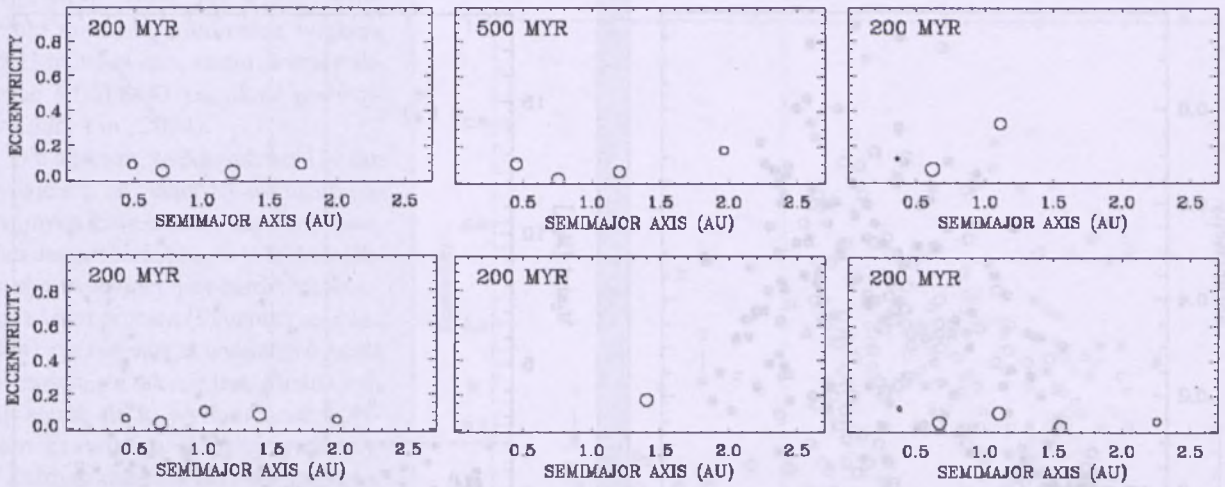
O powstawaniu planet skalistych można powiedzieć równie wiele, co na temat gazowych olbrzymów. Wiadomym jest, chociażby z naszego Układu Słonecznego, że mogą one powstawać bardzo blisko swoich gwiazd macierzystych. Jedynym znanym sensownym sposobem ich formacji jest zlepianie się ziaren pyłu — mechanizm bardzo podobny do tworzenia się jąder planet gazowych.

Wykorzystując znajomość naszego Układu, spodziewamy się znaleźć wiele planet skalistych wokół pojedynczych gwiazd podobnych do Słońca. Jednak sprawa ponownie się komplikuje, gdy chcemy uwzględnić grawitacyjny wpływ drugiego składnika. Dotyczy to głównie stabilności orbit, omawianej w punkcie 3. Istnienie ograniczenia na maksymalny promień stabilnej orbity planet typu S przejawia się już na etapie ich tworzenia. Grawitacja drugiego składnika może spowodować przyspieszenie embrionów planet do prędkości powodujących wyrzucenie ich z całego układu lub zderzenie powodujące ich destrukcję. W skrajnych przypadkach uniemożliwia to praktycznie utworzenie jakiejkolwiek planety. Z drugiej strony jest możliwe (z punktu widzenia stabilności), że aż 60% pobliskich układów wielokrotnych może posiadać planety skaliste.



Rys. 3. Zależność masy od okresu obiegu dla 9 planet tranzytujących, znanych w 2005 r. Oznaczenia dwu- i trzycyfrowe odnoszą się do indeksu zjawiska tranzytu w katalogu OGLE. Oznaczenia sześciocyfrowe to numery gwiazd w katalogu HD. Sygnatura *TrES-1* dotyczy planety, której tranzyt odkryty został w ramach projektu STARE (Bouchy i in., 2005)

[6] Grubość dysku jest o kilka rzędów wielkości mniejsza niż jego promień.



Rys. 4. Niektóre wyniki symulacji powstawania planet typu ziemskiego wokół jednej z gwiazd układu α Cen (góra) oraz podobnego układu o separacji 10 AU (dół) dla różnych warunków początkowych. Na osi poziomej odłożona jest wartość wielkiej półosi orbity, na pionowej ekscentryczność. Rozmiary okręgów symbolizują masy planet (Lissauer i in., 2004)

Interesujący wynik dały symulacje powstawania planet skalistych wokół jednego ze składników układu podwójnego α Cen (1,1 i 0,9 masy Słońca, półoś orbity: 23,4 AU) oraz podobnego układu podwójnego o separacji składników ok. 10 AU (Lissauer i in., 2004). Wyniki tych symulacji pokazane są na rys. 4.

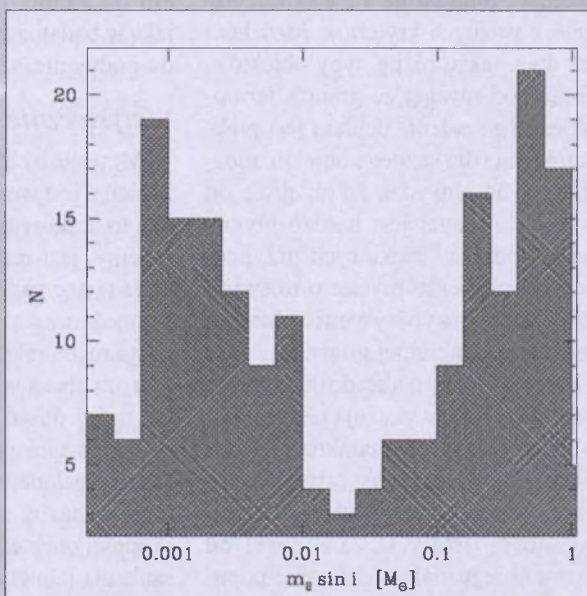
Interesujący jest fakt, że niezależnie od przyjętych warunków początkowych otrzymane w symulacjach układy planetarne mają kilka wspólnych cech. We wszystkich przypadkach masy największych planet są bardzo podobne i bliskie masie Ziemi. Orbity mają małe mimośrody i półosie w zasadzie nie przekraczające 2 AU. Liczba zachowanych planet to najczęściej 4 lub 5, przy czym największe masy posiadają te znajdujące się w odległościach ok. 1 AU od gwiazdy. Dokładnie takie same cechy mają wewnętrzne planety Układu Słonecznego.

Gwiazdy kontra planety

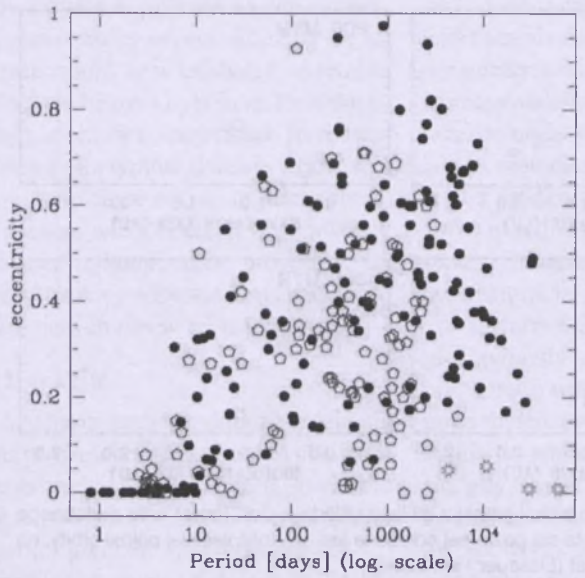
Możliwość powstania „kopii" Układu Słonecznego w układzie podwójnym gwiazd sugeruje, że proces formowania się tam planet skalistych może w dużym stopniu przypominać powstawanie planet wokół samotnych gwiazd, posiadających planety olbrzymy, np. Słońce–Jowisz. Proces taki może trwać nawet setki milionów lat (rys. 4), a jak wiemy, powstawanie „Jowiszy" może trwać nawet tylko około tysiąca (w modelu niestabilności dyskowych). Prawdopodobna jest zatem sytuacja, w której planety skaliste tworzą się w otoczeniu już uformowanych olbrzymów. Jak się okazuje, planety olbrzymy i składniki wtórne układów podwójnych mają ze sobą więcej wspólnego niż mogłoby się wydawać.

Według przyjmowanej obecnie definicji za planetę uznaje się obiekt, którego „rzeczywista masa nie przekracza granicy termonuklearnego palenia deuteru, krążący wokół obiektów gwiazdowych lub pozostałości po nich"[7]. Górna granica mas planet ustalona na podstawie tego kryterium nie zawsze jest taka sama. Zależy bowiem od składu chemicznego obiektu, a konkretnie od zawartości metali (w sensie astronomicznym). Dla metaliczności słonecznej wynosi ona około 13 mas Jowisza. W zależności od przyjmowanego do obliczeń modelu, dokładne wartości nieznacznie się różnią. Jednak 13 M_J uznaje się powszechnie za granicę między planetami a obiektami subgwiazdowymi, czyli brązowymi karłami.

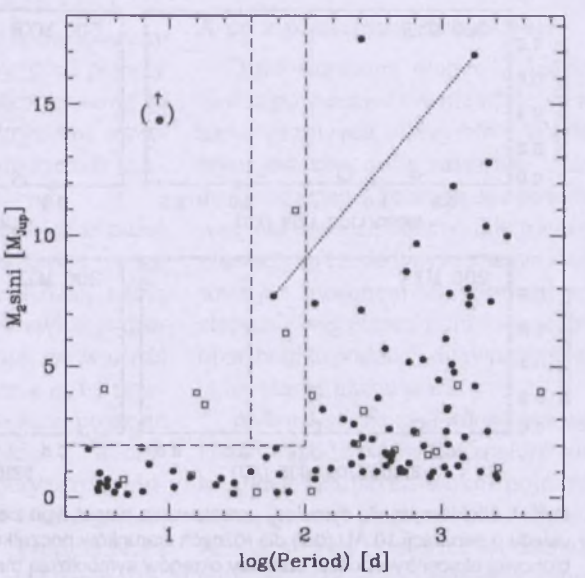
Jeszcze jednym faktem przemawiającym za ustaleniem tej granicy na wartości 13 M_J, jest istnienie tzw. Pustyni Brązowych Karłów (ang. *Brown Dwarf Desert*). Zliczając znane małomasywne obiekty towarzyszące gwiazdom podobnym do Słońca i rysując histogram ich mas, otrzymamy zaskakujący wynik. Mianowicie okaże się, że znamy dużo brązowych karłów o masach kilkudziesięciu mas Jowisza, sporo jest planet o masach poniżej 10 M_J, ale znacząco brakuje nam obiektów pośrednich, tzn. w zakresie mas około 13–15 M_J. Histogram taki pokazany jest na rys. 5, wspomniane zaś głębokie minimum na wykresie nosi właśnie miano Pustyni Brązowych Karłów.



Rys. 5. Rozkład mas znanych małomasywnych obiektów krążących wokół gwiazd podobnych do Słońca. Głębokie minimum za 0,01 $M_\odot$ (~10 M_J) nosi nazwę Pustyni Brązowych Karłów (Udry i in., 2004)



Rys. 6. Wykres mimośrodu orbity w zależności od okresu obiegu dla planet pozasłonecznych znanych w 2004 r. (otwarte pięciokąty) i składników wtórnych układów podwójnych (czarne punkty). Zaznaczone są też planety Układy Słonecznego: Ziemia (symbol Ziemi) oraz cztery kolejne, symbolizowane przez gwiazdki (Udry i in., 2004)



Rys. 7. Wykres $M_2 \sin i$ w funkcji okresu orbitalnego planety. Punkty symbolizują planety wokół samotnych gwiazd, zaś otwarte kwadraty— w układach podwójnych i wielokrotnych. W nawiasie jest zaznaczony prawdopodobny brązowy karzeł, którego masa jest znacznie większa od podanego tu dolnego limitu (Udry i in., 2004)

Powstaje pytanie — czy ten „twór", wyraźnie rozgraniczający populacje planet i gwiazd, jest prawdziwy, czy jest to tylko artefakt powstały na skutek niedoskonałości naszej techniki i niekompletności naszej wiedzy? Otóż coraz więcej wskazuje na drugą możliwość. Z roku na rok odkrywamy kolejne „ciężkie" planety i kolejne „lekkie" karły. Sięgamy do dalszych orbit i do mniejszych jasności. Pustynia się zapełnia z obu stron. Powoli tracimy jedno z ważnych kryteriów rozdzielające dwa, jakże różne, typy obiektów. Biorąc pod uwagę, że granica termonuklearnego palenia deuteru jest praktycznie inna dla każdego obiektu, można dojść do wniosku, że przejście od gwiazd do planet jest bardzo płynne i naturalne, a w niektórych przypadkach nie ma sensu myśleć o rozgraniczeniach i przypisywaniu danego obiektu do konkretnej grupy.

Egzoplanety i składniki wtórne gwiezdnych par wykazują jeszcze jedno podobieństwo o charakterze dynamicznym — parametry orbitalne. Na rys. 6 pokazany jest wykres ekscentryczności orbity w zależności od okresu obiegu. Jak widać, obie populacje zajmują praktycznie te same obszary. Wyjątkiem są okresy poniżej 1 dnia, gdzie planet się nie obserwuje. Wynika to albo z charakteru mechanizmu zatrzymującego migrację planety na orbitach odpowiadających 2–3-dniowym obiegom, albo właśnie z braku takiego mechanizmu, co powoduje sprowadzenie planety za blisko gwiazdy i jej wchłonięcie. Niemniej jednak, wykres ten jest dowodem na to, że z punktu widzenia dynamiki planety i gwiazdy nie różnią się zbytnio od siebie. Podkreśla także rolę, jaką w badaniach planet zajmują układy podwójne.

[7] http://www.ciw.edu/IAU/div3/wgesp/definition.html

Statystycznie rzecz biorąc

Mimo że o odkryciach kolejnych egzoplanet jest wciąż głośno i są one częste, to całkowita próbka, jaką dysponujemy, jest nadal stosunkowo mała. O ile w przypadku wszystkich 188 planet możemy się pokusić o szukanie statystycznych relacji, o tyle w przypadku samych planet w układach podwójnych jest to już dosyć trudne. Wiadomo także, że wszelaka nasza wiedza o planetach pozasłonecznych jest zafałszowana. Chociażby z tego powodu, że nie dysponujemy efektywnymi metodami szukania planet o małych masach. Co prawda możliwość taką daje nam mikrosoczewkowanie grawitacyjne, ale w tym przypadku obserwacji nie daje się powtórzyć. Poza tym nasze metody są najbardziej wyczulone na planety krótkookresowe, a sama dostępna nam skala czasowa obserwacji ogranicza nas do planet o okresach rzędu kilkunastu lat. Mimo to pojawiały się już prace podsumowujące naszą dotychczasową wiedzę o planetach w układach podwójnych i wielokrotnych.

Masy i okresy

Na rys. 7 jest pokazany wykres masy minimalnej $M_2 \sin i$ w funkcji okresu orbitalnego P dla znanych pod koniec 2004 r. egzoplanet. Otwarte kółka symbolizują planety krążące wokół gwiazd pojedynczych, pełne zaś odnoszą się do planet w układach podwójnych i wielokrotnych.

Widoczne przerywane linie odpowiadają okresom 40 i 100 dni i masie minimalnej 2 M_J. Jak widać, w obszarze przez nie ograniczanym znajdują się tylko planety z układów podwójnych. Wiąże się to prawdopodobnie z wpływem towarzysza gwiazdowego na mechanizm migracji opisywanym wcześniej. Granicę $P \approx 40$ dni można przesunąć do wartości około 100 dni (druga przerywana pionowa linia). Jedyna planeta krążąca wokół pojedynczej gwiazdy, która wejdzie w zaznaczony obszar, to HD168443b, która jest członkiem układu z dwiema masywnymi „planetami" — łączy je

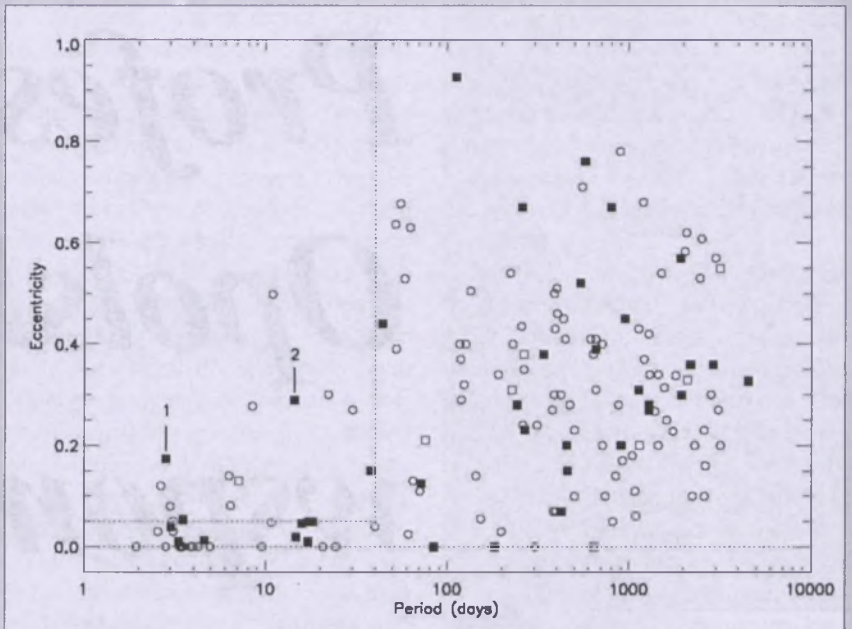
kropkowana linia. Jak widać, drugi obiekt ma masę minimalną większą niż 13 mas Jowisza, zatem można traktować HD168443 jak układ podwójny (Udry i in., 2004).

Dla okresów większych niż 100 dni wydaje się, że planety w układach podwójnych mają średnio mniejszą masę. Prawdopodobieństwo, że to efekt selekcji obserwacyjnej, jest bardzo małe — sięga kilku procent (Eggenberger i in., 2004), ale nie można wykluczyć z całą pewnością, że tak nie jest. Można jednak starać się to wytłumaczyć wpływem grawitacji drugiej gwiazdy. W każdym razie do dziś nie znaleziono bardzo masywnej planety na długookresowej orbicie wokół składnika układu podwójnego.

Mimośrody

Pewne różnice między dwiema grupami planet pozasłonecznych są widoczne także na diagramie ekscentryczności e i okresu orbitalnego (rys. 8). Wykres ten powstał na podstawie ostatnich przeglądów poszukujących gwiazd grawitacyjnie powiązanych ze znanymi posiadaczkami egzoplanet (Raghavan i in., 2006). Czarne kwadraty oznaczają planety w układach podwójnych, nie zapełnione kwadraty odnoszą się do planet wokół gwiazd, które są podejrzewane o posiadanie odległego towarzysza, kółka zaś to planety krążące wokół gwiazd pojedynczych.

Na tym wykresie można wyznaczyć granicę $P \sim 40$ dni (znów!), a także mimośrodów $e \sim 0{,}05$. Obszar przez nie ograniczony wydaje się być „omijany" przez planety układów podwójnych (Eggenberger i in., 2004). Jest to zgodne z przewidywaniami modelu migracji, według którego wpływ drugiej gwiazdy prowadzi do powstania bardziej kołowej orbity „gorącego Jowisza". Dwa zaznaczone obiekty, wydające się wyłamywać z tego trendu, to 55 Cnc e (1) oraz HD38529b (2). Pierwsza jest najmniejszą i krążącą po najciaśniejszej orbicie planetą układu podwójnego o separacji 1050 AU. Na jej ruch większy wpływ mają raczej jej „siostry" aniżeli druga gwiazda układu. Przypadek HD38529b jeszcze bardziej przypomina planetę związaną z samotną gwiazdą, gdyż prawdopodobny towarzysz jest oddalony aż o około 12 000 AU, co stanowi granicę grawitacyjnego powiązania.



Rys. 8. Porównanie ekscentryczności i okresów orbitalnych planet w układach podwójnych i krążących wokół gwiazd pojedynczych (Raghavan i in., 2006)

Słówko na koniec

Planety w układach podwójnych nie mają łatwego życia. Jeśli już zdołają powstać w obciętym przez drugą gwiazdę dysku, to przez całe swoje życie muszą zmagać się z jej grawitacją. Mogą się ze sobą zderzyć, mogą zostać wyrzucone z „rodziny" i skazane na samotną tułaczkę po Wszechświecie, mogą też zostać wchłonięte przez swoje słońce, jeśli w wyniku migracji zanadto się do niego zbliżą. Te wszystkie problemy są być może powodem, dla którego planet takich znamy stosunkowo mało. Nasze techniki obserwacyjne i nasza wiedza na temat egzoplanet w ogólności są wciąż na etapie rozwoju. Możemy być pewni, że w ciągu najbliższych lat poznamy więcej światów pod dwoma słońcami.

Są one dla nas bardzo ważne. Pozwalają zrozumieć mechanizmy powstawania układów planetarnych, testować nasze modele, motywują nas także do pracy nad nowymi technologiami. Mimo małej liczby dostępnych nam przykładów zaczynamy już dostrzegać pewne zależności między ich fizycznymi właściwościami. Planety w układach podwójnych stanowią też interesujący punkt wyjścia do rozważań na temat różnic między gwiazdami a planetami. Zapewne będziemy dowiadywać się o nich coraz więcej, mimo że przyszłe odkrycia nieraz nas zaskoczą.

Kto by pomyślał, że nawet nie potrafimy właściwie powiedzieć, co to jest „planeta"...

* * *

Chciałbym podziękować dr. Maciejowi Konackiemu za dyskusję, uwagi i poprawki do niniejszego tekstu oraz dr. hab. Krzysztofowi Goździewskiemu za możliwość przedstawienia go na seminarium magisterskim i późniejszą dyskusję.

Literatura

Bouchy, F. et al. 2005, A&A 444, L15.

Dvorak, R., 1984. Celestial Mechanics 34, 369.

Holman, M. and Wiegert, P.A., 1999, AJ 117, 621.

Konacki, M., 2005, Nature 436, 230.

Lissauer, J., et al.,2004, RMxAC 22, 99.

Raghavan, D., et al. 2006, astro-ph/0603836.

Rodriguez, L.F et al., 1998, Nature 395, 355.

Udry, S., et al., 2004, RMxAC 21, 207.

Krzysztof Helminiak jest studentem V roku astronomii w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Przygotowuje pracę magisterską w dziedzinie mechaniki nieba

Profesor Opolski wspomina

Wielce Szanownemu i Drogiemu Panu Profesorowi, z okazji 93. rocznicy urodzin, życzenia zdrowia i długich lat życia składa Zarząd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego i Redakcja „Uranii-Postępów Astronomii"

Barbara Cader-Sroka (BCS): Panie Profesorze, we wrześniu zeszłego roku uczestniczył Pan w otwarciu XXXII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Czy zechciałby Pan Profesor podzielić się z Czytelnikami „Uranii-Postępów Astronomii" swoimi wrażeniami z tamtego wydarzenia?

Mój wiek (93 lata) i stan zdrowia nie pozwalały mi na pełne uczestniczenie w obradach XXXII Zjazdu PTA, który odbył się we Wrocławiu w dniach 19–23 września 2005 r. Przyszedłem tylko na otwarcie, by odebrać dyplom honorowego członka Towarzystwa i podziękować za to zaszczytne wyróżnienie. Ale nawet ten krótki pobyt na sali obrad był dla mnie zaskoczeniem. Nie spodziewałem się zobaczyć tak wielu członków Towarzystwa: na sali było ich ponad 140. A ja pamiętam jeszcze pierwszy powojenny zjazd Towarzystwa, który odbył się również we Wrocławiu z inicjatywy prof. E. Rybki w dniach 10–11 października 1948 r. Wtedy zebrało się 24 członków, którzy reaktywowali działalność Towarzystwa. Wszystkich ich znałem osobiście. O zjeździe tym mówił w swoim referacie doc. T. Jarzębowski i przedstawił listę uczestników (Urania–PA 6/2005).

Lista uczestników Zjazdu z 1948 r. jest prawie kompletną listą astronomów, którzy nie tylko reaktywowali PTA, ale stworzyli początki naszej nowoczesnej astronomii. Pracowali w trudnych warunkach: utrudnione wyjazdy zagraniczne i kontakty, szczególnie z ośrodkami zachodnimi, kłopoty z uzyskaniem bieżącej literatury i czasopism fachowych, nieosiągalność specjalistycznej aparatury. A jednak udało im się wzbogacić polską astronomię w nowe dziedziny badań. Powstały działy astrofizyki, heliofizyki, radioastronomii, astronomii kosmicznej. Udało im się również wykształcić i wychować następców, którzy mogli już w pełni włączyć się w wartki nurt rozwoju astronomii światowej.

To dzięki nim obecnie Polacy obserwują w Chile, mają dostęp do teleskopu SALT, opracowują materiały zebrane przez pozaatmosferyczną aparaturę i sami taką aparaturę konstruują. Wszystkie te osiągnięcia, tak oczywiste obecnie, w roku 1948 nie mieściły się w granicach nawet najśmielszych marzeń. To dzięki nowemu, powojennemu pokoleniu, polska astronomia nie pozostała w tyle za rozwijającą się światową nauką, mimo tak trudnego startu.

Teraz na Zjeździe zobaczyłem wielu nie znanych mi członków Towarzystwa. Jest to już drugie i trzecie pokolenie tych powojennych pionierów

z 1948 r. Zobaczyłem, jak Prezes PTA, prof. A. Woszczyk, sam wychowanek i uczeń prof. W. Iwanowskiej i prof. W. Dziewulskiego, wręcza nagrodę młodemu astronomowi, dr. M. Konackiemu, który odkrył planetę. Sztafeta pokoleń trwa, osiągając coraz wyższy poziom.

Dobrze się stało, że doc. T. Jarzębowski sięgnął do korzeni i przypomniał tych uczonych, którzy po wojnie reaktywowali nie tylko PTA, ale całą polską astronomię. Pamięć o nich i wspomnienia tych trudnych początków warte są zachowania i utrwalenia. I tylko szkoda, że niespodziewanie sam doc. Jarzębowski stał się już wspomnieniem.

BCS: Rzeczywiście, szkoda. Ja sama byłam bardzo poruszona Jego nagłym odejściem. Miałam okazję pomagać doc. Jarzębowskiemu w przygotowaniu wykładu na XXXII Zjazd PTA. Wtedy nikt się nie spodziewał, że to będzie Jego ostatni wykład. Spędziliśmy wiele godzin przed monitorem komputera, przygotowując prezentację w Power Point. Tadeusz Jarzębowski, zawsze młody duchem, chciał także iść z duchem czasu. To był drugi w Jego życiu referat wygłoszony z wykorzystaniem komputera, a nie Jego ulubionych przezroczy. Podszedł do tego wystąpienia bardzo poważnie i niezwykle sumiennie się do niego przygotowywał. Pierwszy raz od lat zrezygnował z wakacyjnych wypraw zagranicznych, by móc godzinami przesiadywać w bibliotece naszego Instytutu w poszukiwaniu faktów, dat, brakujących ogniw w powojennej historii wrocławskiego Obserwatorium. Było Mu łatwiej, bo sam był świadkiem wielu tamtych wydarzeń. Pamiętam, jak cyzelował każdy akapit, niemal każde słowo swego artykułu, który był drukowaną wersją wykładu wygłoszonego podczas ostatniego zjazdu PTA i ukazał się w „Uranii-PA" 6/2005. To był, niestety, ostatni artykuł, jaki napisał...

Wracając do naszej rozmowy: spędził Pan Profesor 6 lat w niemieckiej niewoli. Na szczęście, dzięki aktywności Pana Profesora i innych jeńców, nie był to czas zupełnie stracony. Wrócił Pan Profesor z obozu m.in. z manuskryptem podręcznika akademickiego. Czy zechciałby Pan Profesor o tym opowiedzieć?

Jako podporucznik rezerwy artylerii zostałem zmobilizowany we Lwowie dnia 31 sierpnia 1939 r. i w wyniku przegranej kampanii dostałem się do niewoli niemieckiej. Okres wojny spędziłem w obozach jenieckich, Oflag IIB i IIC. W każdym obozie było ok. 6000 oficerów. W 80% byli to rezerwiści, ludzie młodzi, wykształceni, o różnych zawodach i zainteresowaniach. Warunki obozowe pozostawiały nam dużo wolnego czasu. Po obowiązkowym apelu porannym, gdy Niemcy sprawdzali stan liczbowy obozu, co trwało normalnie ok. 30 minut, mogliśmy w ciągu dnia poruszać się swobodnie po obozie otoczonym drutami kolczastymi. Wyżywienie, które otrzymywaliśmy, śniadania, obiady i kolacje, było niskokaloryczne, ok. 1000 kalorii dziennie. Sytuacja pod tym względem poprawiła się, gdy zaczęto rozdzielać paczki Międzynarodowego Czerwonego Krzyża. Niektórzy dostawali też paczki z domu.

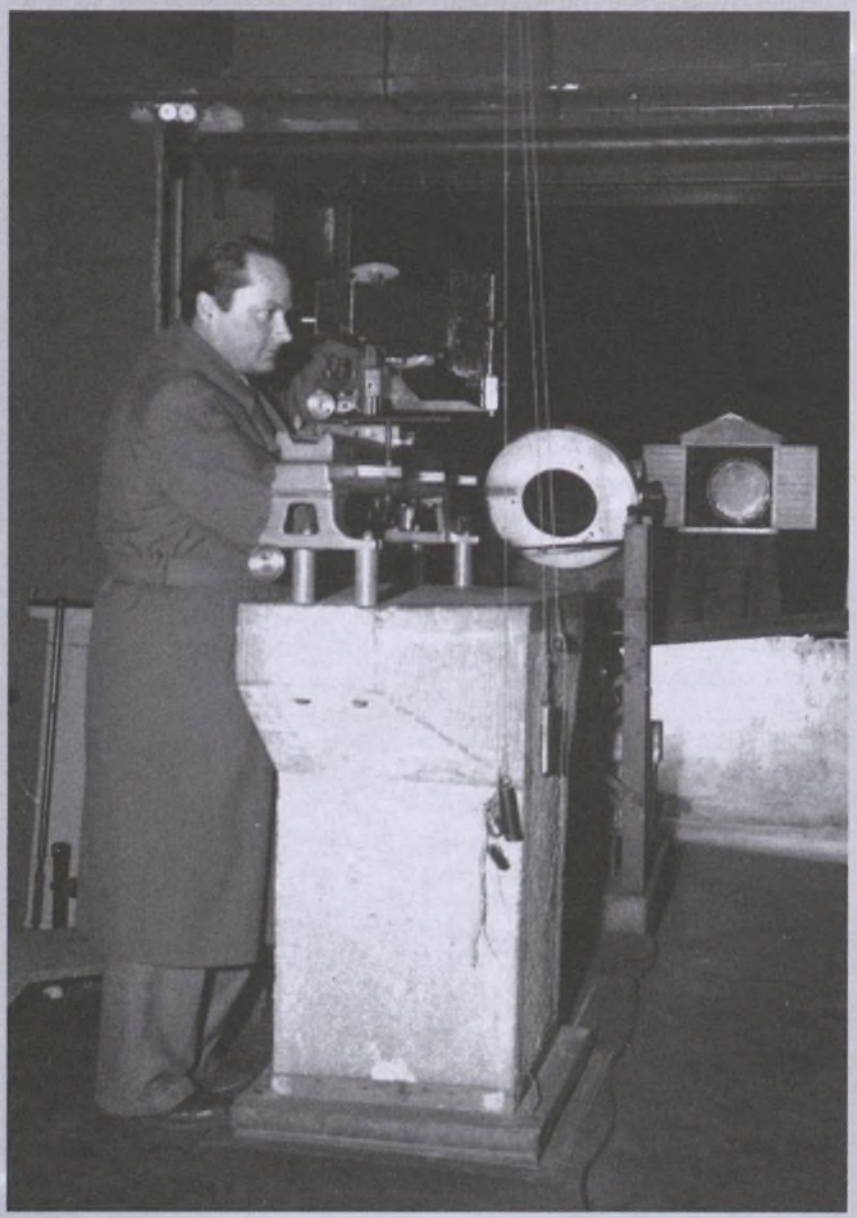
Po początkowym okresie załamania wywołanym wrześniową klęską, zaczęto się organizować. Powstawały grupy zawodowe: Koła Techników i Inżynierów, Prawników, Ekonomistów, Rolników, Literatów i in. Zaczęły działać kursy nauki języków obcych, powstawały zespoły kulturalne: teatr, chór. Powstała nawet grupa entuzjastów astrologii. Większość jeńców starała się uzupełniać i podwyższać swoje umiejętności zawodowe w tym pewnym przekonaniu, że Niemcy wojnę przegrają, a my powrócimy do swoich normalnych zajęć. Wyjątkową aktywność w przygotowywaniu się do przyszłej pracy wykazywali nauczyciele szkół podstawowych i średnich, najczęściej członkowie Związku Nauczycielstwa Polskiego.

Ja wygłosiłem kilka odczytów na tematy astronomiczne, więc wiedziano, że jestem astronomem. Dlatego do mnie zgłosiło się kilkunastu nauczycieli geografii z propozycją przeprowadzenia dla nich kursu z podstaw astronomii. Głównie chodziło im o metody wyznaczania współrzędnych geograficznych. Nie miałem żadnych podręczników, ale takie podstawowe zagadnienia mogłem wyjaśniać „z pamięci". Podjąłem się tej pracy i na luźnych karteczkach przygotowywałem sobie tematy na kolejne spotkania z uczestnikami kursu. Po pewnym czasie zauważyłem, że te notatki zawierają materiały na podręcznik przygotowany specjalnie dla potrzeb geografów. Za amerykańskie papierosy z paczek Międzynarodowego Czerwonego Krzyża kupiłem w obozowym sklepiku gruby zeszyt przygotowany dla kupców, z rubrykami i napisami „Ma" i „Winien". I na takich kartach zacząłem opracowywać już systematycznie podręcznik uniwersytecki dla geografów. Zeszyt ten dowiozłem do Wrocławia, przepisałem na maszynie, uzupełniłem o tabele i dane i oddałem do druku. Został przyjęty

Fot. 1. Budynek Instytutu Astronomicznego we Wrocławiu — po lewej stronie widoczny jest słup, na którym stało nieruchome lustro sferyczne. Lustro to oraz uranostat zostały zdemontowane

i już w 1948 r. ukazało się pierwsze jego wydanie pod tytułem *Astronomiczne podstawy geografii*. Potem nastąpiły dalsze w latach: 1953, 1964, 1966. Były one stopniowo uzupełniane i poszerzane, ale ciągle ich podstawową częścią był materiał zebrany i opracowany w oflagu.

Tu warto dodać, że nauczyciele mieli szansę najszybciej wykorzystać swoje umiejętności poszerzone dzięki pracy w czasie niewoli. 8 maja 1945 r. nastąpił koniec wojny w Europie. Hitler już nie żył i Niemcy skapitulowali. W tym czasie na terenie Trzeciej Rzeszy było ponad 8 milionów obcokrajowców, których Niemcy zatrudniali jako przymusowych robotników. W tej liczbie było ponad 2 miliony Polaków. Byli to mieszkańcy zachodnich obszarów Polski przyłączonych do Rzeszy, którzy byli przymusowo wysiedlani oraz Polacy z Generalnej Guberni masowo wywożeni na przymusowe roboty. Wśród tych wysiedlonych była też młodzież i dzieci. Gdy wojna się skończyła, władze okupacyjne zaczęły grupować tych rozproszonych obcokrajowców w obozach. A Polacy nazywali ich „dipisami" od angielskiego skrótu DP — Dispaced Persons. I wtedy ujawniła się aktywność nauczycieli z oflagów. Zaraz po uzyskaniu wolności zaczęli organizować, początkowo samorzutnie, a potem zespołowo, polskie szkolnictwo w Niemczech. Skalę tej akcji podają liczby: już w czerwcu 1945 r. w polskich szkołach w Niemczech uczyło się 130 000 polskich dzieci pod kierunkiem 3500 nauczycieli. Ci nauczyciele, to właśnie byli jeńcy z oflagów, ciągle jeszcze w mundurach, przygotowani i poduczeni dzięki wykorzystaniu okresu niewoli na podwyższenie swoich kwalifikacji zawodowych. Wprawdzie liczby te szybko malały, gdy rozpoczęła się repatriacja, która do sierpnia 1946 r. objęła 80% uczniów i nauczycieli, ale działalność ta pomogła dzieciom zmniejszyć opóźnienia w nauce powstałe w okresie wojny. Jako przykład mogą posłużyć następujące dane: Polskie Liceum i Gimnazjum w Lubece od czerwca 1945 r. do grudnia 1946 r. miało ok. 600 uczniów, pracowało bez przerw wakacyjnych, przeprowadziło egzaminy maturalne i wydało 98 świadectw dojrzałości. Świadectwa te umożliwiały rozpoczęcie w kraju studiów wyższych.



Fot. 2. Profesor Antoni Opolski w pawilonie przy ognisku lustra sferycznego teleskopu horyzontalnego

BCS: Czy miał Pan Profesor kontakt z grupą astrologów obozowych? Takie spotkanie astronoma z astrologami mogłoby być interesujące...

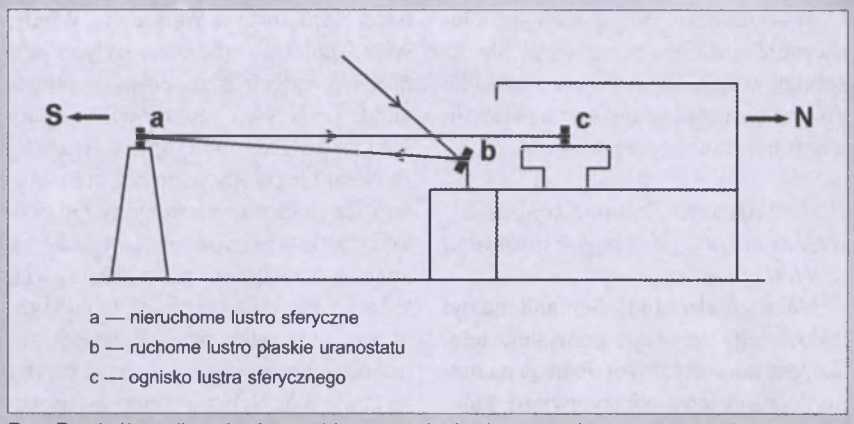
Mój kontakt z grupą astrologów był bardzo luźny i krótkotrwały. Byli to oficerowie o różnych zawodach, którzy traktowali astrologię bardzo poważnie. Pod koniec niewoli wywiesili na ścianie baraku oświadczenie, że astrologia jest najstarszą nauką i powinna być wykładana na uniwersytetach. Na to ja odpowiedziałem w tej samej formie, że astrologia nie jest nauką, ponieważ nie posiada naukowych metod badawczych, a przepowiednie astrologiczne mają taki charakter jak twierdzenie, że czarny kot przebiegający ulicę przynosi nieszczęście. Wtedy astrologowie powiedzieli, że mogą mi udowodnić, że przy pomocy horoskopów można uzyskiwać prawdziwe informacje o przeszłym i przyszłym życiu człowieka. Dowód miał polegać na tym, że ja podam im moment i miejsce urodzenia, a wybranym, neutralnym „sędziom" opowiem dotychczasowy przebieg mego życia. Oni ułożą horoskop i z niego odczytają mój życiorys, a sędziowie stwierdzą, czy i w jakim stopniu występuje zgodność tych dwóch relacji. Ja nie zgodziłem się na taki „dowód", ponieważ wiedziałem, że wypowiedzi astrologiczne są tak ogólnikowe, że uznanie ich zgodności z rzeczywistością zależy w dużym stopniu od nastawienia oceniającego. Pamiętałem również, że gdy w maju 1935 r. umarł marszałek Józef Piłsudski, to astrolog,

który na początku roku opublikował optymistyczną prognozę dla Marszałka na cały rok, tłumaczył się, że z horoskopu odczytał tragedię, ale nie mógł jej opublikować licząc, że może uboczne, pomyślne oddziaływanie planet uchroni Marszałka od śmierci.

Zaproponowałem jednak inny sposób udowodnienia prawdziwości horoskopów, korzystając z faktu, że już kilka lat przebywamy razem w obozie w identycznych warunkach. Wystarczy więc wybrać reprezentatywną grupę jeńców, ustalić ich horoskopy i stwierdzić, że występuje w nich jakiś wspólny element odpowiadający naszemu wspólnemu życiu. Wystarczyłoby, aby ten element pojawiał się częściej niżby to wynikało z oszacowań probabilistycznych. Ale teraz astrologowie się nie zgodzili. Stwierdzili, że tylko pozornie przebywamy w identycznych warunkach. W rzeczywistości każdy z nas inaczej przeżywa niewolę. Jedni tęsknią za rodziną, otrzymują niepokojące wiadomości o jej losie, a niewola przerwała im pracę, z którą łączyli duże nadzieje na swoją przyszłość zawodową. Inni nie mają bliskiej rodziny, niewola przerwała ich przykrą pracę i ciężkie obowiązki, a pobyt w obozie nie jest dla nich zbyt przykry. A więc w horoskopach jeńców nie wystąpi wspólny element, mimo wspólnego życia. Na tym mój kontakt z astrologami zakończył się. Pozostaliśmy przy swoich poglądach na wartość astrologii.

BCS: Na terenie Instytutu Astronomicznego we Wrocławiu stoi stary, betonowy słup — pozostałość po dawnym teleskopie horyzontalnym. Pan Profesor miał okazję widzieć ten instrument tuż po wojnie...

Tak się dziwnie złożyło, że o oryginalnym teleskopie horyzontalnym dowiedziałem się na długo przed przyjazdem do Wrocławia. Jak już powiedziałem, okres wojny spędziłem w obozach jenieckich, oflagach 1IB i IIC. Znajdowały się one na Pomorzu, na terenach obecnie należących do Polski: IIB w Choszcznie i IID w Nadarzycach. Pod koniec wojny, w lutym 1945 r., zostaliśmy ewakuowani pieszo do obozu pod Lubeką. Tam w maju uwolniły nas oddziały brytyjskie i zastał koniec wojny. Pierwsze dni wolności wykorzystałem, aby pójść do Lubeki, która jako



Rys. Przekrój pawilonu i schemat biegu promieni w horyzontalnym teleskopie Schmidta

miasto wolne, nie była bombardowana. Tam, w bibliotece znalazłem mapy okolicy i zobaczyłem, że z Lubeki prowadzi prosta autostrada do Hamburga odległego o ok. 60 km, a koło Hamburga, w Bergedorfie, jest obserwatorium astronomiczne, którego publikacje znałem. Postanowiłem zwiedzić to obserwatorium. W obozie wymieniłem walizkę na rower (zabrany chyba jakiemuś Niemcowi). Inne środki komunikacji jeszcze nie działały, więc rowerem wybrałem się do Bergedorfu. Podróż nie była taka prosta jak na mapie. Autostrada była zajęta przez brytyjskie oddziały pancerne i zamknięta dla ruchu. Ale bocznymi drogami dojechałem do obserwatorium. Przyjęto mnie tam życzliwie. Byli tam astronomowie niemieccy, przeważnie starsi, którzy uniknęli powołania do służby wojskowej. Nie byli oni entuzjastami Hitlera, szczególnie po przegranej wojnie. Obok znajdował się obóz dla polskich „dipisów", którym zarządzali moi koledzy z oflagu. Bez trudności dostałem tam zakwaterowanie i wyżywienie, a całymi dniami przebywałem w obserwatorium, korzystając z biblioteki i zapoznając się z instrumentami. W rozmowach często wspominano zmarłego w 1935 r. mechanika-optyka Bernahrda Schmidta, który pracował w tym obserwatorium 9 lat. Był on prawdziwą „złotą rączką". Nie mając specjalnego wykształcenia wymyślał i realizował różne drobne ulepszenia i ułatwienia mechaniczne przy instrumentach astronomicznych, które mi pokazywano. Ale główne osiągnięcia Schmidta obejmowały jego wynalazki z dziedziny optyki. Umiał szlifować lustra sferyczne i soczewki. Specjalnie dla ekspedycji na zaćmienie Słońca przygotował lustro sferyczne o ogniskowej ok. 11 m i uproszczony model celostatu nazwany uranostatem, z jednym tylko ruchomym lustrem płaskim. Dzięki długiej ogniskowej powstawał duży obraz tarczy Słońca (przy 11 m ogniskowej, średnica obrazu Słońca wynosi ok. 10 cm) i stosunkowo małe rozmycie pozaosiowych części obrazu wywołane aberracją sferyczną. Ruch lustra płaskiego powodowany był przez pływak unoszący się na wodzie w odpowiednim zbiorniku. Jej poziom można było obniżać przez stopniowy, regulowany wypływ wody, co powodowało odpowiednią zmianę położenia pływaka i obrót lustra płaskiego, które stale kierowało promienie odbite horyzontalnie do nieruchomego lustra sferycznego. Całość była więc układem łatwym do transportu i ustawienia w wybranym miejscu obserwacji zaćmienia Słońca i również łatwa do demontażu po krótkotrwałym jednorazowym użyciu w czasie zaćmienia.

Tego typu zestaw optyczny został zainstalowany na stałe w specjalnym 1-piętrowym pawilonie przez prof. E. Schoenberga w obserwatorium we Wrocławiu, które wtedy nazywało się Sternwarte Breslau. Prof. Schoenberg projektował badanie planet i potrzebował długoogniskowej aparatury. Aby uniknąć wysokich kosztów nabycia dużego teleskopu z odpowiednią kopułą, postanowił wykorzystać pomysł Schmidta. Specjalny pawilon (rys.) zbudowano na parceli, którą wydzielono z parku dla Obserwatorium Astronomicznego. Potem do tego pawilonu dobudowano część wysoką z kopułą, a następnie część z salą wykładową i pracowniami, pokrytą wraz z pawilonem wspólnym tarasem. Dlatego obecnie pawilon ten jest południowo-wschodnim narożem budynku Obserwatorium (fot. 1).

Wiadomości o horyzontalnym teleskopie słuchałem z ciekawością, ale nie spodziewałem się wtedy, że za kilka miesięcy spotkam się we Wrocławiu z tym oryginalnym zestawem.

BCS: Nazwisko Schmidt kojarzy się wszystkim z płytą korekcyjną stosowaną w teleskopie...

Należy dodać, że B. Schmidt nie był zadowolony ze swego pomysłu z teleskopem horyzontalnym. Patrząc na rozmyte pozaosiowe obrazy gwiazd, które powstawały przy użyciu krótkoogniskowych luster sferycznych, na podstawie swoich doświadczeń w szlifowaniu luster i bez podstaw teoretycznych uznał, że można uzyskać ostre, punktowe obrazy gwiazd z większego obszaru nieba, jeżeli przed lustrem sferycznym, w środku jego krzywizny, umieści się odpowiednią płytę korekcyjną, która usunie aberrację sferyczną. Istotnym jest, że odkrył praktyczny sposób wykonania takiej płyty. Krążek szklany płasko-równoległy należało umieścić na zbiorniku i zmniejszyć w nim ciśnienie. Wtedy krążek wygina się i z płaskiego robi się wklęsły. Tak odkształcony krążek należy wyszlifować, nadając jego powierzchni kształt sferyczny. Po wyrównaniu ciśnienia w zbiorniku krążek prostuje się i staje się płytką korekcyjną. Teleskopy Schmidta stały się bardzo popularne i dawały piękne obrazy dużych obszarów nieba. Natomiast obliczenie profilu płyty korekcyjnej przez teoretyków nastąpiło znacznie później. Profil ten jest opisany skomplikowaną funkcją 4-go stopnia.

BCS: Czy trudno było Panu Profesorowi wracać do powojennej, innej już Polski?

Mój powrót do kraju po wojnie był uzależniony od sytuacji politycznej. Podczas wojny Polacy byli potrzebnymi i ważnymi kombatantami. Ale po wojnie, która w Europie skończyła się 8 maja 1945 r. kapitulacją Niemiec, stawaliśmy się krępującym i uciążliwym ciężarem. Jeńcy wojenni: Francuzi, Brytyjczycy, Belgowie i Holendrzy szybko wrócili do swoich krajów. Na terenie Niemiec zostali tylko Polacy i Jugosłowianie. Zachodni alianci, którzy przez całą wojnę współpracowali z Polskim Rządem w Londynie, 5 czerwca 1945 r. przestali uznawać ten rząd i uznali Tymczasowy Rząd Jedności Narodowej w Warszawie. Wtedy, wśród polskich oficerów, byłych jeńców wojennych, rozpoczęła się propaganda przeciwko powrotowi do kraju. Niektóre ośrodki polonijne w Wielkiej Brytanii nie mogły pogodzić się z faktem, że Polska znalazła się w radzieckiej strefie wpływów. Rozchodziły się „pewne" wiadomości, że oficerowie, którzy zdecydują się na wyjazd do kraju, przejadą tylko przez Polskę w zamkniętych wagonach i wysiądą daleko za Uralem na Syberii. Tymczasem Anglicy już wyładowują we Francji czołgi pomalowane na biało, co świadczy o przygotowaniu zimowej ofensywy na Rosję. Lepiej więc zaczekać i wrócić do kraju z bronią, jak prawdziwi zwycięzcy. Były to tylko „pobożne życzenia" nie mające żadnego uzasadnienia w rzeczywistości. Wielka Brytania wyszła z wojny zwycięsko, ale bardzo osłabiona. Zmęczona ludność czekała na powrót normalnych, spokojnych warunków życia. Na Pacyfiku i Dalekim Wschodzie trwały jeszcze walki z Japończykami, w których prócz Amerykanów i Brytyjczyków brały udział lądowe wojska radzieckie. Pewien opozycyjny poseł powiedział w parlamencie brytyjskim: „Polacy nie chcą wracać do kraju, bo im nie podoba się rząd w Warszawie. A mnie nie podoba się rząd w Londynie, ale nie oczekuję pomocy od innego rządu".

Byłem na zebraniu, na którym polski major z Londynu zachwalał pobyt w Anglii: „Tam można się świetnie urządzić. Moi znajomi szyją laleczki w polskich strojach ludowych, które Anglicy chętnie kupują". Ta wspaniała perspektywa szycia laleczek rozproszyła moje ostatnie wątpliwości. Nawet widmo Syberii zbladło. Postanowiłem wrócić pierwszym transportem i tak się stało. Do Lubeki przybyła z Warszawy Polska Misja Repatriacyjna i zaczęto uzgadniać z władzami brytyjskimi terminy transportów. W dniu 11 grudnia 1945 r. brytyjskie samochody wojskowe przewiozły grupę oficerów, byłych jeńców wojennych, przez radziecką strefę okupacyjną do polskiego już Szczecina. Tam zostałem zarejestrowany, otrzymałem zaświadczenie na bezpłatne przejazdy kolejowe i poczułem się naprawdę wolny. Ale równocześnie poczułem się całkowicie odpowiedzialny za siebie. Po sześciu latach niewoli trudno było przyzwyczaić się do tej normalnej sytuacji. Już nikt nie zapewniał mi nawet minimalnego wyżywienia i zakwaterowania. Znałem tylko adres wujka w Krakowie. Pojechałem tam i dowiedziałem się, jaka jest sytuacja. Nowa wschodnia granica Polski została ustalona na Bugu. Obszar na wschód od tej rzeki, ze Lwowem, został włączony do Ukraińskiej Republiki Radzieckiej. Ludność polska z tych terenów mogła przesiedlić się na zachód do Polski. W ramach tej akcji do Krakowa przyjechał już transport z pracownikami Uniwersytetu Lwowskiego. W transporcie tym przyjechała cała moja rodzina, ponieważ moja żona pracowała wtedy w Obserwatorium Astronomicznym we Lwowie. Większość pracowników naukowych pojechała dalej, do Wrocławia, gdzie w częściowo zniszczonych budynkach uniwersytetu niemieckiego organizuje się uniwersytet polski. We Wrocławiu jest już prof. E. Rybka, który jako dyrektor Obserwatorium Uniwersytetu J. K. we Lwowie kierował moimi studiami astronomii i moją pracą asystenta do 1939 r. We Wrocławiu prof. Rybka objął kierownictwo opuszczonego obserwatorium niemieckiego, Sternwarte Breslau. Rodzina moja po krótkim pobycie w Krakowie pojechała też do Wrocławia. Natychmiast pojechałem również do tego miasta, gdzie spotkałem się z moją rodziną, całą i zdrową. Zgłosiłem się do pracy u prof. E. Rybki i już 15 grudnia 1945 r. byłem adiunktem Obserwatorium Uniwersytetu Wrocławskiego. W głównym budynku zobaczyłem uszkodzony horyzontalny teleskop Schmidta, o którym przed trzema miesiącami opowiadano mi w Bergedorfie.

I tak, w 1945 r. we Wrocławiu podjąłem moją normalną pracę astronoma, którą przerwałem we Lwowie wskutek mobilizacji w 1939 r. Praca ta trwała już nieprzerwanie do mojego przejścia na emeryturę w 1983 r.

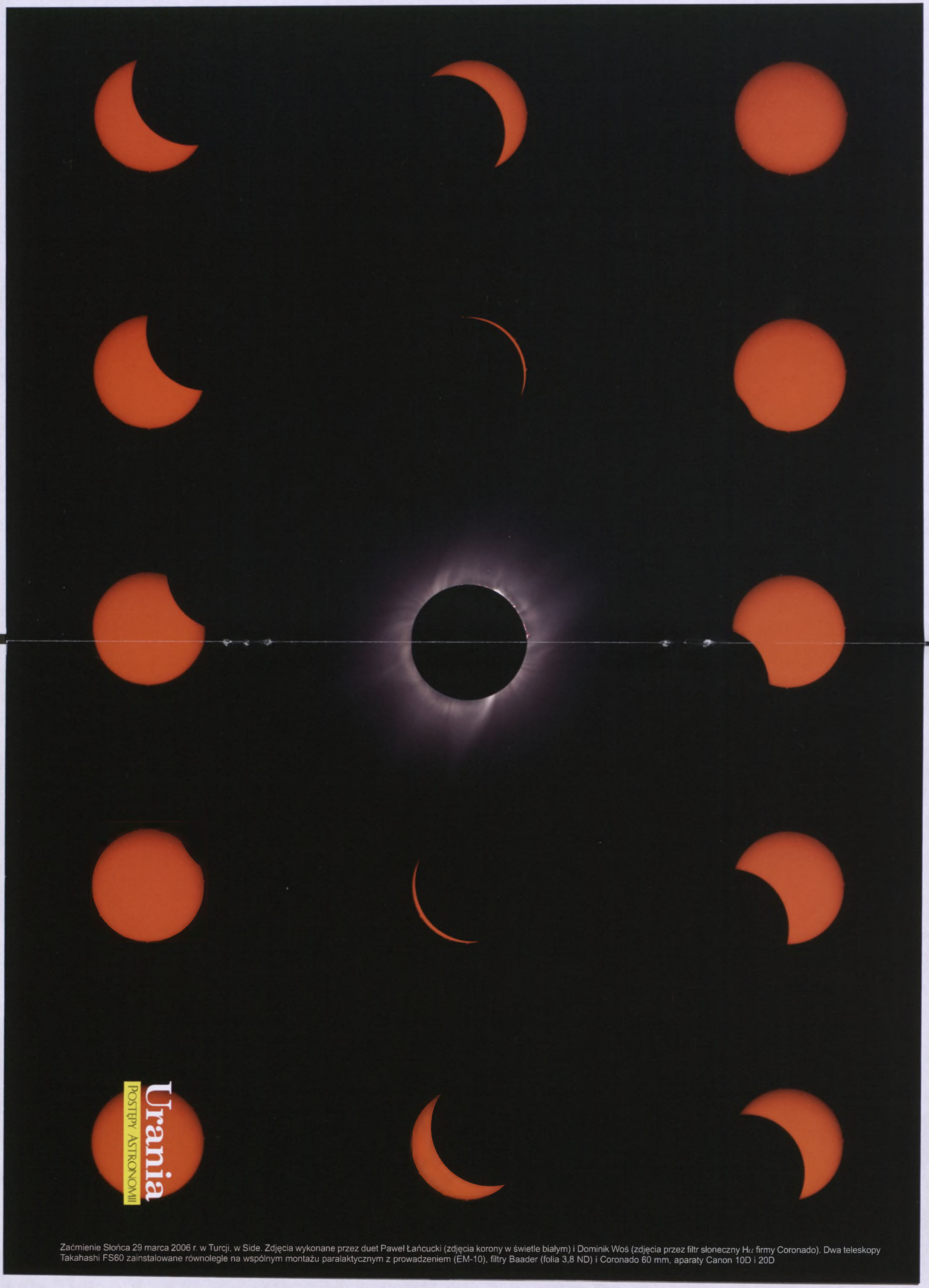
BCS: I pomyśleć, że fakt, iż miałam okazję być słuchaczką wykładu Pana Profesora pt. „Astronomia ogólna", podczas moich studiów astronomicznych we Wrocławiu, zawdzięczam niechęci Pana Profesora do produkcji laleczek w strojach ludowych...

W imieniu własnym i wszystkich czytelników „Uranii-Postępów Astronomii" serdecznie dziękuję Panu Profesorowi za tę rozmowę.

Zaćmienie w Turcji

Fot. 3. Fot. Monika Mydłowska
Fot. 4. Fot. Bartek Wajnert
Fot. 5. Fot. Marcin Grzybowski

Obserwujemy kolejne etapy zaćmienia. Fot. Aleksandra Gödel-Lannoy



Urania
Postępy Astronomii

Zaćmienie Słońca 29 marca 2006 r. w Turcji, w Side. Zdjęcia wykonane przez duet Paweł Łańcucki (zdjęcia korony w świetle białym) i Dominik Woś (zdjęcia przez filtr słoneczny Hα firmy Coronado). Dwa teleskopy Takahashi FS60 zainstalowane równolegle na wspólnym montażu paralaktycznym z prowadzeniem (EM-10), filtry Baader (folia 3,8 ND) i Coronado 60 mm, aparaty Canon 10D i 20D

Zaćmienie w Turcji

Zaraz zrobi się ciemno.
Fot. Magdalena Kożuchowska

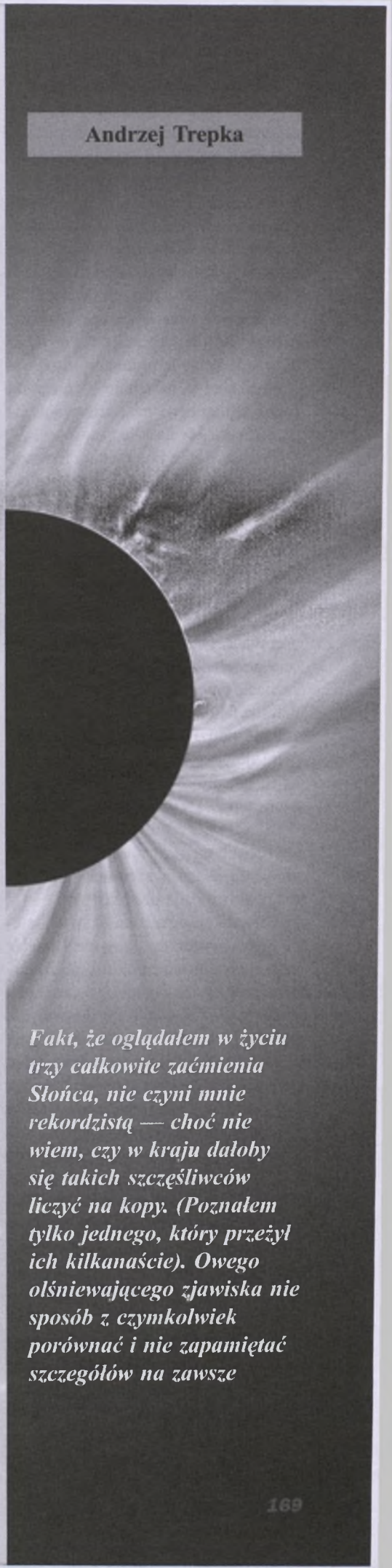
Obserwacje zaćmiena w Side.
Fot. Wiesława Ściężor

Świątynia Apollina w Side — telewizje europejskie kończą pracę.
Fot. Aleksandra Gödel-Lannoy

Amfiteatr w Side
— rozstawia się ekipa NASA.
Fot. Tomasz Ściężor

Zaćmienie zaćmieniu nierówne

Andrzej Trepka



Żaden opis ani film nie odda w przybliżeniu nastroju zaćmienia. Przesądza o tym wieloznaczność doznań, których nie odtworzą środki artystyczne. Wrażenia przenikają dosłownie wszystko w otoczeniu.

Choć to nadniebne cudo nauka odarła z piętna przerażeń, nic nie ostudzi jego widmowego czaru. Komu nie brak wolnego czasu, pieniędzy na podróżowanie i pociągu zdrowej oryginalności — powinien oglądać tyle zaćmień, ile może. Jedno z dostępniejszych zdarzy się 1 sierpnia 2008 r. na Syberii, przetnie Mur Chiński. Astronomowie ostygli w dawniejszym zapale badań tego dziwu w oryginale, bo tworzą jego namiastkę za pomocą koronografu.

W starożytności kapłani pogańscy wyzyskiwali swoją umiejętność dokładnego przewidzenia tego fenomenu, by trzymać lud w posłuchu. Ich obietnica przywrócenia blasku Słońca skutkowała... Grecki historyk starożytny nadmienia, że 28 maja 585 r. przed Chrystusem walczące armie Medów i Lidyjczyków zaskoczyła raptowna ciemność. Zapadł rozejm, uznany zgodnie za wymóg bogów. Zaćmienie z 20 kwietnia 840 r. tak przeraziło króla Franków, Ludwika I Pobożnego, syna Karola Wielkiego, że nagle zmarł. Z kłótni trzech jego synów o spadek powstała Francja, Włochy i Niemcy.

Niegdyś Chińczycy wierzyli, iż życiodajne Słońce bywa pożerane przez smoka. Cesarz zarządzał więc odstraszanie potwora ogłuszającym biciem w kotły i bębny. Jeszcze przed stu laty okręty cesarskiej marynarki wojennej na zabój gromiły „smoczego słońcożercę". W 1948 r. wybory w Korei przełożono, by nie zbiegły się z całkowitym zaćmieniem Słońca — a nuż wypaczyłoby to ich wynik?

Wyzbyty zabobonów „zaćmieniowych", mający w żywej pamięci dwa takie zjawiska, uparłem się podziwiać trzecie 29 marca 2006 r. w miejscu, gdzie przekroczywszy Atlantyk, północną Afrykę i Morze Śródziemne pas całkowitości wkroczył do Turcji. Jako świadek trzech całkowitych zaćmień Słońca mogę przytoczyć ich cechy stałe. Oprócz pełnego zasłonięcia tarczy słonecznej jest to mrok niezbyt ciemnej nocy, w razie pogody rozbłyśnięcie jaśniejszych gwiazd i planet, a wokół całego widnokręgu wyrazista zorza. Daje się odczuć chłodny powiew. Urozmaicone są zachowania przyrody: niepokój zwierząt, zwarcie kielichów kwiatowych zamykanych o zmierzchu.

Ujawniane wówczas zewnętrzne warstwy Słońca wymagają wyjaśnień. Fotosferę, widoczną jego powierzchnię, otacza rozrzedzony gaz chromosfery do pułapu kilkunastu tysięcy kilometrów, podczas zaćmienia tworzący nieregu-

Fakt, że oglądałem w życiu trzy całkowite zaćmienia Słońca, nie czyni mnie rekordzistą — choć nie wiem, czy w kraju dałoby się takich szczęśliwców liczyć na kopy. (Poznałem tylko jednego, który przeżył ich kilkanaście). Owego olśniewającego zjawiska nie sposób z czymkolwiek porównać i nie zapamiętać szczegółów na zawsze

larną, łososiową obwódkę. Protuberancje, czyli wyskoki słoneczne, to pomarańczowe pochodnie najrozmaitszych kształtów i wielkości. Ich wysokość często przekracza dystans z Ziemi do Księżyca. Znacznie dalej sięga korona słoneczna — nader rozproszona atmosfera o bardzo wysokiej temperaturze. Nieregularny jej kształt zależy od 11-letniego cyklu plam słonecznych. W pobliżu maksimum bywa wydłużona, przy minimum zaś falująca kolista. Perły Baily'ego to ostatnie promienie zakrywanego Słońca (a następnie — pierwsze rozbłyskującego) przedzierające się przełęczami gór na Księżycu.

Po pierwszym obejrzeniu pierwszego całkowitego zaćmienia Słońca sądziłem, że zjawisko to — obecne prawie rokrocznie, wszakże coraz to w innym regionie globu — poza drobnymi szczegółami jest wszędzie podobne. Otóż nic takiego!

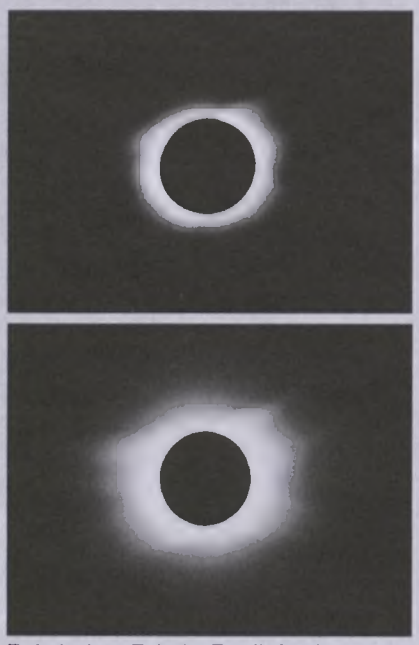
Podkreślam to z jednej strony dla porównania trzech, jakie miałem szczęście podziwiać. Z drugiej zaś pragnę zachęcić tych wszystkich, którzy oglądali ten fenomen raz, aby nie uznali za zbędne podziwiać następne. W całej pełni dotyczy to również profesjonalnych astronomów, którym podgląd Słońca przez koronograf nie zastąpi w całości wrażeń plenerowych — estetycznych na pewno, a sądzę, że i naukowych. Nastrój zaćmień opiera się magii słowa bądź obrazu.

Satysfakcji oglądania tego fenomenu wymaga jeszcze... pogoda. Chociaż nagłe zapadnięcie mroku w pochmurnym dniu może dostarczyć mocnych wrażeń, to tylko ich się domyślam: wszystkie zaćmienia podziwiałem na czystym niebie około południa, więc przy wyniosłym położeniu Słońca; dwa w pełni lata, ubiegłe wczesną wiosną w strefie śródziemnomorskiej.

Sam obraz zaćmionego Słońca był najefektowniejszy za pierwszym razem, w Sejnach (Suwalszczyzna) 30 czerwca 1954 r. Tylko wtedy widziałem perły Baily'ego, które urzekły mnie oryginalnością i dojmującym pięknem. Gasnący w trakcie drugiego kontaktu sierp Słońca rozłamał się najpierw na tęczowy sznur korali, które przekształcone w cztery nadzwyczaj efektowne iskry, przyczepione do czarnej tarczy Księżyca przy równoczesnym rozbłyśnięciu korony słonecznej, kolejno gasły w nieprawdopodobnej, wręcz nierealnej czerwieni. W późniejszym rozbłysku Słońca, czyli przy trzecim kontakcie, to zjawisko było mocno stonowane. Natomiast na Węgrzech ostatnie blaski znikały miarowo półtorej sekundy. Tu stosowniejsze było określenie pierścienia z diamentem. W Turcji Słońce zgasło raptownie.

Wyłącznie chromosfera była każdorazowo taka sama: wyraźna, wąska, pomarańczowa obwódka, niby płomienie dalekiego ogniska.

Najciekawiej wygląda korona słoneczna. W Sejnach, widziana pierwszy raz, oszołomiła mnie. Zgodnie z przewidywaniem miała kształt podłużny, związany z nasileniem plam słonecznych. Przy odrobinie wyobraźni wyglądała jak bajecznie piękne jaskrawośnieżyste orle skrzydła, nawet przybrane długimi piórami. Na Węgrzech 11 sierpnia 1999 r. w pobliżu okresu minimum plam słonecznych była „prawidłowo" kolista, z wybrzuszeniem, o mniej czystej bieli. W Turcji 29 marca 2006 r. zaskoczył mnie zupełny brak korony słonecznej. Taka rzadkość wiąże się z całkowitą nieobecnością plam słonecznych. Uwzględniały ją zdjęcia. Nieobecność owej aureoli nie pociemniła dodatkowo „nocy w dzień".



Zaćmienie w Egipcie. Fot. Zofia Huppenthal

Wspólna dla podziwianych była wyjątkowo efektowna zorza wokół całego widnokręgu do sporej wysokości, a także jaśniejsze gwiazdy i planety. Merkury błyszczał — jak nigdy — na ciemnym niebie, a Syriusz wyjątkowo poza zimową nocą.

Fascynujące nieraz gry barw występują późno i tylko w pierwszej fazie zjawiska. Najwspanialej ujawniły się w Sejnach. Kiedy Słońce było zasłonięte do połowy (takie oświetlenie zastaną astronauci na Marsie), brakło zdecydowanie uchwytnych zmian. Wyraźne pociemnienie nastąpiło krótko przed zapadnięciem mroku. Skoro świecący sierp stanowił dwudziestą część powierzchni Słońca, krajobraz przyjął koloryt kawowoszary. Przedmioty obok były jeszcze dość ostro zarysowane, lecz pod widnokręgiem rozmyte. Pogodne niebo przybrało barwę jasnopopielatą z błękitnawą domieszką. Po chwili świat ogarnął ciemnoszary półmrok. Widz ma wtedy nieodparte złudzenie, że z nieba sypie się subtelny proszek, który gwałtownie pokrywa wszystko coraz grubszą warstwą. Niegdyś poczytywano ową domniemaną materię za silnie trującą. W Japonii dotąd tradycjonalistycznie przetrwał zwyczaj zakrywania studzien w tych okolicznościach. Charakterystyczne, że tuż po rozbłyśnięciu Słońca, oko za każdym razem odbierało normalną jasność.

Przytaczając koloryt otoczenia, warto porównać krajobrazy, w jakich oglądałem poszczególne zaćmienia. W Sejnach 30 czerwca 1954 r. był to rozległy plac przed kościołem z otwartym widokiem po horyzont. Założyli tam polową stację badawczą nasi astronomowie oraz fizycy: Gadomski, Marks, Subotowicz, Wołczek, Zonn i inni. 11 sierpnia 1999 r. stanąłem na Węgrzech wśród pól kukurydzy i słonecznika między Siófokiem a Kiskunmajsa (szosa od Balatonu przez Szeged do Rumunii); 29 marca 2006 r. podziwiałem to zjawisko nad Morzem Śródziemnym w Turcji (zatoka Antalya) na pustej plaży zespołu hotelowego Seher, 30 km na wschód od Antalyi, ponadmilionowej metropolii. Byłem sam, inni obserwatorzy zasiedli dalej.

Słyszałem od przyjaciół, którzy węgierskie zaćmienie witali nad Balatonem, iż to jezioro tuż przed zapadnięciem ciemności pałało feerią coraz to innych wyszukanych barw. Jeden z nich, Mariusz Morga, ówczesny dyrektor Wydawnictwa „Śląsk" entuzjastycznie wyznał, że wtedy pierwszy raz w życiu doznał dotknięcia Wszechświata. Niestety, ja w szczerym polu oglądałem tylko gwałtowne zapadnięcie zmroku.

Dnia 29 marca 2006 r. nad Morzem Śródziemnym, tuż przed zakryciem tarczy słonecznej, kiedy został z niej wąski, świecący sierp, dosyć nagle wyraźnie się ściemniło. Przykry, jakby żałobny, szarobury półmrok ogarnął otoczenie. Oczekiwałem ciekawych zabarwień na wodzie, ale nic z tego; może przeszkadzało lekkie falowanie. Zwykle złocisty, sypki piasek urokliwej plaży przypominał błoto.

Całkowitym zaćmieniom Słońca towarzyszy zwykle chwilowe ochłodzenie. W Sejnach i na Węgrzech było odczuwalne, lecz nie skłaniało do włożenia swetra. Natomiast turecki dziw zaskoczył nawet astronomów: nagły zmrok obniżył temperaturę z 21°C do 10°C! Organizm odczuł to tak, jakby raptownie nastał tęgi mróz; byłem w kąpielówkach, nie miałem czym się okryć. Paradoks pogłębiało to, że minimum nocy wynosiło 14°C, zaś woda w morzu miała 18°C!

Zapadnięcie nocy w biały dzień jest szokiem dla przyrody: ustroje żywe kierują się wewnętrznym zegarem dobowym. W Sejnach prawie równocześnie ze zgaśnięciem Słońca kwiaty dzienne zawierały kielichy „na noc". Z pobliskiej dzwonnicy wzleciało kilkanaście kawek, krącząc w najwyższym zaniepokojeniu. Zaraz jak spod ziemi wyfrunął jastrząb, donośnie wrzeszcząc „krik krik krik", oznakę wyjątkowego przerażenia. Ten drapieżca, zwykle polujący nisko, z ukrycia, lotem prawie pionowym wzbił się wysoko. Pikując, łatwo pochwyciłby upatrzoną kawkę. Jednak ów zaciekły myśliwy poniechał łowów. Pośród węgierskich pól wraz z zapadnięciem ciemności przyroda jak na komendę zastopowała ćwierkanie wróbli i gwizd kosa.

Na tureckiej plaży stwierdziłem tylko umilknięcie dość odległych śpiewów różnorodnych ptaków. W morzu zanurkował duży mewowaty.

Praktycznie radzę przy obserwacji „przyjemnościowej" poniechać lunety. Gołym okiem chłonie się nastrój fenomenu bez porównania pełniej — a szczegóły można spokojnie obejrzeć na fachowych zdjęciach. Zresztą drobiazgowe cechy tego zjawiska, na przykład protuberancje, tam dają się w pełni ocenić.

Zaćmienia w Sejnach i na Węgrzech trwały w fazie całkowitej około dwóch minut, w Turcji zaś trzy i pół minuty.

* * *

Pragnę przypomnieć dwie amatorskie obserwacje poczynione przed pół wiekiem. Wtedy wraz z żoną Izabellą i red. Krzysztofem Boruniem umieściłem się 30 czerwca 1954 r. w Sejnach, w bazie obserwacyjnej kierowanej przez dra Jana Gadomskiego. Postanowiliśmy m. in. nabrać pojęcia o stopniu oświetlenia zewnętrznych planet naszego Układu. Oczywiste byłoby wnioskowanie, że na twardej powierzchni Saturna bądź Urana Słońce świeci tak, jak w odpowiedniej fazie zaćmienia. Uwzględniwszy również osłabienie światła w atmosferze wskutek ekstynkcji, zyskamy wgląd w oświetlenie, jakie dociera do górnych warstw atmosfer poszczególnych globów.

Tutaj obserwacja wspiera wiadomości teoretyczne. Wiedza, że oświetlenie Plutona przez Słońce przewyższa 275 razy Księżyc w pełni, lub że jest prawie 1600-krotnie słabsze od dziennej jasności u nas — nie dawała konkretnego obrazu. Przekonałem się, że astronauci zdołają podczas dnia plutonowego swobodnie czytać oraz że nazwa tego obiektu jest słuszna raczej z racji inicjałów Percivala Lowella, ale nie jako uznanie Plutona za krainę wiecznej ciemności.

Podaję wyniki tej obserwacji:

56,5% zakrycia (Mars): brak zdecydowanie uchwytnych zmian.

96,3% zakrycia (Jowisz): wyraźne pociemnienie krajobrazu. Koloryt szarobrunatny. Bliskie przedmioty ostro zarysowane, dalekie przymglone. Pogodne niebo matowe o barwie jasnopopielatej z domieszką odcienia niebieskawego.

98,9% zakrycia (Saturn): koloryt ciemnoszary z odcieniem kawowym. Silne złudzenie potęgujące się aż do drugiego kontaktu, że wszystko dookoła jest przyprószone proszkiem o takim właśnie zabarwieniu. Może pochodzić to stąd, iż światłość dzienna trwa nadal i da się czytać. Podejrzewamy więc, że oświetlenie jest zbliżone do normalnego, zaś pociemnione są tylko okoliczne przedmioty. Pogodne niebo ma kolor popielaty.

99,7% zakrycia (Uran): koloryt ciemniejszej szarości ze słabym odcieniem zgniłej zieleni. Pogodne niebo popielate o odcieniu mysim.

99,9% zakrycia (Neptun): koloryt podobny, lecz pociemniony. Niebo popielatoszare.

99,94% zakrycia (Pluton): dalsze poszarzenie. Bliskie przedmioty widoczne dokładnie, zarysy dalekich zamazane. Dojmujące wrażenie, iż wszystko jest posypane szarym proszkiem, który zdaje się gwałtownie pokrywać otoczenie coraz grubszą warstwą. Można czytać bez trudności. Światło nie sprawia wrażenia sztucznego (lampa, reflektor), lecz pochodzącego od tajemniczego ciała kosmicznego. Pogodne niebo nadał szaropopielate.

Druga nasza obserwacja dotyczyła pereł Baily'ego. Stwierdziliśmy zgodnie, że w czasie drugiego kontaktu trwały ponad trzy sekundy, w trzecim zaś około trzech sekund. Tymczasem w książkach fachowych i popularyzatorskich przeważnie czytamy, iż perły Baily'ego trwają ułamek sekundy, przez co trudno je spostrzec. Tym wielu autorów tłumaczy, że przed rokiem 1836 nikt nie opisał tego zjawiska.

Z rachunkowej analizy powyższego doszedłem do wniosku, że nasze obserwacje się potwierdziły. Zakładają, iż od pierwszego do drugiego kontaktu upłynęły 74 min, a średnica Księżyca wynosi 3480 km — różnica w nasunięciu się Księżyca w ciągu 1 s odpowiada warstwie 780 m grubości z globu księżycowego, prostopadłe do promienia widzenia (jest to równocześnie liczbowa wartość prędkości przesuwania się cienia Srebrnego Globu po powierzchni Ziemi).

Wobec powyższego czas trwania pereł Baily'ego, określony przez nas na ponad trzy sekundy, świadczy o padaniu ostatnich promieni zakrywanego Słońca przez niziny pomiędzy formacjami gór księżycowych przekraczających wysokość 2350 m, co zgadza się ze stanem faktycznym. Dodajmy jeszcze, iż na to zjawisko może mieć również wpływ libracja Księżyca.

Andrzej Trepka — miłośnik astronomii, popularyzator biologii i życia we Wszechświecie, autor i współautor licznych utworów science fiction oraz biografii Ciołkowskiego i Dybowskiego. Podporucznik Armii Krajowej w stanie spoczynku

Zaćmienie w Turcji

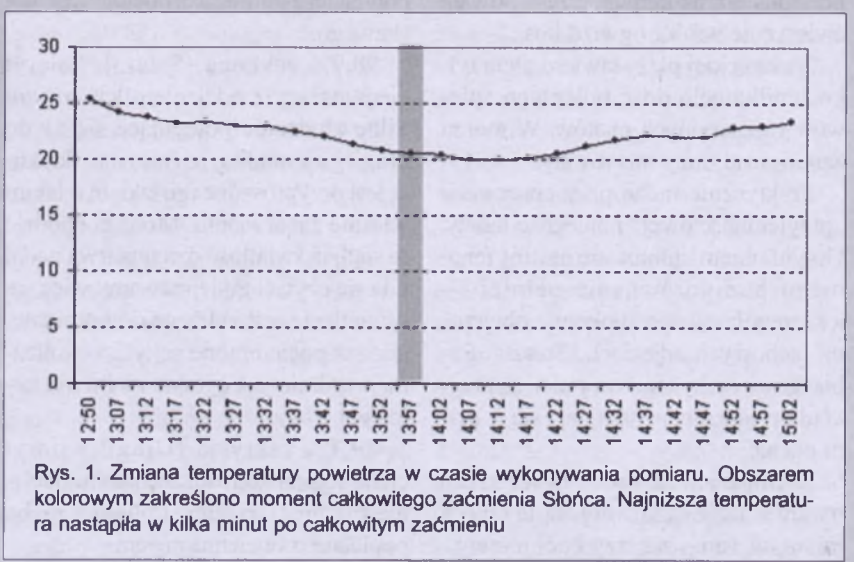
W życiu można robić różne rzeczy — oczywiście w granicach zdrowego rozsądku. Idąc na zajęcia, zbacza się z trasy, bo akurat jest sztorm na Bałtyku — więc dlaczego by nie uchwycić tego momentu i czmychnąć z Torunia, by to zobaczyć?! Ciekawą formą szaleństwa jest również ucieczka od codzienności polegająca na spakowaniu plecaka i podróży w góry. Spanie pod sudeckim gołym niebem, które kusi obfitością gwiazd, jest idealne dla wzbogacenia albumu astrofotograficznego. Jednak w końcu przychodzi taki dzień, gdy zmieniamy diametralnie, na chwilę, nasze jakże poukładane życie, by pognać w nieznane tylko w jednym celu. W celu, który czyni z nas wariatów, szaleńców, łowców i to nie byle jakich. Łowców wrażeń, łowców marzeń, łowców niepowtarzalnych zjawisk. Jednym słowem: łowców całkowitych zaćmień słońca. Właśnie takim dniem był 29 marca 2006 r. Tego dnia w Brazylii, Ghanie, Togo, Benin, Nigerii, Nigrze, Czadzie, Libii, Egipcie, Turcji, poprzez Kaukaz i Kazachstan, można było podziwiać to spektakularne zjawisko. I choć najdłużej, bo aż 4 min i 7 s trwało ono na granicy Libii i Czadu, nas marzenia zaczarowały i przeniosły w orientalny, nie tak daleki, świat. Krainę meczetów, palm i ludzi lubujących się w targowaniu, czyli Turcję.

No właśnie, to Turcji, a dokładniej Alanii, zawdzięczamy nowe pudełeczko postawione na półce o nazwie: cudowne wspomnienia. Osiem dni w malowniczym miasteczku, które poza wysokimi temperaturami, słońcem, ofiarowało nam ciepłe Morze Śródziemne i góry. Tutaj miasto żyje cały czas, a zwłaszcza wieczorem, gdy zapalają się różnobarwne światła uliczne, zamieniając miejsce w nocną krainę.

Okolicę można podziwiać na wiele sposobów, w zależności gdzie się stanie. I tak na wschód, od skalnego cypla, zachwycaliśmy się rozległą zatoką. Na zachodzie znajduje się 3-kilometrowa Plaża Kleopatry. Z kolei na północy występują góry Taurus sięgające 2500 m. Tam najlepiej można zaobserwować życie tradycyjnych Turków, wybierając się na przykład na jeep safari. To również tam przyroda jest nienaruszona przez człowieka, ofiarując mu niepowtarzalny klimat oraz roślinność. Poza tym wszystkim miasto posiada bogatą historię, którą stworzyli zarówno Grecy, Rzymianie, Turcy Seldżuccy oraz piraci. I właśnie dzięki tym wszystkim atrakcjom żaden dzień, spędzony w tym malowniczym zakątku świata, nie był stracony, gdyż można było oddawać się zarówno morskim, jak i słonecznym kąpielom, zwiedzać jaskinie czy też wdrapywać się na potężną twierdzę, z której można obejrzeć przepiękny zachód słońca (fot. 1) oraz całe miasto (fot. 2). Wszystkie atrakcje kusiły, jednak my ulegliśmy im dopiero po 29 marca, gdyż przed zaćmieniem, które w całej wyprawie było najważniejsze, należało dobrze przygotować się do obserwacji. Po pierwsze znaleźć miejsce, w którym całkowita faza zaćmienia będzie trwała najdłużej, a jednocześnie będzie ono przepięknym zakątkiem. Wszystko to miało dostarczyć niesamowitych wrażeń w tym najważniejszym momencie, no i wzbogacić wartość zdjęć, które mają przypominać o tym cudownym wydarzeniu.

Idealnym punktem na obserwacje okazało się Side — miasteczko oddalone około 60 km od Alanii, posiadające przebogatą historię sięgającą kilkuset lat p.n.e. i zapoczątkowaną przez greckich kolonistów. Sama nazwa miasta jest pochodzenia anatolijskiego i wywodzi się od słowa oznaczającego granat. Gród ten również jest położony nad Morzem Śródziemnym i do dziś dnia oddycha starożytnością, przez co zdaje się być bardziej fascynującym miejscem niż Alania. Znajdujący się tu jeden z największych w Anatolii teatr na 15 tys. widzów nadal przyciąga uwagę, jednak już nie widza, lecz turysty. Poza tym liczne rzeźby, kolumny, świątynie sprawiają, iż można podziwiać piękno dawnych i odległych czasów, wyobrażając sobie ówczesnych ludzi i ich życie. Zresztą o urokliwości Side świadczy legenda głosząca, że właśnie to miejsce Marek Antoniusz i Kleopatra wybrali sobie na romantyczną schadzkę.

Nas, łowców, najbardziej zauroczyła świątynia Ateny i Apollina z II w. n.e. położona tuż nad brzegiem morza i to tam zdecydowaliśmy się oglądać zaćmienie. Jak się okazało na miejscu — nie my jedyni. Choć zaćmienie zaczynało się o 12:50, to już o godzinie 9 zaczęli gromadzić się ludzie. W końcu każdy chciał znaleźć idealne miejsce na obserwacje i fotografowanie. Nam udało się stanąć tuż przed świątynią i to był dobry wybór, co ilustruje następujące zdjęcie (fot. 3 na wkł. I). Już w okolicach godziny 11 cały plac był zajęty przez ludzi, aparaty, teleskopy



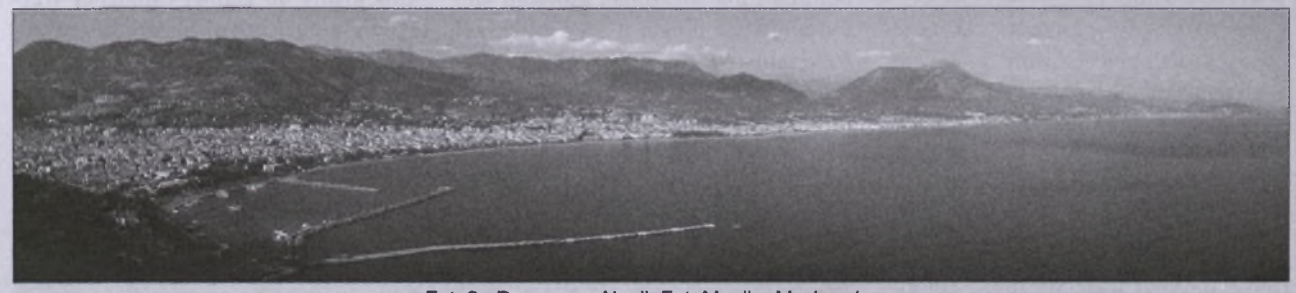
Rys. 1. Zmiana temperatury powietrza w czasie wykonywania pomiaru. Obszarem kolorowym zakreślono moment całkowitego zaćmienia Słońca. Najniższa temperatura nastąpiła w kilka minut po całkowitym zaćmieniu

oraz wozy transmisyjne z różnych stron świata (moje urocze towarzyszki udzielały wywiadu tureckiej telewizji). Niesamowitym doświadczeniem była możliwość obserwowania reakcji ludzi, ich niecierpliwości, czynionych przygotowań, radości, gdy w końcu nastąpiła całkowita faza zaćmienia. Również Turcy zadbali o to, aby to fenomenalne zjawisko było jak najbardziej spektakularnym widowiskiem. Ofiarowali nam występ orkiestry kameralnej, której dźwięki muzyki wprowadzały pewną magię i potęgowały istotę tamtego dnia (fot. 4 na wkł. I). Poza tym odczuwaliśmy spadek temperatury powietrza. Od momentu rozpoczęcia zaćmienia, do osiągnięcia fazy całkowitej zmieniła się ona z 25,4°C na 20°C. Tyle atrakcji w zaledwie kilka godzin!

Fot. 1. Zachód Słońca nad tureckim wybrzeżem. Fot. Bartek Wajnert

Faza całkowita trwała 3 min i 46 s, co umożliwiło zrobienie zdjęć na różnych czasach oraz przy użyciu różnych obiektywów. Dzięki temu można było uchwycić zarówno piękną koronę słoneczną, jak i protuberancje (fot. 5 na wkł. I), a używając obiektywu o mniejszej ogniskowej, Słońca w towarzystwie Wenus. Przy tym wszystkim odczuwało się niesamowitą, międzynarodową, rodzinną atmosferę. Oto w jednym zakątku świata zgromadzili się ludzie w jednym celu — aby patrzeć i podziwiać. Okrzyki radości, brawa, uśmiech na twarzy sprawiały, że każdy mógł czuć się bezpiecznie i błogo, a przy tym po raz kolejny uświadomiły, jak ogromną moc ma niebo — tym razem nie wieczorne, lecz dzienne.

Danka Bukowska, która z Alicją, Moniką i Bartkiem (wszyscy z Wydziału Fizyki Astronomii i Informatyki Stosowanej w Toruniu) również podziwiała, biła brawo i krzyczała z radości w Side.



Fot. 2. Panorama Alanii. Fot. Monika Mysłowska

Turecki pierścień z brylantem i korona... słoneczna

Mottem artykułu niech będzie wypowiedź jednego z młodych uczestników obecnej wyprawy, który po powrocie znad Balatonu w 1999 r. stwierdził: „Gdybym nie pojechał, to nie wiedziałbym, co straciłem!"

Planowanie wyjazdu na zaćmienie Słońca do Turcji rozpoczęliśmy zaraz po 11 sierpnia 1999 r. Takiego fascynującego zjawiska nie można opuścić, tym bardziej że będzie niedaleko i w zasięgu możliwości. Czas ucieka szybko i plany zaczęły się realizować. Na wyprawę wyruszyliśmy samolotem na 2 dni przed terminem — bazą była Alanya, malownicze miasto na Tureckiej Riwierze. Warszawę opuszczaliśmy przy ujemnej temperaturze i w śniegu, a za niecałe 3 godziny przywitało nas słońce, ciepło, palmy i kwiaty.

29 marca pogoda, wbrew wcześniejszym spekulacjom, była cudowna, chyba ją zaczarowaliśmy. Autokarem wyjechaliśmy zaraz po śniadaniu do środka pasa całkowitości (Alanya znajdowała się na skraju drogi cienia), bo chcieliśmy oglądać zjawisko przez całe 225 s (3^m45^s).

Miejsce na obserwacje wybraliśmy na szerokiej plaży koło Manavgatu. Studenci rozłożyli przywieziony sprzęt i każdy znalazł sobie wygodny punkt na najbliższe godziny. W skład grupy wchodziła „starszyzna", czyli profesjonalni astronomowie, poczynając od profesora poprzez doktorów, adiunktów, nauczycieli, aż po studentów i całą gromadkę innych młodych miłośników

astronomii. Wszystkich łączył wspólny cel: zbliżające się zaćmienie Słońca. Gdy zjawisko się rozpoczęło, rozległy się okrzyki: to już, nie ominie nas... i minuta po minucie sprawdzaliśmy „stan" Słońca.

Najciekawsze były oczywiście chwile tuż przed całkowitością — od strony morza nadchodził cień, „zapaliła" się Wenus, a niesamowite światło jak z punktowego reflektora halogenowego przyprawiało o dreszcz emocji. Nagle Słońce gaśnie... niebo robi się ciemnogranatowe, świeci korona słoneczna, obok Merkury i jasna Wenus, z drugiej strony Mars, a naokoło horyzontu różowo-pomarańczowa zorza. Temperatura znacznie spada o ponad 7°C, co można było wyraźnie odczuć (z 23°C do ~16°C), a wałęsający się po plaży pies zaczyna wyć. Sekundy uciekają, obserwujemy zjawisko wszystkimi zmysłami i... jest cudowna perła Baily'ego, jest pierścień z brylantem. Okrzyki zachwytu same się wyrywają z piersi. Dla tych kilkudziesięciu sekund warto było tu przyjechać, żeby zobaczyć, żeby poczuć, żeby obraz wrył się w pamięć.

Poczekaliśmy jeszcze na zakończenie zjawiska i pojechaliśmy do położonego niedaleko Side, skąd przekazywano telewizyjną transmisję z zaćmienia na całą Europę. W Side tłumy ludzi, wozy transmisyjne zwijały sprzęt, turyści w koszulkach z obrazkiem zaćmienia na piersi przetaczali się w różnych kierunkach. Zwiedzaliśmy m.in. kolumnową ulicę, ruiny świątyni Apollina, rzymski amfiteatr i pełni wrażeń ruszyliśmy w drogę powrotną do Alanyi. Wieczorem jeszcze długo rozprawialiśmy, wymieniając spostrzeżenia i oglądając zarejestrowane materiały, a pogodne niebo, jakże inne niż w Polsce, mrugało do nas gwiazdami — byliśmy przecież na 36 równoleżniku (j=36°42′,159 N, l=31°34′,865 N).

Przeciętni Turcy nie byli zbyt entuzjastycznie nastawieni do zjawiska, bo z jednej strony, komercyjne profity z przyjazdu turystów, a z drugiej przesądne przekonanie, że nic dobrego z tego nie wyniknie — w 1999 r. kilkanaście dni po zaćmieniu Turcję nawiedziło trzęsienie Ziemi, przynosząc ogromne szkody i straty w ludziach, a teraz znowu zaćmienie. Co ono przyniesie? Obserwując zjawisko całkowitego zaćmienia Słońca „na żywo", można sobie wyobrazić, dlaczego tak łatwo można było dawniej manipulować ludźmi opierając się na ich najprostszych uczuciach, siły natury potrafią robić wrażenie, któremu każdy człowiek ulega, a gdy zwykłych śmiertelników zbierze się odpowiednio dużo, to ich nawet najmądrzejszy profesor w pojedynkę nie przekona. Dlatego choć to XXI w., trzeba zachować rezerwę. Przykładem był kierowca naszego autokaru, poważny, zamyślony, wiózł nas, bo mu płaciliśmy, ale zaćmieniem wcale nie był zainteresowany.

Mapka pasa zaćmienia

W następnych dniach zwiedziliśmy jeszcze Alanyię, Antalię i okolice, rozkoszując się słońcem, plażą, wspaniałą turecką kuchnią. Kilka dni później powróciliśmy do zimnej i mglistej Warszawy z ogromnym bagażem wrażeń, wspomnień, setkami zdjęć, z nowymi przyjaciółmi i z planami na przyszłość... a może by tak do Chin za 2 lata?

Aleksandra Gödel-Lannoy

Studenci rozłożyli aparaturę. Fot. J. Krełowski

Toruń miastem festiwalowym

Już po raz szósty, tym razem w dniach 20–23 kwietnia br. Gród Kopernika stał się miejscem Festiwalu Nauki i Sztuki. Trudno przecenić bogactwo, wszechstronność i widowiskowość imprez, które na 4 dni zmieniają oblicze miasta. Nawet uczestnicząc w tej imprezie, zarówno jako wykładowca, jak i widz, bawiąc się wraz z dziećmi na pokazach i warsztatach, śledząc uważnie doniesienia mediów, nie sposób ogarnąć różnorodność wydarzeń. Ponad 150 imprez — spotkań, prezentacji, dyskusji, przedstawień, koncertów i wystaw, wycieczek i konkursów — wszystko to przyciąga około 30 tys. uczestników, także spoza miasta i regionu. Sam tematyczny skorowidz obejmuje prawie 40 dziedzin nauki i sztuki, od archeologii po zoologię...

Organizatorami Festiwalu są: Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Urząd Miasta Torunia oraz Towarzystwo Naukowe w Toruniu. Aktywny udział w imprezie biorą nie tylko pracownicy toruńskich uczelni, ale także lokalnych przedsiębiorstw oraz instytucji, którzy prezentują stosowane w swojej pracy osiągnięcia naukowe lub działania związane ze sztuką. Właśnie to odróżnia toruński festiwal od podobnych przedsięwzięć organizowanych w innych ośrodkach akademickich. Idea spotkań pozostaje niezmienna, a w miarę upływu lat chyba coraz bardziej widoczna: to ambitna i prowokująca do dyskusji prezentacja osiągnięć naukowych i artystycznych. Wszyscy zainteresowani — dzieci, młodzież i dorośli — mają wyjątkową okazję do spotkania oko w oko z prawdziwą nauką i sztuką. Od kuchni poznać mogą miejsca na co dzień niedostępne — naukowe laboratoria i warsztaty pracy uczonych i artystów, a także przedstawicieli różnych firm oraz instytucji. Festiwal umożliwia poznanie naukowego punktu widzenia na wiele problemów i zjawisk życia codziennego.

Przy doskonałej pogodzie w zasadzie wszystkie imprezy cieszyły się stuprocentową frekwencją. Warto podkreślić wysiłek organizatorów, którzy zadbali o to, by informacje o aktualnych wydarzeniach docierały do potencjalnych uczestników. Nie wszystkim udawało się dostać w upatrzone miejsce, na szczęście zwykle można było jeszcze odbyć równie interesujące spotkanie z nauką czy sztuką gdzieś w pobliżu.

Ogromne zainteresowanie towarzyszyło prezentacjom przygotowanym przez fizyków i astronomów. Wiele imprez z chemii, matematyki i informatyki można było obejrzeć na żywo w Internecie na stronie www.festiwal.torun.pl (są tam nadal dostępne, podobnie jak i bogate galerie zdjęć z dotychczasowych edycji festiwalu). Tradycyjnie już oblężenie przeżywało Centrum Astronomii UMK w Piwnicach, gdzie można było obserwować kwietniowe niebo i zwiedzać placówkę. Astronomia zaznaczała zresztą swoją obecność od samego początku do końca trwania imprezy. Inauguracji festiwalu towarzyszyła dyskusja panelowa „Narodziny i ewolucja Wszechświata" z udziałem m.in. kosmologa prof. dra hab. Marka Demiańskiego z Instytutu Fizyki Teoretycznej UW oraz toruńskich fizyków, astronomów, filozofów i biologa.

Początek i koniec świata był zresztą wiodącym hasłem tegorocznej edycji festiwalu, warto wspomnieć, że debatę o końcu świata moderował Jacek Żakowski z „Polityki". Jedną z głównych festiwalowych imprez był też połączony z koncertem wykład dra Macieja Konackiego z toruńskiej pracowni CAMK PAN „W poszukiwaniu drugiej Ziemi".

Odkrycia na krańcach Układu Słonecznego były tematem wykładu niżej podpisanego pt. „Osiem i pół planety". Z kolei astronom z toruńskiego planetarium Jerzy Rafalski wraz z Piotrem Majewskim z Polskiego Radia PiK prezentowali „Marsa na murach" oraz „Zaćmienie Europy", urządzili też widowiskowe II Mistrzostwa Rakiet Wodnych, pokaz połączony z transmisją radiową pt. „Radio planet i komet" oraz pokaz nieba przez teleskop, transmitowany na żywo przez TVP 3 w ramach programu „Planetarium". Inne wykłady o tematyce astronomicznej to (w porządku chronologicznym):

— dr hab. Michał Hanasz „Dlaczego korona słoneczna jest aż tak gorąca?"
— dr Andrzej Marecki „Co łączy Mikołaja Kopernika i Immanuela Kanta, czyli o tym, jak proroctwa spełniają się po latach"
— dr Krzysztof Rochowicz „Inne słońca, inne światy"
— dr Roman Schreiber „Radio bez abonamentu albo emisje radiowe w Układzie Słonecznym"
— dr Sławomir Górny „Łapiemy motyle kosmicznej łąki, czyli jak i po co poszukujemy nowych mgławic planetarnych"
— dr hab. Andrzej Niedzielski „SALT — po co astronomom tak duże teleskopy?"
— dr Wojciech Lewandowski „Pulsary: najdokładniejsze zegary Wszechświata".

Jak widać, każdy mógł znaleźć dla siebie coś interesującego. A to przecież tylko drobna próbka — zaledwie jedna z prawie 40 dziedzin reprezentowanych na festiwalu. Nie sposób nawet wymienić wszystkiego. Warto może podkreślić, że nie jest celem Rady Programowej, serwującej nam tak różnorodny i bogaty program, by z ofertą zapoznać się w sposób szybki i powierzchowny. Największą chyba zaletą jest właśnie możliwość zatrzymania się w dowolnym miejscu i próba dogłębnego poznania i zrozumienia jakiegoś zjawiska. Właśnie dlatego coroczne powtarzanie festiwalu ma sens. Pokazanie całemu społeczeństwu, jak piękna i fascynująca może być nauka i sztuka, pozwala wszystkim choć na chwilę oderwać się od codziennych trosk i zajęć, by zadumać się nad największymi tajemnicami otaczającego nas świata.

(*kr*)

Fot. Adam Zakrzewski/Andrzej Romański

XLIX Olimpiada Astronomiczna

12 marca 2006 r. zakończono XLIX Olimpiadę Astronomiczną. Po raz kolejny zanotowano wzrost zainteresowania olimpiadą. Do zawodów I stopnia zgłosiło się 198 uczniów, co w porównaniu z ubiegłoroczną olimpiadą stanowi 15% wzrost liczby uczestników tego poziomu eliminacji. Najwięcej uczniów startowało z województw: łódzkiego (28), śląskiego (23), małopolskiego (22) i kujawsko-pomorskiego (20). Spośród nich do finału doszło 4 uczniów z województwa śląskiego i 3 z województwa łódzkiego. 3 uczniów w finale miało również województwo lubelskie.

W XLIX Olimpiadzie Astronomicznej zwyciężyła Krystyna Macioszek z Zielonej Góry. Drugie miejsce zajęła też dziewczyna — Karolina Sołtys z Lublina.

Uczestnicy finału podczas całej olimpiady zetknęli się z 20 zadaniami o różnym charakterze. Przeważały rachunkowe zadania teoretyczne, ale nie brakowało zadań obserwacyjnych, choć, jak się to często zdarza, pogoda uniemożliwiła przeprowadzenie takiej obserwacji na zawodach finałowych, były też zadania praktyczne i zadania wymagające przeprowadzenia pewnej dyskusji, szacowania i wyraźnego określenia oceny możliwego błędu. Te ostatnie sprawiają uczestnikom najwięcej kłopotów. Komplety zadań zawodów wszystkich stopni można znaleźć na stronie **www.planetarium.chorzow.net.pl**

Zawody II stopnia odbyły się w trzech miastach: Katowicach — w VIII Liceum Ogólnokształcącym im. M. Curie-Skłodowskiej, Włocławku — w Liceum Ogólnokształcącym im. Ziemi Kujawskiej i Wrocławiu — w Liceum Ogólnokształcącym im. Polonii Belgijskiej.

Zawody centralne odbyły się w Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika w Chorzowie w dniach 10–11 marca 2006 r.

Po zawodach, w czasie gdy oceniano zadania, uczestnicy zwiedzili Uniwersytet Śląski, uczestnicząc m. in. w pokazie ciekawych doświadczeń fizycznych. Obejrzeli też w kinie IMAX ciekawy film, wykonany w technice 3D — *Wspaniałe pustkowie — spacer po Księżycu,* prezentujący efekty wypraw człowieka na Księżyc ramach misji Apollo, a w trakcie uroczystości kończącej olimpiadę wysłuchali interesującego wykładu dra hab. Bartłomieja Pokrzywki *Zorze polarne.* Wykład był bogato ilustrowany zdjęciami i filmami w formie prezentacji multimedialnej.

Uroczystość kończąca 49 edycję Olimpiady Astronomicznej odbyła się w niedzielę, 12 marca 2006 r. — ogłoszono wyniki olimpiady, wręczono dyplomy i nagrody. Wśród tegorocznych nagród znalazły się lornetki, mikroskop, atlasy, mapy oraz albumy i inne książki.

Olimpiadę finansuje Ministerstwo Edukacji i Nauki. Nie zawiedli też jej tradycyjni sponsorzy: Komitet Astronomii PAN, Fundacja Astronomii Polskiej, Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii i Zakład Optyki Instrumentalnej *Uniwersał.* Olimpiadę sponsorowało również Planetarium Śląskie.

Dodatkowo wsparli olimpiadę w formie wpłat pieniężnych, nagród rzeczowych, bezpłatnych biletów wstępu, bezpłatnego udostępnienia pomieszczeń: Urząd Miasta Chorzów, Śląska Wyższa Szkoła Zarządzania im. gen Jerzego Ziętka w Katowicach, Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach, IMAX w Katowicach, Gedeon Richter — Przedstawicielstwo w Polsce, Wydawnictwo BEATA PIĘTKA, Księgarnia św. Jacka w Katowicach oraz wymienione w sprawozdaniu licea, w których organizowano zawody II stopnia.

Jak już wspominaliśmy, zwycięzcą XLIX Olimpiady Astronomicznej została Krystyna Macioszek z V Liceum Ogólnokształcącego im. Krzysztofa Kieślowskiego w Zielonej Górze. Laureatką II miejsca została Karolina Sołtys z I Liceum Ogólnokształcącego im. Stanisława Staszica w Lublinie.

Kolejne miejsca zajęli laureaci:

III (ex aequo) — Piotr Czarnik z II LO im. płk. Leopolda Lisa Kuli w Rzeszowie i Krzysztof Zieleniewski z II LO im. Jana Śniadeckiego w Kielcach,

IV — Paweł Kołacz z IX LO im. Cypriana Kamila Norwida w Częstochowie i Tomasz Smoleński z VI LO im. Jana Kochanowskiego w Radomiu.

Na następnych miejscach znaleźli się finaliści:

V — Krzysztof Niemkiewicz z VI LO im. Jana Kochanowskiego w Radomiu,

Krystyna Macioszek w otoczeniu pozostałych laureatów XLIX Olimpiady Astronomicznej.
Fot. Weronika Sowa

VI — Rafał Szepietowski z III LO im. Marynarki Wojennej w Gdyni,

VII — Przemysław Zych z LO im. Bolesława Prusa w Skierniewicach,

VIII — Paweł Swaczyna z Salezjańskiego ZSP w Świętochłowicach,

IX (ex aequo) — Juliusz Stasiewicz z I LO im. Adama Mickiewicza w Białymstoku, Tomasz Szalast z I LO w Radzyniu Podlaskim i Karol Wędołowski z I LO im Ziemi Kujawskiej we Włocławku.

W zawodach centralnych uczestniczyli również Marcin Chwała z LO im. Stefana Żeromskiego w Strzegomiu, Michał Kobielarz z IV LO im. Tadeusza Kościuszki w Toruniu, Filip Misiewicz z I LO im. Stanisława Staszica w Lublinie, Mariusz Niedźwiecki z ZSO nr 1 im. Adama Mickiewicza w Prudniku, Julia Romanowska z I LO im. Juliusza Słowackiego w Chorzowie i Zbigniew Wojna z I LO im. Mikołaja Kopernika w Łodzi.

Henryk Chrupała

Omówienie kilku zadań Olimpiady Astronomicznej

Zadanie 1 pierwszej serii I etapu

Ponieważ przyjęto, że podróż kosmiczną odbył człowiek, który znalazł się wyżej niż 100 km nad powierzchnią Ziemi, proponuje się komercyjne wycieczki na taką wysokość. Wykaż, że w porównaniu do lotu orbitalnego wzlot na taką wysokość wymaga znacznie mniej energii.

Inspirację do powyższego zadania stanowiły często powtarzające się ostatnio w prasie popularnonaukowej dywagacje o możliwości zbudowania „kosmicznej windy" — liny łączącej stację satelitarną na orbicie z powierzchnią Ziemi, po której znacznie taniej niż przy pomocy rakiet można by wynosić materiały na orbitę. Nie wchodząc w dość nietrywialną fizykę związaną z tą koncepcją (której, notabene, w publikacjach popularnonaukowych nie znajdziemy), pisanie o wysyłaniu ciał na orbitę przy pomocy windy sugeruje, że głównym wydatkiem energetycznym przy umieszczaniu masy na orbicie jest energia związana ze zmianą wysokości. Sugestia, jak się wydaje, rozpowszechniła się znacznie i zadanie miało wskazać na jej fałszywość. Jako zadanie bardzo proste powinno również zachęcić do uczestnictwa w Olimpiadzie, co w tym etapie też jest nie bez znaczenia. W najprostszym przypadku rozwiązanie mogło przebiegać następująco. Przede wszystkim szacujemy energię potrzebną do wyniesienia masy m na żądaną wysokość. Można to oszacować przy pomocy wzoru

$$E = m\ g\ h$$

Łatwo teraz wyliczyć, że do wyrzucenia kilograma masy na wysokość 100 kilometrów trzeba

$$10\ \mathrm{m/s^2}\ \ 100\ \mathrm{km} = 10^6\ \text{dżula.}$$

Energia kinetyczna masy poruszającej się z I prędkością kosmiczną wynika z wzoru

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

i wynosi

$$\frac{1}{2}\left(8\frac{km}{s}\right)^2 = 3{,}2\cdot 10^7\ \text{dżula.}$$

Widać, że ta ostatnia wartość jest rząd wielkości wyższa od pierwszej, co dowodzi żądaną w zadaniu tezę.

Tak rozwiązane zadanie uznawano za „rozwiązane w minimalny sposób".

Oczywiście istnieją znaczne możliwości poprawienia tego rozwiązania. Na przykład można, i przyzwoicie wykształcony uczestnik Olimpiady powinien tak właśnie postąpić, wyliczyć I prędkość kosmiczną z porównania siły odśrodkowej i grawitacyjnej na odpowiedniej wysokości, a energię wzlotu wyliczyć z różnicy potencjałów, a nie z przybliżenia dla małych różnic wysokości. Oczywiście te dość proste w sumie poprawki skutkowały odpowiednim wzrostem punktacji. Dodatkowo, już na wyższym poziomie, uczestnik mógł uwzględnić możliwość skorzystania z obrotu Ziemi, a nawet uzyskać rozwiązanie jawnie uwzględniające szerokość geograficzną miejsca startu. Jeżeli dodać możliwość dyskutowania problemów związanych z oporem powietrza, materią odrzutową i wielu innych realnie występujących czynników, to zadanie umożliwiało stworzenie naprawdę interesującego rozwiązania. Tym samym zadanie wydawało się idealne na pierwszą serię Olimpiady — z jednej strony nie powinno nikogo zniechęcić, a z drugiej nie ograniczało inwencji uczestnika. Z selekcyjnego punktu widzenia też wydawało się dobre, jako że różnica punktacji między najprostszym rozwiązaniem a pełną dyskusją problemu powinna być bardzo wyraźna.

Niestety, ku kompletnemu zaskoczeniu, zadanie okazało się skrajnie trudne. Z zupełnie niezrozumiałych powodów znaczna część uczestników uznała, że przyczyną „taniości wzlotu" jest to, że lot orbitalny wymaga większej wysokości. Przyjmowali więc, że wysokość na której możliwy jest lot orbitalny jest odpowiednio wyższa (zwykle uznawali, że wynosi 160 km) i obliczali energię niezbędną do wzlotu na taką wysokość. Oczywiście uzyskiwali energię kilkadziesiąt procent wyższą i tę wartość uznawali za „znaczną". Oczywiście oznacza to, że „ideologia windy" zapuściła solidnie korzenie w umysłach młodzieży. Z drugiej strony oznacza to, że tak w końcu proste i elementarne zagadnienie jak ruch po okręgu jest naszym najlepszym uczniom (w końcu start w Olimpiadzie jest dla najlepszych) głęboko obce. Innym równie absurdalnym podejściem do zadania było przedstawienie dowodu, że ruch orbitalny wymaga wyższej energii niż samo wyniesienie na odpowiednią wysokość. Niektórzy po prostu z równania

$$E = \frac{mv^2}{2} + V$$

gdzie V oznacza energię potencjalną, wnioskowali, że ponieważ energia kinetyczna jest dodatnia, to ruch orbitalny

jako ruch z niezerową prędkością wymaga więcej energii niż sam wzlot. W tym miejscu warto zwrócić uwagę na to, że niektórych nieco deprymował fakt, iż energia potencjalna jest w tym przypadku ujemna. W „zaawansowanej" wersji tego rozumowania niektórzy po prostu dowodzili (przepisywali) dowód twierdzenia o wiriale. W tym ostatnim przypadku zasadniczy błąd polegał najczęściej na porównywaniu energii (cechowanych „na nieskończoność") na powierzchni Ziemi i na orbicie, a nie różnicy energii na powierzchni i na orbicie, czyli pracy niezbędnej do umieszczenia ciała na orbicie.

W sumie zadanie wypadło znacznie poniżej oczekiwań, ujawniając głęboką niewiedzę, i to raczej na poziomie klasówki niż olimpiady, znacznej części uczestników. Zadanie ujawniło elementarne braki z takich tematów, jak ruch po okręgu i własności energii. Szczególnie przykry wydaje się brak znajomości zasady, na jakiej zbudowane są nauki ilościowe — uczestnicy Olimpiady zdają się nie wiedzieć, iż podstawową cechą tych nauk jest to, że w celu opisu rzeczywistości w tych naukach **wybiera się** te elementy rzeczywistości, które są ważne, czyli są odpowiednio duże, pomijając te mniej znaczące. W przypadku omawianego zadania celem było w gruncie rzeczy wykazanie, że praca potrzebna do wyniesienia ciała na wysokość paruset kilometrów nad powierzchnię Ziemi jest nieistotna w przypadku lotu orbitalnego. Nieistotna nie dlatego, że jest niewielka, ale dlatego, że praca związana z koniecznością nadania odpowiedniej prędkości jest znacznie większa. Dodajmy, że to jest prawdziwe tylko dla niskich orbit. W przypadku orbit wysokich jest bowiem zupełnie inaczej.

Wystarczyłoby tylko minimalnie zmienić warunki zadania i np. zapytać o bilans energii satelity geostacjonarnego i okazałoby się, że pominąć można energię kinetyczną! Nietrudno zauważyć, że im wyższa orbita, tym znaczenie pracy włożonej w nadanie prędkości mniejsze. I właśnie tego typu problemów nasi olimpijczycy zdają się nie rozumieć. W tej sytuacji nie sposób powstrzymać się od refleksji, że w szkole chyba zbyt mało uwagi poświęca się ogólnym własnościom nauk przyrodniczych, koncentrując się na szczegółach. A może warto przypomnieć, że te ostatnie dość łatwo w razie potrzeby uzupełnić, a braki w ogólnym obrazie świata skutkują nieumiejętnością poradzenia sobie w wydawałoby się zupełnie oczywistych sytuacjach. I tak właśnie stało się w przypadku omawianego zadania.

Zadanie 1 drugiej serii I etapu

Oszacuj temperaturę gruntu księżycowego w godzinę po zapadnięciu nocy księżycowej. W obliczeniach przyjmij, że:

1. Na początku nocy grunt księżycowy ma temperaturę 300 K.

2. Powierzchnia Księżyca jest zbudowana z materiału, którego ciepło właściwe c wynosi około 800 J/(kg·K) i gęstość $\rho = 2000$ kg/m^3.

3. Promieniowanie powierzchni jest zbliżone do promieniowania ciała doskonale czarnego.

4. Wychładza się warstwa o głębokości około 1 cm.

Powyższe zadanie miało na celu zwrócenie uwagi uczestnikom Olimpiady na wielkość energii promienistej emitowanej z powierzchni ciała w temperaturach pokojowych i wynikające z tego wartości spadków nocnej temperatury. Warto tu zauważyć, że z zasady promieniowanie termiczne w temperaturach pokojowych pomija się i stąd częste a zupełnie nieprawdziwe przekonanie, że jego wartość energetyczna jest nikła. Tym samym zadanie miało na celu zwalczanie tej „legendy". Przy takim postawieniu problemu drugorzędną sprawą było, jakiego ciała niebieskiego zjawisko dotyczy. Wybrano Księżyc, by uniknąć problemów związanych z atmosferą i dość arbitralnie ustalono temperaturę początkową oraz grubość warstwy podlegającej stygnięciu. Gdyby chcieć zadanie bardziej urealnić, należałoby rozważyć problemy związane z przewodnictwem i charakterystyką emisyjną powierzchni. Jednak takie urealnienie zdecydowanie utrudniłoby rozwiązanie, nie wnosząc niczego do dydaktycznych walorów zadania, przeznaczonego w końcu do I etapu Olimpiady. Jako rozwiązania spodziewano się różnego rodzaju oszacowań tempa spadku temperatury, poczynając od „zerowego" przybliżenia emisji w stałej temperaturze, przez „całkowanie numeryczne" wynikające z podziału przedziału czasu na kilka odcinków, aż do mniej lub bardziej zaawansowanego użycia rachunku różniczkowego. To ostatnie wydawało się niezbyt prawdopodobne i nie spodziewano się, by mogło dotyczyć więcej niż kilku uczestników. Aby zorientować się, jakie powinny być wyniki, wystarczy przedstawić „zerowe przybliżenie". Ciało doskonale czarne o powierzchni 1m^2 w temperaturze 300 K emituje w ciągu godziny energię

$$E=\sigma\ T^4\ t \approx 5{,}67\ 10^{-8}\ 8{,}1\ 10\ 10^8\ 3{,}6\ 10^3\,\mathrm{J} \approx 1{,}65\ 10^6\,\mathrm{J}$$

Warstwa gruntu o powierzchni S i głębokości h musi ochłodzić się więc o różnicę temperatur Δt

$$S \cdot h \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t = E \Rightarrow \Delta t = \frac{E}{S \cdot h \cdot \rho \cdot c}$$

Podstawiając wartości zaproponowane w treści zadania, otrzymujemy spadek o około 100 K.

Jak widać, spadek jest dramatyczny i fakt, że na Ziemi nocą nie zapadają „arktyczne mrozy", świadczy o tym, że sytuacja na Ziemi jest znacznie bardziej skomplikowana i realistyczne obliczenie spadku temperatury w jej przypadku byłoby bardzo trudne. Nawet w przypadku spełnienia założeń zadania „przybliżenie zerowe" jest mało realistyczne i przedział czasu należy podzielić na kilka odcinków, w których można już przyjąć stałą temperaturę. Najprościej powtórzyć kilkakrotnie rachunki z podziałem na coraz mniejsze kawałki czasu i porównując wyniki oszacować błąd przybliżenia. Ponieważ zadanie było rozwiązywane w domu, taka dość czasochłonna procedura była możliwa do zrobienia i taka możliwość wydawała się dodatkową zaletą zadania, tym bardziej że nawet użycie zwykłego kalkulatora umożliwia przeprowadzenie obliczeń w ciągu kilkudziesięciu minut. Uzyskany wynik oczywiście wyraźnie różnił się od „przybliżenia zerowego", a uzyskana temperatura wynosiła około 237 K, przy czym oczywiście w zależności od

liczby przedziałów wyniki nieco się różniły. Zadania rozwiązane metodą przybliżenia zerowego uznawano za poprawne, a każda dodatkowa zaleta rozwiązania była dodatkowo punktowana. Tym samym za poprawnie zapisane rozwiązanie z podziałem na kilka przedziałów można było dostać maksymalną punktację. Rozwiązań tych było mniej więcej tyle, ile się spodziewano i nie to wzbudziło zdziwienie. Prawdziwym szokiem okazał się fakt, że znaczna część (około połowy!) uczestników zadanie rozwiązała, formułując a następnie rozwiązując odpowiednie równanie różniczkowe. Wyglądało to mniej więcej tak. Energia wypromieniowywana z powierzchni S wyraża się w ciągu czasu dt wzorem

$$E = S\,\sigma\,T^4\,dt$$

Z drugiej strony energia ta pochodzi z ochładzania się gruntu i wyraża się wzorem

$$E = dT\;m\;c = dT\;S\;h\;\rho\;c$$

Porównując te wartości, otrzymujemy równanie różniczkowe o zmiennych rozdzielonych

$$\frac{dT}{T^4} = \frac{-\sigma \cdot dt}{h \cdot \rho \cdot c}$$

(minus ze względu na to, że energia wypromieniowywana jest tracona przez grunt), którego rozwiązanie nie sprawiło uczestnikom zbytnich problemów. Oczywiście uzyskany wynik był z zasady poprawny. Jednak nie zawsze, co wskazuje na pewną samodzielność uczestników (rozwiązanie było spisane „literalnie"). Podobnie metoda dochodzenia do równania różniczkowego bywała różna. Jak by jednak nie było, pojawiło się wyraźnie więcej rozwiązań wykorzystujących zastosowanie rachunku różniczkowego niż rozwiązań typowo szkolnych. W opinii części oceniających wynikało to z odnalezienia w literaturze zbliżonego problemu i skorzystania z tego wzoru. Być może tak właśnie było, ale korzystanie z literatury jest jak najbardziej godne pochwały. Zdumiewające natomiast jest to, że uczestnicy bez problemu i dość poprawnie umieją skorzystać z informacji tradycyjnie należących do „wiedzy uniwersyteckiej", natomiast ich możliwości w zakresie typowej „wiedzy szkolnej" są nikłe, żeby nie powiedzieć skandaliczne. Warto porównać to z wynikami zadania z pierwszego etapu, gdzie uczestnicy mieli problem ze zrozumieniem pojęcia pracy i znajomością własności ruchu po okręgu. Oczywiście porównanie wyników dwu zadań to zbyt mało, by wyciągać daleko idące wnioski, jednak można postawić pewną hipotezę. Otóż czy przypadkiem nie doszło już do tego, że nasi uczniowie osiągnęli na tyle niski poziom wiedzy dotyczącej fizyki, że aby rozwiązać zadanie olimpijskie, muszą się wiedzy potrzebnej do jego rozwiązania nauczyć od podstaw. I w takiej sytuacji jest im już obojętne, czy muszą się nauczyć tego, co było kilkanaście lat temu standardem szkolnym, czy też trzeba sięgnąć do podręcznika uniwersyteckiego. Można nawet sądzić, że łatwiej opanować wiedzę uniwersytecką, bo te fragmenty, które są potrzebne do rozwiązania typowego zadania, są względnie proste, służą do dość schematycznego użycia i na dodatek są precyzyjnie opisane w podręczniku akademickim. Zupełnie inaczej jest z „wiedzą szkolną". Ta w zastosowaniu do zadań „poziomu olimpijskiego" wymaga twórczego przemyślenia problemu, co z natury rzeczy jest możliwe dopiero po dłuższym okresie obcowania z tą wiedzą. Tym samym okazać się może, że dla współczesnego ucznia łatwiejsze jest rozwiązanie problemu akademickiego niż szkolnego w dawniejszym wydaniu. Oczywiście to tylko hipoteza. Warto jednak spróbować ją zweryfikować, np. przez zaproponowanie w następnej edycji Olimpiady zadania możliwego do rozwiązania metodą „szkolną" i metodą „akademicką". Wybór tej ostatniej byłby mocnym argumentem za słusznością hipotezy.

Zadanie 3 drugiego etapu

Dzięki pewnym szczęśliwym okolicznościom, tzn. znajdującemu się w niewielkiej odległości kątowej radioźródłu 3C 66A o przesunięciu ku czerwieni 0,44, udało się zmierzyć (metodą interferometrii wielkobazowej) położenia na sferze radioźródła 3C 66B o $z = 0{,}0215$, w dwu częstotliwościach 2,3 i 8,4 GHz. Okazało się, że radioźródło 3C 66B wykonuje ruch cykliczny z okresem 1,05 ±0,03 roku. Gdy do wspomnianych pomiarów spróbowano dopasować ruch keplerowski układu podwójnego, to okazało się, że rozmiary kątowe wielkiej półosi są różne dla obu częstotliwości i wynoszą: 243 ±30 i 45 ±4 mikrosekund łuku.

Spróbuj wyjaśnić naturę tego radioźródła (czym jest i dlaczego są dwa różne rozmiary liniowe). Zakładając, że składa się ono z dwu równych mas, wywnioskuj, czym może być obserwowany obiekt.

W tym celu oszacuj:

a. masę radioźródła.

b. prędkość liniową ruchu w obu przypadkach (zakładając przybliżenie kołowe).

Uwaga: Zinterpretuj tak wysoką, wydawałoby się absurdalną wartość prędkości. Aktualnie przyjmowana wartość stałej Hubble'a wynosi 70 km/s Mpc.

Lit. „Science", **300** (2003)1263.

Jak to się zwykle dzieje na Olimpiadzie, celem zadania, poza spełnieniem oczywistej funkcji selekcyjnej, było również zrealizowanie pewnego celu dydaktycznego. W tym przypadku było nim wskazanie uczestnikom Olimpiady pewnej ważnej, a w szkole często pomijanej, własności wielkości fizycznych, zwanych prędkościami. Jak wiemy, z fizycznego punktu widzenia wielkości o wymiarze prędkości mają różne własności. W szczególności na niektóre z nich są nałożone ograniczenia związane ze Szczególną Teorią Względności, a na niektóre, zwane zwykle „prędkościami fazowymi", nie. W przypadku omawianego zadania jedna z wartości prędkości wyraźnie przekracza prędkość światła i tym samym należy ją interpretować jak prędkość typu „prędkość fazowa". Interpretacja przyczyny powstawania w tym przypadku takiej prędkości jest na tyle łatwa do wymyślenia (przynajmniej dla kogoś choćby elementarnie zaznajomionego z własnościami kwazarów), że autor zadania

miał nadzieję, iż część uczestników zdoła wymyślić mechanizm powstawania ruchu „szybszego od światła".

Zadanie wydawało się dość proste i zdecydowanie schematyczne w warstwie rachunkowej. Wszystkie rachunki są elementarne i prowadzą bezpośrednio do wartości — nie ma więc konieczności rozwiązywania układów równań, a same równania są też zupełnie elementarne. Do tego treść zadania wyraźnie sugeruje kolejność wykonywania obliczeń.

Sugerowany przebieg rachunków powinien wyglądać następująco. Ze znajomości przesunięcia ku czerwieni z i stałej Hubble'a H, korzystając z prawa Hubble'a obliczamy odległość l interesującego nas radioźródła

$$zc = H \cdot l \Rightarrow l = \frac{zc}{H} \approx \frac{0{,}02 \cdot 3 \cdot 10^5 \frac{km}{s}}{70 \cdot \frac{km}{s \cdot Mpc}} \approx 100 Mpc$$

W powyższym wzorze c oznacza oczywiście prędkość światła.

Mając rozmiary kątowe i obliczoną odległość, obliczamy rozmiary liniowe r orbit, np. korzystając ze wzoru

$$\frac{r}{2\pi l} = \frac{\alpha}{360^\circ} \Rightarrow r = \frac{2\alpha \cdot \pi \cdot l}{360 \cdot 60 \cdot 60},$$

gdzie w ostatnim wzorze kąt podstawiono w sekundach łuku. Podstawiając wartości, otrzymamy

$$r_1 = \frac{45 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 10^2 \cdot 10^6 \cdot 10^{13} \cdot 10^3}{360 \cdot 60 \cdot 60} \approx 6 \cdot 10^{14} m,$$

$$r_2 = \frac{243 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 10^2 \cdot 10^6 \cdot 10^{13} \cdot 10^3}{360 \cdot 60 \cdot 60} \approx 3 \cdot 10^{15} m.$$

Przyglądając się wynikowi, łatwo zauważyć, że pojawia się kłopot — okrąg o promieniu r_2 ma długość około dwu lat świetlnych, a okres wynosi około roku, czyli źródło poruszające się po większym okręgu ma prędkość około $2c$! Źródło poruszające się po mniejszym okręgu ma prędkość ultrarelatywistyczną.

To, że obiekt jest bardzo egzotyczny, potwierdza masa układu. Biorąc pod uwagę, że okres wynosi prawie dokładnie rok, suma mas układu wynosi

$$M = M_\odot \left(\frac{6 \cdot 10^{14}}{1{,}5 \cdot 10^{11}} \right)^3 = 6 \ 10^{10} M_\odot,$$

gdzie $M_\odot$ jest masą Słońca.

Jak widać, mamy do czynienia z bardzo masywnym obiektem krążącym po raczej ciasnej jak na tak wielką masę orbicie.

W praktyce nie może to być nic innego jak para czarnych dziur. Do obliczeń masy wzięto oczywiście ciaśniejszą orbitę, bo ta obszerniejsza nie może odpowiadać żadnemu rzeczywistemu ruchowi ze względu na prędkość większą od prędkości światła. Nie jest trudno wymyślić, że z większą od światła prędkością może poruszać się obszar zderzenia dżetu emitowanego z jednej z czarnych dziur (z dysku akrecyjnego) z obłokiem gazowym. Oczywiście okres obiegu jest równy okresowi obiegu rzeczywistego obiektu, ale „zderzenie" zachodzi w pewnej odległości od czarnej dziury i okrąg, po którym biegnie miejsce zderzenia jest na tyle duży, że prędkość jest większa od prędkości światła. Zjawisko ma podobny charakter jak bieg „zajączka" laserowego po Księżycu — jeżeli przesuniemy laserem po Księżycu, tak by bieg zajączka trwał krócej niż 0,01 s, to prędkość zajączka będzie większa od c.

W praktyce zadanie okazało się zdecydowanie trudne, a z interpretacją uzyskanych wyników uczestnicy sobie nie poradzili. W znacznej mierze na stopień trudność zdania wpłynęły banalne braki w technice rachunkowej uczestników. Bardzo duże i małe wartości liczbowe danych (po prostu astronomiczne! — zadanie jak wiele na Olimpiadzie pochodzi z realnych danych, w tym przypadku z pracy opublikowanej w „Science") powodują, że uczestnicy nie potrafią wykonać odpowiednich mnożeń i dzieleń. Jako ciekawostkę można dodać, że przy okazji tego zadania padł kolejny rekord wartości liczbowej — jeden z uczestników uzyskał wartość masy kilka razy 10^{99} kg*! Znalazła się jednak całkiem spora grupa uczestników, którzy zadanie rozwiązali i to rozwiązali dobrze — braki interpretacyjne nie mogą bowiem zbyt mocno wpłynąć na oceny. Tym samym zadanie spełniło bardzo dobrze rolę selekcyjną, która w drugim etapie ma zasadnicze znaczenie. Z punktu widzenia dydaktyki pojawiła się jednak rzecz istotnie niepokojąca. Otóż mimo wyraźnego wskazania w treści zadania, jakie rachunki należy wykonać, znaczna część uczestników Olimpiady nie podjęła nawet próby rozwiązania, oddając czyste kartki. Oznacza to, że w trakcie zawodów znacznej części uczestników brakło czasu na rozwiązanie wszystkich zadań albo, co gorsza, treść zadania okazała się niezrozumiała. Ta ostatnia możliwość wydaje się mało prawdopodobna, jako że większość elementów omawianego zadania „ideologicznie" jest zupełnie elementarna.

Zadanie 1 finału (III etapu)

Ciężkie pierwiastki są produkowane w ostatnich stadiach ewolucyjnych masywnych gwiazd. Stąd kluczową informacją pozwalającą ocenić liczbę gwiazd w tych stadiach jest określenie liczby nowo powstających ciężkich pierwiastków. Można to zrobić, np. mierząc strumień kwantów gamma powstających w wyniku rozpadu krótko żyjących izotopów (krótko żyjące izotopy „świecą" niedługo i praktycznie emitowane promieniowanie określa tempo ich powstawania). Z początkiem 2006 r. doniesiono o pomiarze natężenia strumienia fotonów pochodzącego z rozpadu ^{26}Al o okresie połowicznego zaniku 7,2 10^5 lat. Natężenie to wyniosło $\Phi = 3{,}3 \ 10^{-4}$ fotonów na centymetr kwadratowy i sekundę. Fotony przychodzą z niewielkich, prawie punktowych źródeł nieregularnie rozłożonych w pasie o szerokości około 20° i rozciągającym się na długości około 60° wzdłuż płaszczyzny Galaktyki. Jak należało się spodziewać, środek pasa leży w kierunku na centrum Galaktyki. Okazało się dodatkowo,

* Obiekt o tej masie i gęstości zbliżonej do gęstości gwiazd neutronowych zajałby objętość zbliżoną (większą) od objętości obserwowanej części Wszechświata.

że fotony pochodzące ze skrajnych części pasa wykazują przesunięcie ku czerwieni i fioletowi wskazujące na udział źródeł promieniowania w ruchu wokół Galaktyki.

Korzystając z tych danych, oszacuj ilość ^{26}Al w Galaktyce.

Wskazówki: W celu oszacowania odległości, w jakiej znajdują się źródła promieniowania, skorzystaj z danych o przesunięciu dopplerowskim — z podanych własności można sądzić, że źródła promieniowania należą do pewnego pierścienia otaczającego jej centrum. Ponieważ chodzi jedynie o oszacowanie, do rachunków przyjmij, że wszystkie fotony pochodzą z jednego źródła leżącego w jakiejś wybranej przez Ciebie odległości z przedziału tych, które dopuszcza położenie tego pierścienia. Wyraźnie zapisz, jaka odległość została wybrana i dlaczego. Przyjmij, że odległość od centrum Galaktyki wynosi 28 tys. lat świetlnych.

Zadanie zostało opracowane na podstawie artykułu z „Nature". Jedną z głównych jego zalet jest aktualność — w momencie rozwiązywania zadania przez uczestników od publikacji upłynęło zaledwie 9 tygodni. Tym samym uczestnicy rozwiązywali problem naprawdę aktualny. Przy okazji poznawali jedno z istotnych, a w podręcznikach rzadko wskazywanych, źródeł wiedzy o powstawaniu pierwiastków, jakim jest badanie promieniowania krótko żyjących izotopów. Na koniec stykali się z niezbyt często spotykaną na Olimpiadzie Astronomicznej tematyką, jaką stanowi rozpad promieniotwórczy. Oczywiście nie wymagano wiedzy pamięciowej z tej dziedziny i organizatorzy zadbali, by w trakcie rozwiązywania zadania na stołach leżały tablice zawierające krótki, ale całkowicie wystarczający opis zjawiska rozpadu promieniotwórczego wraz z odpowiednimi wzorami. W ogóle na Olimpiadzie Astronomicznej jak dotychczas (bo zdarzają się głosy idące w tym kierunku) żadnej wiedzy pamięciowej się nie wymaga. Zadanie, mimo że niezbyt trudne, ze względu na powyżej wypisane zalety zdawało się spełniać warunki zadania finałowego. Aby nieco utrudnić problem i jednocześnie dołożyć element umożliwiający rozróżnienie jakości rozwiązania, zażądano uzasadnienia wybranej „średniej" odległości od źródła promieniowania.

Rozwiązanie zadania mogło przebiegać w następujący sposób. Ponieważ fotony pochodzą z pasa leżącego w płaszczyźnie Galaktyki i źródła biorą udział w ruchu wokół jej centrum można przyjąć, że wszystko odbywa się w dość grubej strudze materii okrążającej centrum Galaktyki. Struga jest widoczna z Ziemi w kącie 60°, więc najbliższe nam fragmenty strugi leżą w połowie odległości między nami a centrum. Nie powinno być widać fotonów z odległości dalszej niż odległość od centrum, choć oczywiście można to próbować uwzględniać i wielu uczestników to uwzględniało. Można np. przyjąć, że „średnie źródło" leży w odległości równej odległości od centrum Galaktyki. Tym samym cała aktywność wyniesie

$$\frac{dN}{dt} = 4\pi \cdot r^2 \cdot \Phi,$$

gdzie r jest odległością od centrum Galaktyki, a dN jest liczbą jąder rozpadających się w ciągu sekundy, czyli całkowitą ilością emitowanych kwantów (zakładamy, że przy rozpadzie emitowany jest jeden foton).

Z prawa rozpadu promieniotwórczego

$$|dN| = |\lambda \ N \ dt|,$$

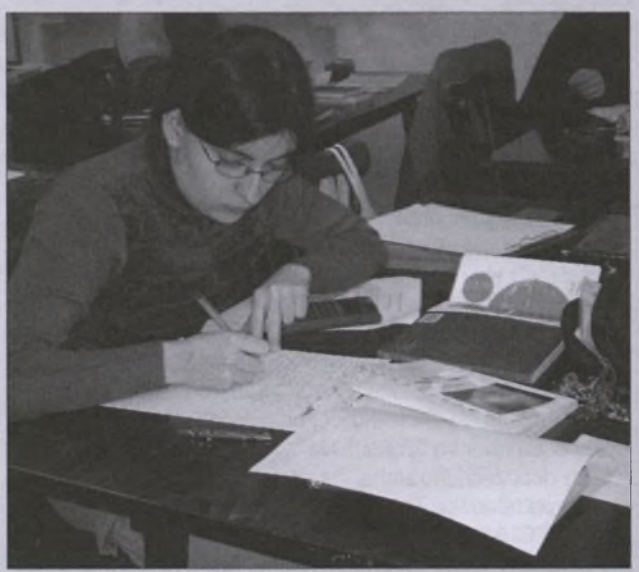
gdzie N jest ilością jąder promieniotwórczych, a λ jest stałą rozpadu. Stała rozpadu jest związana z podanym w zadaniu okresem półrozpadu wzorem

$$T = \frac{0{,}693}{\lambda}.$$

Tym samym ilość jąder ^{26}Al jest równa

$$N = \frac{\frac{dN}{dt} \cdot T}{0{,}693}.$$

Po podzieleniu przez liczbę Avogadro i pomnożeniu przez masę atomową rozważanego izotopu glinu otrzymujemy kilka mas Słońca, czyli zgodnie z wartościami z cytowanego artykułu.



Zwyciężczyni XLIX Olimpiady Astronomicznej Krystyna Macioszek w trakcie rozwiązywania zadań. Fot. Weronika Sowa

Jak już wspomniano, zadanie wydawało się niezbyt trudne i rzeczywiście takim się okazało. Większość uczestników zadanie rozwiązało i to raczej z dość wysoką punktacją. Było jednak kilku, którzy z nim sobie nie poradzili, a różnice między najlepszymi a tymi mniej eleganckimi rozwiązaniami też były wyraźne, więc rolę selekcyjną zadanie również spełniło. W sumie istotnie okazało się udanym, choć niezbyt trudnym, zadaniem finałowym. Można dodać, że najlepsze rozwiązania zawierały zupełnie przyzwoite oszacowania błędu wynikającego z założenia o źródle punktowym i uzasadnienia przyjętej odległości, a wśród uczestników, którzy zajęli czołowe miejsca, byli i tacy, którzy z nim sobie nie poradzili.

Jerzy Kuczyński

NGC 3432

α (J2000)	10^h, $52{,}6^m$
δ (J2000)	+37° 10'
Gwiazdozbiór	Mały Lew
Typ	Galaktyka spiralna Sc-Irr
Jasność fotograficzna	11,7
Jasność wizualna	11,1
Jasność absolutna Mv	–18,4
Rozmiar	6,2' × 1,5'
Odległość	7÷10 Mpc
Prędkość radialna	+616 km/s

Ta widziana z boku galaktyka spiralna o nieregularnej strukturze została odkryta przez Williama Herschela w 1787 r. i skatalogowana przez niego jako H I.172. Jej opis w katalogu Dreyera jest następujący: „dość jasna, dość duża, silnie wydłużona, kąt pozycyjny wydłużenia 40°, dwie blisko leżące gwiazdy". Pojawia się ona również w katalogu galaktyk osobliwych skompletowanym przez Haltona Arpa jako ARP 206. Zaliczana do klasy karłowatych galaktyk spiralnych z poprzeczką, mających znaczną asymetrię ramion. Przykładem takiej galaktyki jest Wielki Obłok Magellana. Jest to niezbyt jasna galaktyka i żeby ją dostrzec, trzeba dysponować około 15-cm teleskopem. Widać ją jako słabą, wydłużoną poświatę pomiędzy dwiema gwiazdami o jasności około 13 mag. oraz jedną gwiazdą świecącą na jej tle. Brak wyróżniającego się jądra: centralne obszary są tylko nieco jaśniejsze, można się im dokładniej przyjrzeć w teleskopach o średnicy powyżej 30 cm. Północno-wschodni kraniec galaktyki jest jaśniejszy i wyraźnie zakończony, natomiast południowo-zachodni jest słabszy i rozmyty.

Galaktyka ta swą silnie nieregularną strukturę zawdzięcza prawdopodobnie oddziaływaniu z bliską, satelitarną i jeszcze bardziej karłowatą galaktyką UGC 5983 o jasności 17 mag., która znajduje się w niewielkiej odległości od niej na jej południowo-zachodnim krańcu. Na zdjęciach możemy ową sąsiadkę dostrzec jako słabą, owalną poświatę, którą można by mylnie potraktować jako jaśniejszy fragment ramienia spiralnego NGC 3432. W kierunku północno-wschodnim rozciąga się bardzo wydłużone ramię spiralne, które zawiera kilka wyraźniejszych zagęszczeń będących źródłami emisji Hα. Obszary te są uważane za miejsca aktywności gwiazdotwórczej związanej z bliskim przejściem UGC 5983 jakieś 100 mln lat temu. Nie ma wśród nich takich ogromnych obszarów powstawania nowych gwiazd jak na przykład 30 Dor (Mgławica Tarantula) w Wielkim Obłoku Magellana, które prowadzą do powstawania młodych, bardzo masywnych gromad gwiazd (również gromad kulistych). Ogólna aktywność gwiazdotwórcza, jaką można wywnioskować z obserwacji w podczerwieni i emisji Hα, sugeruje dość niski jej poziom. Można to tłumaczyć poprzez oddziaływania pływowe towarzyszki na dwa sposoby: albo spowodowały one utratę znacznej części gazu i pyłu, które przemieściły się generalnie poza płaszczyznę dysku, albo (co bardziej prawdopodobne) indukują one powstawanie gwiazd z opóźnieniem rzędu 100 min lat. Zauważono też, że wiele struktur emisyjnych rozciąga się daleko poza dysk galaktyki, czasem aż na odległość 5 kpc ponad jego płaszczyznę. Struktury te zawierają sporo gwiazd, więc są one efektem oddziaływań pływowych z UGC 5983. W porównaniu z jasnością w podczerwieni galaktyka ta jest bardzo jasna w zakresie radiowym, jednak nie udało się zaobserwować wyraźnej emisji centralnej. Cała galaktyka otoczona jest jasną otoczką świecącą w zakresie radiowym.

W roku 2000 zauważono nową gwiazdę zmienną, którą początkowo zaklasyfikowano jako zmienną należącą do naszej Galaktyki. Kiedy otrzymano widma tej gwiazdy, okazało się, że jest to obiekt pozagalaktyczny i leży on w galaktyce NGC 3432. Osiągnęła ona w zakresie optycznym 17,5 mag., co oznacza, że nie mogła to być pozagalaktyczna gwiazda nowa. Na podstawie krzywej blasku zaliczono ją do osobliwie słabych supernowych typu II i oznaczono 2000ch. Jednak potem astronomowie zaliczyli ją do klasy gwiazd typu η Carinae, bardzo jasnych i masywnych gwiazd, których wybuchy (będące przejawem jakiejś niestabilności w atmosferze lub nieco głębszych warstwach gwiazdy) bardzo „zręcznie" udają wybuchy supernowych typu II.

Zdjęcie wykonane 31-cm teleskopem w systemie Ritchey-Chretien. Trzy eskpozycje RGB po 20 min każda. Pole widzenia około 10'×7' minut łuku

NGC 3521

William Herschel odkrył tę galaktykę spiralną w 1784 r. i skatalogował jako H I.13. Opis w katalogu Dreyera jest następujący: „znacząco jasna, znacząco duża, mocno wydłużona, nagle silnie jaśniejąca ku jądru". Jest stosunkowo jasna i w sprzyjających okolicznościach może być dostrzeżona, zerkając przez silną lornetkę, jako słaba, owalna poświata z gwiazdowym jądrem. Świecący owal widziany przez 10–15 cm teleskop wygląda tak, jakby płaszczyzna galaktyki była nachylona do kierunku widzenia pod kątem około 45°. W większym teleskopie o średnicy 30 cm lub większej, owal staje się znacznie jaśniejszy, jednak trudno dostrzec jakiekolwiek ślady struktury spiralnej, wydaje się być jednolity. Niektórzy obserwatorzy dostrzegają ślady pasm pyłowych na wschodnim brzegu galaktyki. Jądro zaczyna tracić swój gwiazdopodobny wygląd dopiero przy dużych powiększeniach rzędu 300 razy. Wyglądem, szczególnie na zdjęciach, bardzo przypomina M63, tylko trochę pomniejszoną.

Zdjęcie wykonane przez 80-cm teleskop pracujący w systemie Ritchey-Chretien. Szesnaście ekspozycji 15-minutowych. Na zdjęciu mieści się cała galaktyka wraz zewnętrznym pierścieniem

α (J2000)	11^h, $05{,}8^m$
δ (J2000)	–00° 02'
Gwiazdozbiór	Lew
Typ	Galaktyka spiralna Sb II
Jasność fotograficzna	10,0
Jasność wizualna	9,2
Jasność absolutna Mv	—
Rozmiar	12,0' × 6,0'
Odległość	~7 Mpc
Prędkość radialna	+801 km/s

Galaktyka ta podobnie jak M63 jest zaliczana do dość licznej podgrupy galaktyk spiralnych mających słabo zaznaczone ramiona spiralne. Nazywane są one galaktykami kłaczkowatymi lub kosmatymi (ang. *flocullent)*. Ramiona spiralne są liczne, lecz bardzo słabo zaznaczone, na ogół tworzą krótkie, luźno zorganizowane struktury porozdzielane na wiele fragmentów, nachylone pod pewnym kątem do płaszczyzny dysku. Galaktyki te często posiadają (tak jak w przypadku NGC 3521) rozległe halo, nieproporcjonalnie wielkie w stosunku do samego dysku. Sama NGC 3521 ma jasne halo rozciągające się na kilkanaście kiloparseków ponad płaszczyznę dysku! Wokół galaktyki znajduje się bardzo rozległy pierścień materii wyglądający jak słabo zaznaczone, nieregularne, olbrzymie ramię spiralne. Struktura ta, choć niewidoczna na zdjęciu obok (zbyt mały kontrast), ma rozmiary dwa razy większe niż jasny optycznie dysk. Typowa galaktyka spiralna widziana w linii wodoru Hα ma charakterystyczny wygląd: wzdłuż ramion spiralnych nanizane są jak koraliki na nitce obszary zjonizowanego wodoru (HII), będące miejscami silnej aktywności gwiazdotwórczej. W przypadku naszej bohaterki jest inaczej. Zdjęcia wykonane w filtrze Hα pokazują, że co prawda są obszary zjonizowanego wodoru (widziane na zdjęciach optycznych jako czerwone plamki lub „placki"), lecz zupełnie nie podążają one za przebiegiem ramion spiralnych. Innymi słowy, nie wskazują one położenia ramion spiralnych jak to jest na przykład w naszej Drodze Mlecznej. Rozkład tych obszarów w centralnych częściach galaktyki jest zupełnie chaotyczny i jakieś ślady spiralnej struktury można dostrzec jedynie w północno-wschodnim segmencie galaktyki.

Być może wyjaśnienie osobliwej budowy tego typu galaktyk powinno uwzględnić charakter pola magnetycznego, jakie w nich występuje. Ma ono bowiem dość często znaczącą składową radialną, a nie tylko horyzontalną. Pole magnetyczne podtrzymywane przez dynamo galaktyczne lub jakiś inny, obecnie niezrozumiały proces, prawdopodobnie ma znaczący, a może nawet decydujący wpływ na kształtowanie się spiralnych struktur. Wydaje się, że dopóki nie będziemy rozumieć związku pomiędzy tymi dwoma zjawiskami, nie zrozumiemy różnorodności struktur obserwowanych w galaktykach spiralnych. Warto dodać, że galaktyka ta prawdopodobnie posiada w centralnej części poprzeczkę, co wywnioskowano na podstawie badań prędkości radialnych gwiazd w tych obszarach. Nie jest wykluczone, że w tej galaktyce różne części dysku obracają się w różnych kierunkach, co mogłoby wskazywać, że NGC 3521 uformowała się ze zlania dwóch galaktyce spiralnych.

Dariusz Graczyk

Wrzesień

Słońce

Słońce, w swym ruchu rocznym po ekliptyce, 23 września przekracza równik niebieski w punkcie równonocy jesiennej, wstępując w znak Wagi, co rozpoczyna astronomiczną jesień. Dni stają się ciągle coraz krótsze. W Warszawie 1 września Słońce wschodzi o 3^h47^m, zachodzi o 17^h24^m, a 30 września wschodzi o 4^h35^m, zachodzi o 16^h16^m.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
IX 1	21,02	7,19	267,62
3	21,52	7,22	241,20
5	21,99	7,24	214,78
7	22,45	7,25	188,37
9	22,88	7,25	161,96
11	23,28	7,24	135,55
13	23,66	7,23	109,14
15	24,02	7,21	82,73
17	24,35	7,18	56,33
19	24,66	7,14	29,93
21	24,94	7,09	3,53
23	25,20	7,03	337,13
25	25,43	6,97	310,73
27	25,64	6,90	284,34
IX 29	25,81	6,82	257,94
X 1	25,96	6,73	231,55

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$21^d06^h25^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

W dniu 7 września wystąpi częściowe zaćmienie Księżyca (widoczne w Polsce przy wschodzie Księżyca), a 22 września obrączkowe zaćmienie Słońca (niewidoczne w Polsce).

Księżyc

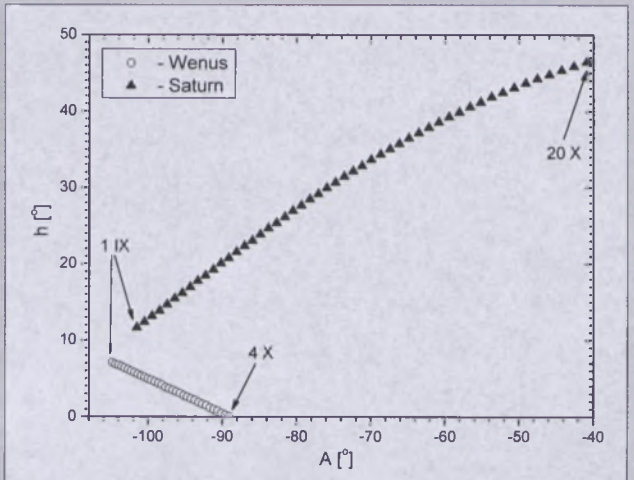
Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie września, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $7^d18^h42^m$, ostatnia kwadra $14^d11^h15^m$, nów $22^d11^h45^m$ i pierwsza kwadra $30^d11^h04^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się 8 września o 3^h06^m, a w apogeum 22 września o 5^h20^m.

Planety i planetoidy

Merkury znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Nad ranem w ciągu miesiąca szybko pogarszają się warunki widzialności **Wenus**. O ile jeszcze na początku września można ją odnaleźć ok. godzinę przed wschodem Słońca, świecącą z jasnością $-3,9^m$ na wysokości 7° nad wschodnim horyzontem, o tyle pod koniec miesiąca jej obserwacja stanie się już niemożliwa.

Mars znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

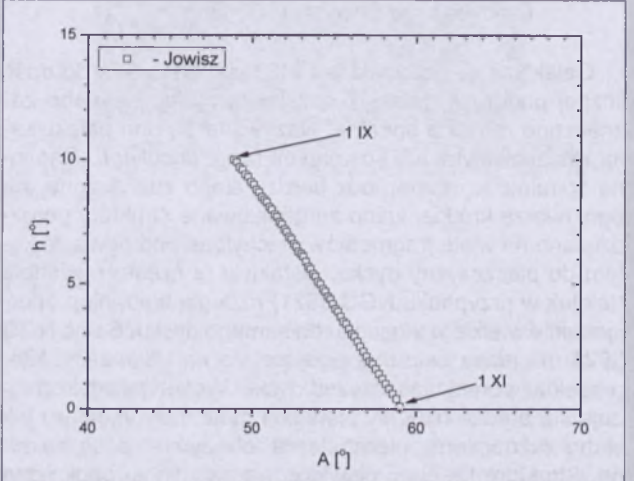


Rys. 1. Wenus i Saturn nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego we wrześniu i październiku 2006 (około godzinę przed wschodem Słońca)

We wrześniu pogarszają się warunki wieczornej widzialności **Jowisza**, świecącego z jasnością $-1,8^m$. Na początku miesiąca, pod koniec zmierzchu cywilnego (ok. godzinę po zachodzie Słońca) możemy go odnaleźć na wysokości 10° nad południowo-zachodnim horyzontem, jednak już pod koniec września wysokość ta zmaleje do 6°, co znacznie utrudni obserwacje planety oraz zjawisk zachodzących w układzie jego satelitów.

Nad ranem, coraz wyżej na niebie, wznosi się **Saturn**, świecący w gwiazdozbiorze Lwa z jasnością $0,7^m$. O ile na początku miesiąca znajdziemy go, na początku świtu cywilnego, na wysokości zaledwie 11° nad wschodnim horyzontem, o tyle pod koniec września będzie już ona wynosić aż 34°. Przez teleskop możemy obserwować tarczę planety o średnicy 17", układ jej pierścieni oraz największych satelitów.

Przez całą noc w gwiazdozbiorze Wodnika widoczny jest **Uran** (o jasności $5,7^m$), a w pierwszej połowie nocy w gwiazdozbiorze Koziorożca możemy obserwować **Neptuna** ($7,9^m$). Małe średnice tarcz tych planet (odpowiednio 3,7" i 2,3") utrudniają dostrzeżenie jakichkolwiek szczegółów powierzch-



Rys. 2. Jowisz nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) pod koniec zmierzchu cywilnego we wrześniu i październiku 2006 (około godzinę po zachodzie Słońca)

niowych nawet przez większe teleskopy amatorskie, jednak już teleskop o średnicy przynajmniej 10 cm i powiększeniu 100× pozwoli na dostrzeżenie tarczy Urana oraz odróżnienie obrazu Neptuna od obrazów dyfrakcyjnych sąsiednich gwiazd o podobnych jasnościach.

Wieczorem, na południowo-zachodnim niebie, można jeszcze próbować zaobserwować **Plutona** (13,9^m), jednak potrzebny jest do tego teleskop o średnicy obiektywu przynajmniej 15 cm.

We wrześniu w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(1) Ceres, (jasność 8,0^m). 8 IX: 21^{h}26,3^m,–29°31'; 18 IX: 21^{h}20,8^m,–29°34'; 28 IX: 21^{h}17,5^m,–29°21'.

(6) Hebe, (jasność 8,5^m). 8 IX: 20^{h}34,9^m,–20°58'; 18 IX: 20^{h}34,1^m,–22°23'; 28 IX: 20^{h}36,9^m,–23°23'.

(7) Iris, (jasność 8,1^m). 8 IX: 3^{h}11,3^m,25°10'; 18 IX: 3^{h}20,9^m,25°55'; 28 IX: 3^{h}27,4^m,26°23'.

Meteory

Od 25 sierpnia do 8 września promieniują meteory z roju **alfa Aurigidów** [**AUR**]. Należą one do kompleksu mało aktywnych rojów związanych z kometą Kiesa (1911 II). W latach 1935, 1986 i 1994 odnotowano zwiększenia aktywności roju (ZHR = 40). Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Woźnicy i ma współrzędne: α = 5^{h}36^m, δ = +42°. Maksimum aktywności tego mało aktywnego roju przypada 1 września o 6:30 UT. W tym roku porannym obserwacjom szybkich, często pozostawiających ślady meteorów, nie będzie przeszkadzał Księżyc w pierwszej kwadrze.

Przez cały wrzesień możemy też obserwować wolne, czerwonawe i często jasne meteory z mało aktywnego roju **Piscidów** (**SPI**) związanego z kometą Morehouse'a z 1907 r. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Ryb i ma współrzędne: α = 0^{h}20^m, δ = –1°. Maksimum aktywności przypada 20 września, w związku z czym w obserwacjach tego słabo zbadanego roju nie będzie przeszkadzał zbliżający się do nowiu Księżyc.

* * *

1^{d}05^h Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.

1^{d}19^h Uran w opozycji do Słońca.

2^{d}02^h Maksymalna libracja Księżyca (10,2°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieniona).

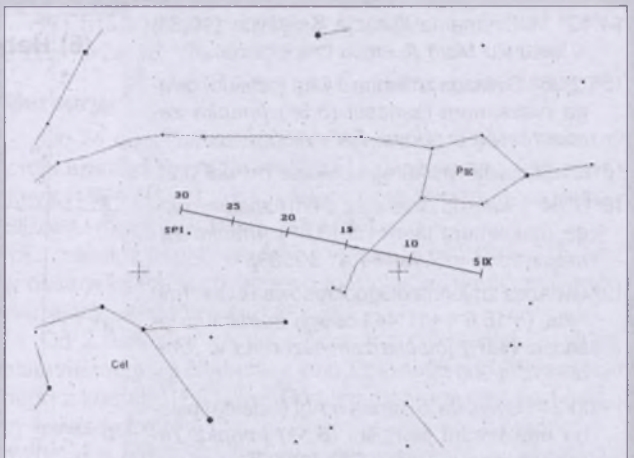
4^{d}00^{h}16^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001].*

5^{d}04^h Pluton nieruchomy w rektascensji.

6^{d}02^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 4°.

6^{d}21^{h}05^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001].*

7^d Częściowe zaćmienie Księżyca. Zaćmienie widoczne we wschodniej Europie, prawie całej Azji, Afryce wschodniej, zachodniej Australii oraz na Oceanie Indyjskim; w pozostałej części Afryki i Europy przy wschodzie Księżyca, w pozostałej części Azji i Australii przy zachodzie Księżyca. Maksymalna faza zaćmienia częściowego wyniesie 1,158. Przebieg zaćmienia: wejście Księżyca w półcień: 16^{h}42^m, początek zaćmienia częściowego: 18^{h}05^m, maksimum zaćmienia: 18^{h}51^m, koniec zaćmienia częściowego: 19^{h}38^m, wyjście Księżyca z półcienia: 21^{h}00^m. W Polsce zaćmienie widoczne przy wschodzie Księżyca.



Rys. 3. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Piscidów (SPI) w okresie od 5 do 30 września 2006

7^{d}15^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 1°.

8^{d}00^{h}36^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2002].*

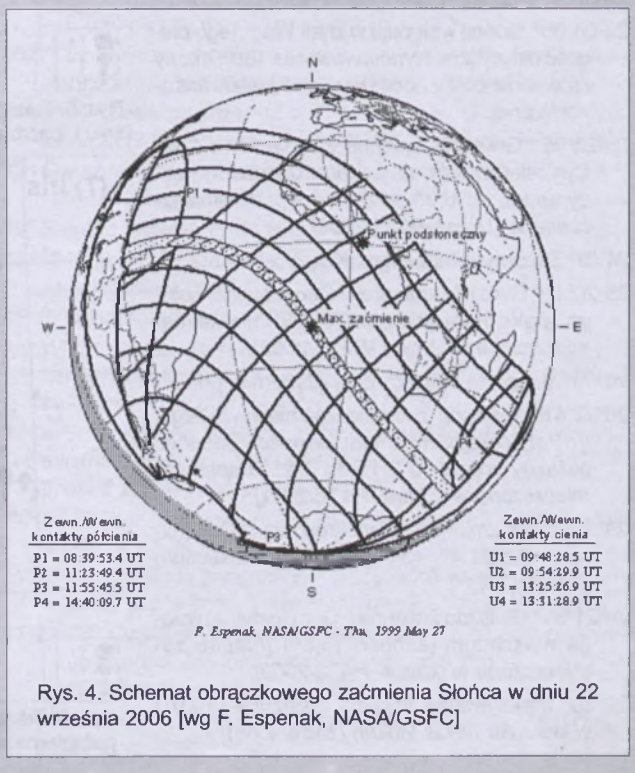
8^{d}06^h Minimalna libracja Księżyca (0,6°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione).

9^{d}22^h Odkrycie gwiazdy ε Psc (4,3^m) przy ciemnym brzegu Księżyca po pełni, widoczne w całej Polsce (Kraków 22^{h}46^m — Gdańsk 22^{h}54^m).

11^{d}20^{h}19^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*

12^{d}20^h Odkrycie gromady otwartej Plejady przy ciemnym brzegu Księżyca przed ostatnią kwadrą, widoczne w całej Polsce (Krosno 20^{h}32^m — Gdańsk 20^{h}38^m).

13^{d}20^{h}38^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,6^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2002].*



Rys. 4. Schemat obrączkowego zaćmienia Słońca w dniu 22 września 2006 [wg F. Espenak, NASA/GSFC]

14^d15^h Maksymalna libracja Księżyca (10,3°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione).

$15^d02^h36^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

15^d19^h Złączenie Merkurego z Marsem w odl. 0,2°.

$18^d17^h54^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*

19^d Gwiazda zmienna długookresowa R Cnc (miryda) ($8^h16,6^m$, +11°44') osiąga maksimum jasności ($6,8^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2004].*

$19^d00^h34^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*

19^d03^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.

20^d Gwiazda zmienna długookresowa R Aql (miryda) ($19^h06,4^m$, +8°14') osiąga maksimum jasności ($6,1^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2004].*

21^d15^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 2°.

22^d Obrączkowe zaćmienie Słońca. Pas fazy obrączkowej przechodzi przez północną część Ameryki Południowej (Surinam i Gujanę Francuską) oraz przez południowy Atlantyk. Faza maksymalna równa 0,935 nastąpi o godzinie 11^h40^m w punkcie o współrzędnych $\phi = 21°S$, $\lambda = 9°W$. Maksymalny czas trwania fazy obrączkowej dla obserwatora na Ziemi będzie wynosił 7^m09^s. Częściowe fazy zaćmienia będą widoczne w całej Ameryce Południowej, na Atlantyku oraz w zachodniej i południowej Afryce. W Polsce zaćmienie niewidoczne.

22^d07^h Minimalna libracja Księżyca (0,3°) w kierunku *Mare Frigoris* (zacienione).

23^d07^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 2°.

$23^d04^h05^m$ Słońce wstępuje w znak Wagi, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 180°, mamy zrównanie dnia z nocą i początek jesieni astronomicznej.

$23^d23^h05^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2005].*

24^d01^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 2°.

$25^d20^h11^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

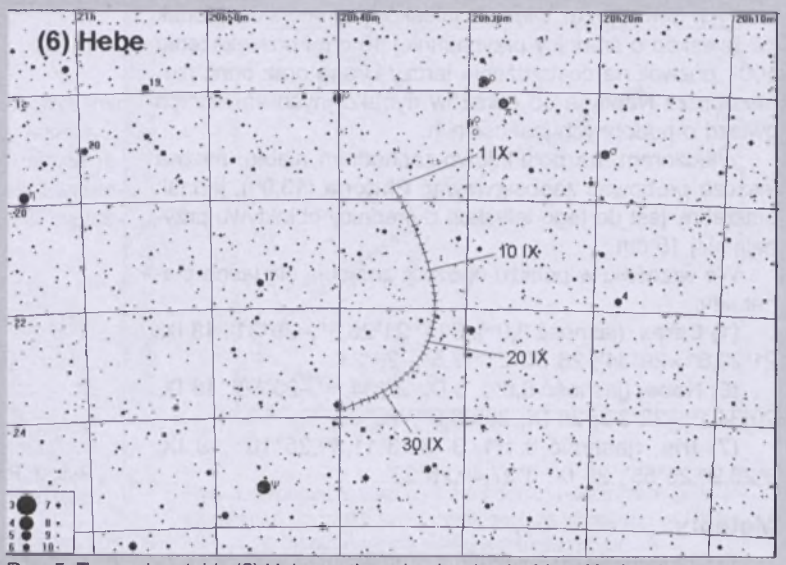
26^d09^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 6°.

$26^d22^h47^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001].*

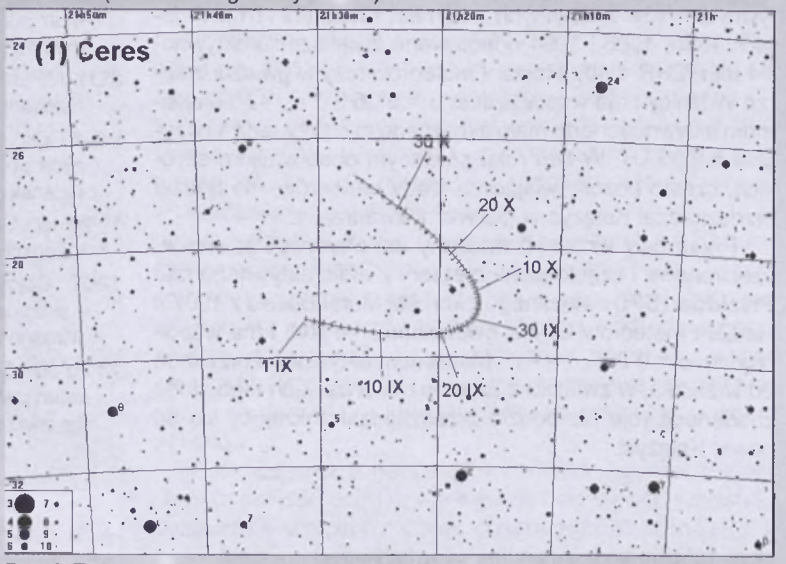
28^d Gwiazda zmienna długookresowa S CrB (miryda) ($15^h21,4^m$, +31°22') osiąga maksimum jasności ($7,3^m$).

$28^d21^h31^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*

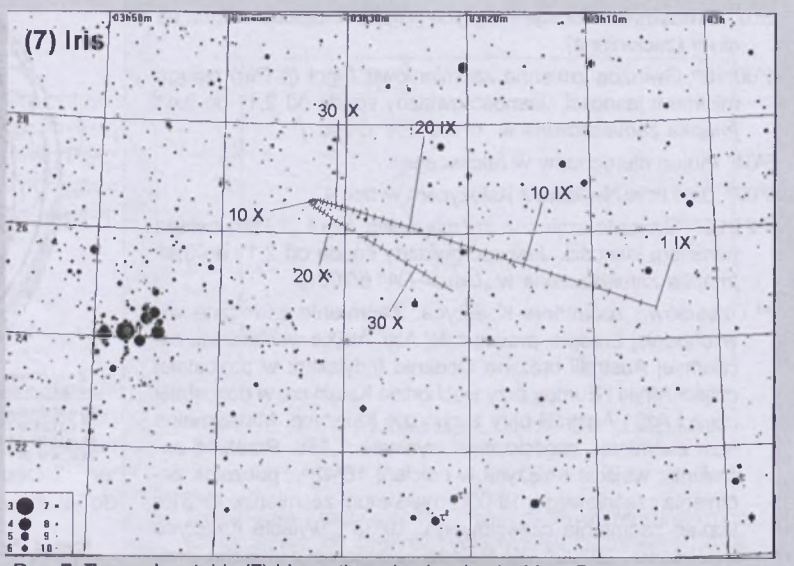
29^d20^h Maksymalna libracja Księżyca (10,0°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieniona).



Rys. 5. Trasa planetoidy (6) Hebe na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca we wrześniu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)



Rys. 6. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Mikroskopu we wrześniu i październiku 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)



Rys. 7. Trasa planetoidy (7) Iris na tle gwiazd gwiazdozbioru Barana we wrześniu i październiku 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)

Październik

Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca. W Warszawie 1 października Słońce wschodzi o 4^h36^m, zachodzi o 16^h14^m, a 31 października wschodzi o 5^h29^m, zachodzi o 15^h09^m.

W październiku Słońce wstępuje w znak Skorpiona.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
X 1	25,96	6,73	231,55
3	26,08	6,63	205,16
5	26,18	6,53	178,77
7	26,24	6,41	152,38
9	26,28	6,29	125,99
11	26,28	6,17	99,61
13	26,26	6,03	73,22
15	26,21	5,89	46,84
17	26,13	5,74	20,46
19	26,02	5,58	354,08
21	25,87	5,42	327,70
23	25,70	5,24	301,32
25	25,49	5,07	274,95
27	25,26	4,88	248,57
29	24,99	4,69	222,20
X 31	24,69	4,50	195,82

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$18^d13^h14^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie października, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $7^d03^h13^m$, ostatnia kwadra $14^d00^h26^m$, nów $22^d05^h14^m$ i pierwsza kwadra $29^d21^h25^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się $6^d14^h15^m$, a w apogeum $19^d09^h37^m$.

Planety i planetoidy

Merkury, **Wenus** i **Mars** znajdują się na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Z dnia na dzień pogarszają się warunki widzialności **Jowisza**, który zachodzi coraz wcześniej i już pod koniec października jego obserwacje staną się niemożliwe.

Wysoko na niebie w drugiej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Lwa świeci **Saturn** jako „gwiazda" $0,7^m$.

Warunki obserwacji **Urana** i **Neptuna** w stosunku do września nie zmieniają się.

Pluton zachodzi wieczorem i jego obserwacja jest już raczej niemożliwa.

W październiku w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(1) Ceres, (jasność $8,6^m$). 8 X: $21^h16,8^m$,–28°54'; 18 X: $21^h18,5^m$,–28°15'; 28 X: $21^h22,4^m$,–27°26'.

(7) Iris, (jasność $7,3^m$). 8 X: $3^h30,1^m$,+26°31'; 18 X: $3^h28,9^m$,+26°16'; 28 X: $3^h23,9^m$,+25°37'.

Meteory

Od 14 do 27 października promieniują szybkie meteory z roju **epsilon Geminidów** [**EGE**], związanego z kometą C/Ikeya (1964 N1). Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Bliźniąt i ma współrzędne: $\alpha = 6^h48^m$, $\delta = +27°$. W bieżącym roku maksimum aktywności przypada 18 października, toteż w obserwacjach tego słabego roju nie będzie przeszkadzał zbliżający się do nowiu Księżyc.

Od 2 października do 7 listopada promieniują szybkie, białe meteory ze śladami, z roju **Orionidów** [**ORI**], związanego z kometą 1P/Halley. Radiant meteorów leży na granicy gwiazdozbiorów Oriona i Bliźniąt i ma współrzędne: $\alpha = 6^h20^m$, $\delta = +16°$. W bieżącym roku maksimum aktywności przypada 21 października, jednak odnotowywano już także inne maksima. Warunki obserwacyjne w tym roku są bardzo dobre, gdyż w obserwacjach nie będzie przeszkadzał znajdujący się w nowiu Księżyc.

Od 6 do 10 października promieniują wolne meteory z roju **Drakonidów** [**GIA**], związanego z kometą 21P/Giacobini-Zinner (dlatego zwane są również Giacobinidami). Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne: $\alpha = 17^h28^m$, $\delta = +54°$. W roku bieżącym przewidywane jest maksimum w dniu 8 października o 14^h30^m i o 22^h20^m, jednak bardzo możliwe jest wystąpienie innych maksimów. Warunki obserwacji w tym roku są bardzo złe, w związku ze świecącym na niebie Księżycem tuż po pełni.

* * *

3^d08^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 4°.

4^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

5^d02^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 1°.

6^d05^h Minimalna libracja Księżyca (0,7°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

8^d Gwiazda zmienna długookresowa R Oph (miryda) ($17^h07,8^m$, –16°06') osiąga maksimum jasności ($7,6^m$).

$9^d01^h08^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003]*.

$11^d22^h34^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003]*.

12^d Gwiazda zmienna długookresowa R Hya (miryda) ($13^h29,7^m$, –23°17') osiąga maksimum jasności ($4,5^m$).

12^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

12^d11^h Maksymalna libracja Księżyca (10,4°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione).

16^d16^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 1°.

$16^d21^h13^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2005]*.

$17^d00^h30^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001]*.

17^d04^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 24°49'.

$17^d17^h31^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003]*.

$17^d22^h48^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2002]*.

19^d20^h Minimalna libracja Księżyca (0,9°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione).

14^d15^h Maksymalna libracja Księżyca (10,3°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione).

$15^d02^h36^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

15^d19^h Złączenie Merkurego z Marsem w odl. 0,2°.

$18^d17^h54^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*

19^d Gwiazda zmienna długookresowa R Cnc (miryda) ($8^h16,6^m$, +11°44') osiąga maksimum jasności ($6,8^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2004].*

$19^d00^h34^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*

19^d03^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.

20^d Gwiazda zmienna długookresowa R Aql (miryda) ($19^h06,4^m$, +8°14') osiąga maksimum jasności ($6,1^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2004].*

21^d15^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 2°.

22^d Obrączkowe zaćmienie Słońca. Pas fazy obrączkowej przechodzi przez północną część Ameryki Południowej (Surinam i Gujanę Francuską) oraz przez południowy Atlantyk. Faza maksymalna równa 0,935 nastąpi o godzinie 11^h40^m w punkcie o współrzędnych ϕ = 21°S, λ = 9°W. Maksymalny czas trwania fazy obrączkowej dla obserwatora na Ziemi będzie wynosił 7^m09^s. Częściowe fazy zaćmienia będą widoczne w całej Ameryce Południowej, na Atlantyku oraz w zachodniej i południowej Afryce. W Polsce zaćmienie niewidoczne.

22^d07^h Minimalna libracja Księżyca (0,3°) w kierunku *Mare Frigoris* (zacienione).

23^d07^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 2°.

$23^d04^h05^m$ Słońce wstępuje w znak Wagi, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 180°, mamy zrównanie dnia z nocą i początek jesieni astronomicznej.

$23^d23^h05^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2005].*

24^d01^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 2°.

$25^d20^h11^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

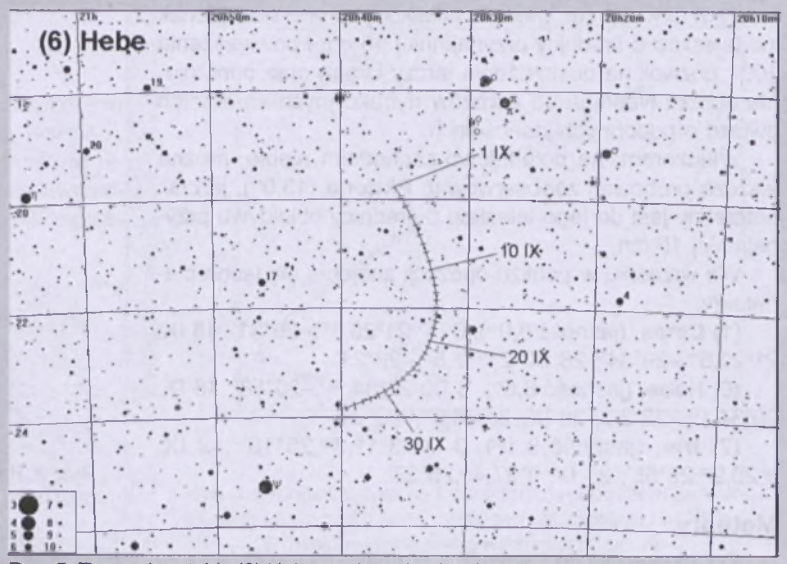
26^d09^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 6°.

$26^d22^h47^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001].*

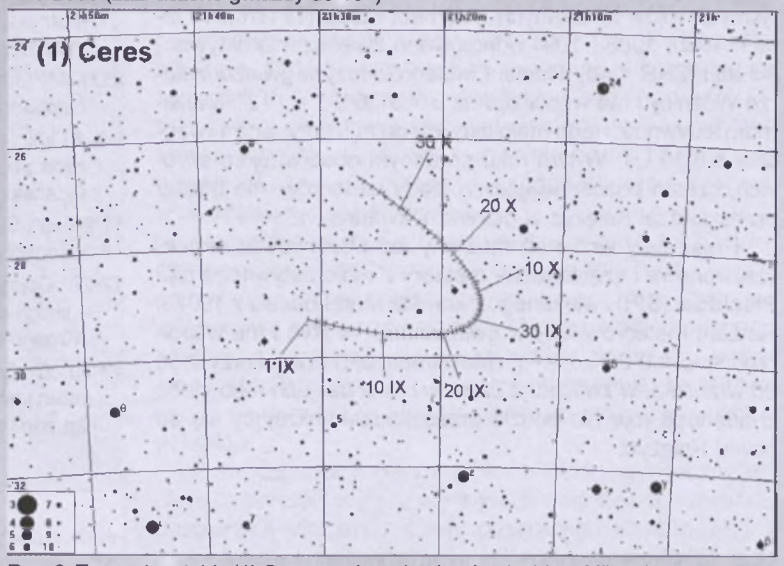
28^d Gwiazda zmienna długookresowa S CrB (miryda) ($15^h21,4^m$, +31°22') osiąga maksimum jasności ($7,3^m$).

$28^d21^h31^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*

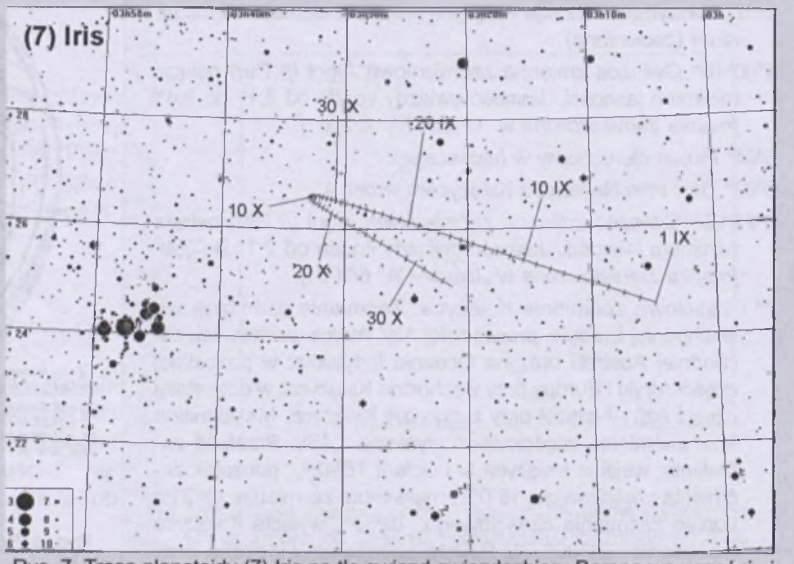
29^d20^h Maksymalna libracja Księżyca (10,0°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieniona).



Rys. 5. Trasa planetoidy (6) Hebe na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca we wrześniu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)



Rys. 6. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Mikroskopu we wrześniu i październiku 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)



Rys. 7. Trasa planetoidy (7) Iris na tle gwiazd gwiazdozbioru Barana we wrześniu i październiku 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)

Październik

Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca. W Warszawie 1 października Słońce wschodzi o 4^h36^m, zachodzi o 16^h14^m, a 31 października wschodzi o 5^h29^m, zachodzi o 15^h09^m.

W październiku Słońce wstępuje w znak Skorpiona.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
X 1	25,96	6,73	231,55
3	26,08	6,63	205,16
5	26,18	6,53	178,77
7	26,24	6,41	152,38
9	26,28	6,29	125,99
11	26,28	6,17	99,61
13	26,26	6,03	73,22
15	26,21	5,89	46,84
17	26,13	5,74	20,46
19	26,02	5,58	354,08
21	25,87	5,42	327,70
23	25,70	5,24	301,32
25	25,49	5,07	274,95
27	25,26	4,88	248,57
29	24,99	4,69	222,20
X 31	24,69	4,50	195,82

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$18^d13^h14^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie października, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $7^d03^h13^m$, ostatnia kwadra $14^d00^h26^m$, nów $22^d05^h14^m$ i pierwsza kwadra $29^d21^h25^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się $6^d14^h15^m$, a w apogeum $19^d09^h37^m$.

Planety i planetoidy

Merkury, **Wenus** i **Mars** znajdują się na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Z dnia na dzień pogarszają się warunki widzialności **Jowisza**, który zachodzi coraz wcześniej i już pod koniec października jego obserwacje staną się niemożliwe.

Wysoko na niebie w drugiej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Lwa świeci **Saturn** jako „gwiazda" $0,7^m$.

Warunki obserwacji **Urana** i **Neptuna** w stosunku do września nie zmieniają się.

Pluton zachodzi wieczorem i jego obserwacja jest już raczej niemożliwa.

W październiku w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(1) Ceres, (jasność $8,6^m$). 8 X: $21^h16,8^m$,–28°54'; 18 X: $21^h18,5^m$,–28°15'; 28 X: $21^h22,4^m$,–27°26'.

(7) Iris, (jasność $7,3^m$). 8 X: $3^h30,1^m$,+26°31'; 18 X: $3^h28,9^m$,+26°16'; 28 X: $3^h23,9^m$,+25°37'.

Meteory

Od 14 do 27 października promieniują szybkie meteory z roju **epsilon Geminidów [EGE]**, związanego z kometą C/Ikeya (1964 N1). Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Bliźniąt i ma współrzędne: $\alpha = 6^h48^m$, $\delta = +27°$. W bieżącym roku maksimum aktywności przypada 18 października, toteż w obserwacjach tego słabego roju nie będzie przeszkadzał zbliżający się do nowiu Księżyc.

Od 2 października do 7 listopada promieniują szybkie, białe meteory ze śladami, z roju **Orionidów [ORI]**, związanego z kometą 1P/Halley. Radiant meteorów leży na granicy gwiazdozbiorów Oriona i Bliźniąt i ma współrzędne: $\alpha = 6^h20^m$, $\delta = +16°$. W bieżącym roku maksimum aktywności przypada 21 października, jednak odnotowywano już także inne maksima. Warunki obserwacyjne w tym roku są bardzo dobre, gdyż w obserwacjach nie będzie przeszkadzał znajdujący się w nowiu Księżyc.

Od 6 do 10 października promieniują wolne meteory z roju **Drakonidów [GIA]**, związanego z kometą 21P/Giacobini-Zinner (dlatego zwane są również Giacobinidami). Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne: $\alpha = 17^h28^m$, $\delta = +54°$. W roku bieżącym przewidywane jest maksimum w dniu 8 października o 14^h30^m i o 22^h20^m, jednak bardzo możliwe jest wystąpienie innych maksimów. Warunki obserwacji w tym roku są bardzo złe, w związku ze świecącym na niebie Księżycem tuż po pełni.

* * *

3^d08^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 4°.

4^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

5^d02^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 1°.

6^d05^h Minimalna libracja Księżyca (0,7°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

8^d Gwiazda zmienna długookresowa R Oph (miryda) ($17^h07,8^m$, –16°06') osiąga maksimum jasności ($7,6^m$).

$9^d01^h08^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003]*.

$11^d22^h34^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003]*.

12^d Gwiazda zmienna długookresowa R Hya (miryda) ($13^h29,7^m$, –23°17') osiąga maksimum jasności ($4,5^m$).

12^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

12^d11^h Maksymalna libracja Księżyca (10,4°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione).

16^d16^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 1°.

$16^d21^h13^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2005]*.

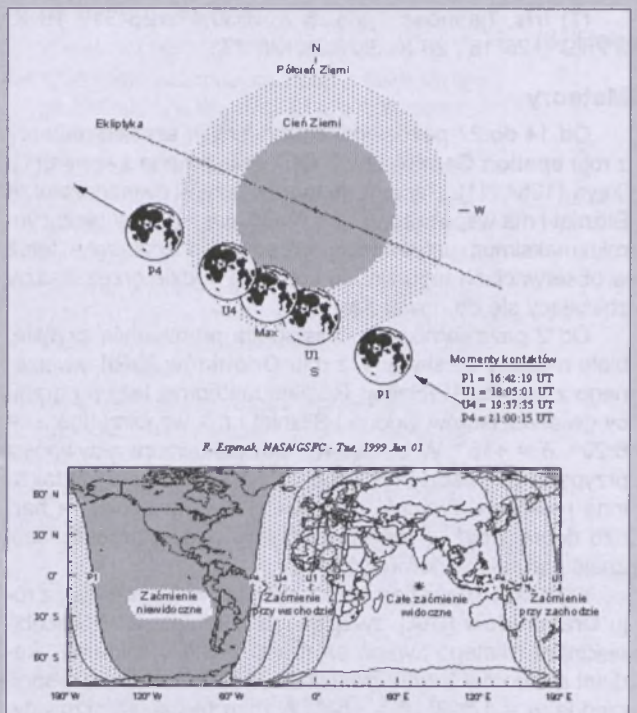
$17^d00^h30^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001]*.

17^d04^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 24°49'.

$17^d17^h31^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003]*.

$17^d22^h48^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2002]*.

19^d20^h Minimalna libracja Księżyca (0,9°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione).



Rys. 8. Schemat częściowego zaćmienia Księżyca w dniu 7 października 2006 [wg F. Espenak, NASA/GSFC]

19^{d}21^{h}19^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001].*

20^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

20^{d}00^{h}09^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2002].*

20^{d}22^{h}48^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2002].*

22^d Gwiazda zmienna długookresowa R UMa (miryda) (10^{h}44,6^m, +68°47') osiąga maksimum jasności (7,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2004].*

22^d Gwiazda zmienna długookresowa T Her (miryda) (18^{h}09,1^m, +31°01') osiąga maksimum jasności (8,0^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 2/2006].*

22^{d}01^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 4°.

22^{d}01^{h}30^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2002].*

22^{d}03^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 4°.

22^{d}10^h Złączenie Merkurego z Jowiszem w odl. 4°.

23^{d}06^h Mars w koniunkcji ze Słońcem.

23^{d}13^{h}27^m Słońce wstępuje w znak Skorpiona, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 210°.

24^d Gwiazda zmienna długookresowa U Ari (miryda) (3^{h}11,1^m, +14°48') osiąga maksimum jasności (8,1^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2005].*

24^{d}04^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 6°.

24^{d}05^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 2°.

24^{d}21^{h}45^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*

25^{d}07^h Złączenie Wenus z Marsem w odl. 0,7°.

26^{d}00^{h}00^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2002].*

27^{d}06^h Maksymalna libracja Księżyca (9,1°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieniona).

27^{d}17^h Wenus w koniunkcji górnej ze Słońcem.

28^d Gwiazda zmienna długookresowa R Vir (miryda) (12^{h}38,5^m, +6°59') osiąga maksimum jasności (6,9^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

28^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

28^{d}00^{h}56^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

29^{d}00^h Merkury nieruchomy w rektascensji.

29^{d}04^h Neptun nieruchomy w rektascensji.

31^d Gwiazda zmienna długookresowa R Aqr (miryda) (23^{h}43,8^m, –15°17') osiąga maksimum jasności (6,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*

31^{d}01^{h}12^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2002].*

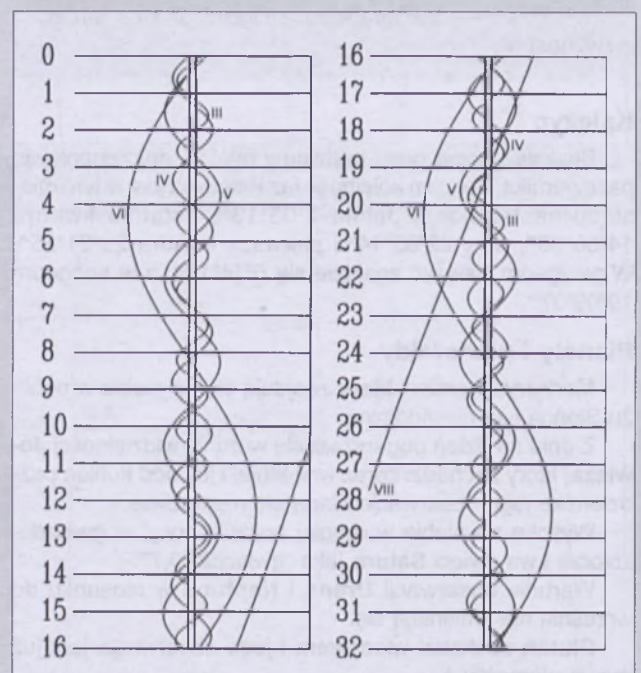
UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby otrzymać datę w obowiązującym we wrześniu w Polsce „czasie letnim", należy dodać 2 godziny, po wprowadzeniu w październiku „czasu zimowego" należy dodać 1 godzinę.

Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opracował T. Ściężor



Rys. 9. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w październiku 2006 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Tytan, VIII — Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

Interesujące obiekty: **Puchar, Rak, Ryby**

Obiekt	Rodzaj obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ′ : ″]	V [mag.]	Rozmiary kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] /F[mm]
PUCHAR							
NGC 3887	G	11:47:04,6	– 16:51:14	10,6	3,3′×2,7′	170–200/100×	150–200/2000
NGC 3962	G	11:54:39,8	– 13:58:29	10,7	2,9×2,6′		
NGC 3511	G	11:03:23,7	– 23:05:11	10,8	5,4′×2,2′		
NGC 3981	G	11:56:07,0	– 19:53:50	11,0	3,9′×1,5′		
NGC 3513	G	11:03:45,8	– 23:14:39	11,1	2,8′×2,3′		
NGC 3672	G	11:25:00,0	– 9:48:00	11,4	4,′×2,1′	200–250/120×	200–250/2000
NGC 3892	G	11:48:01,0	– 10:57:44	11,5	2,8′×2,2′		
NGC 3497	G	11:07:18,1	– 19:28:17	11,6	3,5′×1,8′		
NGC 3955	G	11:53:57,2	– 23:09:52	11,7	3,2′×1,3′		
IC 2627	G	11:09:53,5	– 23:43:36	11,8	2,7′×2,6′		
RAK							
M 44	GO	08:39:57,2	+19:40:21	3,1	70′	30–50/10×	30–50/85–300
M 67	GO	08:51:24,0	+11:49:00	6,9	25′	40–60/8–15×	40–70/135–500
NGC 2775	G	09:10:20,1	+7:02:14	10,4	4,5′×3,5′	150/80–100×	150/1500–2000
NGC 2672	G	08:49:21,8	+19:04:28	11,6	2,6′×2,4′	200–250/120×	200–250/2000
NGC 2513	G	08:02:24,7	+9:24:50	11,6	2,5′×2,0′		
NGC 2749	G	09:05:21,3	+18:18:49	11,7	2,0′×1,7′		
RYBY							
M 74	G	01:36:41,7	+15:47:00	9,1	10,5′×9,5′	70–100/40–80×	80/800–1200
NGC 524	G	01:24:47,8	+9:32:19	10,4	2,8′×2,8′	150/80–100×	150/1500–2000
NGC 488	G	01:21:46,6	+5:15:21	10,4	5,2′×4,1′		
NGC 660	G	01:43:01,8	+13:38:37	10,7	8,3′×3,1′	170–200/100×	150–200/2000
NGC 315	G	00:57:49,0	+30:21:07	11,2	3,0′×2,5′		
NGC 507	G	01:23:40,0	+33:15:24	11,3	3,1′×3,1′	200–250/120×	200–250/2000
NGC 741	G	01:56:20,9	+5:37:43	11,3	3,2′×3,1′		
NGC 520	G	01:24:34,7	+3:47:39	11,3	4,5′×1,8′		
NGC 474	G	01:20:06,7	+3:24:58	11,3	7,1′×6,3′		
NGC 410	G	01:10:58,8	+33:09:09	11,5	2,4′×1,3′		
NGC 514	G	01:24:03,9	+12:55:02	11,6	3,5′×2,9′		
NGC 7785	G	23:55:18,9	+5:54:58	11,6	2,3′×1,4′		
NGC 7562	G	23:15:57,6	+6:41:14	11,6	2,1′×1,6′		
NGC 718	G	01:53:13,0	+4:11:44	11,7	2,8′×2,5′		
NGC 470	G	01:19:44,8	+3:24:33	11,7	2,8′×1,7′		
NGC 7541	G	23:14:43,2	+4:32:04	11,7	3,5′×1,4′		
NGC 266	G	00:49:47,8	+32:16:39	11,8	3,5′×3,3′		
NGC 57	G	00:15:30,9	+17:19:45	11,8	2,2′×1,9′		
NGC 63	G	00:17:45,5	+11:27:00	11,8	1,7′×1,1′		
NGC 128	G	00:29:14,9	+2:51:54	11,8	3,4′×1,0′		
NGC 676	G	01:48:57,2	+5:54:22	11,9	4,3′×1,5′		

G — galaktyka, GO — gromada otwarta

Wiesław Skórzyński

Andrzej Branicki „Obserwacje i pomiary astronomiczne" (323 s., Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego)

Książka Andrzeja Branickiego pt. *Obserwacje i pomiary astronomiczne* zawiera zbiór propozycji kilkudziesięciu prostych astronomicznych obserwacji i pomiarów, możliwych do wykonania z pomocą ogólnie i łatwo dostępnego albo wręcz wykonanego we własnym zakresie instrumentarium. Zgodnie z intencją autora, wyrażoną we wstępie do książki, jest ona adresowana głównie do studentów fizyki jako zbiór ćwiczeń do kursu astronomii ogólnej. Nie wydaje się jednak, aby pod względem formy czy treści proponowane ćwiczenia odpowiadały programowi typowego kursu astronomii ogólnej. Co więcej, zawarte w książce ćwiczenia zostały celowo ograniczone do takich, w których są wykorzystane obserwacje i pomiary wykonane przez samego wykonującego ćwiczenia. Nie ma tam zadań, które byłyby oparte na istniejących i dostępnych zbiorach danych zewnętrznych. Nie oznacza to jednak, aby proponowane w książce ćwiczenia nie stanowiły wartościowego rozszerzenia kursu astronomii, szczególnie, co autor niejednokrotnie podkreśla, gdy kurs taki ma stanowić przygotowanie nauczyciela fizyki do prowadzenia zajęć z astronomii. Co więcej, moim zdaniem, może służyć ona jako podręcznik (albo przynajmniej znaczący jego fragment) do kursu „Dydaktyki astronomii" dla nauczycieli fizyki i astronomii.

Szczegółowe i jasne opisy ćwiczeń ułatwiają ich wykonanie także osobom nie mającym elementarnego przygotowania w zakresie astronomii i będącym na początkowym etapie poznawania zagadnień astronomicznych. Właśnie dla takich osób książka ta może okazać się szczególnie cenna, gdyż wiele proponowanych ćwiczeń dotyczy zjawisk dosyć powszechnych, ale ważnych. Ich dostrzeżenie i analiza, poprzez osobiście

dokonane obserwacje i pomiary, może nie tylko dostarczyć sporych satysfakcji, ale także pobudzić do zainteresowania astronomią, fizyką i matematyką i zainspirować do dalszych samodzielnych obserwacji i badań. To bardzo cenna dydaktyczna wartość książki, która ukazuje w interesującej formie postrzeganie i poznawanie otaczającego nas świata.

Książka podzielona jest na dwa działy, formalnie wyodrębniające obserwacje i pomiary.

Część pierwsza zawiera ogólną charakterystykę obiektów i obserwacji astronomicznych. Rozszerzona jest o kilka dodatków zawierających opis i instrukcje wykonania prostych urządzeń obserwacyjno-pomiarowych.

Część druga obejmuje właściwe ćwiczenia, których stopień trudności jest jednak bardzo zróżnicowany. Obok dosyć prostych, dotyczących np. wyznaczenia promienia Ziemi, odległości do Księżyca czy obrotu Słońca itd. stanowiących ilustrację sposobów, w jakich dochodzono do wyznaczenia tych wielkości, są ćwiczenia wymagające większej wiedzy i umiejętności (np. znajomości matematyki i informatyki), jak np. określanie profili gęstości gwiazd w gromadach czy zliczeń gwiazd w Galaktyce. Jednakże nawet te pierwsze, mimo że nie wnoszą istotnie nowych merytorycznie treści, a stanowią jedynie przybliżone powtórzenie znanych już pomiarów, stanowią doskonałą ilustrację ludzkiej pomysłowości, umiejętności wnioskowania i kojarzenia i bardzo dobrze wprowadzają w atmosferę i tok naukowych badań. Możliwość samodzielnego i łatwego do skonfrontowania z rzeczywistymi wartościami pomiaru może być doskonałą inspiracją do dalszych badań i samodzielnego formułowania nowych zadań. Część druga zawiera także szereg dodatków, w których opisano sposoby dokonywania pomiarów, a także podano wartości podstawowych wielkości fizycznych i astronomicznych wykorzystywanych w proponowanych ćwiczeniach i opis użytych w nich symboli. Bardzo cenny jest dodatek zawierający kody programów komputerowych do wyznaczania gęstości gwiazd w gromadach i zliczeń gwiazd.

Obszerne wprowadzenie do każdego ćwiczenia, uwzględniające historyczne tło badań, uzupełnione szeregiem praktycznych wskazówek i instrukcji może stanowić cenną pomoc dydaktyczną dla nauczycieli przyrody i fizyki w szkołach podstawowych i średnich. Może też okazać się bardzo pomocne przy prowadzeniu kółek astronomicznych. Z tych przyczyn omawiana książka wydaje się wartościową pozycją w podręcznej biblioteczce nauczyciela fizyki i astronomii.

Andrzej Strobel

Powrót braci Syriusza

Przyznaję się... ostatnio słucham głównie muzyki pozyskanej z Internetu, ale tu zastrzegam, się, iż żadnych nielegalnych *peer to peer* nie używam. Okazuje się, że jest sporo ciekawej niekomercyjnej muzyki udostępnionej przez jej twórców. Ba! Powstają całe projekty muzyczne realizowane poprzez internetowe medium — o jednym z nich napiszę w następnym wydaniu „Uranii".

Gdy piszę te słowa, w słuchawkach po raz kolejny (w pętli) słucham niewydanego wcześniej oficjalnie materiału „Horror Vacui" legendarnej polskiej formacji Deliver. Tworzyło ją dwóch muzyków: Agim Dżeljilji i Piotr Makiewicz. Wydana w 1994 r. przez Digiton płyta „Bracia Syriusza" była wielkim wydarzeniem na krajowym rynku muzyki elektronicznej. Ta trzyczęściowa suita (Syriusz A, Syriusz B, Syriusz C) do tej pory uważana jest za jedno z najlepszych dokonań polskich twórców w tej dziedzinie. We wkładce do płyty można przeczytać słowa redaktora Jerzego Kordowicza: *Muzyka nadciąga falami, zmienia barwy i fakturę. Snuje się jak wyobrażenia o fantastycznych, nieodkrytych przestrzeniach, jak malarskie wizje mgławic, skupisk planet i planetoid zawieszonych w oparach kosmicznego pyłu.* Trafnie oddają one emocje towarzyszące słuchaniu płyty.

O kolejnej planowanej przez Digiton płycie Delivera tylko słyszałem, ale sam materiał muzyczny pozostawał niedostępny moim uszom. Aż do tej pory. Za sprawą internetowego forum dyskusyjnego (*forum.tangerinedream.pl*) autorzy zgodzili się udostępnić materiał w Sieci. Aktualnie jest dostępny w postaci archiwum (rar) zawierającego pliki formatu ogg pod adresem www.otchlan.pl/el_muzyka/deliver/.

Co do samej muzyki jest to raczej rock progresywny, za sprawą wokalu (ale nie tylko) kojarzący się z twórczością niemieckiej grupy Eloy, okraszony (jak to ładnie określił jeden z forumowych kolegów) delikatną poświatą elektroniki. W warstwie fabularnej, podobnie jak w przypadku twórczości Eloy, i tu mamy do czynienia z penetracją przestrzeni kosmicznych. Historie tu jednak są bardziej mroczne...

Wielka szkoda, że (ponoć wytłoczone!) płyty „Horror Vacui" nie wyszły na światło dzienne z nieistniejącej już dziś firmy. Popularność tego rodzaju muzyki już przeminęła, ale z tego co słyszę w słuchawkach, byłby to niewątpliwy hit w kręgach miłośników rocka progresywnego jak i elektronicznego.

Nie istnieje firma Digiton, nie istnieje zespół Deliver. Lider zespołu, Agim, udziela się w formacji Öszibarack (www.oszibarack.pl), z którą koncertuje w kraju i na świecie, ale to już inny rodzaj muzyki...

Jacek Drążkowski

NAJWIĘKSZY NA ŚWIECIE DRUKOWANY ATLAS NIEBA PO POLSKU I W PRZYSTĘPNEJ CENIE

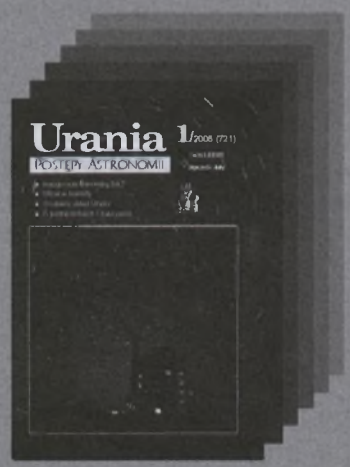
WIELKI ATLAS NIEBA

www.brych.net/atlas.html

Informujemy, że ze względu na wyczerpanie nakładu kończymy sprzedaż „Wielkiego atlasu nieba". Osoby chcące kupić atlas prosimy o zgłoszenia pisemne na adres *piotr@brych.net* lub *Piotr Brych, ul. Palestyńska 8/5, 03-321 Warszawa.*

Ze względu na fakt, że pozostało tylko kilkadziesiąt egzemplarzy, o możliwości zakupu decydować będzie kolejność zgłoszeń.

INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA



Prenumerata na rok 2006 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 1160220200000000055305241

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii" i „Uranii-PA" udziela:

Karolina Wojtkowska
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

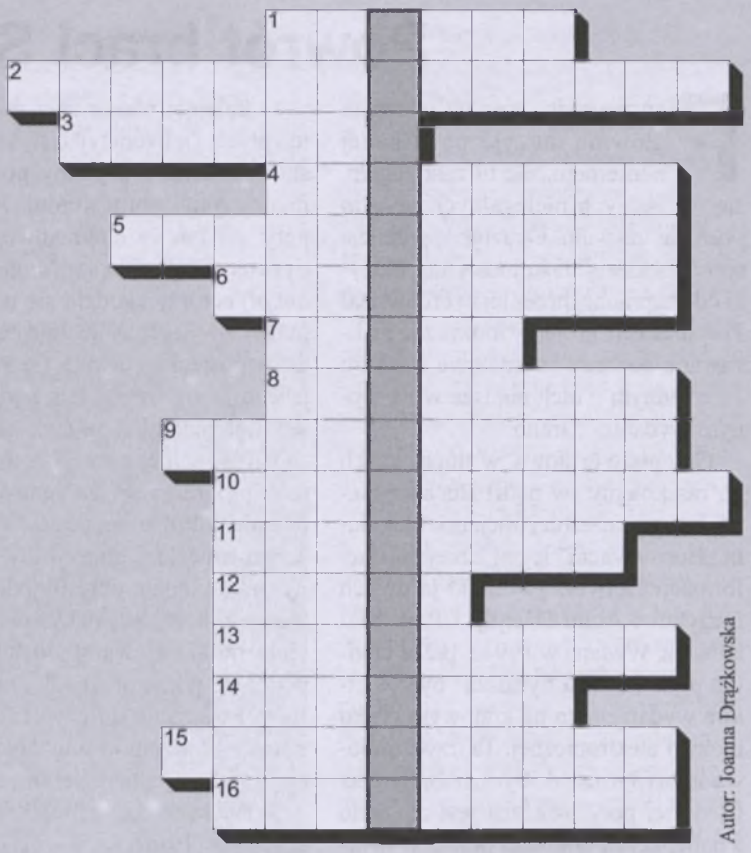
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

Kupon konkursowy Uranii-PA 4/2006

Rozwiązaniem krzyżówki z „Uranii-PA" nr 2/2006 jest hasło: „PIWNICE POD TORUNIEM".

Nagrody w postaci płyt audio CD wylosowali: **Jan Jaworski** z Łukówca i **Jan Maszkowski** ze Szczecinka. Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą. Wszystkich zapraszamy do nowej zabawy. Do diagramu należy wpisać słowa odpowiadające poniższym opisom (wszystkie występują w bieżącym zeszycie „Uranii"!). Litery z wyróżnionych pól utworzą hasło, które jest rozwiązaniem krzyżówki.

1. Migracja ...; proces zacieśniania orbity planety
2. Jest tam Watykańskie Obserwatorium
3. Może być obserwowalna lub absolutna
4. Rój z Bliźniąt
5. Planety krążące wokół jednej gwiazdy
6. Jeden z księżyców Saturna
7. Lina, po której można by wynosić materiały na orbitę
8. Perły ...
9. René Descartes
10. Kongregacja Indeksu i Świętego Oficjum
11. ... Brązowych Karłów
12. Wstrzymał Słońce nad Gibeonem
13. Model powstawania układów planetarnych
14. Miejsce pracy prof. Opolskiego
15. Walczyli z Medami w 585 r. p.n.e.
16. Zwyciężczyni XLIX Olimpiady Astronomicznej



Autor: Joanna Drążkowska

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwa „Wielkie atlasy nieba" Piotra Brycha. Na rozwiązania czekamy do końca czerwca br. Osoby nie będące prenumeratorami „Uranii-PA" muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

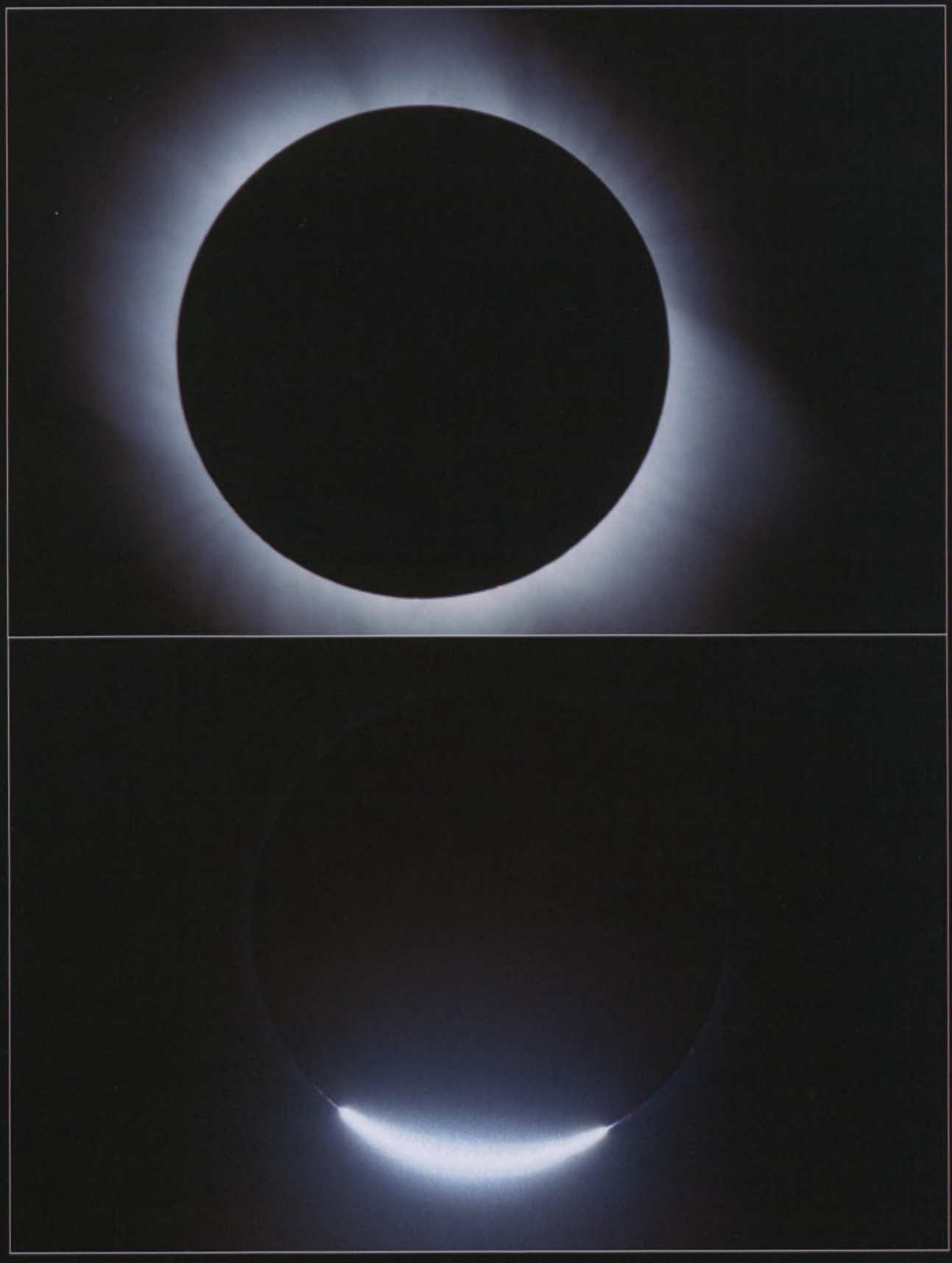
Słowa kluczowe w krzyżówce z „Uranii-PA" 2/06: 1. Drapera, 2. Krzemiany, 3. Iwanowska, 4. Maundera, 5. Rubincam, 6. Capricomus, 7. Protuberancje, 8. Petit Prince, 9. Hestroffer, 10. StarDust, 11. Chatterjee, 12. Volkoff, 13. STEREO, 14. Neutron, 15. Pandora, 16. Hewish, 17. Russell, 18. Plazma.

Ciekawe strony internetowe...

Autorem dzisiejszej propozycji jest Gary W. Kronk, jego strona http://cometography.com zawiera sporo informacji na temat komet — zarówno tych widocznych aktualnie na niebie czy spodziewanych w najbliższej przyszłości, jak i obserwowanych w przeszłości. Można też tutaj znaleźć katalog komet periodycznych, informacje na temat ważniejszych historycznych komet wraz z parametrami orbit komet obserwowanych w okresie od XV do XVII stulecia. Oddzielne hasło „Links" oferuje dostęp do szeregu interesujących stron związanych z przedmiotem. Niektóre odnośniki w obrębie dzisiejszej strony niestety nie działają, chociaż inne informacje są zaktualizowane. Ciekawa jest też inicjatywa przedstawienia biografii odkrywców komet — jak na dzień dzisiejszy znajduje się ona jednak w stanie embrionalnym — poza imionami i nazwiskami (wraz z latami, w których żyli) jedynie nieliczne nazwiska prowadzą do odpowiadających im biografii. Warto również wspomnieć, że Gary W. Kronk jest autorem obszernej, zaplanowanej na sześć tomów (dwa już wyszły w Cambridge University Press) monografii pt. *Cometography*. Zamiarem autora jest zebranie w jednym miejscu informacji na temat wszystkich zaobserwowanych komet. Miejmy nadzieję, że z czasem na proponowanej dziś stronie będzie przybywało informacji interesujących naszych Czytelników. (*rs*)

Zaćmienie w Turcji

Galeria Uranii



Dwa zdjęcia z ostatniego zaćmienia Słońca wykonane z okolic miasta Manavgat w Turcji. Pierwsze przedstawia fazę całkowitą, a drugie moment bezpośrednio po trzecim kontakcie. Obydwa zostały zrobione obiektywem MTO-1000 (faza całkowita dodatkowo z konwerterem), na negatywie Fuji 800 ASA, aparatem Praktica. Nie były poddawane żadnej obróbce (jedynie doświetlane). Fot. Marcin Filipek

ISSN 0032-5414

Halo słoneczne sfotografowane kilkanaście minut po zakończeniu zaćmienia Słońca z 29 marca br. Jak pisze autor zdjęcia: *Niemożność wyjazdu do Turcji i podziwiania korony zostały mi wynagrodzone w ten oto sposób*. Fot. Bartosz Pilarski, Żnin

Urania

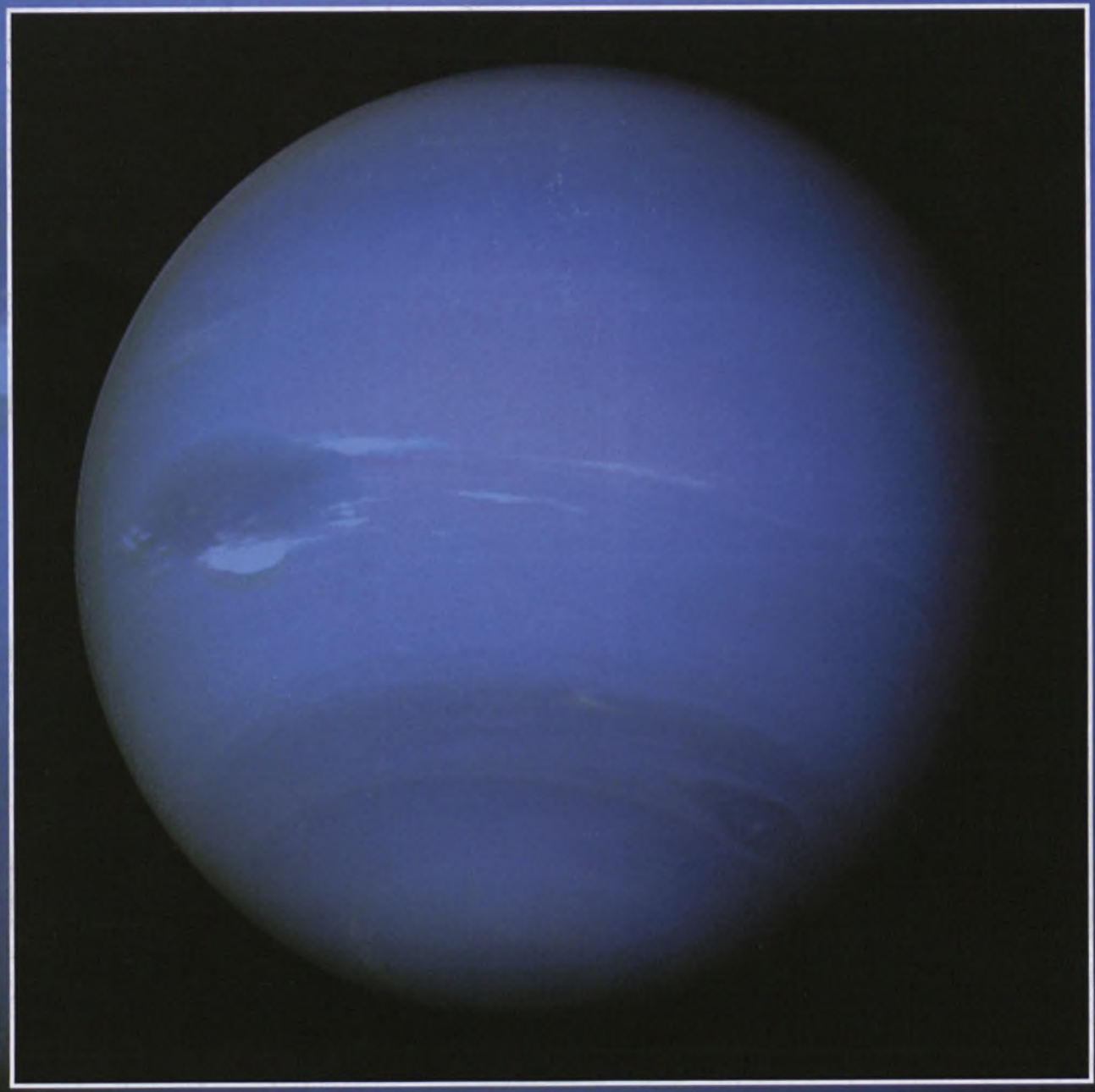
Postępy Astronomii

5/2006 (725)

tom LXXVII

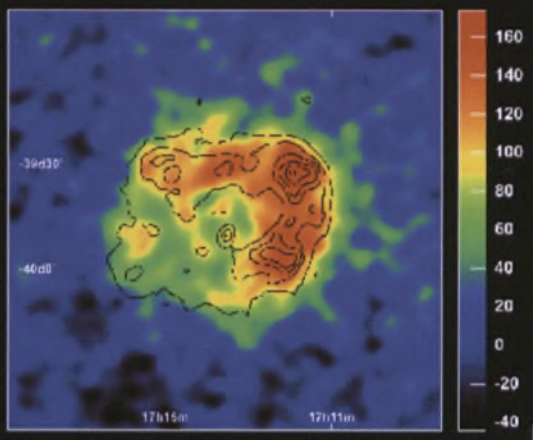
wrzesień—październik

- Astronomia teraelektronowoltowych fotonów gamma w erze obserwatorium HESS
- 160. rocznica odkrycia Neptuna i Trytona
- Misja Stardust, czyli kometa w laboratorium

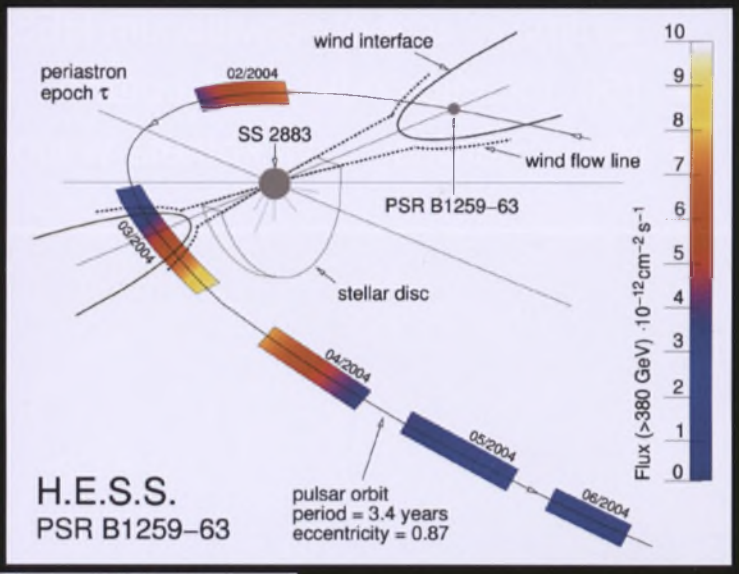


Astronomia teraelektronowoltowych fotonów gamma...

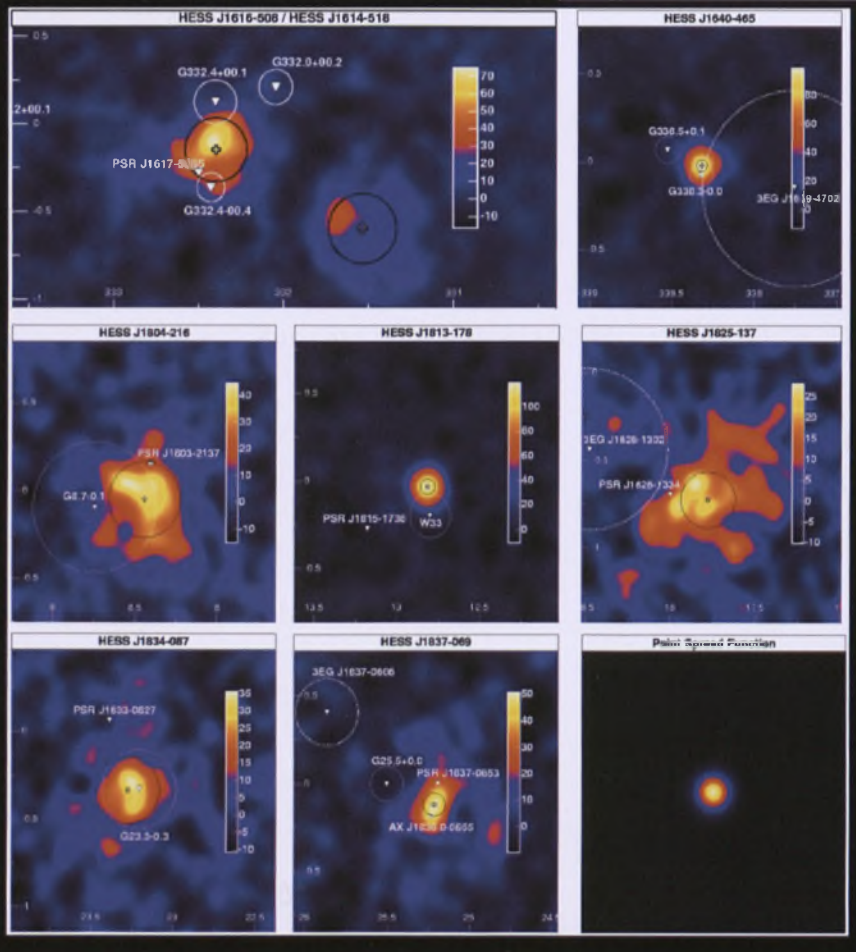
(patrz tekst M.Ostrowskiego s.196)



Rys. 5. Mapa HESS-a wysokoenergetycznej emisji gamma pozostałości po wybuchu supernowej RX J1713.7-3946. Dla porównania nałożono na nią kontury mapy rentgenowskiej tego samego obiektu. Zgodność obu map pokazuje uzyskane przez HESS-a, a niedostępne wcześniej możliwości obrazowania w zakresie astronomii gamma



Rys. 6. Przelot pulsara PSR B1259-63 w pobliżu jego gorącego towarzysza SS 2883, przez niesferyczny, „dyskowy" obszar wiatru gwiazdowego i silne pole promieniowania. Kolorowe paski wzdłuż orbity pulsara obrazują obserwowaną w kolejnych nocach intensywność promieniowania gamma z tego układu podwójnego powyżej 380 GeV



Rys. 7. Częściowy przegląd płaszczyzny Galaktyki w promieniowaniu gamma pozwolił na znalezienie wielu niezidentyfikowanych obiektów pokazanych obok na kolejnych panelach. W prawym dolnym rogu pokazano wiązkę obserwatorium HESS (tak byłoby widać obiekt punktowy), co wskazuje na rozciągłą naturę przedstawionych tu niezidentyfikowanych źródeł. Na mapach zaznaczono środki emisji odkrytych obiektów oraz rozmaite znane obiekty w pobliżu danego obiektu niezidentyfikowanego (po szczegóły trzeba się zwrócić do oryginalnej publikacji naukowej)

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

fot. A. Dauksza-Widniewska

W tym numerze pragniemy przybliżyć Państwu nową dziedzinę badań astrofizycznych, związanych z obserwacjami niezwykle energetycznych fotonów gamma produkowanych we wnętrzach gwiazd. Są to energie niekiedy dziesiątki milionów razy większe, niż energie fotonów optycznych docierających do nas z powierzchni gwiazd. Obserwacje tego promieniowania są możliwe z powierzchni Ziemi, a najnowszy budowany międzynarodowym wysiłkiem w Namibii tełeskop nosi kryptonim HESS. Oznacza to, że właśnie wkraczamy w okres badań niezwykłych zjawisk związanych z wysokoenergetycznymi procesami nietermicznymi we Wszechświecie. O tych problemach pisze jeden z uczestników tych badań, prof. Michał Ostrowski z Krakowa.

Ciekawe wyniki badań pyłu kometarnego w Układzie Słonecznym przy pomocy statku kosmicznego Stardust przedstawia znany badacz komet i planetoid dr Krzysztof Ziołkowski z Warszawy. Sonda kosmiczna przeszła przez otoczkę pyłową komety 81P/Wild 2 i dostarczyła na Ziemię próbki pyłu tej komety oraz wykonała kilkadziesiąt doskonalej jakości zdjęć jej jądra. Oprócz więc badań czysto astronomicznych mogliśmy materię komety poznawać za pomocą badań laboratoryjnych.

We wrześniu 2006 r. mija 160. rocznica odkrycia Neptuna i jego największego satelity Trytona. Ciekawą historię odkrycia tej planety i jej księżyców kreśli dla nas prof. Tadeusz Z. Dworak z Krakowa.

Nie zmieściliśmy w ostatnich numerach „Uranii" wszystkich otrzymanych opowieści o wyprawach na marcowe, całkowite zaćmienie Słońca. Przytaczamy więc w tym numerze opisy wyprawy zorganizowanej przez Kolegów z Krakowa oraz rezultaty wyprawy kol. Jerzego Speila z Wałbrzycha, dzięki któremu poprawiamy błąd, jaki zakradł się do tekstu kol. Andrzeja Trepki. Piotr Brych analizuje natomiast możliwości wzajemnych zakryć planet w naszym Układzie Słonecznym.

W Rozmaitościach *będziecie mogli Państwo znaleźć szereg opisów najnowszych odkryć astronomicznych, a w wiadomościach* z Kraju *raport o bieszczadzkich warsztatach naukowych poświęconych badaniom pół elektromagnetycznych bardzo niskich częstości (ELF), połączonych z otwarciem nowej stacji obserwacyjnej „Hylaty".*

Nauczycielom polecamy wywiad jaki Koledzy z portalu Astronomia.pl *przeprowadzili z dr. hab. Lechem Mankiewiczem na temat nowych możliwości nauczania fizyki, astronomii i informatyki. Portalowi dziękujemy za zgodę na publikowanie tego ciekawego wywiadu w* Uranii-PA.

Z przykrością donosimy o nagłej śmierci długoletniego członka obu polskich Towarzystw Astronomicznych i autora wielu artykułów w „Uranii" i w „Postępach Astronomii", kol. dra inż. Andrzeja Marksa i, piórem Jego Córki Moniki, przedstawiamy Jego sylwetkę w In memoriam.

Jak zwykle radzimy, za sprawą opracowań kolegów Tomasza Ściężora, Wiesława Skórzyńskiego i Darka Graczyka co, jak i kiedy obserwować na jesiennym niebie. Kolega Zbigniew Dworak nie poleca lektury książki Wiktora Stoczkowskiego Ludzie, bogowie i przybysze z kosmosu, *a Jacek Drążkowski w felietonie muzycznym* Bilet na Marsa *prezentuje projekt muzyczny inspirowany przyszłymi lotami ludzi na czerwoną planetę. Jak zwykle nie zabrakło krzyżówki i wskazania ciekawych stron internetowych.*

Życzę Państwu przyjemnej lektury i pięknego jesiennego nieba

Toruń, w sierpniu 2006 r.

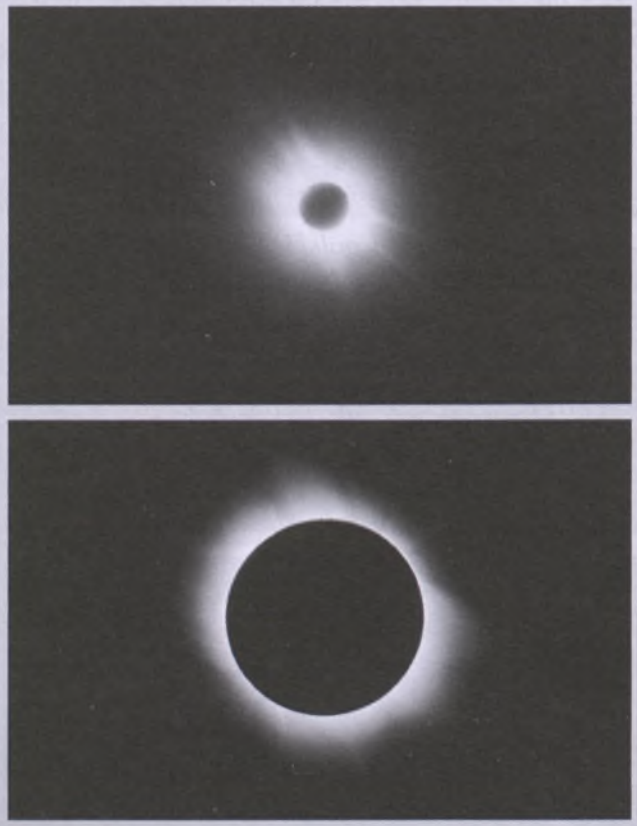
BIBLIOTEKA Obserwatorium w TORUNIU

Szanowny Panie Redaktorze,

Z zainteresowaniem przeczytałem artykuł Andrzeja Trepki „Zaćmienie zaćmieniu nierówne" („Urania-PA", nr 4/2006, s.169), gdyż sam obserwowałem dwa całkowite zaćmienia Słońca: tegoroczne i w1999r. Mimo że p. A. Trepka jest niewątpliwie doświadczonym obserwatorem nieba, nie ustrzegł się — jak uważam — kilku istotnych błędów. Najpierw pisze, że korona słoneczna „... w pobliżu maksimum (cyklu słonecznego) bywa wydłużona, przy minimum zaś falująco kolista ...". Tymczasem jest wręcz odwrotnie, podkreśla się to w każdym podręczniku astronomii, a ponadto wystarczy przeanalizować zdjęcia korony słonecznej wykonane w czasie kilku zaćmień. Pan Trepka pisze dalej o koronie słonecznej „... 11 sierpnia 1999 r. w pobliżu minimum plam słonecznych była «prawidłowo» kolista ...". Faktycznie, korona była wtedy niemal kolista; sam to widziałem, a sprawdzić można na wielu wykonanych wtedy zdjęciach, jednakże nie było wtedy „... minimum plam słonecznych ...", bowiem aktywność słoneczna była wysoka i zbliżała się do kolejnego maksimum. Świadczyły też o tym liczne protuberancje widoczne poza krawędzią zaćmionego wówczas Słońca. Dalej p. Trepka pisze „... 29 marca 2006 r. zaskoczył mnie zupełny brak korony słonecznej ...". Nieprawda! Korona słoneczna była; piękna i efektowna, nie tak rozległa jak w 1999 r., ale wydłużona w płaszczyźnie równikowej, jak bywa to w okresie niskiej aktywności słonecznej. Widać to na zdjęciach zamieszczonych w tym samym numerze „Uranii-PA". W okolicach biegunów słonecznych była faktycznie mizerna, ale „po bokach", w umiarkowanych szerokościach heliograficznych sterczały wydłużone „rogi". W załączeniu przesyłam dwa wykonane przeze mnie w Side (Turcja) zdjęcia potwierdzające te obserwacje. Uważam, że moje uwagi warto zamieścić w „Uranii-PA", gdyż mylne informacje na temat korony słonecznej mogą zamącić w głowach początkujących obserwatorów.

Z poważaniem,

Jerzy Speil
Wałbrzych



Korona słoneczna zaćmienia 29 marca br. w Turcji. Fot. Jerzy Speil

Tu może być reklama Twojej Firmy!

Nasz cennik jest następujący:

cała strona kolorowa: 1000,00 zł
cała strona czarno-biała: 400,00 zł

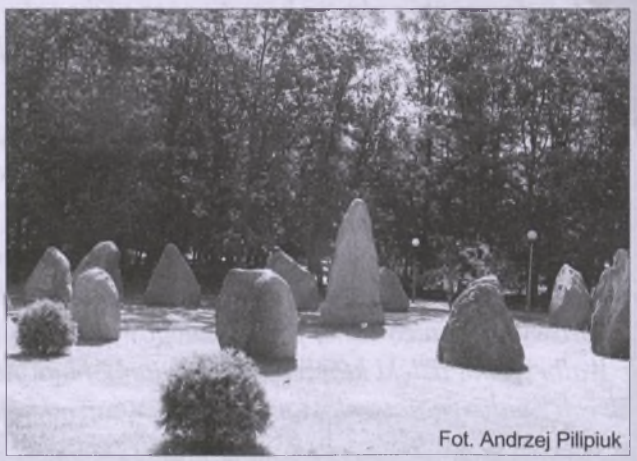
Przy mniejszych formatach dla stron czarno-białych:

1/2 s.: 300,00 zł
1/4 s.: 200,00 zł
1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł".

Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!



Fot. Andrzej Pilipiuk

* * *

Szanowna Redakcjo,

Na drugiej stronie okładki ostatniego zeszytu „Uranii" zobaczyłem zdjęcie kamiennego kręgu tworzącego zegar słoneczny w Milanówku. Pamiętam, że już kiedyś wcześniej było publikowane na łamach Waszego Pisma zdjęcie podobnego obiektu z Lidzbarka Warmińskiego. Ostatnio miałem okazję być w Lidzbarku i osobiście porozmawiać z twórcą tych „neomegalitycznych" konstrukcji. Okazało się, że nie jest mu znany krąg utworzony w Warszawie w parku przy Bibliotece Narodowej (utworzony pierwotnie w roku 1999 na Polach Mokotowskich, ale ze względu na liczne akty wandalizmu został przeniesiony w nowe, bezpieczniejsze miejsce, niestety, już nie tak atrakcyjne wizualnie). Pomyślałem, że może to zainteresować również innych czytelników „Uranii", w związku z czym pozwalam sobie załączyć kilka zdjęć tego obiektu. Tworzy go 12 w miarę równomiernie rozłożonych na obwodzie koła głazów o dość znacznych rozmiarach (te w Lidzbarku i Milanówku są jednak mniejsze!), a w centrum znajduje się okazały kamień pełniący rolę „osi świata". Autorami owego kręgu są pracownicy Instytutu Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego (stworzyli go w ramach akcji „Archeologia żywa"). Co prawda, krąg ów nie rości pretensji do pełnienia funkcji zegara, ale jego wygląd sam narzuca takie skojarzenia.

Serdecznie pozdrawiam

Andrzej Pilipiuk
Kraków

Sprostowanie:

W poprzednim zeszycie „Uranii-PA" na ss. 176 i 181 w podpisach pod zdjęciami zmieniliśmy imię pani Gabrieli Sowy na Weronika. Autorkę i Czytelników serdecznie przepraszamy.

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się **„Uranii"** — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i **„Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CBK PAN

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomii
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81
Poczta elektroniczna (E-mail address):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.pta.edu.pl
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Karolina Wojtkowska, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2006 kosztuje 54 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 zł.

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Zarząd Główny – Sekretariat
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146
E-mail: hania@camk.edu.pl
WWW: www.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w sierpniu roku 2006

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

W NUMERZE

196 ***Astronomia teraelektronowoltowych fotonów gamma w dobie obserwatorium HESS***
Michał Ostrowski
Obserwowane przez nas promieniowanie gwiazd pochodzi z ich powierzchni, a energia jego fotonów jest mierzona w megaelektronowoltach. Źródłem tej energii są reakcje jądrowe zachodzące w bardzo wysokiej temperaturze we wnętrzach gwiazd, gdzie produkowane są fotony gamma o energiach dziesiątki milionów razy większych. Cząstki o jeszcze większej energii produkowane są w wielu nietermicznych „akceleratorach kosmicznych", takich jak pozostałości po wybuchu gwiazd supernowych, dżety w otoczeniu czarnych dziur czy aktywne jądra galaktyk itp. Nowe technologie pozwalają na Ziemi odbierać to promieniowanie. A to oznacza, że wkraczamy obecnie w okres badań niezwykłych zjawisk związanych z wysokoenergetycznymi procesami nietermicznymi we Wszechświecie

204 ***Misja Stardust, czyli materia komety w ziemskim laboratorium***
Krzysztof Ziołkowski
Sonda kosmiczna Stardust przeleciała przez otoczkę pyłową komety 81P/Wild2, zebrała pyły kometarne, sfotografowała wielokrotnie jądro tej komety i powróciła na Ziemię. Usiłowała też pobrać próbki materii międzygwiazdowej przepływającej przez Układ Słoneczny. Teraz zebrana materia jest przedmiotem badań laboratoryjnych. Do tych badań zaproszeni są też miłośnicy astronomii wyposażeni w dobry komputer

208 ***160. rocznica odkrycia Neptuna i Trytona***
T. Zbigniew Dworak
We wrześniu minie 160. rocznica odkrycia Neptuna, a kilkanaście dni później jego największego satelity, Trytona. Ciekawa była historia tych odkryć. Przez zlekceważenie wyników rachunków młodszego kolegi i niestaranne obserwacje Anglicy z Greenwich i Cambridge stracili szansę odkrycia tej planety, która ostatecznie została odkryta dzięki rachunkom Josepha Leverriera z Paryża i obserwacjom jego rówieśnika Johanna Gotfrieda Gallego z Berlina w dniu 23 września 1846 r. Świat naukowy uznał Francuza Leverriera za odkrywcę planety, ale 10 października tego samego roku Anglik, miłośnik astronomii William Lassell, odkrył jej pierwszego satelitę nazwanego później Trytonem

w kolorze: Astronomia teraelektronowoltowych fotonów gamma… (okł. II); Galeria Uranii (okł. III, wkł. I, IV); Podczerwony obraz M42 (okł. IV)

rozmaitości: *Problem obfitości litu rozwiązany!* (*202*); *Dwanaście planet Układu Słonecznego?* (*202*); *Ile ma stała Hubble'a?* (*203*); *Planety bez… gwiazdy* (*203*); *Wzajemne zakrycia planet Układu Słonecznego* (*214*); *Zmienne pole magnetyczne Ziemi* (*216*); *Krater na Antarktydzie* (*216*); *Jeziora na Tytanie* (*217*); *Pozostałości supernowych* (*217*)

w kraju i ze świata: *Obserwacja całkowitego zaćmienia Słońca w Turcji 29 marca 2006 r.* (*218*); *Jedenaste Warsztaty Bieszczadzkie…* (*221*)

220 **in memoriam:** *Andrzej Marks 1932–2006*

222 **astronomia w szkole:** *Nowe możliwości dla nauczycieli fizyki, astronomii i informatyki — projekt EU-HOU*

226 **galeria obiektów NGC:** *NGC 3607, NGC 3628, NGC 3941*

230 **kalendarz astronomiczny 2006:** *Listopad — grudzień*

236 **poradnik obserwatora:** *Interesujące obiekty: Rufa*

238 **recenzje:** *Wiktor Stoczkowski „Ludzie, bogowie i przybysze z kosmosu"*

239 **astronomia i muzyka:** *Bilet na Marsa*

240 **relaks z Uranią:** *Krzyżówka*

240 **ciekawe strony internetowe**

NA OKŁADCE

Zdjęcie Neptuna uzyskane 25 sierpnia 1989 r. przez sondę kosmiczną Voyager 2 podczas największego zbliżenia do planety. Wtedy Neptun był najbardziej odległą od Słońca planetą Układu Słonecznego, a Voyager 2 do dzisiaj jest jedynym statkiem kosmicznym, który odwiedził Neptuna i rodzinę jego satelitów. Ze względu na swą bardzo eliptyczną orbitę, aż do 1999 r. Pluton znajdował się bliżej Słońca niż Neptun. Planeta ta, podobnie jak Uran zbudowana głównie z ciekłej wody, metanu i amoniaku, jest otoczona gęstą atmosferą złożoną z wodoru i helu. Posiada liczne grono satelitów oraz pierścienie. Jej największy satelita Tryton ma bardzo urozmaiconą rzeźbę powierzchni i prawdopodobnie dużą aktywność wulkaniczną.

Michał Ostrowski

Astronomia teraelektronowoltowych fotonów gamma w dobie obserwatorium HESS

Reakcjom jądrowym zachodzącym w centrach gwiazd towarzyszy emisja fotonów gamma o energiach niekiedy dziesiątki milionów razy większych niż energie optycznych fotonów docierających do nas z powierzchni tych gwiazd. W skali energetycznej mówimy tu o energiach sięgających dziesiątek megaelektronowoltów (1 MeV = 10^6 eV). Analogiczne wysokoenergetyczne fotony powstają przy rozpadach promieniotwórczych niektórych izotopów promieniotwórczych na Ziemi, unosząc część uwolnionej energii wiązania początkowego jądra. Różnice energii wiązania zaangażowanych w te reakcje jąder wynoszą zwykle niewielki procent ich energii spoczynkowej, odpowiadający właśnie wspomnianym wyżej skalom MeV czy dziesiątek MeV. W tytule artykułu mówimy o teraelektronowoltowych (TeV) fotonach, czyli tych niosących milion (!) razy większe energie od fotonów gamma z promieniotwórczości naturalnej. Oznacza to, że wkraczamy w odkrywany obecnie do badania zakres niezwykłych zjawisk związanych z wysokoenergetycznymi procesami nietermicznymi we Wszechświecie

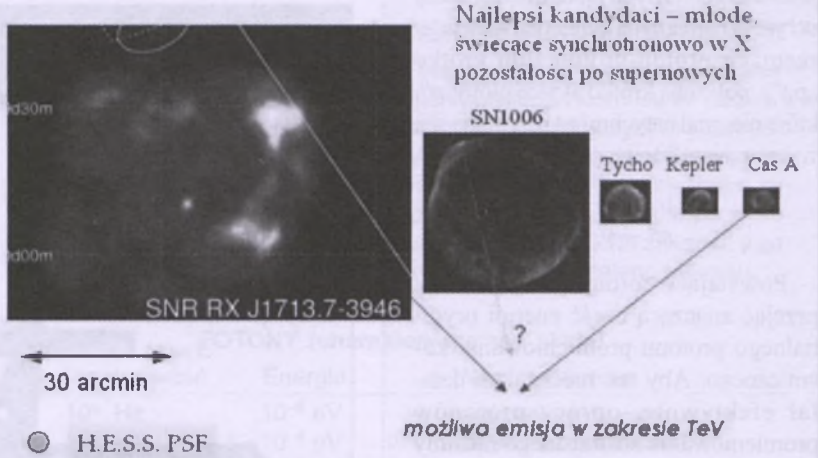
1. Procesy przyspieszania cząstek promieniowania kosmicznego a generacja wysokoenergetycznych fotonów gamma

Aby wytworzyć foton niosący energię 1 TeV (równoważną zamianie na energię masy spoczynkowej 1000 atomów wodoru!), są potrzebne cząstki o energiach jeszcze większych. „Produkcja" takich cząstek nie jest łatwa i tylko w szczególnych obiektach, wydajnych kosmicznych akceleratorach mogą być one wytwarzane.

Jak przyspieszyć proton lub tym bardziej 2000 razy lżejszy od niego elektron do energii 1000 razy większej niż energia spoczynkowa protonu? Współczesna astrofizyka zna kilka procesów, które mogą wykonać takie zadanie. Za najbardziej efektywny z nich jest uznawany tzw. *proces akceleracji Fermiego na froncie fali uderzeniowej*. Badania teoretyczne pokazały, że może on wytwarzać cząstki w bardzo szerokim zakresie energii, z widmem energetycznych o (w przybliżeniu) charakterze potęgowym. Wysokoenergetyczne cząstki o takich *nietermicznych rozkładach* nazywamy ze względów historycznych promieniowaniem kosmicznym, choć te „promienie" to cząstki, a nie fotony. Największych szans na ich wytwarzanie należy się spodziewać w obiektach z potężnymi falami uderzeniowymi — w pozostałościach po wybuchach gwiazd supernowych, w otoczeniu szybko rotujących gwiazd neutronowych („pulsarów") wiejących silnie relatywistycznymi wiatrami namagnesowanej plazmy czy w relatywistycznych wypływach („dżetach") z okolic czarnych dziur w skalach gwiazdowych (zjawisko mikrokwazara) albo galaktycznych (obiekty związane z aktywnymi jądrami galaktyk, takie jak kwazary czy radioźródła pozagalaktyczne). Wiemy, że wszystkie te obiekty przyspieszają cząstki promieniowania kosmicznego, nie do końca się jednak orientujemy, jak efektywnie to robią i do jak wysokich energii. Same naładowane relatywistyczne cząstki z analizowanego źródła (przynajmniej te o energiach znacznie poniżej skali 10^{19} eV) często do nas w ogóle nie docierają, bo przeszkadza im w tym międzygwiazdowe lub międzygalaktyczne pole magnetyczne, a te, którym udaje się osiągnąć okolice Ziemi, mieszają się całkowicie, błądząc w galaktycznym polu magnetycznym. Zatem pomiary promieniowania kosmicznego docierającego w pobliże naszej planety

dają nam tylko rozmytą informację o wymieszanych widmach i wydajnościach różnych źródeł takiego promieniowania.

Szansę na bezpośrednie rozpoznanie obiektów, które produkują wysokoenergetyczne cząstki, daje nam obserwacja cząstek neutralnych — fotonów lub neutrin —przelatujących bez przeszkód przez pole magnetyczne, wypełniające (na ile potrafimy to zmierzyć) całą przestrzeń kosmiczną. Prowadzonymi już badaniami strumieni fotonów gamma zajmujemy się w tym artykule, ale należy pamiętać, że rozwijane obecnie obserwacje „teleskopami neutrinowymi" wkrótce staną się ważnym uzupełnieniem w astronomii wysokich energii. Jak powstają takie wysokoenergetyczne fotony lub neutrina? Jeśli mamy obiekt astronomiczny — powiedzmy dla skupienia uwagi, że to jest fala uderzeniowa w pozostałości po wybuchu gwiazdy supernowej — który przyspiesza do wysokich energii jądra atomowe (w tym oczywiście protony, jądra wodoru) oraz elektrony, to cząstki te będą promieniować, zderzając się z otaczającym ośrodkiem lub promieniować, oddziaływując z otaczającymi polami elektromagnetycznymi. Procesy takie zachodzą w samym obiekcie lub w jego pobliżu, gdy cząstki napotkają gęstą materię do zderzeń, silne pola magnetyczne czy pola promieniowania.



Rys. 1. Młode pozostałości po supernowych świecące synchrotronowo w zakresie rentgenowskim muszą zawierać elektrony (a zatem i protony) z energiami wielu TeV. Są to więc obiecujące obiekty dla obserwacji astronomii gamma najwyższych energii. Na rysunku przedstawiono kilka takich obiektów w skali ich rozmiarów na niebie. Kółko w lewym dolnym rogu pokazuje w tej samej skali kątową zdolność rozdzielczą obserwatorium HESS

Promieniowanie elektronów: synchrotronowe i w odwrotnym efekcie Comptona

Obserwacje promieniowania synchrotronowego, które wskazują jednoznacznie na obecność wysokoenergetycznych (relatywistycznych) elektronów, nie rozstrzygają konkretnie, ile jest w nich energii, bo takie samo promieniowanie może być wytworzone przy mniejszej ilości relatywistycznych elektronów i silniejszym polu magnetycznym lub większej ilości elektronów i mniejszym polu. Często ocenia się gęstość elektronów, przyjmując, że jest w nich tyle samo energii co w polu magnetycznym (tzw. „założenie ekwipartycji"), ale ocena taka jest niepewna. W dodatku przy ocenianych parametrach ośrodka w, powiedzmy, pozostałości po supernowej łatwo obserwowane synchrotronowe promieniowanie radiowe jest wytwarzane przez elektrony o względnie niskich energiach rzędu gigaelektronowolta (GeV). Jeśli interesuje nas akceleracja do wspomnianych wyżej energii rzędu dziesiątek czy nawet setek TeV, to musimy zwykle analizować promieniowanie synchrotronowe w zakresach powyżej optycznego, najlepiej w rentgenowskim lub, jak w mgławicy Krab (patrz ramka s.199), nawet dolnych zakresach gamma. Niekiedy trudno odróżnić je od zwykłego świecenia gorącej plazmy, ale jeśli to potrafimy zrobić, od razu wskazuje nam to na obiekty podejrzane o akceleracją elektronów (a zatem i protonów) do bardzo wysokich energii. Dla przykładu na rys. 1 pokazano świecące synchrotronowo w zakresie X cztery pozostałości po supernowych. Obiekty na rysunku są pokazane w skali rozmiarów kątowych na niebie i wszystkie są potencjalnymi obiektami do obserwacji także w zakresie najwyższych energii. Wynika to z faktu, że te świecące synchrotronowo relatywistyczne elektrony muszą się zderzać z fotonami w otaczającym ośrodku i przekazywać im dużą część własnej energii. Procesy takie nazywają się procesami *odwrotnego rozpraszania Comptona*, a odbite fotony tła mikrofalowego czy podczerwonego promieniowania galaktyki albo światła gwiazd mogą po odbiciu stawać się fotonami o dużych energiach sięgających niekiedy skali TeV. Ciekawym procesem, efektywnym na przykład w „gorących plamach" radioźródeł pozagalaktycznych, jest rozpraszanie komptonowskie przez elektrony fotonów synchrotronowych wyprodukowanych wcześniej przez te same elektrony. Proces ten oznaczany jest często anglojęzycznym skrótem jako proces SSC (*synchrotron selfcompton*). Warto zauważyć, że ilość energii promieniowana z danego obiektu w odwrotnym procesie Comptona zależy jedynie od widm („ilości w danym zakresie energii") elektronów i rozpraszanych fotonów, a NIE zależy od pola magnetycznego. Zatem pomiar ilości fotonów komptonowskich, o ile znamy gęstość rozpraszanych fotonów, pozwala na wyznaczenie gęstości elektronów. W powiązaniu z obserwowanym promieniowaniem synchrotronowym tych samych elektronów pozwala to z kolei zmierzyć pole magnetyczne w danym obiekcie. Ta metoda pomiaru pola magnetycznego jest dla bardzo wielu obiektów astrofizycznych jedyną możliwą do zastosowania.

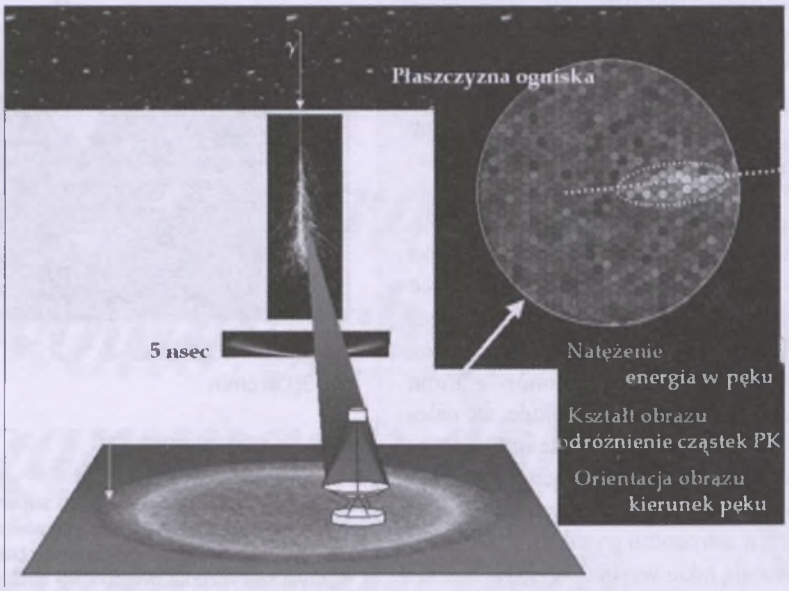
Promieniowanie gamma relatywistycznych protonów

W omawianym przypadku pozostałości po supernowej fala uderzeniowa zasadniczo w taki sam sposób przyspiesza protony i inne jądra atomowe jak elektrony. Jednak ze względu na dużą masę spoczynkową jąder ich promieniowanie synchrotronowe jest w normalnych warunkach zbyt słabe do rejestracji i jedyną informację o ich obecności możemy uzyskać z rejestracji efektów ich zderzeń z jądrami atomów otaczającego ośrodka. W zaprezentowanych schematycznie poniżej zderzeniach wy-

sokoenergetycznych jąder między sobą, w tym w najbardziej elementarnych zderzeniach proton-proton (lub krótko „pp"), powstają krótko żyjące piony, π^0, które nieomal natychmiast rozpadają się, wytwarzając fotony gamma:

$$p + p \rightarrow p + p + \pi^0$$
$$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$$

Powstające fotony gamma mogą przejąć znaczącą część energii oryginalnego protonu promieniowania kosmicznego. Aby ten mechanizm działał efektywnie, oprócz protonów promieniowania kosmicznego musimy mieć stosunkowo gęsty gaz międzygwiazdowy, z którego atomami (dokładniej jądrami tych atomów) wysokoenergetyczne protony mogą się zderzać. Dodajmy, że samych cząstek promieniowania kosmicznego jest o wiele za mało, aby wzajemne zderzenia odegrały tu jakąś rolę.

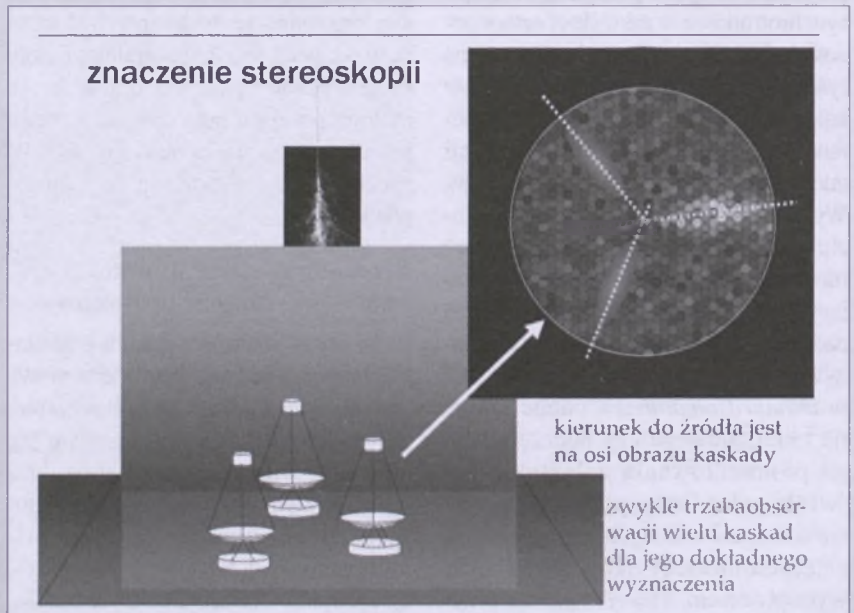


Rys. 2. Technika rejestracji fotonu gamma przez teleskop dzięki świeceniu kaskady cząstek wtórnych. Kaskada rozpoczynająca się na wysokości około 10 km nad powierzchnią Ziemi generuje „naleśnik" niebieskiego promieniowania Czerenkowa, który lecąc zgodnie z kierunkiem początkowego fotonu, pada na ziemię w kole o promieniu około 100 m. Jeśli w tym miejscu stoi teleskop, to może w swoim ognisku zarejestrować krótki błysk, jak przykładowo przedstawiono w prawym górnym rogu. Z ilości zarejestrowanych fotonów obserwator może ocenić energię początkowego fotonu gamma, z kształtu obrazu odróżnić kaskady wywoływane przez zakłócające obserwacje cząstki promieniowania kosmicznego (PK), a z orientacji obrazu można wyznaczyć kierunek, z którego przyleciał foton gamma

2. *„Czerenkowowskie" teleskopy gamma*

„Nisko- i średnioenergetyczne" promieniowanie gamma, docierając do Ziemi, zderza się z atomami w górnej warstwie atmosfery, tworząc cząstki wtórne, które z kolei zderzając się z następnymi atomami dzielą swą energię na coraz większą liczbę cząstek. W rezultacie prawie cała energia początkowego fotonu zostaje szybko zaabsorbowana, a do powierzchni Ziemi docierają jedynie niekiedy produkowane przy tym miony („ciężkie elektrony") nie dające pewnej możliwości stwierdzenia, jaka cząstka je wytworzyła. Dlatego astronomia promieniowania gamma przy takich energiach — od MeV do GeV — wymaga wysyłania detektorów na pokładzie obserwatoriów kosmicznych. Najbardziej znanym z nich było Obserwatorium Comptona (*Compton Gamma Ray Observatory*), które kilka lat temu zakończyło aktywne „życie", a w przyszłym roku zostanie wysłane kolejne obserwatorium GLAST. Znakomite instrumenty niesione przez kosmiczne obserwatoria promieniowania gamma nie mogą jednak wykonywać obserwacji nieba w zakresie energii znacznie przekraczającym kilkadziesiąt GeV. Wynika to zarówno z trudności umieszczenia na orbicie detektora mogącego mierzyć energię w tak wysokim zakresie, ale przede wszystkim z faktu, że na powierzchnię detektora, porównywalną rozmiarem z rozłożonym numerem „Uranii", z obserwowanego silnego kosmicznego źródła gamma padałby jeden foton w okresie wielu dni lub nawet miesięcy. Naprawdę mała ilość, gdy się chce coś zmierzyć.

Sytuacja zmienia się radykalnie na lepsze, gdy zmieniamy technikę obserwacji na rejestrację kaskad atmosferycznych wywoływanych przez wysokoenergetyczne fotony gamma. Wtedy jeden teleskop w obserwatorium takim jak HESS wykorzystuje detektor atmosferyczny o rozmiarze ~1 km^2, odpo-



Rys. 3. Jeśli kaskada wywołana przez foton gamma jest obserwowana stereoskopowo przez kilka teleskopów, to wszystkie jej parametry, a zatem i parametry oryginalnego fotonu, są wyznaczane znacznie dokładniej. Na rysunku pokazano, jak obraz kaskady wyglądałby po dodaniu obserwacji z 3 teleskopów Czerenkowa

wiednio zwiększając ilość rejestrowanych fotonów. Ten problem z możliwą do rejestracji ilością fotonów dobrze ilustruje zamieszczone tutaj (ramka) widmo mgławicy Krab, gdzie satelitarne wyniki obserwacji znakomitym instrumentem EGRET mają znacznie większe błędy niż precyzyjne pomiary naziemne instrumentem HEGRA, poprzednikiem HESS-a.

Praca naziemnego, tzw. „czerenkowskiego" obserwatorium gamma polega na rejestracji kaskad cząstek wtórnych wytwarzanych w górnych warstwach atmosfery ziemskiej przez wpadające z Kosmosu fotony gamma (rys. 2 i 3). Wytwarzane i lecące w kaskadzie elektrony i pozytrony poruszają się w atmosferze szybciej niż leci w niej światło, emitując przy tym promieniowanie odkryte oryginalnie przez rosyjskiego fizyka Pawła Czerenkowa (noblisty z 1958 r.). W przypadku omawianych tutaj kaskad świecenie Czerenkowa przypadające na zakres niebieski i bliskiego ultrafioletu może być obserwowane „normalnymi" teleskopami optycznymi jako rozmyte na niebie błyski światła. Ze względu na rozmytą naturę tych błysków jakość optyczna stosowanego teleskopu może być stosunkowo niska, natomiast ponieważ ilość fotonów docierających do Ziemi jest niewielka, stosowane zwierciadła muszą mieć wielką powierzchnię, a system odbiorczy w ognisku teleskopu musi być niezwykle wydajny. Te wymagania spowodowały, że teleskopy czerenkowowskie budowane są zwykle z mozaikowymi zwierciadłami, a odbiornikiem jest bateria fotopowielaczy o wysokiej wydajności kwantowej. Cechy te zilustrowane są na zdjęciach obserwatorium HESS w Namibii (rys. 4), gdzie ze względów oszczędnościowych zastosowano nawet mozaikę zwierciadeł o kształtach kołowych.

Skrót nazwy europejskiego obserwatorium HESS pochodzi od pierwszych czterech wyrazów jego pełnej angielskiej nazwy *High Energy Stereoscopic System of Imaging Atmospheric Cherenkov Telescopes* (czyli *Wysokoenergetyczny system obrazujących atmosferycznych teleskopów Czerenkowa*). Nawiązuje on też z rozmysłem do nazwiska odkrywcy promieniowania kosmicznego, Wiktora Hessa, bo obserwacje źródeł promieniowania gamma to równocześnie badanie źródeł promienio-

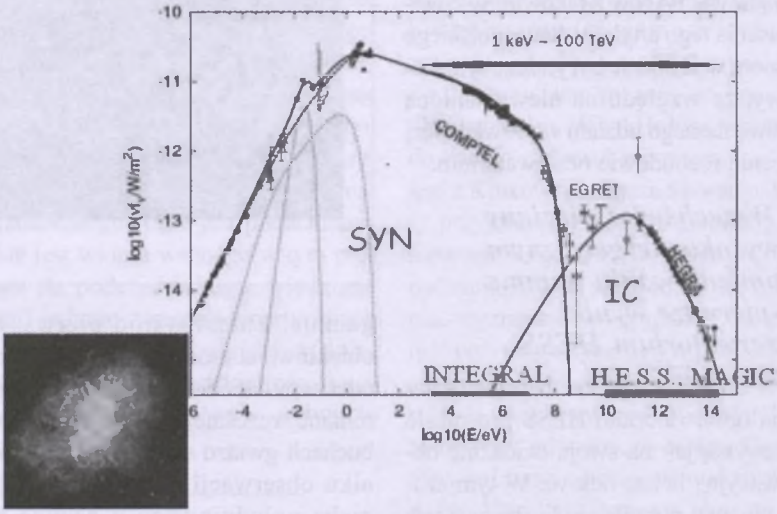
Obserwowany zakres widma elektromagnetycznego

Obserwacje astronomiczne obejmują bardzo szeroki zakres widma elektromagnetycznego: rejestrujemy promieniowanie z Kosmosu w zakresie częstości ν od około10^8 Hz do 10^{29} Hz lub odpowiadającym mu zakresie energii E od około 10^{-7} eV do 10^{14} eV (dokładny związek pomiędzy tymi wielkościami to $h\nu$ = E, gdzie stała Plancka h = 4 10^{-15} eV s). Pełen zakres obejmuje 21 rzędów wielkości, przy czym zakres astrofizyki wysokich energii obejmuje, licząc rzędami wielkości, połowę tego zakresu, a zakres astrofizyki promieniowania gamma to górna 1/3 całego zakresu.

Przykładowe zakresy obserwacyjne:

FOTONY (charakterystyczne skale)

Częstotliwość	Energia	Nazwa zakresu
10^9 Hz	10^{-6} eV	*radiowy*
10^{11} Hz	10^{-4} eV	*daleka podczerwień*
10^{14} Hz	0,1 eV	*bliska podczerwień*
10^{15} Hz	1 eV	*optyczny*
10^{16} Hz	10 eV	*ultrafiolet*
10^{18} Hz	10^3 eV	*rentgenowski*
10^{21} Hz	10^6 eV	*miękki gamma*
10^{24} Hz	10^9 eV	*gamma*
10^{27} Hz	10^{12} eV	*gamma wysokich energii*

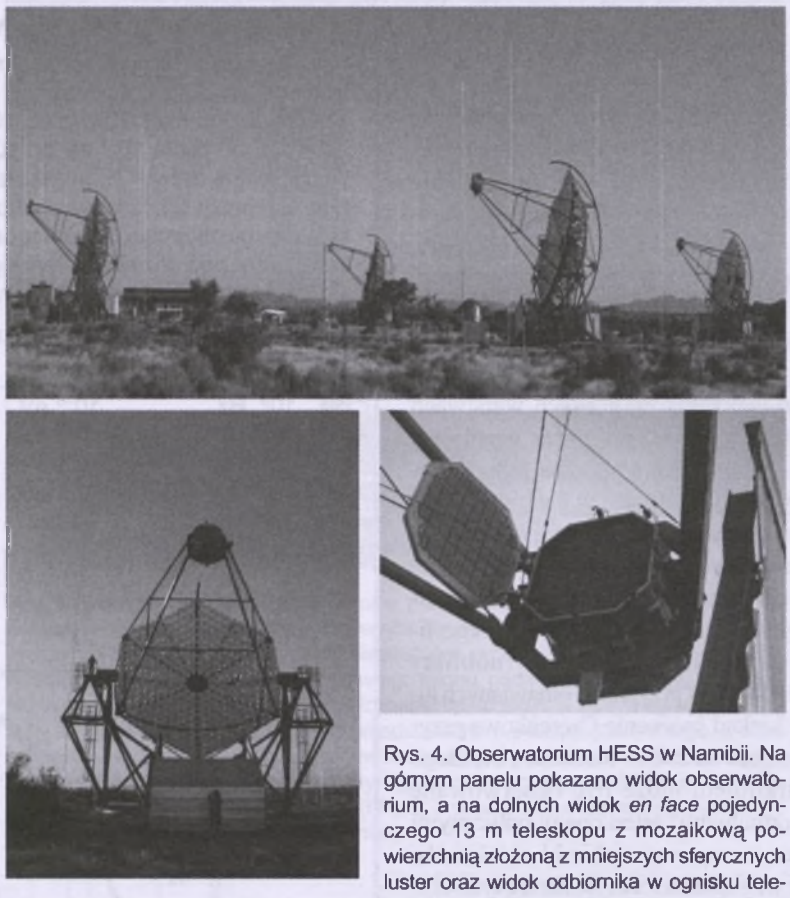


Mgławica Krab jest pięknym przykładem obiektu astronomicznego obserwowanego w całym wspomnianym wyżej zakresie widma.

Punkty obserwacyjne zaznaczone różnymi symbolami prezentują dane obserwacyjne mgławicy Krab, a linie ciągłe to teoretyczne krzywe modelowe („SYN" — składowa synchrotronowa promieniowania, „IC" — składowa generowana w odwrotnym efekcie Comptona) wyjaśniające obserwowane promieniowanie. W zakresie wysokich energii podano nazwy nie działających już instrumentów, którymi uzyskano prezentowane wyniki (COMPTEL i EGRET z satelitarnego obserwatorium Compton oraz naziemne obserwatorium HEGRA). U dołu rysunku zaznaczono zakresy obserwacyjne obejmowane przez 3 obserwatoria promieniowania gamma, w pracy których biorą udział astrofizycy z Polski — orbitalne obserwatorium INTEGRAL i naziemne obserwatoria HESS i MAGIC.

Obecnie rejestrujemy na Ziemi kosmiczne cząstki promieniowania kosmicznego o energiach przekraczających 10^{20} eV (to nieco niewyobrażalna dla cząstki elementarnej energia kilkudziesieciu dżuli!). Ponieważ takie cząstki, zderzając się w przestrzeni kosmicznej z otaczającym je ośrodkiem, produkują fotony o równie wielkich energiach, więc można się spodziewać, że górny zakres energii obserwowanych fotonów przesunie się w niedalekiej przyszłości w górę o dalsze 6 rzędów wielkości. Na razie jednak technika odróżniania fotonów od jąder promieniowania kosmicznego jest w tym zakresie energii niewystarczająca dla prowadzenia takich obserwacji, choć sytuacja może się zmienić już w najbliższych latach dzięki postępom obserwacji detektorem AUGER (patrz „Urania" 3/2003).

wania kosmicznego. HESS to w tej chwili najznakomitszy instrument obserwacyjny w zakresie astronomii gamma najwyższych energii, a od momentu swego otwarcia w pełnej konfiguracji 4 teleskopów w 2004 r. dokonał serii znakomitych odkryć, z których kilka omawiamy niżej. Dodajmy, że jego usytuowanie w Namibii, na południowej półkuli, pozwala na obserwacje niezwykle ciekawych dla astronomii gamma centralnych obszarów naszej Galaktyki. Obserwatorium HESS zostało zbudowane przez zespół europejskich grup badawczych, głównie z Niemiec i Francji, a w chwili obecnej została dołączona do tej współpracy także grupa astrofizyków z kilku polskich instytucji naukowych: Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN, Uniwersytetu Jagiellońskiego i Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie. W chwili pisania tego artykułu status polskiego zespołu w HESS-ie był jeszcze tymczasowy, ze względu na niewyjaśnioną sprawę naszego udziału w prowadzonej obecnie rozbudowie obserwatorium.



Rys. 4. Obserwatorium HESS w Namibii. Na górnym panelu pokazano widok obserwatorium, a na dolnych widok *en face* pojedynczego 13 m teleskopu z mozaikową powierzchnią złożoną z mniejszych sferycznych luster oraz widok odbiornika w ognisku teleskopu, który składa się z 960 fotopowielaczy

3. Wszechświat widziany w wysokoenergetycznym promieniowaniu gamma — pierwsze wyniki obserwatorium HESS

W ciągu nieco ponad dwóch lat działania obserwatorium HESS przyniosło niezwykłą jak na swoją dziedzinę obserwacyjną liczbę odkryć. W tym czasie nieomal potroiła się liczba znanych źródeł gamma na niebie, pozwalając na rozwinięcie pasjonujących niekiedy badań teoretycznych i często stawiając trudne pytania astrofizyczne.

Pozostałości po supernowych

Jednym z głównych zadań HESS-a było sprawdzenie, czy w źródłach kosmicznych podejrzewanych o efektywne przyspieszanie cząstek promieniowania kosmicznego mogą one uzyskiwać rzeczywiście tak wysokie energie, aby emitować TeV-owe promieniowanie gamma. Zatem wśród pierwszych obiektów, na które zostały skierowane teleskopy HESS-a, znalazły się wspomniane wcześniej pozostałości po wybuchach gwiazd supernowych. W wyniku obserwacji rozległego obiektu nieba południowego o nazwie RX J1713.7-3946 uzyskano po raz pierwszy szczegółową mapę gamma obiektu kosmicznego, na rys. 5 porównaną z odpowiednim obrazem rentgenowskim. Zarejestrowanych fotonów gamma było tak dużo, że można porównać widmo promieniowania w różnych kawałkach tej mapy, wykazując, że jest wszędzie prawie identyczne. Dyskusja, jaki mechanizm produkuje rejestrowane fotony: czy rozpraszanie komptonowskie fotonów przez relatywistyczne elektrony, czy zderzenia wysokoenergetycznych protonów, nie przyniosła dotąd jednoznacznej odpowiedzi, ale są dosyć istotne argumenty za modelem angażującym protony.

Jedną z głównych klas źródeł kosmicznych obserwowanych przez HESS-a w zakresie gamma są pulsary i związane z nimi relatywistyczne wiatry pulsarowe. Jednym z najciekawszych przypadków w tej klasie jest 48-milisekundowy pulsar PSR B1259-63, który obiega po wydłużonej eliptycznej orbicie masywną gorącą gwiazdę typu Be (rys. 6). Mamy tu do czynienia z dosyć ekstremalną sytuacją, gdy „przebija się" on na swej orbicie przez dyskowy obszar wiatru z gorącej gwiazdy, a w sąsiedztwie periastronu napotyka niezwykle silne pole promieniowania gwiazdy Be. Nierównomierna, o dziwnych maksimach i minimach w obserwowanym okresie intensywność emisji gamma z tego układu czeka na wyjaśnienie, stając się ciekawym problemem astrofizyki.

Obserwacje HESS-a szeregu takich jak wyżej i podobnych obiektów wskazują bezpośrednio miejsca, w których muszą działać procesy przyspieszają-

Parametry obserwacyjne HESS-a

Zakres energii rejestrowanych fotonów γ	100 GeV — 10 TeV
Dokładność pomiaru energii	~15 %
Dokładność wyznaczenia kierunku fotonu γ	3' — 6'
Pole widzenia	5°
Czułość	~10^{-13} erg/(cm^2 s)

ce cząstki promieniowania kosmicznego. Czy te obiekty — pozostałości po supernowych i pulsary — są zatem głównymi źródłami promieniowania kosmicznego w Galaktyce? W oparciu o tak fragmentaryczne obserwacje, w dodatku nie do końca wyjaśnione teoretycznie, trudno by było wyciągać tak ogólne wnioski. Dlatego aby ogólnie sprawdzić, jakie źródła galaktyczne świecą w zakresie promieniowania gamma (a zatem może przyspieszają cząstki), wykonano przegląd pasa nieba wzdłuż płaszczyzny Galaktyki. Taki pierwszy przegląd obszaru nieba w promieniowaniu gamma był możliwy dzięki dużemu, 5° polu widzenia HESS-a. Wyniki, jak zwykle, gdy zaczynamy nowy sposób obserwacji, okazały się niezwykle interesujące. Odkryto wiele nowych obiektów, w tym także pierwszy mikrokwazar widziany w promieniowaniu gamma, a ponadto całą serię źródeł, których nie potrafimy w większości dotąd zidentyfikować (rys. 7). To, że nie widać tych źródeł na niższych energiach w promieniowaniu X lub miękkim gamma, oznaczać może, że mają one istotnie różną naturę od znanych nam dotąd obiektów galaktycznych. Badania trwają, pewnie niedługo rąbek tajemnicy zostanie uchylony.

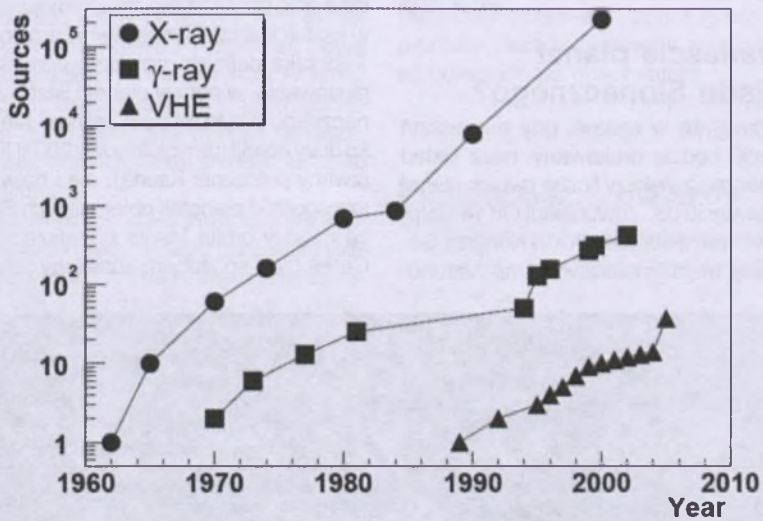
Szalenie ciekawe wyniki uzyskał też HESS w zakresie badań obiektów poza naszą Galaktyką. Oprócz znanych wcześniej kilku blazarów jasno świecących w promieniowaniu gamma, odkryto kilka dalszych obiektów tego typu, niekiedy bardzo odległych. Szczególnie ważne okazały się pomiary takich blazarów ze znacznymi przesunięciami ku czerwieni. Najdalszy z nich, oznaczony symbolem 1ES 1101-232, ma przesunięcie ku czerwieni $z = 0{,}186$ i zgodnie z przeważającymi dotąd opiniami nie powinien w żaden sposób być z Ziemi widoczny w TeV-owym promieniowaniu gamma. Wynika to z faktu, że wysokoenergetyczne fotony gamma, lecąc w przestrzeni miedzygalaktycznej, „zderzając się" z fotonami tła podczerwonego, zamieniają się na pary elektron-pozytron i w ten sposób promieniowanie wysokoenergetyczne jest pochłaniane. Jakie jest widmo ważnego w tym procesie tła podczerwonego, wiedziano dotąd jedynie z modeli teoretycznych (bardzo się zresztą od siebie różniących, gdy opracowywali je różni autorzy), bo lokalne świecenia — światło zodiakalne i składowa galaktyczna — nie pozwalały na bezpośrednie pomiary tego tła. Obserwacje emisji gamma ze wspomnianego wyżej blazara wykazały, że poziom międzygalaktycznego tła promieniowania w podczerwieni musi być bardzo niski, wykluczając większość jego modeli proponowanych wcześniej w literaturze astronomicznej.

Inne ciekawe pomiary pozagalaktyczne są związane z obserwacjami znanej już wcześniej jako źródło gamma radiogalaktyki M87. Mierzony dokładnie strumień gamma wykazał zmienność zarówno w skali lat, jak i kilku dni, stawiając pytanie, co jest źródłem tej emisji. Wyniki te były podstawą do bardzo ciekawej pracy naszego kolegi z Krakowa, Łukasza Stawarza, który przyjmując, że stały strumień z kiloparsekowego dżetu tej galaktyki musi być mniejszy od tego, który się zmienia, wyznaczył dolną granicę na wartość pola magnetycznego w dżecie. Stosował do tego dyskutowaną wyżej metodę porównywania emisji synchrotronowej i odwrotnego efektu Comptona relatywistycznych elektronów dżetu. Uzyskana wartość okazuje się być bardzo bliska ekwipartycji, sytuacji, gdy w polu magnetycznym mamy tyle samo energii, co w relatywistycznych elektronach promieniowania kosmicznego.

Nie ma tu miejsca na omówienie wszystkich wyników astronomii gamma najwyższych energii, ale wspomnijmy, że bardzo ciekawe wyniki uzyskano także na temat emisji gamma z samego centrum naszej Galaktyki — być może z obecnej tam centralnej czarnej dziury, a także z szeregu plerionów (pozostałości po supernowych napędzanych rotującym w środku pulsarem) i aktywnych jąder galaktyk. Można dodać, że HESS dokonał też szeregu obserwacji „negatywnych", wykluczając emisję z niektórych obiektów (supernowa SN 1006, galaktyka NGC 253) uznawanych wcześniej za źródła gamma.

Strony internetowe głównych naziemnych obserwatoriów gamma

HESS — http://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS/HESS.html
MAGIC — http://wwwmagic.mppmu.mpg.de/index.en.html
VERITAS — http://veritas.sao.arizona.edu/index.html
CANGAROO — http://icrhp9.icrr.u-tokyo.ac.jp/



Rys. 8. Porównanie wzrostu w czasie liczby odkrytych źródeł promieniowania rentgenowskiego („X-ray"; głównie pomiary satelitarne), gamma niskich i średnich energii („γ-ray"; pomiary satelitarne) oraz źródeł promieniowania gamma najwyższych energii („VHE"; pomiary z naziemnych obserwatoriów czerenkowowskich). Należy zwrócić uwagę na logarytmiczną skalę liczby źródeł. Widoczne skoki na zaprezentowanych krzywych są związane każdorazowo z uruchomieniem nowego — satelitarnego lub naziemnego — obserwatorium w danej dziedzinie widma

4. Teraźniejszość i przyszłość naziemnej astronomii gamma

Obserwatorium HESS nie jest jedyne — patrz ramka s.201. Niedawno rozpoczęło obserwacje europejskie obserwatorium nieba północnego MAGIC, obecnie rozbudowywane o kolejny teleskop. Wkrótce zacznie działać obserwatorium VERITAS w USA, a już działa kolejna wersja wcześniej istniejącego CANGAROO w Australii. Równocześnie prowadzi się prace przy rozbudowie obserwatorium HESS do jego drugiej fazy, umożliwiającej przesunięcie zakresu pomiarowego do niższych energii, może nawet sięgając pojedynczych dziesiątek GeV. Kilka ostatnich lat i wyniki nowych obserwatoriów pokazują, że astronomia gamma najwyższych energii stała się pełnowartościową, ważną dziedziną astronomii obserwacyjnej. Z tego względu rozpoczęto obecnie prace projektowe przy planach budowy nowego, wielkiego obserwatorium w tym zakresie widma. Głównie europejska współpraca, angażująca m.in. obecne zespoły HESS-a i MAGIC-a, myśli o budowie prawdziwego, wielkiego, otwartego obserwatorium gamma, którego czułość byłaby ~10 razy wyższa od dotychczas działających, a dostęp do wykonywania obserwacji mieliby wszyscy astronomowie na podstawie konkursu propozali. W projekcie tym —*Cherenkow Telescope Array* (CTA, Sieć Teleskopów Czerenkowa) — biorą też udział astrofizycy polscy. Rys. 8 pokazuje dynamikę rozwoju kolejnych zakresów astrofizyki wysokich energii mierzoną ilością odkrytych w danej dziedzinie widma źródeł we Wszechświecie. Możemy się spodziewać, że astronomia gamma najwyższych energii zachowa się w najbliższych latach podobnie jak jej niżej energetyczni „towarzysze" w niedalekiej przeszłości. Skok widoczny na końcu odpowiadającej jej krzywej to odkrycia nowych obiektów w ciągu pierwszych dwóch lat działania HESS-a.

Podziękowania

W obecnej pracy wykorzystano rysunki uzyskane od kolegów, z publikacji i ze stron internetowych *H.E.S.S. Collaboration*, za co bardzo dziękujemy.

Profesor Michał Ostrowski jest kierownikiem Zakładu Astrofizyki Wysokich Energii Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego. Od szeregu lat aktywnie uczestniczy w międzynarodowych programach badań w dziedzinie astrofizyki wysokich energii

rozmaitości

Problem obfitości litu rozwiązany!

Lit jest jednym z niewielu pierwiastków, które powstały w czasie Wielkiego Wybuchu. Astronomowie wiedzą, jak określić ilość zwyczajnej materii we Wszechświecie, a co za tym idzie, potrafią określić ilość litu we wczesnym okresie istnienia Wszechświata. Astronomowie potrafią również stwierdzić, ile litu jest w starych gwiazdach o niskiej zawartości metali. Takie gwiazdy powstawały z materii podobnej do pierwotnej, czyli podobnej do materii wczesnego Wszechświata. Do tej pory ilość litu produkowana w Wielkim Wybuchu była dwa-trzy razy większa niż ta, którą zmierzono w gwiazdach. Rozwiązanie tej kłopotliwej kosmologiczno-gwiazdowej zagadki podaje grupa kierowana przez szwedzkiego astronoma A.J. Koma.

Wiadomo, iż procesy dyfuzyjne zmieniają względną obfitość pierwiastków w gwiazdach pewnych typów. Zgodnie z prawem grawitacji cięższe pierwiastki jakby toną w gwiazdach, przez co stają się niewidoczne na przestrzeni miliardów lat. Astronomowie założyli, iż efekt dyfuzji jest bardziej wyrazisty w gwiazdach starych o niskiej zawartości metali.

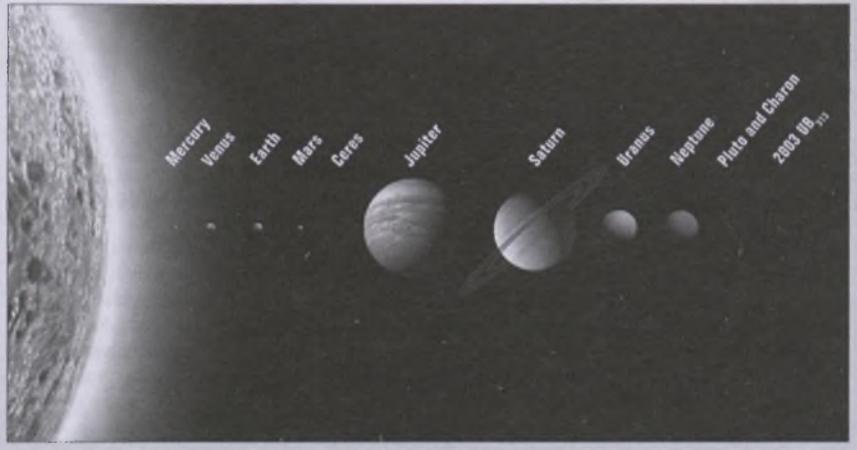
Do sprawdzenia swojej koncepcji użyli spektrografu FLAMES na VLT. Materiałem obserwacyjnym stały się gwiazdy o niskiej zawartości metali w różnej fazie ewolucji z gromady kulistej NGC 6397. Obserwacje pokazały, iż procesy dyfuzyjne nie są stałe i zależą od okresu ewolucyjnego gwiazd. Tak więc teoretyczne przewidywania astronomów okazały się prawdziwe. W wyniku odkrycia tego efektu, obfitości mierzonego litu w starych gwiazdach należy skorygować do wartości zgodnych z kosmologicznymi przewidywaniami.

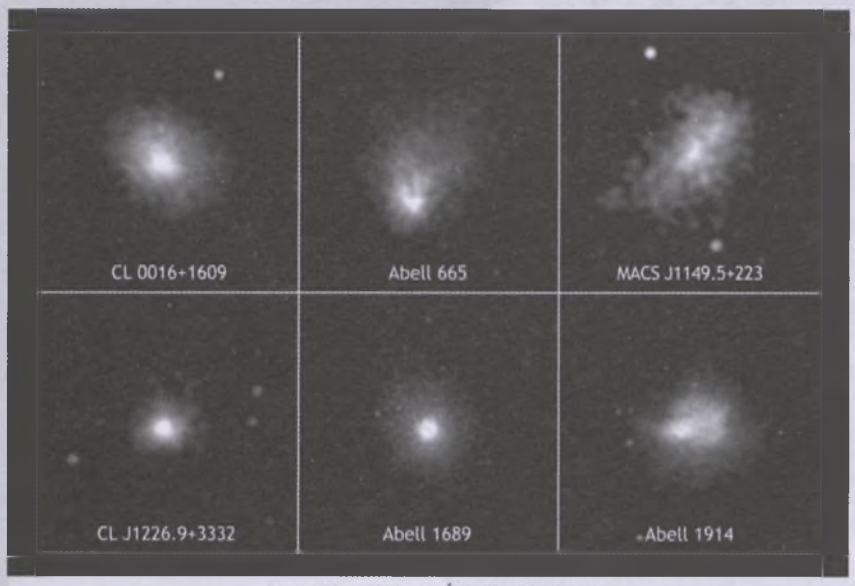
Więcej o odkryciu dokonanym przez astronomów ze Szwecji, Danii, Francji i Rosji można przeczytać w czasopiśmie „Nature".

Piotr Wąż

Dwanaście planet Układu Słonecznego?

Możliwe, że w czasie, gdy ten zeszyt „Uranii" będzie drukowany, nasz Układ Słoneczny zwiększy liczbę swoich planet z dziewięciu do... dwunastu! Od 14 sierpnia w Pradze obraduje XXVI Kongres Generalny Międzynarodowej Unii Astronomicznej, która ma m.in. ostatecznie zdefiniować pojęcie planety. Problem z tym, co jest planetą, a co nie jest, stawał się coraz bardziej dotkliwy w miarę odkrywania co rusz nowych satelitów wokół odległych gwiazd a także nowych ciał transplutonowych. Jest wielkie prawdopodobieństwo przeforsowania propozycji nazywania planetą obiektu, który spełnia dwa proste warunki: po pierwsze, obiekt krąży wokół gwiazdy i sam nie jest gwiazdą. Po drugie, obiekt ma wystarczająco silne pole grawitacyjne, by uformować się w kształt kulisty. Piękno tkwi w prostocie. Jeśli taka definicja przejdzie pomyślnie głosowanie, w poczet planet Układu Słonecznego przyjdzie nam zaliczyć nie tylko duży obiekt transplutonowy $2003UB_{313}$ (zwany potocznie Kseną), ale i największą spośród planetek obiegających Słońce między orbitą Marsa i Jowisza, czyli Ceres (tym sposobem zostałaby załata-





Gromady galaktyk. Źródło: Chandra

na dziura w regule Titiusa-Bodego). Status planety ma uzyskać także... Charon, czyli układ Pluton-Charon byłby w takim przypadku traktowany jako planeta podwójna.

(jd)

Ile ma stała Hubble'a?

Rentgenowskie Obserwatorium Chandra Amerykańskiej Agencji Kosmicznej NASA dostarczyło danych, dzięki którym wyznaczono wartość stałej Hubble'a — współczynnika określającego stopień rozszerzania się Wszechświata.

Według Chandry, które dokonało niezależnych pomiarów i stosując nową metodę, stała Hubble'a wynosi 77 km/s/Mpc (3,26 mln lś /Mpc) z uwzględnieniem 15% błędu. Taka wartość oznacza, że wiek Wszechświata wynosi od 12 do 14 mld lat.

Informacja o stałej Hubble'a jest niezbędna do precyzyjnego określenia rozmiaru i wieku Wszechświata oraz oszacowania ilości zawartej w nim materii. Stałą H określa się ze stosunku prędkości ucieczki obiektów astronomicznych do ich odległości od obserwatora. Standardowe metody wyznaczania dystansu do odległych obiektów opierają się na pomiarach zmian jasności gwiazd pulsujących — cefeid oraz supernowych. Błąd wyznaczenia stałej tymi metodami wynosi około 10%.

Nowa metoda wyznaczenia odległości wykorzystuje rentgenowskie dane z Chandry oraz obserwacje radiowe, które stały się podstawą do oszacowania odległości do 38 gromad galaktyk leżących od 1,4 do 9,3 mld lat świetlnych od Ziemi. Astronomowie wykorzystali zjawisko Sunjajewa-Zeldowicza, w którym fotony reagują z elektronami gorącego gazu ogarniającego gromadę galaktyk. W wyniku takich reakcji fotony uzyskują energię, zniekształcając sygnał pochodzący z tego regionu od mirofalowego promieniowania tła. Wielkość tego zniekształcenia zależy od temperatury i gęstości elektronów oraz od fizycznych rozmiarów gromady galaktyk. Mapy radiowe ukazujące deformacje w promieniowaniu tła oraz dane w promieniach X dotyczące fizycznych parametrów gorącego gazu pozwoliły określić rozmiar gromady, a proste zasady geometrii wyznaczyć jej odległość od obserwatora.

Universe Today/
Karolina Wojtkowska

Planety bez... gwiazdy

W ostatnich latach dokonano wielu interesujących odkryć planet znajdujących się poza naszym Systemem Słonecznym. Układ odkryty za pomocą teleskopów ESO jest niezwykły z powodu braku w nim ... gwiazdy centralnej.

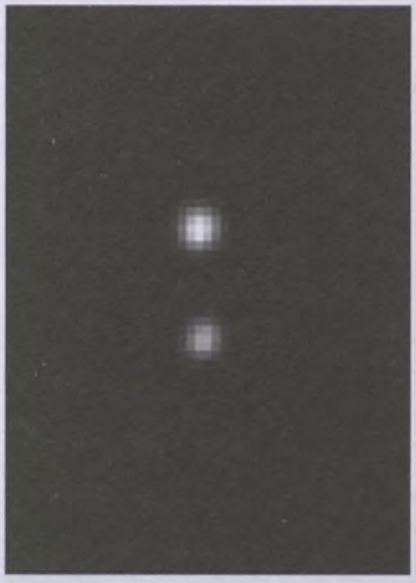
Podwójne planemo (obiekt o masie planety) Oph1622 znajduje się w odległości 400 lat świetlnych od Ziemi w konstelacji Wężownika. W jego skład wchodzą dwa obiekty: jeden o masie 7-krotnie większej od Jowisza i drugi — dwa razy masywniejszy.

W ciągu ostatnich 5 lat astronomowie zdołali zidentyfikować kilkadziesiąt takich ciał niebieskich, ale żadne z nich nie jest obiektem podwójnym. Planemo to w zasadzie brązowy karzeł, którego masa nie przekracza 75 mas Jowisza, zbyt mały, aby w jego wnętrzu mogły rozpocząć się reakcje termonuklearne.

Odkrycie rzuca nowe światło na dotychczas obowiązujące teorie o powstawaniu planet z dysku i gazu otaczającego wirującą, nowo narodzoną gwiazdę.

Para ma około 1 mln lat, krąży dokoła wspólnego środka masy, a odległość dzieląca oba składniki jest sześć razy większa od dystansu dzielącego Słońce od Plutona.

ESO/Karolina Wojtkowska

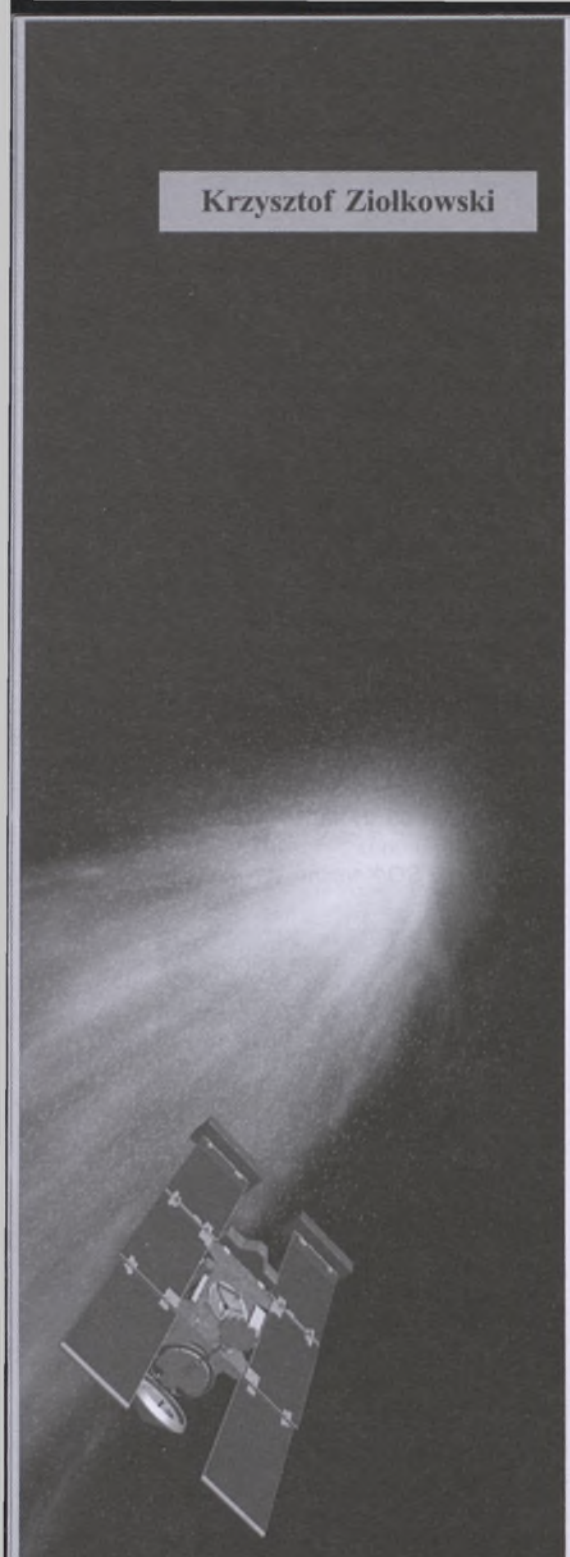


Obraz pary Oph 1622 uzyskany w zakresie bliskiej podczerwieni za pomocą teleskopów ISAAC i VLT

Artystyczna wizja układu Oph1622

Krzysztof Ziołkowski

Misja Stardust, czyli materia komety w ziemskim laboratorium



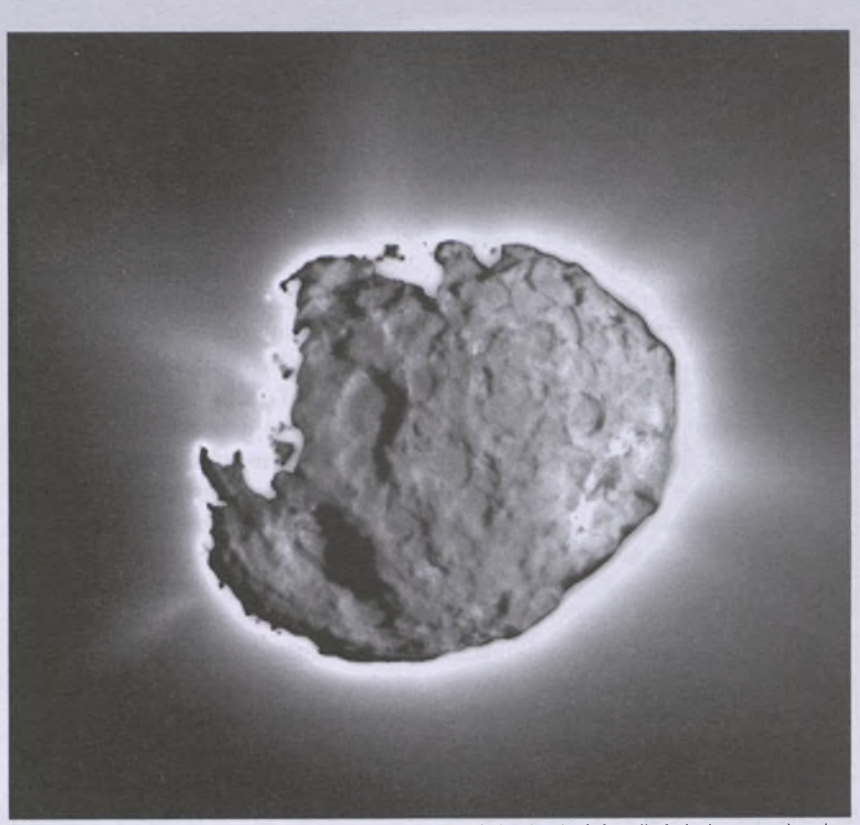
Do Ziemi dociera sporo materii kosmicznej, ale tylko niewielką jej część udaje się znaleźć w postaci meteorytów. Ich laboratoryjne badania są dziś znaczącym uzupełnieniem dociekań astronomicznych. W przypadku wielu znalezisk potrafimy wiarygodnie orzec, że analizowany obiekt pochodzi np. z Marsa czy z Księżyca, a źródłem innego jest jakaś planetoida. Nie napotkano jednak dotychczas meteorytu, o którym można by powiedzieć, że jest okruchem jądra komety. Może się to wydawać dziwne, skoro znaczna część obserwowanych meteorów należy do rojów, będących jak wiadomo efektem przechodzenia Ziemi przez strumienie meteoroidów, utworzone przez materię komet rozproszoną wzdłuż ich orbit. Niemal sensacją było więc pomyślne zakończenie misji kosmicznej Stardust, dzięki której w ziemskich laboratoriach znalazły sie próbki materii pochodzącej z komety Wilda 2.

Kometę 81P/Wilda 2 pierwszy zobaczył szwajcarski astronom Paul Wild w stacji obserwacyjnej Zimmerwald Instytutu Astronomicznego w Bernie. Dostrzegł ją jako rozmytą plamkę o jasności około 14 mag. na zdjęciach nieba eksponowanych 6 i 8 stycznia 1978 r. za pomocą 40 cm kamery Schmidta. Orbitę nowej komety obliczył amerykański badacz ruchów komet B.G. Marsden i pokazał, że obiega ona Słońce w okresie nieco ponad 6 lat w płaszczyźnie niemal pokrywającej się z płaszczyzną ruchu Ziemi. Informacja o odkryciu Wilda ukazała sie w Cyrkularzu Międzynarodowej Unii Astronomicznej datowanym 26 stycznia 1978 r. Analizując, jak kometa poruszała się wokół Słońca, zanim została odkryta, japoński astronom S. Nakano stwierdził rok później, że w 1974 r. przeleciała ona koło Jowisza, którego oddziaływanie grawitacyjne tak zmieniło jej ruch, że mogła zostać z Ziemi zaobserwowana. Jej ponowne odkrycie w następnym pojawieniu nastąpiło w 1983 r. i od tego czasu praktycznie jest już stale śledzona. Pozwoliło to stosunkowo dobrze poznać jej orbitę. Obliczono w szczególności, że wielkie zbliżenie do Jowisza, które umożliwiło jej odkrycie, miało miejsce 9 września 1974 r., a minimalna odległość, w jakiej kometa minęła wtedy największą planetę, wyniosła zaledwie 0,0061 j.a., czyli około 900 tys. km. Spowodowało to zmniejszenie odległości peryhelium komety z 4,95 do 1,49 j.a. i skrócenie okresu jej obiegu wokół Słońca z 43,17 do 6,17 roku.

Warto dodać, że wkrótce po odkryciu, 5 sierpnia 1978 r., kometa Wilda 2 przeleciała w odległości zaledwie 0,07 j.a. od Marsa, ale ze względu na znacznie mniejszą masę tej planety nie miało to już tak dużego wpływu na orbitę komety, jak zbliżenie do Jowisza kilka lat wcześniej. Kometa Wilda 2 może też zbliżać się do Ziemi, np. 5 kwietnia 2010 r. przeleci koło naszej planety

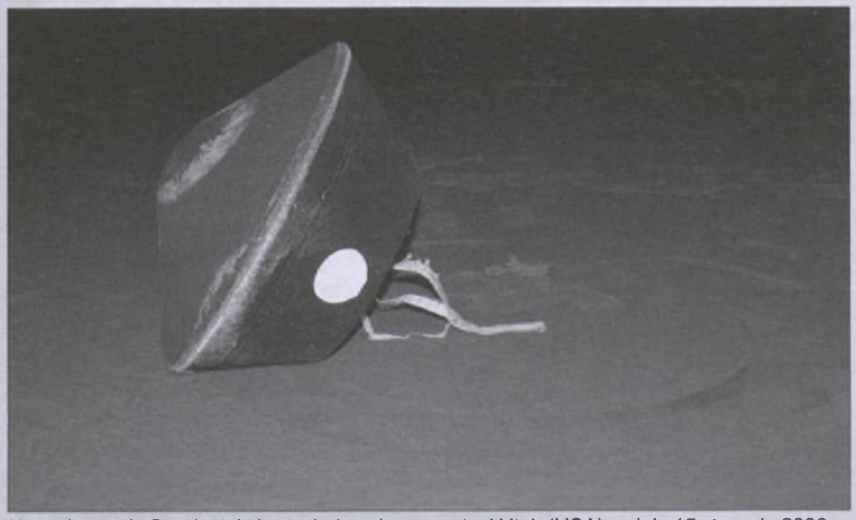
w odległości 0,67 j.a. i pewnie łatwo będzie można ją wtedy zobaczyć. Obecnie porusza się po orbicie położonej w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ruchu Ziemi wokół Słońca pod kątem 3,2°, mającej mimośród 0,5 i rozmiary określone odległościami peryhelium i aphelium wynoszącymi odpowiednio 1,6 i 5,3 j.a.

Wybór komety Wilda 2 jako celu misji Stardust został podyktowany głównie dwoma czynnikami. Po pierwsze, możliwością jej osiągnięcia przez sondę kosmiczną po optymalnej energetycznie trajektorii przy planowanej dacie startu z Ziemi. Po drugie, zbadanie komety, która dopiero od niedawna krąży blisko Słońca, wydawało się szczególnie interesujące, ponieważ jest zapewne zbudowana z materii, na którą promieniowanie słoneczne miało znacznie mniejszy wpływ niż w przypadku obiektów, które bliżej i częściej przelatywały koło Słońca. „Świeżość" komety Wilda 2 potwierdziły ostatnio badania jej dynamicznej ewolucji w okresie minionych 8 tys. lat przeprowadzone przez Małgorzatę Królikowską i Sławomirę Szutowicz z Centrum Badań Kosmicznych PAN. Można więc domniemywać, że kometa 81P/Wild 2 kryje w sobie dużo więcej wiadomości o pierwotnej materii Układu Słonecznego niż inne komety krótkookresowe.



Obraz jądra komety 81P/Wild 2 uzyskany przez złożenie dwóch zdjęć, jednego o bardzo krótkim czasie ekspozycji, pokazującego szczegóły topografii powierzchni jądra, i drugiego, o dłuższym czasie naświetnenia, pokazujące otoczkę jądra i liczne strugi pyłu i gazu uwalniane przez jądro. Oba zdjęcia zostały uzyskane przy pomocy kamery nawigacyjnej w dniu 2 stycznia 2004 r. Jądro tej komety ma ok. 5 km średnicy

Wystrzelenie z Ziemi sondy Stardust, w ramach czwartej misji amerykańskiego programu Discovery, nastąpiło 7 lutego 1999 r. za pomocą rakiety Delta II (model 7426). Głównym jej celem było przechwycenie i dostarczenie na Ziemię materii z głowy komety Wilda 2 oraz cząstek pyłu międzygwiazdowego penetrującego Układ Słoneczny (obecność pyłu międzygwiazdowego w Układzie Słonecznym została odkryta za pomocą sondy kosmicznej Ulysses w 1993 r.). Sonda ma kształt prostopadłościanu o rozmiarach 1,6 × 0,66 × 0,66 m z rozpościerającymi się po obu jego stronach płatami baterii słonecznych (zapewniającymi wszystkim urządzeniom sondy energię elektryczną o mocy od 170 do 800 W, w zależności od odległości od Słońca). W momencie startu masa sondy wynosiła 385 kg, przy czym 46 kg przypadało na kapsułę przeznaczoną do lądowania na Ziemi, a 85 kg na paliwo konieczne do pracy 16 silniczków umożliwiających manewrowanie sondą. Łączność z Ziemią zapewniała sondzie główna antena o średnicy 0,6 m i dwie anteny pomocnicze.



Kapsuła sondy Stardust, która wylądowała na pustyni Utah (USA) w dniu 15 stycznia 2006 r., sprowadzając na Ziemię próbki materii kometarnej i międzygwiazdowej

Zasadniczym elementem wyposażenia naukowego sondy Stardust było urządzenie do pobierania i magazynowania mikrometrowej wielkości cząstek pyłu głowy komety i materii międzygwiazdowej. Składało się ono ze specjalnych paneli (o rozmiarach rakiety tenisowej), wysuwanych z korpusu sondy w odpowiednim czasie i kierunku, z którego spodziewano się uderzeń pyłków. Wypełniała je niezwykła substancja zwana aerożelem. Jest to najlżejszy materiał, jaki zdołano dotychczas wytworzyć (charakteryzujący się gęstością zaledwie 0,02 g/cm^3), mający mikroporowatą strukturę złożoną z niemal czystego dwutlenku krzemu. Aerożel jest materiałem wyjątkowo twardym i sztywnym, który ma bardzo małe przewodnictwo cieplne oraz jest niepalny, nietoksyczny i przezroczysty. Jego wyjątkowość sprawia, że znajduje bardzo dużo zastosowań praktycznych, np. jako izolacja termiczna w samolotach. Osza-

cowano, że do przechwycenia cząstek pyłu kometarnego wystarczy warstwa aerożelu o grubości 3 cm, a cząstek materii międzygwiazdowej tylko 1 cm. Po wykonaniu zadania płytki aerożelu były szczelnie zamknięte w pojemniku, który po umieszczeniu w kapsule lądującej oczekiwał sprowadzenia na Ziemię. Sonda Stardust była ponadto wyposażona w optyczną kamerę nawigacyjną oraz czujniki i analizatory cząstek pyłu.

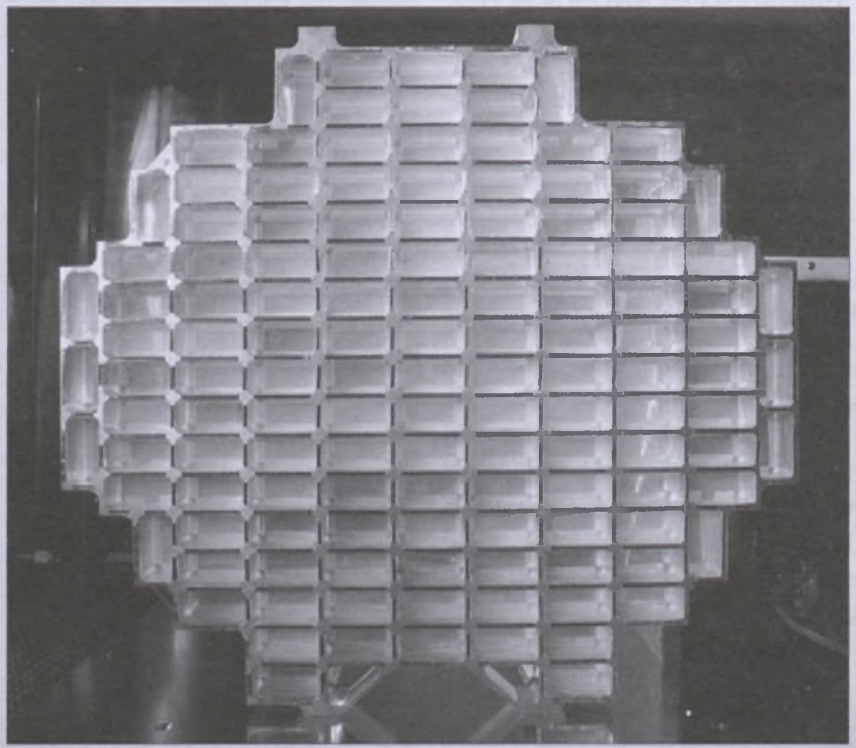
Po trwającym prawie dwa lata pierwszym okrążeniu Słońca sonda Stardust powróciła w pobliże Ziemi i 15 stycznia 2001 r. przeleciała w odległości 6008 km od jej powierzchni, aby wykorzystać oddziaływanie grawitacyjne planety do takiej zmiany trajektorii, która umożliwi osiągnięcie komety Wilda 2. Poruszając się teraz po orbicie okołosłonecznej, położonej w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ekliptyki pod kątem 3,6° i charakteryzującej się odległością aphelium 2,7 j.a., sonda znalazła się 2 listopada 2002 r. w pobliżu planetoidy (5535) Annefrank, którą minęła z prędkością 7 km/s w minimalnej odległości 3078 km. Wprawdzie zasadniczym celem wykonanych wtedy obserwacji i pomiarów było przetestowanie oprogramowania zapewniającego automatyczne funkcjonowanie urządzeń sondy podczas jej przelotu koło głównego obiektu badań, niemniej jednak uzyskane dane umożliwiły znacznie lepsze niż dotychczas poznanie jeszcze jednej planetoidy.

Mała planeta 1942 EM, odkryta 23 marca 1942 r. w Heidelbergu przez niemieckiego astronoma Karla W. Reinmutha (1892–1979), który zasłynął odkryciem prawie 400 planetoid, otrzymała numer katalogowy 5535 oraz nazwę Annefrank dla uczczenia Anny Frank (1929–1945), żydowskiej dziewczynki zamordowanej w obozie koncentracyjnym w Bergen-Belsen po kilkuletnim ukrywaniu się w Amsterdamie, autorki niezwykłego *Dziennika* opublikowanego po raz pierwszy w 1947 r. Annefrank należy do pasa głównego planetoid i okrąża Słońce w okresie 3,3 roku po prawie kołowej orbicie położonej w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ekliptyki pod kątem 4,2°. Oprócz stosunkowo dobrej znajomości jej ruchu wiadomo było, że jest planetoidą typu widmowego S, co oznacza, że na jej powierzchni dominują minerały krzemianowe z domieszkami metali. Obiekty tego typu stanowią około 17% całej populacji planetoid pasa głównego i grupują się przede wszystkim w jego wewnętrznej, bliższej Słońca części. Z pokładu sondy Stardust w ciągu 27 min wykonano kilkadziesiąt zdjęć Annefrank, zaczynając od odległości prawie 11,5 tys. km. Jak nalczało się spodziewać, ma ona nieregularny kształt, a jej rozmiary oceniono na 6,6 × 5,0 × 3,4 km. Dostrzeżone różnice w jasności powierzchni wydają się wskazywać na obecność paru kilkusetmetrowych struktur będących zapewne kraterami uderzeniowymi. Albedo powierzchni, które oszacowano na 0,24, okazało się typowym dla tego rodzaju obiektów.

Sonda Stardust osiągnęła główny cel swej misji na początku 2004 roku: 2 stycznia o godzinie 19:21 UT dogoniła kometę Wilda 2 i przeleciała w odległości 236 km od jej jądra z prędkością względem niego 6,1 km/s; miało to miejsce w odległości 1,8 j.a. od Słońca i 2,6 j.a. od Ziemi. Warto dodać, że był to najwolniejszy przelot sondy kosmicznej koło komety ze wszystkich dotychczasowych. Przypomnijmy, że sonda ICE minęła kometę Giacobiniego-Zinnera z prędkością 21 km/s, spotkanie sond Vega i Giotto z kometą Halleya nastąpiło ze względną prędkością aż około 70 km/s, a sondy Giotto z kometą Grigga-Skjellerupa — 14 km/s, natomiast wzajemna prędkość przelotu sondy Deep Space 1 koło komety Borrellego wynosiła 16 km/s.

Oprócz łapania cząstek materii obłoku gazowo-pyłowego otaczającego jądro komety Wilda 2 (które zaczęło się 10 dni przed największym zbliżeniem) z pokładu sondy Stardust wykonano 72 doskonałej jakości zdjęcia ukazujące szczegóły na powierzchni jądra o rozmiarach nawet do 20 m. W przeciwieństwie do wydłużonych kształtów dotychczas sfotografowanych jąder komet Halleya i Borrellego, jądro komety Wilda 2 okazało się bardziej kuliste i ma rozmiary 5,5 × 4,0 × 3,3 km. Wydaje się to sugerować, że nie jest ono fragmentem jakiegoś większego obiektu, który się kiedyś rozpadł, ale zawierającym materiały lotne małym ciałem, które znalazło się blisko Słońca i rozpoczyna okres stopniowej degradacji. Ten wniosek potwierdza też widoczne na zdjęciach bogactwo struktur powierzchniowych, będących jakby zapisem zapewne długiej już jego ewolucji w zewnętrznych rejonach Układu Słonecznego.

Obfitość i różnorodność zaobserwowanych tworów na powierzchni jądra komety Wilda 2 wydaje się ponadto wskazywać na dominację jakichś sił spójności konsolidujących jego bryłę, nad siłami grawitacji, które mogłyby



Areożelowa siatka, która została umieszczona na sondzie Stardust, miała za zadanie zbieranie cząsteczek pyłu, gdy sonda przechodziła zarówno przez ogon komety Wild 2, jak i w przestrzeni międzyplanetarnej

utrzymywać w obecnym kształcie zbiorowisko niewielkich cząstek materii. O tym, że niektóre jądra komet mogą być takimi samograwitacyjnymi zlepkami pierwotnej materii dysku protoplanetarnego, świadczy m.in. kometa Shoemaker-Levy 9, która przelatując koło Jowisza w 1992 r. rozpadła się pod wpływem pochodzących od niego sił pływowych, a fragmenty tego rozpadu zbombardowały dwa lata później największą planetę. Obserwacje tego zderzenia komety z planetą były niezwykłym i pamiętnym wydarzeniem astronomicznym 1994 r., które znacząco wzbogaciło wiedzę o kometach i o Jowiszu.

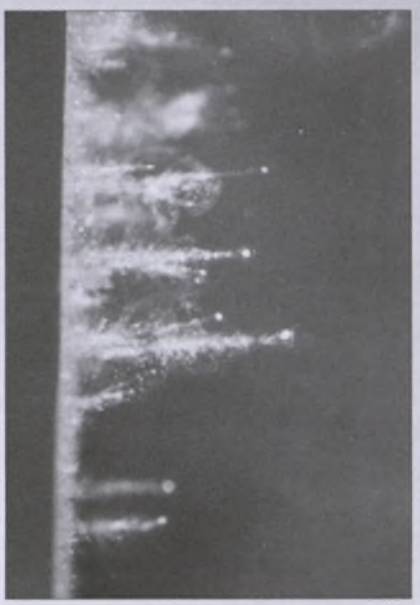
Struktury koliste na powierzchni jądra komety Wilda 2 wydają się mieć pochodzenie uderzeniowe. Są to na ogół niewielkie zagłębienia (o średnicach nie większych niż 2 km) dające się wyraźnie podzielić na dwa rodzaje: niecki podobne do małych kraterów księżycowych oraz depresje o płaskich dnach i niemal prostopadłych do nich ścianach uskokowych. Te różnice próbuje się tłumaczyć odmienną spójnością materii różnych obszarów powierzchni. Ponadto zaobserwowano mające nieregularne kształty depresje oraz wzniesienia o płaskich szczytach ograniczonych uskokami, czyli tzw. ostańce. Sądzi się, że są one pozostałościami po wcześniejszej aktywności sublimacyjnej jądra komety. To przypuszczenie potwierdzają dostrzeżone korelacje tych form ukształtowania powierzchni z prawdopodobnymi miejscami obecnego wypływu strumieni materii, które udało się zlokalizować.

Ocenia się, że niemal 20% powierzchni jądra było aktywne w czasie zbliżenia sondy Stardust do komety Wilda 2. Za pomocą instrumentu monitorującego obecność i intensywność strumieni pyłu w pobliżu jądra stwierdzono, że prawie 80% uderzeń cząstek pyłu nastąpiło w okresie od 620 do 720 s po największym zbliżeniu, co odpowiada odległości od jądra od 3810 do 4420 km. Oszacowano także, że aerożelowa pułapka powinna była przechwycić 2800 ± 500 cząstek pyłu o średnicach co najmniej 15 mikrometrów i masach rzędu 6×10^{-7} kg.

Po trzecim okrążeniu Słońca sonda Stardust znowu znalazła się w pobliżu Ziemi i 15 stycznia 2006 r. zasobnik z pyłem kometarnym został zrzucony na Ziemię. Jego lądowanie na spadochronie miało miejsce na pustyni Utah w Stanach Zjednoczonych. Towarzyszył mu wielki niepokój o powodzenie całej operacji, bowiem było to dokładne powtórzenie nieudanego niestety zakończenia misji Genesis w dniu 8 września 2004 r. Wtedy podczas sprowadzania na Ziemię kontenera, zawierającego pobrane wcześniej w przestrzeni międzyplanetarnej cząstki wiatru słonecznego, nie otworzył się spadochron i kapsuła runęła na Ziemię z prędkością 311 km/h, co oczywiście doprowadziło do jej uszkodzenia (część zawartości udało się jednak uratować). W przypadku misji Stardust, w której zastosowano takie same procedury i rozwiązania techniczne, lądowanie kapsuły w pełni się powiodło i wkrótce w ziemskich laboratoriach rozpoczęły się bezprecedensowe badania materii komety.

Pierwsze oględziny sprowadzonych na Ziemię płytek aerożelu wzbudziły entuzjazm badaczy: dostrzeżono nadspodziewanie dużo śladów uderzeń i zagnieżdżonych pyłków; większość jest mniejsza niż 50 mikrometrów, ale rozmiary około 45 cząstek pozwalają na zobaczenie ich nawet gołym okiem. Już początkowe analizy składu niektórych z dotychczas wydobytych cząstek pyłu kometarnego doprowadziły do zaskakujących wniosków. Okazało się bowiem, że zawierają one minerały (m.in. oliwin, spinel, anortyt, piroksen), które mogły powstać jedynie w bardzo wysokich temperaturach, przewyższających 1000°C. Jeśli więc przyjąć, że krystalizowały w pobliżu powstającego Słońca, to w jaki sposób znalazły się w komecie, która przecież musiała utworzyć się w znacznie chłodniejszych, oddalonych od Słońca rejonach Układu Słonecznego? A może reprezentują one materię pochodzącą spoza naszego Układu? Te fundamentalne pytania, jakie przyniosła misja Stardust, wydają się ożywiać dawny i trochę już chyba zapomniany problem pochodzenia komet, który kilkadziesiąt lat temu należał do najważniejszych zagadnień astronomii kometarnej. Przypomnijmy, że wnikliwe analizy ruchów komet wydawały się wskazywać, że przynajmniej niektóre z obserwowanych obiektów mogą być pochodzenia międzygwiazdowego.

Dwukrotnie podczas misji Stardust, od 22 lutego do 1 maja 2000 r. i od 5 sierpnia do 9 grudnia 2002 r., gdy sonda poruszała się mniej więcej równolegle



Do badań pyłków używano m.in. działka powietrznego, którym „wstrzeliwano" cząsteczki do aerożelu. Zostawiane w tej substancji ślady świadczą o wielkości i energii niesionej przez cząsteczki

do kierunku strumienia cząstek pyłu międzygwiazdowego, trwały próby pobrania również i tej materii. Dotychczasowe wiadomości o przepływie materii międzygwiazdowej przez Układ Słoneczny pozwoliły ocenić, że w wyniku przeprowadzonego eksperymentu być może uda się złapać kilkadziesiąt jej cząstek. Ze względu na ich mikroskopowe rozmiary znalezienie w aerożelu, a potem badanie nielicznych pyłków materii międzygwiazdowej jest znacznie trudniejsze niż bardzo wielu większych pyłków materii kometarnej. Kierownictwo misji postanowiło zwrócić sie z prośbą o pomoc w ich poszukiwaniu do amatorów, ogłaszając projekt Stardust@Home, do którego może przystąpić każdy posiadacz dobrego komputera. Wyposażony przez organizatorów akcji w specjalny program zwany wirtualnym mikroskopem może stać się odkrywcą cząstki pyłu międzygwiazdowego, złapanej przez sondę kosmiczną Stardust. Szczegółowe informacje na ten temat można znaleźć na stronie internetowej: http://stardustathome.ssl.berkeley.edu

Doktor Krzysztof Ziołkowski był przez wiele lat redaktorem naczelnym „Uranii". Obecnie jest sekretarzem naukowym Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie. Jego badania naukowe dotyczą dynamiki małych cial Układu Słonecznego

T. Zbigniew Dworak

160. rocznica odkrycia Neptuna i Trytona

160 lat temu, 23 września 1846 r., Johann Gotfried Galle z Obserwatorium Berlińskiego odkrył — dzięki efemerydzie przesłanej mu przez Urbaina J. J. Leverriera z Paryża — ósmą, nieznaną dotąd planetę Układu Słonecznego, którą następnie nazwano Neptunem. Podobne obliczenia wykonał też John Couch Adams w Anglii, jednak z powodu niechęci dyrektora Greenwich George'a Biddella Airy'ego i opieszałości wielebnego Jamesa Challisa nie został on współodkrywcą nowej planety. W niespełna trzy tygodnie po odkryciu Neptuna, w dniu 10 października 1846 r., angielski miłośnik astronomii William Lassell dostrzegł jego największy księżyc, nazwany potem Trytonem

Sześćdziesiąt lat po odkryciu Urana (zob. *Osobliwy Układ Urana*, „Urania — Postępy Astronomii" nr 1/2006) problemem perturbacji w jego ruchu orbitalnym zainteresował się właśnie młody student astronomii John Couch Adams, wysuwając początkowo na własny użytek przypuszczenie, że nieregularności tego ruchu można z powodzeniem wyjaśnić oddziaływaniem grawitacyjnym jeszcze dalszej, nieznanej planety. Podobną możliwość rozważali nieco wcześniej: wielebny T. J. Hussey w Anglii (1834 r.), astronom duński Peter A. Hansen (1834 r.), francuski Louis Wartman (1836 r.), Friedrich Wilhelm Fleming w Niemczech (1840 r.), a także Johan Mädler w 1841 r. — jednak Adams nic o tych przypuszczeniach nie wiedział. Nie miały one zresztą dalszego ciągu w historii pasjonującego odkrycia nowej, odległej planety. Miała natomiast na Adamsa wpływ sugestia Mary Sommerville o pozauranowej planecie, pochodząca z 1836 r.

W roku 1843 Adams — już jako wykładowca college'u — podjął się opracowania swojego domniemania o istnieniu pozauranowej planety, czyli przewidzenia jej położenia na sferze niebieskiej w określonym czasie (efemerydy), co pozwoliłoby na obserwacyjną weryfikację hipotezy. Założył on na początek, że planeta jest mniej więcej wielkości Urana (pod względem masy i rozmiarów), obiega Słońce w płaszczyźnie orbity Urana i w odległości około 39 j.a. wynikającej z reguły Titiusa-Bodego. O pewne dane do obliczeń Adams poprosił księdza profesora Jamesa Challisa, który zwrócił się w tej sprawie do astronoma królewskiego sir George'a Biddella Airy'ego. Ten dostarczył danych, co więcej — sam był bardzo zainteresowany problemem nieregularności ruchu Urana, widział w tym jednak możliwość podważenia prawa Newtona.

Planowaną pracę polegającą na wysoce skomplikowanych i żmudnych rachunkach Adams ukończył we wrześniu 1845 r. Podał w niej przewidywaną pozycję planety pozauranowej na 1 października tegoż roku. Pracę wręczył dyrektorowi Obserwatorium w Cambridge, Jamesowi Challisowi, ten jednak zamiast podjąć obserwacje, napisał jedynie list polecający do Airy'ego, który był wtedy dyrektorem Obserwatorium w Greenwich. Jak się potem okazało, pozycja nieznanej planety została wyznaczona przez Adamsa z błędem 2° i Challis mógł się stać jej współodkrywcą.

Dalej nastąpiło coś dziwnego — istna „komedia omyłek", w ostatecznym

rezultacie gorzka dla Anglików i Adamsa. Trzykrotnie Adams był u dyrektora Obserwatorium w Greenwich i nie zdołał się z nim zobaczyć. Za trzecim razem zostawił sir Airy'emu swoją pracę, lecz odszedł obrażony, że astronom królewski go nie przyjął. Tymczasem Airy w ogóle o tej wizycie nie został powiadomiony i sądził, iż praca została po prostu przysłana. Przeczytał ją i widocznie nie bardzo zrozumiał — zresztą głównie interesowało go, czy równania Newtona są poprawne dla tak wielkich odległości od Słońca (ponad 5,5 mld km). Napisał w tej sprawie list do Adamsa, na który ten nie odpowiedział, mając uwagi Airy'ego za nieistotne.

Stało się więc tak, że Airy odniósł się sceptycznie do wyników pracy Adamsa i nie wierząc w możliwość określenia pozycji planety dotąd nieznanej (na podstawie rachunku perturbacji), odłożył opracowanie Adamsa do szuflady. Z drugiej jednak strony trudno zrozumieć, dlaczego Adams sam nie opublikował swoich wyników — były one jedynie znane wąskiemu gronu astronomów z Greenwich i Cambridge. W jednym ze swych znacznie późniejszych listów Adams tłumaczył to tym, że chciał, aby odkrycie nowej planety nastąpiło w Anglii.

Koincydencja nadzwyczajnych wydarzeń na tym się jeszcze nie zakończyła, a właściwie — dopiero zaczęła, ponieważ w tym samym 1845 r. dyrektor Obserwatorium Paryskiego, Dominique Arago zainteresował problemem perturbacji w ruchu Urana wybitnego, młodego matematyka Urbaina Jeana Josepha Leverriera. Ten przystąpił do obliczeń, których efektem były trzy publikacje. Druga i trzecia zostały ogłoszone w 1846 r. Kiedy Airy przeczytał drugą pracę Leverriera, zrozumiał, że ma przed sobą rozwiązanie problemu bardzo podobne do rozwiązania Adamsa, różniące się jedynie w szczegółach (Leverrier przyjął na przykład, że nieznana planeta porusza się w płaszczyźnie ekliptyki). Airy napisał do Leverriera, prosząc o wyjaśnienie znowu pewnych mało istotnych rzeczy, ale — co jest zupełnie niezrozumiałe i zdumiewające — nic nie wspomniał o podobnych obliczeniach Adamsa, nie podjął się też ich opublikowania.

Dalej rozpoczął się przedziwny, przez nikogo nie zaplanowany wyścig z czasem między Anglią a Francja, zaś w ostatniej fazie wzięły w nim udział również Niemcy.

Airy, chociaż nadal zachowywał milczenie w sprawie obliczeń przeprowadzonych przez Adamsa, polecił jednak Challisowi poszukiwanie nowej planety. Ten rozpoczął obserwacje 29 lipca 1846 r., lecz prowadził je raczej opieszale. Tymczasem 31 sierpnia tego samego roku Leverrier przedstawił trzecią pracę, podając w niej położenie pozauranowej planety i stwierdzając ponadto, że powinna ona być widoczna w postaci wyraźnej tarczki. 2 września 1846 r. Adams przesłał astronomowi królewskiemu nowe obliczenia, co przecież wcale nie zdopingowało Challisa do staranniejszych obserwacji.

Do dziś zachowała się w jednej z bibliotek w Cambridge w Anglii notatka, jaka sporządził dla siebie młody, zaledwie 22-letni Adams:
Postanowiłem (...) przystąpić, jak tylko można najszybciej po ukończeniu studiów, do badań nad nieregularnościami w ruchu Urana, które do dziś są niewyjaśnione. Celem moim będzie stwierdzenie, czy nie są one wywołane działaniem nie odkrytej jeszcze planety znajdującej się poza Uranem, a także wyznaczenie przybliżonych elementów orbity tej planety, co może doprowadzić do jej „odkrycia". (Zob. też T. Z. Dworak, J. M. Kreiner: *Odległe planety w Układzie Słonecznym*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa — Kraków 2000).

We Francji praca Leverriera spotkała się z uznaniem wybitnych astronomów. Sądzili oni jednak, że mogą to być tylko bardzo interesujące rozważania teoretyczne i także nie przejawili zapału do podjęcia obserwacji. Jak gdyby to przewidując, Leverrier zwraca się z propozycją obserwacji nie do dyrektorów wielkich obserwatoriów astronomicznych, lecz do równego mu wiekiem astronoma berlińskiego Johanna Gotfrieda Gallego. W swoim liście wysłanym 18 września 1846 r. Leverrier informował, iż nowa planeta winna mieć jasność około 7^m, a jej opozycja (przeciwstawienie ze Słońcem) nastąpiła 19 sierpnia 1846 r. Rozmiary kątowe tej nieznanej planety Leverrier oceniał na 3" do 4", więc poszukiwany obiekt powinien się wyraźnie wyróżniać wśród gwiazd.

Galle otrzymał list Leverriera 23 września i poprosił swojego dyrektora, profesora Johanna F. Enckego, o zgodę na podjęcie obserwacji. Encke, chociaż wątpił w sukces, udzielił jednak zgody. Tego samego wieczoru Galle rozpoczął obserwacje za pomocą 23 cm refraktora Obserwatorium Berlińskiego. W tych obserwacjach pomagał mu młody student Heinrich L. D'Arrest. Zwrócił on też uwagę, że w Obserwatorium Berlińskim są mapy z nowego

Fot. 1. Neptun i Tryton w ognisku teleskopu kosmicznego Huble'a

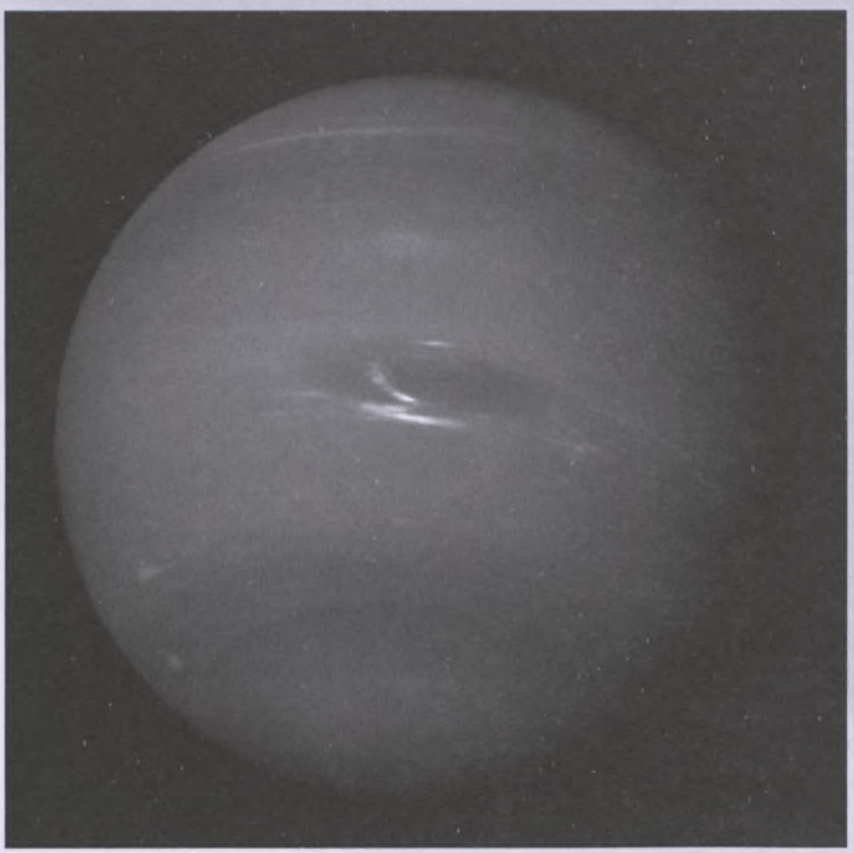
atlasu nieba opracowanego przez Karla Bremikera, a wśród nich — mapa zawierająca okolicę obliczonej przez Leverriera pozycji nieznanej planety. Tych map jeszcze nie wysłano do Francji i Anglii.

Galle znajdujący się przy teleskopie podawał położenie gwiazd będących w polu widzenia okularu, zaś d'Arrest sprawdzał je na mapie. Po kilku kwadransach, niemal dokładnie o północy 23/24 września 1846 r. Galle wymienił kolejną „gwiazdkę" około 8^m i d'Arrest stwierdził, że nie ma jej na mapie. Obiekt ten znajdował się w gwiazdozbiorze Koziorożca, w miejscu o współrzędnych:

$$\alpha = 328°19'16'', \delta = -13°24'08''$$

i był odległy o zaledwie 52' od miejsca wskazanego przez Leverriera. Niezbyt duże powiększenie zastosowane przez Gallego nie pozwoliło na dostrzeżenie tarczki obserwowanego obiektu. W następną noc „gwiazdka" nieznacznie zmieniła położenie na sferze niebieskiej, a dzięki okularowi o krótkiej ogniskowej można było dostrzec niewielką, ale wyraźna tarczkę. Nowa planeta została odkryta.

Natomiast w Anglii Challis, nic jeszcze nie wiedząc o wydarzeniach na kontynencie, prowadził bez zapału swoje poszukiwania. Później okazało się, że aż czterokrotnie obserwował nieznaną planetę — w tym 4 i 12 sierpnia oraz 29 września (i nawet stwierdził, że obserwowany obiekt wyróżnia się... tarczką) — mógł zatem zostać niezależnym współodkrywcą. Ale 1 października owego roku otrzymał wiadomość, że nowa planeta została odkryta tydzień wcześniej.



Fot. 2. Obraz Neptuna uzyskany 25 sierpnia 1989 r. w czasie największego zbliżenia sondy Voyager 2 do tej planety. Widoczna jest Wielka Ciemna Plama i chmury w wysokich warstwach atmosfery planety

Nieufność Airy'ego do rozważań teoretycznych Adamsa, niechęć Challisa do rzetelnego prowadzenia poszukiwań sprawiła, że palma pierwszeństwa przypadła Leverrierowi. Oczywiście jako pierwszy planetę pozauranową dostrzegł Galle. Lecz świat naukowy zgodnie przyznał, że było to zasługa matematyka francuskiego. Galle był tylko współodkrywcą, co zresztą w niczym nie przeszkodziło Berlinowi również święcić tryumf.

Mechanika niebieska — wykorzystująca prawo powszechnego ciążenia sformułowane przez Newtona — odniosła ogromny sukces. Teoretyczne wywody Leverriera potwierdziły jej skuteczność. Podczas gdy świat naukowy był pod wrażeniem jednego z najwspanialszych dokonań astronomii teoretycznej, wydarzenia w Anglii zaczęły przybierać groteskowy charakter. Podjęto próbę rehabilitacji Adamsa, za którym ujął się sir John Herschel. Mianowicie 3 października 1846 r. został opublikowany list Herschela w czasopiśmie „Atheneum", w którym stwierdził, że wcześniej od Leverriera podobne obliczenia wykonał Adams, lecz tylko fatalny zbieg okoliczności spowodował, iż ogół naukowy nie dowiedział się o niej. Herschel napisał list w wyważonej formie, nie kwestionował bynajmniej prawa Leverriera do pierwszeństwa. Ale burza jednak się rozpętała. Nagle, nie wiadomo po co, Challis napisał 5 października list do Arago, że 29 września obserwował nową planetę, lecz ani słowem nie wspomniał o Adamsie! A 14 października list do Leverriera napisał Airy — ten wspomniał co prawda o pracy Adamsa, lecz dość lekceważąco, na zakończenie zaś umył po prostu ręce w tej całej przykrej sprawie.

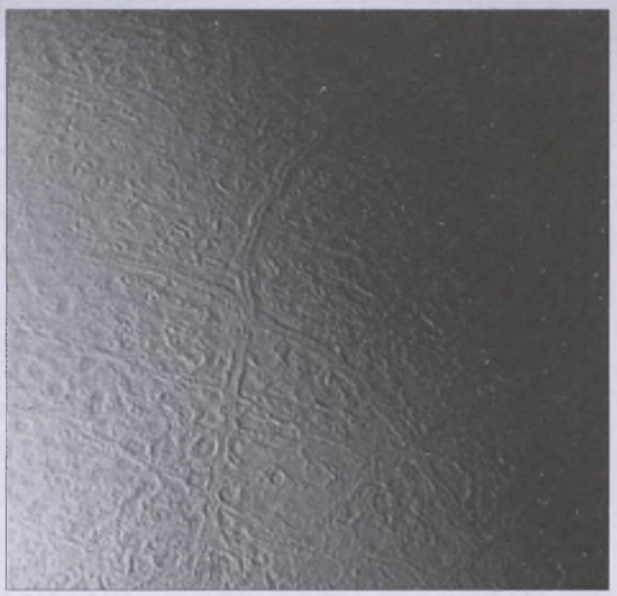
Tabela 1
Podstawowe dane o Neptunie

Wielka półoś orbity	4 498 316 400 km
Okres obiegu	164 lata 289 dób
Średnica równikowa	49 268 km
Masa	17,15 masy Ziemi
Średnia gęstość	1 638 kg/m^3
Okres rotacji	16,11 godziny
Nachylenie osi rotacji	60°2,5'
Mimośród orbity	0,00859
Nachylenie orbity do ekliptyki	1°46'09"
Prędkość ucieczki	25 km/s

We Francji zawrzało. Był to wiek nacjonalizmów, nic tedy dziwnego, że niektóre gazety francuskie, nie orientujące się w dodatku w zawiłościach naukowych i formalnych, przypuściły niewybredne ataki na astronomów angielskich.

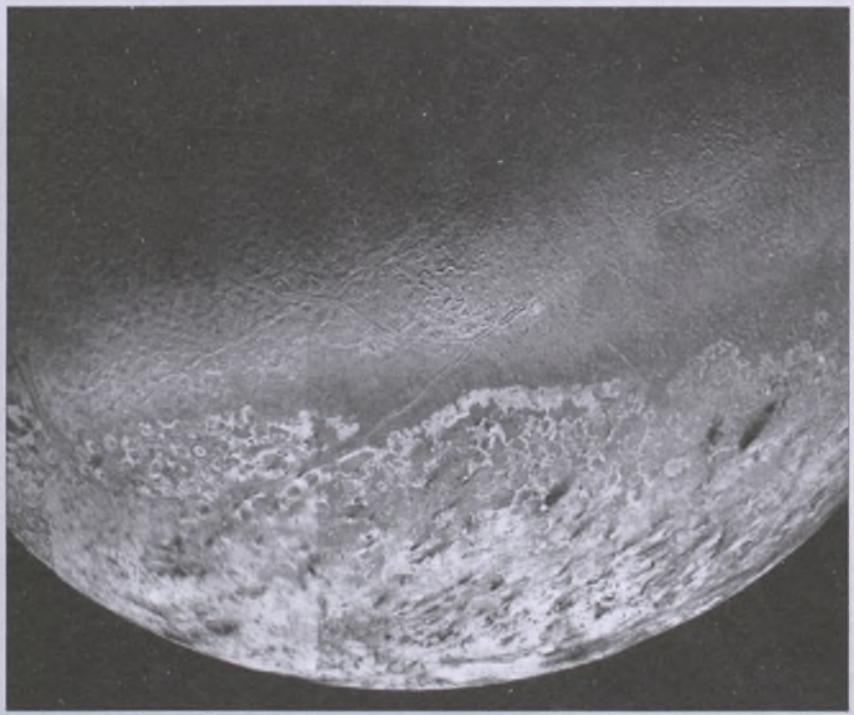
Niemiła sytuacja, jaka wytworzyła się w świecie naukowym pod koniec 1846 r., rzutowała również na kwestie nadania nazwy nowo odkrytej planecie. Początkowo Leverrier twierdził, iż pragnął ja nazwać Neptunem. Potem „uległ" opinii publicznej i zgodził się, żeby planetę nazwać „Leverrierem", a jednocześnie planecie Uran miano przywrócić nazwę „Herschel". Miał to być zapewne gest pojednania pod adresem astronomów angielskich. Jednak ostatecznie zwyciężyło jednolite stanowisko astronomów angielskich, niemieckich i rosyjskich — zaakceptowano pierwszą z proponowanych nazw: Neptun, która dobrze pasowała do tradycji nadawania imion z panteonu greckiego oraz rzymskiego.

W dwa miesiące po odkryciu planety, kiedy opadły też emocje, zajęto się problemem określania elementów orbity Neptuna. Szukano także wcześniejszych przypadkowych spostrzeżeń tej planety. Odnaleziono zapisy astronoma francuskiego Josepha J. de Lalande'a z 8 i 10 maja 1795 r., w których odnotował położenie obiektu mogącego być ze względu na pozycję i jasność Neptunem. Zresztą Lalande wyznaczone przez siebie w ciągu dwóch nocy pozycje owego obiektu opatrzył znakiem zapytania, ponieważ wydawały mu się (i całkiem słusznie!) nie całkiem zgodne ze sobą. Obserwował Neptuna również J. Russell Hind w dniu 25 października 1845 r. (!), lecz wziął go za jedną z gwiazd. A zupełnie niedawno okazało się, że już w latach 1612-13 Galileusz obserwując Jowisza i jego księżyce, dostrzegł „przy okazji" Neptuna jako słabą gwiazdkę.



Fot. 4. Fragment powierzchni Trytona z charaktrystycznym krzyżem. Rzeźba terenu została ukształtowana prawdopodobnie po zastygnięciu wcześniej stopionych lodów

W połowie XIX w. pojawił się również polski akcent związany z odkryciem Neptuna, a głównie z określeniem elementów jego orbity. Otóż w latach 1850--52 astronom polski Marcin Kowalski opracował teorię ruchu Neptuna jako rozprawę doktorską, dzięki której otrzymał katedrę astronomii na Uniwersytecie Kazańskim. Z tego powodu, w źródłach zachodnich, jego sukces jest przypisywany... Rosji (zwłaszcza że Polski nie było wtedy na mapie Europy) — i oto mielibyśmy następny powód do sporów, istotnych jednak wyłącznie w sferze pozanaukowej.



Fot. 3. Jasna południowa półkula Trytona — zdjęcie uzyskane przez Voyagera 2, w 4 godz. po zdjęciu Neptuna na fot. 2 z odległości 40 tys. km od satelity

Kolejne odkrycie związane z tą planetą zostało dokonane już 10 października 1846 r. Znakomity angielski obserwator i miłośnik astronomii William Lassell dostrzegł wtedy krążący wokół Neptuna największy jego księżyc, nazwany potem Trytonem (o jasności $13{,}6^{m}$). A po kilku dniach, używając 25-cm teleskopu, zauważył on wokół Neptuna pierścień podobny do pierścienia Saturna. Podczas następnych pięciu nocy utwierdził się w przekonaniu, że nowo odkryta planeta jest otoczona pierścieniem. Widzieli go również inni obserwatorzy. Odkrycie potwierdził też James Challis oraz jego asystent Morgan w styczniu 1847 r. Nieco wcześniej, bo w grudniu 1846 r., J. Russell Hind obserwujący Neptuna w Londynie stwierdził, że przez używany przez niego mniejszy 18 cm teleskop nie widział wprawdzie pierścienia opisanego przez Lassella, ale istnienie takiego tworu uważał za wielce prawdopodobne, ponieważ obraz planety w teleskopie był wyraźnie wydłużony. W ciągu kolejnych miesięcy 1847 r. i w latach następnych nikt z obserwatorów Neptuna, łącznie z samym Lassellem, nie mógł już dojrzeć pierścienia. Obecnie, kiedy wiadomo nareszcie, że pierścienie wokół Neptuna istnieją, przyjdzie ponownie zinterpretować dawne obserwacje i spróbować je uzgodnić z nowymi albo wyjaśnić, dlaczego po 1847 r. pierścienie nie były dostępne dla obserwacji teleskopowych.

Od momentu odkrycia Neptun nie wykonał jeszcze pełnego obiegu wokół Słońca. Stanie się to za niespełna 5 lat, w roku 2011 i wtedy można będzie wyznaczyć definitywną orbitę tej planety.

Podsumujmy teraz wiadomości o Neptunie posiadane do czasu osiągnięcia jego okolic w 1989 r. przez sondę kosmiczną Voyager 2 po jej dwunastoletniej, owocnej misji astronautycznej.

Podstawowe dane o geometrycznych i fizycznych parametrach Neptuna zamieszczamy w tabeli 1.

Średnica kątowa Neptuna obserwowanego podczas jego przeciwstawienia, czyli najmniejszej odległości od Ziemi, wynosi zaledwie 2,6" (Leverrier oceniał ją na ponad 3", a więc zupełnie prawidłowo).

Dość szybki ruch wirowy, a ściślej — duża prędkość liniowa punktu na równiku planety — jak również niewielka gęstość stawiają Neptuna w rzędzie planet-olbrzymów, do których należą również: Jowisz, Saturn i Uran.

Wnętrze Neptuna zawiera prawdopodobnie jądro krzemianowe o średnicy blisko 16 000 km otoczone warstwą tzw. gorącego lodu o grubości około 8 000 km. Powyżej rozpościera się warstwa ciekłego wodoru cząsteczkowego (H_2). Neptuna otacza gęsta, rozległa atmosfera złożona głównie z wodoru H_2 (85%), helu He (13%) i metanu CH_4 (2%), a także śladowych ilości amoniaku NH_3.

W dniu 25 sierpnia 1989 r. automatyczna sonda kosmiczna Voyager 2 osiągnęła układ Neptuna odległy niemal o 4,5 mld km od Ziemi; należy podkreślić, iż to Neptun był w latach 1979–1999 najdalszą planetą! Obecnie uważa się go za ostatnią planetę Układu Słonecznego wobec zaliczenia Plutona do obiektów Pasa Kuipera.

Przekazane przez Voyagera 2 dane o układzie Neptuna oraz zobrazowania ciał tego układu — samej planety, jej księżyców i... pierścieni — okazały się równie rewelacyjne, jak w przypadku układu Urana.

Neptun to prawdziwie błękitna planeta, otoczona dynamiczną i o znacznej grubości atmosferą, w której również występuje pasmowy układ obłoków — co prawda nie aż tak malowniczy, jak w przypadku Jowisza. Lecz, podobnie jak w potężnej atmosferze Jowisza, na Neptunie istnieje ogromne zawirowanie nazwane Wielką Ciemną Plamą (o rozmiarach zbliżonych do średnicy Ziemi). Znajduje się ona w sferze tropikalnej planety na szerokości około –22°. Zaobserwowano ponadto małą, ciemną plamę na szerokości około –54° z białymi obłokami pośrodku. Podobne chmury towarzyszą również Wielkiej Ciemnej Plamie, zaś pomiędzy nią a małą plamą cyrkuluje biały obłok regularnego kształtu. W górnych warstwach atmosfery zauważono *cirrusy* z zamrożonego metanu „zalegające" na wysokości od 50 do 100 km nad zasadniczą powłoką chmur. W atmosfe-

Tabela 2

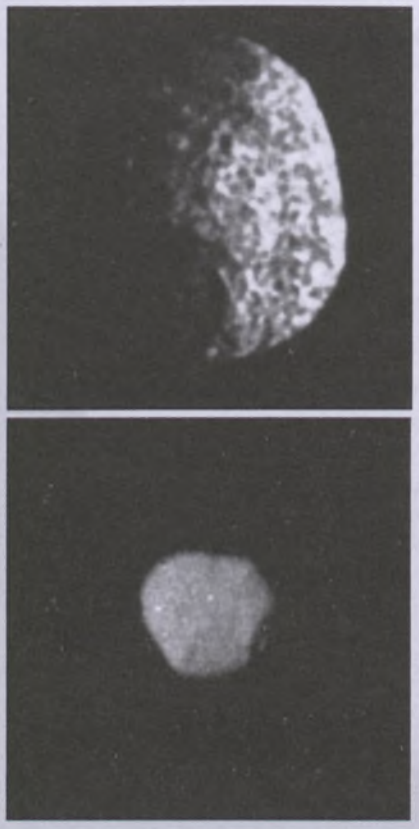
Podstawowe dane o księżycach i pierścieniach Neptuna

Nazwa	Wielka półoś orbity (km)	Okres obiegu (doby)	Mimośród e	Nachylenie i	Średnica (szer. pierścienia) (km)
Galle	41 000—43 000	0,25?	(15)		
Naiada	48 230	0,294	0,0004	4,746°	66
Thalassa	50 080	0,311	0,0002	0,209	82
Despina	52 530	0,335	0,0002	0,064	150
Le Verrier	53 200	0,335?	(30)		
Lassell/Arago	53 200—57 500	(4000?)			
Galathea	61 950	0,429	0,0000	0,062	176
Adams	62 930	0,42?	(50?)		
Larissa	73 550	0,555	0,0014	0,205	210×180
Protheus	117 640	1,122	0,0005	0,026	440×415×400
Tryton	354 800	5,877	0,0000	156,834	2707
Nereida	5 513 400	360,14	0,7512	7,232	340
2002 N1	15 728 000	1879,71	0,5711	134,101	48
2002 N2	19 345 000	2914,07	0,2931	45,511	48
2002 N3	23 571 000	3167,87	0,4237	34,741	48
2003 N1	46 695 000	9115,91	0,4499	137,391	28
2002 N4	48 387 000	9373,99	0,4945	132,585	60

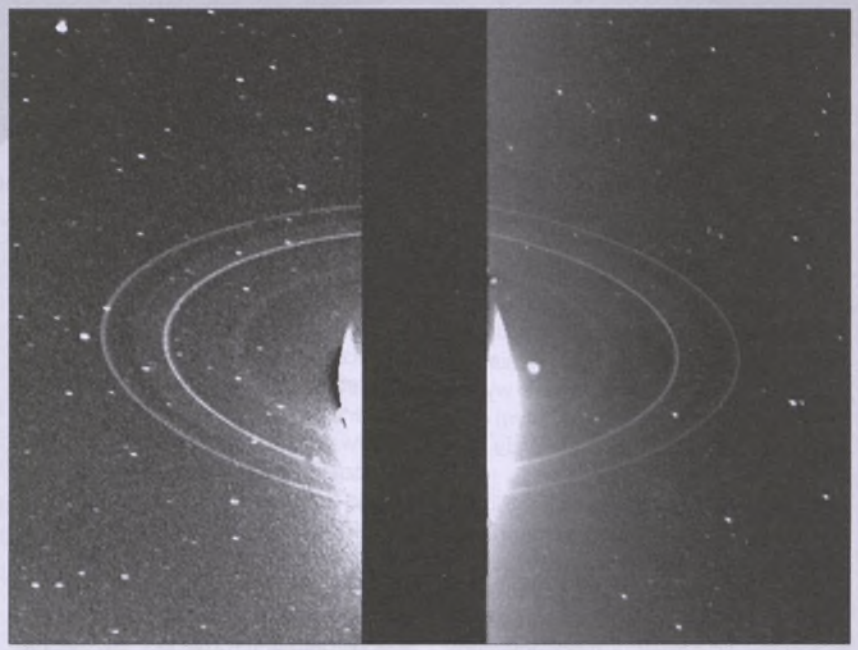
Uwaga: Kursywą podano nazwy pierścieni; księżyc Larissa jest najprawdopodobniej tożsamy z satelitą 1981 N 1 sygnalizowanym jeszcze w 1981 r. przez Arnolda Reitsemę podczas interpretacji obserwacji zakrycia gwiazdy *52 Oph* przez Neptuna.

rze Neptuna wieją niezwykle silne wiatry, które osiągają prędkość 1000 km/godz., a nawet więcej, przy czym — jak to wynika z ruchu obłoków metanowych — masy atmosferyczne przemieszczają się na znaczne odległości i z reguły w kierunku przeciwnym do ruchu obrotowego planety, tworząc potężne zawirowania. Nie do końca jeszcze zostało poznane źródło dodatkowej wewnętrznej energii wzbudzającej atmosferę tej planety. Słońce bowiem — z tak ogromnej odległości — wygląda jak niezwykle jasno świecący punkt i mogący nagrzać atmosferę Neptuna do zaledwie 73 K (–200°C). Jest to stanowczo za mało, żeby pobudzać masę atmosferyczną tej planety do tak intensywnych ruchów. Musi zatem istnieć wewnętrzne źródło energii — podobnie jak w przypadku Jowisza czy Saturna. Dodajmy jeszcze, iż na Neptunie występują podobne pory roku i strefy klimatyczne jak na Ziemi, ponieważ jego oś rotacji jest nachylona do płaszczyzny orbity planety pod kątem ok. 60°. Jednak każda pora roku trwa na Neptunie ok. 41 lat ziemskich.

Stwierdzono, iż również Neptun ma własne pole magnetyczne, chociaż słabsze niż pole Urana czy nawet Ziemi. Bieguny magnetyczne są odległe o około 50° od biegunów planetograficznych, przy czym oś pola magnetycznego jest przesunięta względem środka planety. Podobną asymetrię odnotowano także na Uranie.



Fot. 5. Nereida i Proteus — księżyce Neptuna odkryte przez Voyagera 2



Fot. 6. Pierścienie wokół Neptuna. Planeta została specjalnie przesłonięta, aby jej blask nie „oślepiał" obserwatora i aby w ten sposób można lepiej widzieć słabo świecące pierścienie planety

Największe jednak wrażenie wywołało chyba odkrycie pierścieni, sześciu minisatelitów, a także zobrazowanie powierzchni Trytona.

Uaktualnione dane o księżycach i pierścieniach Neptuna zawiera zamieszczona w ramce tabela 2; w tym również o odkrytych już w XXI w. pięciu peryferyjnych minisatelitach, które, być może, zostały przechwycone przez planetę z Pasa Kuipera. Natomiast szczegółowy opis tych ciał (ich parametry geometryczne i fizyczne), morfologię ich powierzchni, a także widoki nieba z powierzchni satelitów zawiera artykuł *Księżyce układu dalekiego Neptuna* („Urania – Postępy Astronomii" nr 3/2004).

Co zobaczyłby astronauta, gdyby mógł się znaleźć się na Neptunie (a przynajmniej w górnych warstwach jego atmosfery)?: dwa jasne pierścienie okalające niebo, pięć bladych księżyców (o średnicach kątowych tarcz od kilku do kilkunastu minut łuku), wschodzących na zachodzie, zachodzących na wschodzie, szybko zmieniających fazy i jasność oraz często zaćmiewanych. Ponadto na niebie Neptuna będzie można zobaczyć równie bladego satelitę (Proteusa) o rozmiarach zaledwie 7' (mniej niż 1/4 średnicy kątowej naszego Księżyca), wschodzącego i zachodzącego normalnie — wreszcie majestatycznego i barwnego Trytona oraz punktową Nereidę.

Chociaż dla ewentualnego obserwatora na Neptunie Tryton wschodzi na wschodzie, a zachodzi na zachodzie, to jednak na tle gwiazd przemieszcza się nie wstecz (z zachodu na wschód — jak nasz Księżyc), lecz wprost, ponieważ ruch orbitalny Trytona jest wsteczny. Widoczna z Neptuna tarcza Trytona ma rozmiary kątowe jak nasz Księżyc (29') i może w pełni osiągnąć jasność obserwowaną około minus siódmej wielkości gwiazdowej, a zatem znacznie więcej niż Wenus w maksimum jasności na ziemskim niebie.

Z układu Neptuna uda się niekiedy dostrzec Urana jako gwiazdkę poranną bądź wieczorną piątej zaledwie wielkości, a także — lecz bardzo rzadko — Plutona, który może być dla hipotetycznego obserwatora znajdującego się w układzie Neptuna planetą górną i niekiedy dolną, chociaż ze względu na znaczne nachylenie orbity Plutona do orbity Neptuna to pojęcie nie zawsze ma sens.

T. Zbigniew Dworak jest profesorem w Zakładzie Kształtowania i Ochrony Środowiska w AGH w Krakowie. Zajmuje się ponadto środowiskami planet i ich księżyców, gwiazdami zaćmieniowymi i historią astronomii

Wzajemne zakrycia planet Układu Słonecznego

27 sierpnia 2006 r. nastąpiło zbliżenie Wenus do Saturna na odległość 0°,07, czyli 4'. Odległość ta była kilkanaście razy większa niż średnica tarcz tych planet. Zatem do wzajemnego zakrycia nie doszło. Można sobie zadać pytanie: jak często występują i kiedy ostatnio wystąpiły, a kiedy nastąpią w najbliższym czasie prawdziwe wzajemne zakrycia planet?

Gdyby planety krążyły wokół Słońca po orbitach leżących w tej samej płaszczyźnie co orbita Ziemi, to dla obserwatora ziemskiego ich ruch po niebie odbywałby się wyłącznie po linii prostej — ekliptyce i co kilka dni następowałoby wzajemne zakrywanie się poszczególnych planet. W rzeczywistości sytuacja jest bardziej skomplikowana — nachylenie płaszczyzn orbit planet w stosunku do płaszczyzny orbity Ziemi wynosi od 0°,8 dla Urana do 7°,0 dla Merkurego i 17°,1 dla także z wielu innych względów oryginalnego Plutona. Efektem tego jest fakt, że poszczególne planety możemy znaleźć na niebie nawet kilkanaście stopni od ekliptyki. Rozrzucenie ruchu planet po pasie wokółekliptycznym, kilka tysięcy razy szerszym od widomych średnic ich tarcz powoduje, że wzajemne zakrycia są wydarzeniem niezwykle rzadkim.

Licząc efemerydy planet, otrzymujemy ich pozycje na dany moment, a nich możemy określić wzajemną odległość planet (konkretnie — środków ich tarcz) oraz kątowe rozmiary ich tarcz. O wzajemnym zakryciu się planet możemy mówić wówczas, gdy odległość kątowa środków tarcz planet jest mniejsza od sumy ich kątowych promieni. Promień tarczy planety zależy od jej rzeczywistej średnicy i odległości od obserwatora. W tabeli 1 są uwidocznione zakresy widomych promieni tarcz planet widzianych z Ziemi (promienie biegunowe, tylko w przypadku Urana promień równikowy).

Z tabeli widać, że np. wzajemne zakrycie Wenus i Jowisza może nastąpić tylko wtedy, gdy odległość pomiędzy środkami tarcz tych planet na firmamencie będzie mniejsza niż 32,7+23,5 = 56",2. Jest to warunek konieczny, ale niedostateczny do wystąpienia takiego zjawiska. Na pewno zakrycie nastąpi, gdy odległość środków tarcz będzie mniejsza od sumy minimalnych widomych promieni, tj. kiedy będzie mniejsza od 4,8+14,3 = 19",1. Jeżeli odległość będzie z pomiędzy 19",1 a 56",2 to, czy zakrycie wystąpi, zależeć będzie od aktualnej odległości planet od Ziemi, co pociąga za sobą rozmiar kątowy ich tarcz.

Wzajemne zakrycia planet posiadają cechę charakterystyczną dla wszystkich zakryć w obrębie Układu Słonecznego — występowanie pasów widoczności. Zakrycie jest widoczne tylko w pewnym obszarze, który może pokryć fragment powierzchni Ziemi tak, że dla jednego obserwatora (znajdującego się w pasie widoczności) zakrycie następuje, a dla innego (poza pasem) — nie. Wyliczanie obszarów objętych pasem widoczności jest dość skomplikowane, ale można sprawę uprościć poprzez wyliczenie pozycji planet dla teoretycznego obserwatora geocentrycznego i uwzględnienie możliwego w danej chwili zakresu zmiany tego położenia dla obserwatorów topocentrycznych wywołanego paralaksą. Paralaksa powoduje, że obserwator na powierzchni Ziemi widzi obrazy tarcz planet przesunięte względem pozycji wyliczonych dla obserwatora geocentrycznego o pewien kąt nigdy nie większy od ujętych w poniższej tabeli 2.

Pamiętać należy, że paralaksa przesuwa zarówno obraz planety zakrywającej, jak i zakrywanej, ale w nierównym stopniu (zależnym od odległości poszczególnych planet od obserwatora).

Nie musi dochodzić do samego wzajemnego zakrycia tarcz planet, aby zjawisko było efektowne. Już samo zbliżenie się planet na odległość mniejszą od 1° powoduje, że można zaobserwować tarcze obu planet jednocześnie w polu widzenia teleskopu, a gdy odległość spadnie poniżej 1', oba obiekty zupełnie zleją się w jeden punkt dla obserwatora oglądającego zjawisko nieuzbrojonym okiem.

Jak często dochodzi do silnych zbliżeń planet i wzajemnych zakryć? W ostatnim czasie, w latach 2000–2006, 7 razy wystąpiła sytuacja, w której dwie planety znajdowały się w odległości kątowej mniejszej niż 0°,1. W trzech z nich brał udział Merkury (z Wenus, Marsem i Uranem). W pięciu brała udział Wenus (z Merkurym, Jowiszem, Saturnem i dwa razy z Uranem). Nie powinno dziwić częste występowanie Merkurego i Wenus w takich zbliżeniach, ponieważ planety te szybko poruszają się po firmamencie i częściej mogą zbliżyć się np. do Jowisza czy Saturna niż te dwie ostatnie, powolne planety do siebie. Z drugiej stro-

Tabela 1

Planeta	Minimalny kątowy promień tarczy	Maksymalny kątowy promień tarczy
Merkury	2",3	6",5
Wenus	4,"8	32",7
Mars	1",7	12",8
Jowisz	14",3	23",5
Saturn	6",7	9",4
Uran	1",7	2",1
Neptun	1",0	1",1
Pluton	0",03	0",06

Tabela 2

Planeta	Maksymalne przesunięcie tarczy planety dla obserwatora na powierzchni Ziemi względem wyliczonej pozycji geocentrycznej
Merkury	17,0"
Wenus	34,5
Mars	24,1
Jowisz	2,2
Saturn	1,1
Uran	0,5
Neptun	0,3
Pluton	0,3

Tabela 3

Planety	Moment zbliżenia		Maksymalne zbliżenie		Suma widomych promieni tarcz	Odległość kątowa od Słońca
	Data	Czas TDT	geocen.	topocen.		
Mars i Uran	22 III 2013	18:18	39,1"	35,8"	3,5"	6°
Mars i Pluton	23 III 2020	5:16	43,9	38,4	3,1	68
Wenus i Neptun	27 IV 2022	19:13	25,2	16,8	9,6	43
Wenus i Neptun	15 II 2023	12:27	42,8	37,0	6,9	28
Merkury i Mars	23 VIII 2032	4:25	15,7	11,7	4,6	13
Wenus i Uran	11 VII 2035	18:14	30,9	26,2	6,6	8
Merkury i Saturn	15 IX 2037	21:32	18,7	11,9	10,2	15
Merkury i Neptun	5 V 2039	9:36	40,6	33,9	3,7	13
Merkury i Neptun	4 VI 2050	6:39	48,2	40,9	4,0	17

ny fakt, że to właśnie planety wewnętrzne (przebywające blisko Słońca) biorą udział w takich zbliżeniach, informuje nas, że zazwyczaj takie zbliżenie jest trudne do zaobserwowania, szczególnie gdy myślimy o obserwacjach nocnych. Do największego zbliżenia w tamtym okresie doszło pomiędzy Wenus a Jowiszem. W dniu 17 maja 2000 r. o godzinie 10:31 odległość pomiędzy środkami tarcz dla obserwatora geocentrycznego wynosiła 41",8 przy sumie widomych promieni 20",3 (odstęp pomiędzy krawędziami tarcz wyniósł 21",5).W tym czasie Wenus była oddalona od Ziemi o 1,72 AU. Umożliwiło to widome zbliżenie tych dwóch planet o dalsze 3,7" dla obserwatora korzystnie ulokowanego (Wenus przechodziła na północ od Jowisza i obserwowanie ich z okolic bieguna północnego wskutek paralaksy zbliżało jeszcze te dwie planety). Tak więc do samego zakrycia dla obserwatora ziemskiego nie doszło, jednak biorąc pod uwagę fakt, że całe zdarzenie miało miejsce niecałe 7° od tarczy słonecznej i tak obserwacja tego zjawiska z Ziemi była praktycznie niemożliwa.

Podczas tych 7 zbliżeń w latach 2000–2006 odległość kątowa planet od Słońca w momencie zbliżenia była od 7° do 37°. Tak więc warunki do obserwacji były za każdym razem słabe. Ponadto momenty największego zbliżenia wypadały częściej w godzinach okołopołudniowych. Gdy planety uczestniczące w zbliżeniu można było oglądać na wieczornym lub porannym niebie, odległość pomiędzy nimi była już znacznie większa niż w momencie maksymalnego zbliżenia.

W latach 2007–2050 wystąpi 35 zbliżeń planet na odległość mniejszą od 0°,1. Merkurego w takich sytuacjach będziemy mogli zaobserwować 13 razy, Wenus — 15 razy, Marsa — 11 razy, Jowisza i Saturna — 4 razy, Urana — 9 razy, Neptuna — 12 razy i Plutona — 2 razy. Najczęściej będą się „łączyły w pary" Wenus z Neptunem (6 razy) i Merkury z Marsem (5 razy). Wśród nich 9 zbliżeń będzie charakteryzowało się wzajemną odległością środków tarcz planet mniejszą od 1' (60"):

Jak widać (tab. 3), w żadnym przypadku suma widomych promieni zbliżających się planet nie będzie większa od wzajemnej odległości środków tarcz tych planet w momencie maksymalnego zbliżenia, czyli tarcze planety się nie zetkną. Różnica tych dwóch wartości jest równa minimalnej wzajemnej odległości krawędzi tarcz obu planet. Największe zbliżenie krawędzi tarcz nastąpi 15 września 2037 i wyniesie zaledwie 1",7 dla optymalnie położonego obserwatora topocentrycznego.

Choć w latach 2007–2050 nie wystąpi ani jedno wzajemne zakrycie tarcz

Tabela 4

Planety	Moment zbliżenia		Maksymalne zbliżenie		Suma widomych promieni tarcz	Odległość kątowa od Słońca
	Data	Czas TDT	geocen.	topocen.		
Jowisz i Neptun [1]	19 IX 1702	14:07	2,4"	0,5"	24,4"	165°
Merkury i Uran [2]	14 VII 1708	13:03	6,0	0,0	5,0	25
Merkury i Jowisz	4 X 1708	12:41	11,4	6,5	16,7	1
Wenus i Saturn	29 VIII 1771	19:38	9,2	4,8	12,4	14
Merkury i Uran	21 VII 1793	5:38	0,6	0,0	4,8	24
Merkury i Saturn	9 XII 1808	20:34	16,9	9,7	9,9	20
Wenus i Jowisz	3 I 1818	21:52	12,2	8,2	20,0	16
Wenus i Jowisz	22 XI 2065	12:46	14,2	10,3	19,4	8
Merkury i Neptun	15 VII 2067	11:56	9,9	1,9	4,2	18
Merkury i Mars	11 VIII 2079	1:31	1,2	0,0	4,5	11
Merkury i Jowisz	27 X 2088	13:43	18,9	13,9	16,8	5
Merkury i Jowisz	7 IV 2094	10:49	6,8	1,7	18,0	2

[1] Neptun został odkryty w 1846 r., w 1702 r. nie był jeszcze znany.
[2] Uran został odkryty w 1781 r., w 1708 r. nie był jeszcze znany.

planet, jednak będziemy w 2038 r. świadkami ciekawego zjawiska, kiedy to Jowisz i Uran przez wiele dni będą podróżowały po niebie w niewielkiej odległości kątowej. 3 lutego 2038 ich wzajemna odległość spadnie poniżej 1°, 18 lutego będą już tylko 0°,1 od siebie. O godzinie 18 w dniu 19 lutego ich wzajemna odległość osiągnie minimum — 203". Następnie powoli będzie rosła do wielkości 27' w dniu 11 marca i znowu znacznie spadać aż do 76" wieczorem 30 marca, a 16 kwietnia wzajemna odległość przekroczy 1°. Tak więc przez 72 dni dwie planety będą nieprzerwanie zbliżone do siebie o mniej niż 1°. W tym czasie ich odległość kątowa od Słońca będzie spadała od 158° do 84°, a ich deklinacja będzie się utrzymywała w okolicach +22°, zatem warunki do obserwacji powinny być bardzo sprzyjające.

Kiedy zatem wystąpi (lub ostatnio wystąpiło) rzeczywiste zakrycie wzajemne planet? Analizując ruchy planet na przestrzeni 4 wieków (lata 1701–2100), możemy stwierdzić zaistnienie 12 takich przypadków. Ciekawe jest, że w latach 1819–2064 nie było i nie będzie żadnego zakrycia. Ponadto spośród tych 12 zakryć tylko jedno (z 1702 r.) mogło być obserwowane w warunkach nocnych (gdyż odległość planet od Słońca wynosiła wtedy 165° a nie mniej niż 26° jak w pozostałych przypadkach), ale dotyczyło ono Neptuna — planety, która nie była jeszcze wówczas znana.

Zestawienie to przynosi nam smutną prawdę, że nie będzie dane żyjącym dzisiaj osobom obserwowanie nocnego złączenia się planet, gdyż najbliższe wydarzy się dopiero 2 XII 2223 r., kiedy to Mars przejdzie przed tarczą Jowisza. Pozostaje nam podziwianie jedynie silnych zbliżeń. I tu druga zła informacja: chociaż przeciętnie dochodzi do jednego zbliżenia rocznie przy uwzględnieniu warunku wzajemnej odległości mniejszej od 0°,1, to akurat w latach 2007–2012 nie wystąpi żadne z takich zbliżeń, a dopiero lata 2016–2024 dadzą wysyp takich zjawisk (14 razy w ciągu 9 lat).

Piotr Brych

Zmienne pole magnetyczne Ziemi

O tym, że ziemskie pole magnetyczne ulega powolnym zmianom, wiemy już od połowy XIX w. Badania paleomagnetyczne wskazują na zmiany biegunowości pola magnetycznego, zachodzące w ciągu ostatnich 160 mln lat w odstępach czasu od dziesiątek tysięcy do dziesięciu milionów lat. Sam proces przeorientowania biegunów zachodzi dość szybko — potrzeba na to prawdopodobnie kilku tysięcy lat. Ostatnie takie zjawisko wystąpiło około 780 tys. lat temu. Odpowiedzialne za nie jest ziemskie dynamo magnetyczne, jednak szczegóły procesu są niejasne. Ostatnie wyniki grupy fizyków włoskich (Vinzenzo Carbone ze współpracownikami — arXiv:physics/0603086) z marca tego roku wskazują na statystyczne grupowanie momentów przeorientowywania ziemskiego pola magnetycznego — proces posiada rodzaj „pamięci" i kolejne przełączania biegunów nie są całkowicie od siebie niezależne. O ile wcześniej sądzono, że do opisania zmian biegunowości wystarczy statystyka Poissona (ta sama, która dobrze opisuje np. rozpad promieniotwórczy), to dokładna analiza dostępnych baz danych zawierających wyniki badań paleomagnetycznych wskazuje na znacznie lepszy opis pomiarów za pośrednictwem tzw. procesu Lévy'ego, w którym mamy do czynienia z długozasięgowymi korelacjami w czasie. Procesy Lévy'ego są wykorzystywane m.in. do analizy trzęsień ziemi czy danych finansowych. Na dzień dzisiejszy nie posiadamy jednak wiedzy, która pozwoliłaby na przewidzenie momentu kolejnego przełączenia biegunów magnetycznych. Dwa miesiące później (w maju br.) ukazała się praca Davida Gubbinsa i współpracowników („Science", **312**, 900) dotycząca zmian pola magnetycznego Ziemi w „mikroskali", jeżeli patrzeć na przedziały czasu, o których mówiliśmy wcześniej. Dotyczy ona analizy danych nawigacyjnych (chodzi o kierunki pola magnetycznego Ziemi wydedukowane ze wskazań ówcześnie używanych kompasów) zawartych w zapisach starych dzienników okrętowych z lat 1590–1840. Tak uzyskane dane posłużyły do odtworzenia natężenia pola magnetycznego w tym czasie (nie prowadzono wtedy systematycznych obserwacji magnetometrycznych). Wynik okazał się dość nieoczekiwany. Dotychczas sądzono, że obserwowane od mniej więcej drugiej połowy XIX w. zmniejszanie się ziemskiego pola magnetycznego (o około 0,5% na dekadę lub 15 nT na rok) jest zjawiskiem stabilnym. Wyniki Gubbinsa i kolegów pokazują jednak, że w okresie przez nich analizowanym pole malało znacznie wolniej — o około 2 nT na rok. Załamanie nastąpiło około roku 1860. Od tego czasu natężenie pola maleje znacznie szybciej. Zanalizowany okres obserwacji jest znacznie krótszy od okresu kilku tysięcy lat, potrzebnego na przełącznie biegunów magnetycznych i dotyczących go wyników raczej nie należy ekstrapolować w przyszłość. Z drugiej strony widać, jak wiele jeszcze brakuje do zrozumienia zjawisk dziejących się dosłownie pod naszymi stopami.

(*rs*)

Krater na Antarktydzie

Uczeni zajmujący się astronomią planetarną odkryli krater uderzeniowy pochodzący od upadku meteorytu większego niż ten, który przyczynił się do wyginięcia dinozaurów 65 min lat temu.

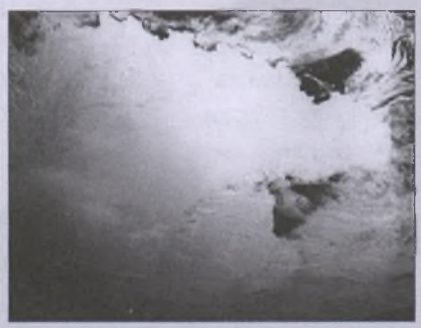
Krater znajduje się pod ponadpółtorakilometrową warstwą antarktycznego lodu na terenie Ziemi Willesa we wschodniej części kontynentu. Ciało, które go wydrążyło, musiało upaść na Ziemię blisko 250 mln lat temu i mieć około 48 km średnicy. Położenie i rozmiar krateru (jego średnica wynosi 482 km) sugerują, że uderzenie mogło spowodować pęknięcie superkontynentu Gondwany, powstanie rowu tektonicznego i oderwanie się Australii.

Nowo odkryty krater jest ponad dwa razy większy od Chicxulub znajdującego się na półwyspie Jukatan w Ameryce Południowej. To właśnie tutaj uderzył w powierzchnię Ziemi obiekt o średnicy około 10 km, co spowodowało wyginięcie dinozaurów. Na Księżycu znajduje się co najmniej 20 kraterów uderzeniowych o rozmiarach zbliżonych do tego na Antarktydzie.

Odkrycia dokonał satelita GRACE Amerykańskiej Agencji Kosmicznej NASA przy użyciu instrumentów rejestrujących niewielkie zmiany wartości przyspieszenia grawitacyjnego pod lodową skorupą Antarktydy. Naukowcy odkryli ponad 300-m wybrzuszenie w skorupie ziemskiej zbudowane z materiału płaszczowego. Tego typu struktury powstają, gdy duże obiekty zderzą się z powierzchniami planet.

Odkrycie wymaga ostatecznego potwierdzenia, a ma nim być zdobycie próbki materiału skalnego z krateru.

OSU Research/Karolina Wojtkowska



Galeria Uranii

Wiesławowi Skórzyńskiemu udało się (po raz pierwszy w życiu) sfotografować obłoki srebrzyste. Niżej prezentujemy dwa obrazy, które zrobił około 30 km na północ od Torunia 16 lipca tego roku, aparatem Nikon D50 z obiektywem Nikkor 70-300/4-5.6 D ED. Czas ekspozycji wynosił 5 s, a czułość 400ASA

Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

Fot. Nicolas Outters

Galeria Uranii

Prezentowany tu obraz Drogi Mlecznej pochodzi z sesji wyjazdowej Mariusza Świętnickiego pod ciemne niebo na górę Kamionka (Podkarpacie). Zdjęcie zostało wykonane 3 lipca br. w godz. 0:12–00:24 CWE aparatem Nikon D70s z obiektywem Nikkor 18-70/3,5-4,5 DX.Czas ekspozycji 3×120 s, a czułość 1600 ASA

Jeziora na Tytanie

Sonda Cassini zarejestrowała obrazy będące dowodem na istnienie ciekłych jezior na największym satelicie Saturna — Tytanie. Uczeni już od jakiegoś czasu podejrzewali występowanie tam jezior ciekłego metanu i etanu.

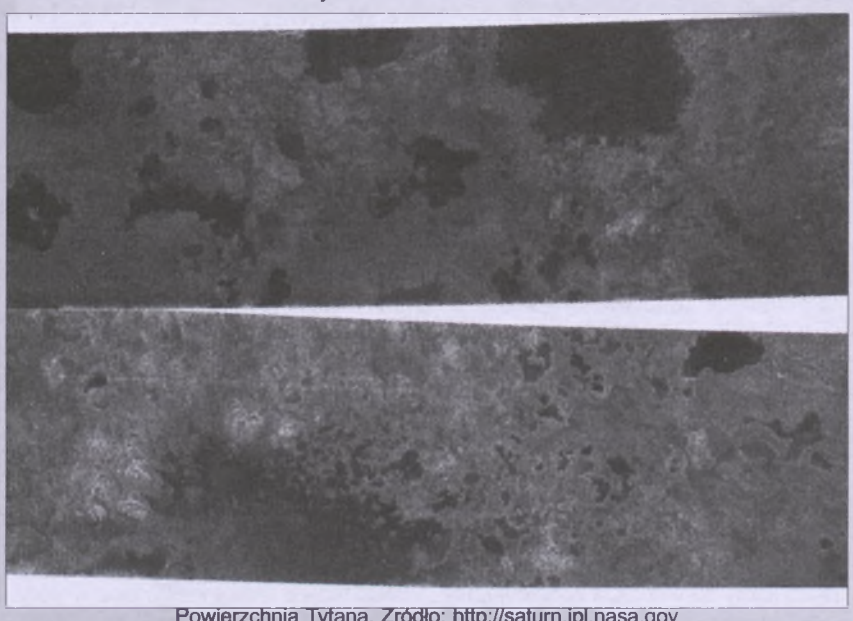
Obrazy radarowe uzyskane przez sondę Cassini ujawniły występowanie na Tytanie wielu miejsc prawdopodobnie wypełnionych ciekłym węglowodorem. Ciemne plamy przypominające ziemskie jeziora najczęściej występują na dużych szerokościach satelity, w okolicy jego północnego bieguna. Na zdjęciach wyraźnie widać ciemne plamy, od których odchodzą kanały — charakterystyczne twory prawdopodobnie wydrążone przez ciecz. Niektóre jeziora i łączące je kanały są zupełnie czarne; jest to wynik braku sygnału radiowego z tych miejsc, a to oznacza, że są one bardzo gładkie i płaskie. Widoczne są także brzegi skarpy otaczające jeziora — być może materiał stopniowo odsłaniany podczas parowania cieczy.

Jeśli odkrycie zostanie potwierdzone, Tytan będzie drugim (po Ziemi) ciałem Układu Słonecznego, na którym stwierdzono obecność jezior.

Na górnym obrazie widać obszar o rozmiarze 420×150 km ze środkiem o współrzędnych 80°N i 92°W. Centrum dolnego obrazu ma współrzędne 78°N i 18°W i obejmuje obszar o rozmiarze 475×150 km. Najmniejszy szczegół na zdjęciach ma 500 m średnicy.

Misja Cassini-Huygens jest projektem łączonym NASA, ESA i Włoskiej Agencji Kosmicznej.

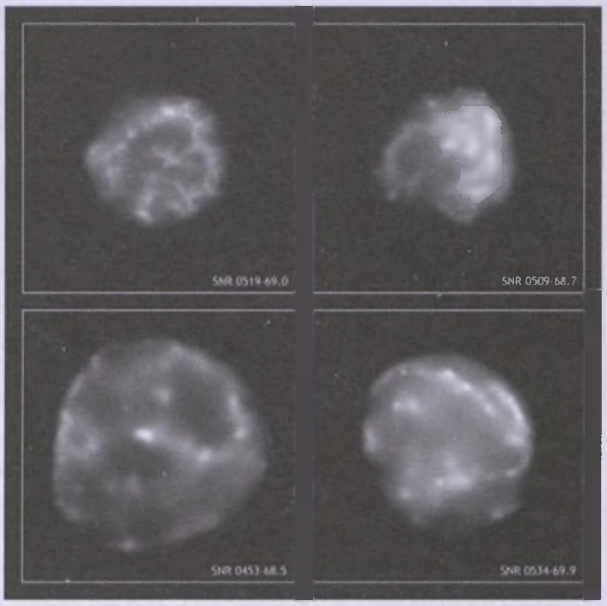
NASA / Karolina Wojtkowska



Powierzchnia Tytana. Źródło: http://saturn.jpl.nasa.gov

Pozostałości po supernowych

W Wielkim Obłoku Magellana znajdują się, przedstawione na fotografii, pozostałości po wybuchach czterech supernowych. Obrazy uzyskane za pomocą satelity rentgenowskiego Chandra przedstawiają ekspandujący, rozgrzany do wielu milionów stopni gaz. Przybliżony wiek tych pozostałości to 600 lat (górna, lewa), 1500 lat (górna, prawa), 10 000 lat (dolna, prawa) i 13 000 lat (dolna, lewa). Widma pochodzące z satelity dostarczają wielu cennych informacji i danych dotyczących fizyki eksplozji gwiazd. Z przedstawionych na zdjęciu trzy najmłodsze pozostałości ujawniają koncentrację pierwiastków charakterystycznych dla wybuchów typu Ia. Do takiej eksplozji dochodzi, gdy materia opadająca z gwiazdy-towarzysza na białego karła powoduje zachwianie jego stanu równowagi. Pozostałość SN 0453-68.5 (dolna, lewa) powstała jako efekt wybuchu typu II. Wydarzenie to ma miejsce, gdy zapas paliwa jądrowego ulega wyczerpaniu, gwiezdne jądro zapada się i tworzy gwiazdę neutronową, a zewnętrzne warstwy rozpraszają się w przestrzeni kosmicznej. Szybko wirująca gwiazda neutronowa wyrzuca namagnesowany strumień wysokoenergetycznych cząstek — na zdjęciu widoczny w postaci wydłużonych, jasnych, biało-niebieskich plamek w centrum.



Pozostałości po supernowych w Wielkim Obłoku Magellana. Źródło: http://chandra.harvard.edu/photo/2006/4snr/

Chandra X-Ray Observatory/ Karolina Wojtkowska

na rozkładówce

Znane kształty w niezwykłych barwach

Obraz znanych mgławic Ameryki Północnej (NGC 7000) i Pelikana został uzyskany przez francuskiego miłośnika astronomii Nicolasa Outters w niezwykłych, „fałszywych" barwach. Zwykle mgławice te są fotografowane w świetle widzialnym i dominuje w nich kolor czerwony, którego źródłem jest zjonizowany wodór. Tutaj autor użył kamery CCD czułej w ultrafiolecie i filtrów wycinających promieniowanie zjonizowanego tlenu OIII i zjonizowanej siarki SII. Obszary jasne to świecenie frontów jonizacyjnych tych pierwiastków, a obszary ciemne to głównie pył. Zdjęcie zostało wykonane w jego obserwatorium w Alpach Francuskich (wys.1060 m n.p.m.) w dniach od 24 czerwca do 1 lipca br., całkowity czas ekspozycji wyniósł 18 godz. 40 min

Obserwacja całkowitego zaćmienia Słońca w Turcji 29 marca 2006 r.

Żegnając się z uczestnikami wyprawy na zaćmienie Słońca na Węgry w 1999 r., umawialiśmy się na wyjazd do Turcji w siedem lat później. Czas ten minął szybciej, niż można się było spodziewać...

Dwa autokary, wiozące członków naszej ekipy, wyruszyły z Krakowa mroźnym, sobotnim rankiem 25 marca. Naszym celem była letniskowa miejscowość Side na Riwierze Tureckiej, znajdująca się dokładnie w środku pasa całkowitego zaćmienia, co dawało perspektywę spektaklu trwającego aż prawie cztery minuty. Łącznie w obu autokarach jechało po 39 osób, pochodzących z całej Polski — m.in. z Krakowa, Poznania czy Gdańska. Nasza grupa składała się z 47 panów i 31 pań, przy czym najmłodszy uczestnik wyprawy liczył sobie zaledwie sześć wiosen, natomiast najstarszy obserwator za kilka miesięcy miał skończyć 85 lat!

Już od kilku dni „z zapartym tchem" śledziłem zmieniającą się co kilka godzin prognozę pogody dla interesującego nas obszaru, na szczęście z dnia na dzień coraz lepszą. Wyglądało na to, że właśnie środa 29 marca będzie dniem o najlepszej pogodzie — niepokoił mnie jedynie klin niżowy, który biorąc początek od „polskich" niżów północnych, miał od północnego wschodu zbliżyć się do miejsca naszej obserwacji. Północne niże nie dawały ponadto praktycznie żadnych szans na ładną pogodę w Stambule w poniedziałek 27 marca, a poczynając od czwartku 30 marca towarzyszyć nam miały deszcze, nawet ulewne. Cóż, wyglądało na to, że mamy duże szanse zobaczenia zaćmienia, natomiast nie najlepsze były perspektywy turystycznej części naszej wyprawy. Niepokoiły też informacje o powodziach w Serbii, Bułgarii i północnej Turcji.

Na szczęście okazało się, że pogoda w ciągu całej wyprawy, a w szczególności podczas zaćmienia, była bez zarzutu. Po poniedziałkowym zwiedzaniu „po drodze" Stambułu, we wtorek 28 marca byliśmy na miejscu, w Side, miasteczku stanowiącym niezwykłe połączenie ruin starożytnej stolicy Pamfilii i współczesnego letniska.

Już rano w dniu zaćmienia widać było, że żadne chmury nie powinny nam przeszkodzić w jego obserwacji. Owszem, widoczne były nieliczne, rzadkie chmury pierzaste typu *cirrus*, jednak w miarę upływu czasu i wznoszenia się Słońca coraz wyżej nad horyzontem, chmury te zanikały.

Główna grupa naszych obserwatorów wyruszyła, pod moim kierunkiem, na upatrzoną wcześniej skarpę nadmorską o godz. 11:00. Po drodze stwierdziliśmy, że główna ulica Side jest pełna ludzi zmierzających w kierunku cypla, przeważały tureckie wycieczki szkolne, które jednak kierowały się głównie do starożytnego amfiteatru, gdzie pokaz zaćmienia przygotowywała już od poprzedniego dnia ekipa NASA. Pomimo naszych obaw okazało się, że wydmy, ruiny i plaża „pomieściły" bez problemu wszystkich chętnych. W południe wszyscy byli już gotowi na swoich stanowiskach. Warto wspomnieć, że opodal naszej grupy jeden z amerykańskich miłośników astronomii miał skierowany na Słońce teleskop Coronado, co pozwoliło nam jeszcze przed zaćmieniem zapoznać się z rozmieszczeniem protuberancji na brzegu tarczy Słońca.

Zaćmienie częściowe rozpoczęło się planowo o 12:38 (podaję czas w urzędowym czasie tureckim, czyli letnim czasie wschodnioeuropejskim). Już przy fazie 0,5 dało się odczuć wyraźne ochłodzenie oraz osłabienie oświetlenia plaży poniżej. Ochłodzenie to „odczuła" także atmosfera, gdyż na niebie zaczęły się ponownie kondensować nieliczne, rzadkie chmury pierzaste — widać jednak było, że nie stanowią one żadnego zagrożenia dla obserwacji fazy całkowitej. Jak się później okazało, chmury te stanowiły niezwykłą oprawę zaćmionego Słońca w fazie całkowitej.

Od godz. 13:40 czekaliśmy już na widok nadciągającego cienia — nie zauważyliśmy go jednak, a zdarzenia, jak to zwykle w czasie całkowitego zaćmienia Słońca, zaczęły biec coraz szybciej. Morze i plaża szybko zmieniały barwę na popielatozielonkawą, temperatura spadała. Wąski sierp Słońca szybko zamienił się w bardzo jasny punkt, który powoli „przygasał" — widzieliśmy znany z poprzednich zaćmień tzw. „pierścień z diamentem". Ustawiwszy aparat fotograficzny na Słońce, już po zdjęciu filtra słonecznego, wykonywałem „na ślepo" zdjęcie po zdjęciu, w tym samym czasie obserwując je wizualnie. W porównaniu z zaćmieniem w 1999 r., zjawisko „pierścienia..." wydawało się trwać znacznie dłużej. Ostatecznie jednak „diament" zniknął i po obu stronach czarnej tarczy zasłaniającego Słońce Księżyca „wysunęły się palce" korony słonecznej. Była godzina 13:55. Warto nadmienić, że pomimo oczekiwania na nie, nie zauważyłem ani pereł Baily'ego, tak wyraźnych siedem lat temu, ani chromosfery. Wyglądem samej korony, chociaż wiedziałem, że Słońce jest obecnie w pobliżu minimum swojej aktywności, byłem nieco zawiedziony. Zamiast jasnej, kołowo symetrycznej, z długimi, radialnymi pasmami koronalnymi, jaką pamiętałem sprzed siedmiu lat, zobaczyłem strukturę o wyraźnej symetrii osiowej względem osi magnetycznej Słońca, świecącą z niewątpliwie mniejszą jasnością powierzchniową. Jedynie cienka warstwa korony, znajdująca się najbliżej tarczy Księżyca, była na tyle jasna, że niektórzy porównywali wygląd zaćmionego Słońca do zaćmienia obrączkowego. Niezapomniany był jednak widok przez lornetkę pasm koronalnych, których układ pozwalał niejako wprost zobaczyć strukturę dipolowego pola magnetycznego Słońca! Przy północnym brzegu tarczy były widoczne także dwie niewielkie protuberacje, znane nam wcześniej z obserwacji przez teleskop Coronado.

Temperatura w czasie trwania fazy całkowitej spadła o ok. 10°C. Na szczęście, liczba ani gęstość chmur pierzastych na niebie już się nie powiększała. Początkowo zaćmione Słońce widoczne było za jednym z pasm tych chmur

(co jednak nie przeszkadzało w obserwacjach), jednak po ok. dwóch minutach pasmo to przesunęło się, co pozwoliło podziwiać zaćmienie na całkowicie bezchmurnym niebie. Niebo było wyraźnie ciemniejsze, niż w czasie zaćmienia w 1999 r., nie było jednak zupełnie czarne, można je porównać w zenicie do nieba w czasie trwania „zmierzchu żeglarskiego". Oczywiście bez problemu widoczna była świecąca nad zachodnim horyzontem Wenus, a w połowie odległości między nią i Słońcem wszyscy dostrzegli znacznie jednak słabszego Merkurego. Wokół, nad horyzontem, widoczny był charakterystyczny „pas świtu".

Niektórzy z obserwatorów, wykonujący zdjęcia zjawiska, „spanikowali". W okolicy widać było ludzi „walczących" ze sprzętem, zamiast obserwować niepowtarzalne zjawisko. Także i mnie udzieliła się na moment „panika", gdy po skończeniu filmu myślałem, że zepsuł mi się aparat! Gdy zorientowałem się, że nic się nie stało, zrezygnowałem z wymiany aparatu na drugi, rezerwowy, aby przez ostatnią minutę spokojnie podziwiać zaćmienie. Być może nastawienie, że przecież tym razem faza całkowita trwa „aż" prawie cztery minuty, sprawiło, że jej koniec był dla mnie dużym zaskoczeniem. Południowa część „obrączki" korony stawała się coraz jaśniejsza, aby wkrótce zamienić się w „diament". Podziwialiśmy drugi „pierścień z diamentem". Po chwili z powrotem zrobiło się jasno — faza całkowita zaćmienia się skończyła. Po założeniu na rezerwowy aparat filtru słonecznego kontynuowałem dokumentowanie faz częściowych zaćmienia.

Amfiteatr w Efezie. Fot. Tomasz Ściężor

Temperatura otoczenia szybko wzrosła, „zaćmieniowe" chmury pierzaste równie szybko zanikły bez śladu.

Większość obserwatorów, wymieniając swoje wrażenia z fazy całkowitej zaćmienia, pozostała nadal na swoich stanowiskach aż do końca fazy częściowej o godz. 15:13.

O godz. 16:30, spokojni po wypełnieniu głównego, naukowego programu naszej wyprawy, wyruszyliśmy w dalszą podróż, która obejmowała zwiedzanie w kolejnych dniach takich atrakcji turystycznych Turcji, jak wapienne „wodospady" Pamukkale, ruiny Hierapolis, dom Matki Bożej w Meryemana, ruiny Efezu, Pergamonu i Troi.

Chociaż wydaje się to nieprawdopodobne, nasza wyprawa była całkowicie udana zarówno pod względem obserwacyjnym, jak i turystycznym. Przez cały czas jej trwania nie mieliśmy żadnych większych problemów, także pogoda nas „rozpieszczała", pozwalając zapomnieć o kończącej się właśnie w Polsce zimie. „Plonem" wyprawy jest kilka tysięcy zdjęć, zarówno samego zaćmienia, jak też oglądanych zabytków.

Zachęceni sukcesem wyprawy, jej uczestnicy „rozmarzyli się" co do analogicznych wyjazdów w przyszłości. Zaćmienie Słońca w syberyjskim Nowosybirsku w 2008 r. czy też w chińskim Wuhan w 2009 r.? A może dopiero w 2026 r. w Hiszpanii i w 2027 w Egipcie? Zobaczymy, czas pokaże...

Tomasz Ściężor

Fot. Tomasz Ściężor

Andrzej Marks, 1932–2006

Dr inż. astronomii, badacz, pisarz, wykładowca, wynalazca, niestrudzony popularyzator nauki wśród młodzieży i dorosłych.

Andrzej Marks urodził się w Warszawie 18 grudnia 1932 r. W latach 1941–1944 uczęszczał do Tajnej Podstawowej Szkoły Polskiej w Warszawie. W roku 1950 ukończył szkołę średnią w Warszawie, a w latach 1950–1956 studiował astronomię geodezyjną na Politechnice Warszawskiej. Doktorat uzyskał w 1968 r. za zbadanie działania wynalezionego przez siebie i opatentowanego mikrometru do pomiarów astronomiczno-geodezyjnych.

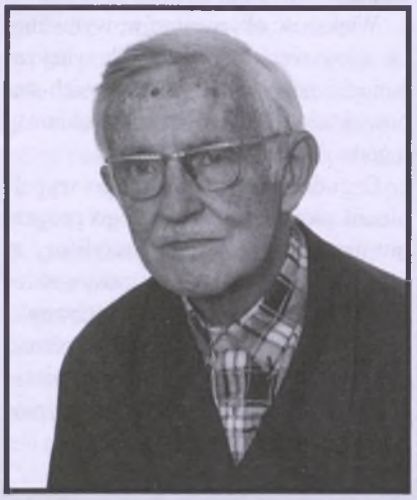
Po ukończeniu studiów, przez 2 lata był asystentem w Obserwatorium Astronomicznym Politechniki Warszawskiej, a następnie od roku 1958 zajmował się wyłącznie pracą twórczą w dziedzinie astronomii i kosmonautyki. W trakcie swojej różnorodnej działalności starał się upowszechniać wiedzę z zakresu kosmonautyki i astronomii, w szczególności pasjonował się lotami załogowymi na Księżyc. Opracował także własny wariant takiej podróży.

W okresie 1959–1999 napisał 32 książki, wiele z nich o charakterze unikalnym i pionierskim, np. pierwszą na świecie książkę o lądowaniu ludzi na Księżycu *Droga do Księżyca*. Łączny nakład wydanych książek to 700 tys. egzemplarzy.

Poczynając od 1956 r., napisał kilka tysięcy artykułów, m.in. dla „Skrzydlatej Polski", pism branżowych i popularnonaukowych, takich jak „Urania" czy „Postępy Astronomii". Starał się w nich przedstawić w sposób przystępny dla czytelnika tematy z dziedziny astronomii, zachęcał młodych ludzi do zdobywania wiedzy i rozwijał zainteresowania osób w każdym wieku, zawsze bazując na badaniach naukowych i stroniąc od sensacji, nie mających nic wspólnego z rzetelną wiedzą.

Od 1951 r. na terenie całego kraju wygłaszał różnego rodzaju wykłady i prelekcje, brał udział w spotkaniach autorskich, ceniąc sobie niezwykle bezpośredni kontakt z czytelnikiem czy słuchaczem. Były to wydarzenia takiej miary, jak wygłoszony w październiku 1951 r. w gmachu Obserwatorium Astronomicznego UW wykład „Podróże Międzyplanetarne", jeden z pierwszych w ogóle na ten temat w naszym kraju, ale również pogadanki w grupie 10-11-latków, których niezmiennie, niezależnie od epoki, pasjonuje zdobywanie Kosmosu. Nie stronił również od takich wyzwań, jak wykłady w ramach terapii zajęciowej dla pacjentów zakładu dla chorych umysłowo w Tworkach, które cieszyły się niesłabnącym zainteresowaniem.

Poczynając od 1954 r., bardzo intensywnie współpracował z Redakcją Oświatową Polskiego Radia, m.in.



w 1954 r. relacjonował na żywo całkowite zaćmienie Słońca na Suwalszczyźnie, w 1969 r. uczestniczył jako ekspert naukowy w relacji na żywo załogowych wypraw na Księżyc. W skromniejszym zakresie współpracował także z telewizją, m.in. był autorem pierwszej audycji astronomicznej w Telewizji Polskiej nt. Komety Arenda Rolanda 1957 r. Od 1958 r. współpracował z Wytwórnią Filmów Oświatowych. Był autorem scenariusza wystawy amerykańskiej o załogowej wyprawie na Księżyc w Muzeum Techniki w Warszawie w 1969 r.

Od 1949 r. był członkiem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, systematycznie organizował publiczne prelekcje i pokazy nieba przez teleskopy. Od 1954 r. należał do Towarzystwa Wiedzy Powszechnej, w którym prowadził niezwykle ożywioną działalność oświatową na terenie całego kraju. Od 1954 r. należał do Polskiego Towarzystwa Astronomicznego oraz był członkiem-założycielem Polskiego Towarzystwa Astronautycznego. Od 1960 r. należał do Sekcji Naukowej, a następnie Literackiej ZAIKS, od 1984 r. do Stowarzyszenia Autorów Dzieł Naukowych. Od 1989 r. był członkiem Komisji Astronautyki Polskiej Akademii Nauk. Jego pasja naukowa znalazła wyraz także w skonstruowaniu własnego obserwatorium astronomicznego, o którym wzmianka ukazała się w „Sky and Telescope". Wykonał w nim ok. 10 000 naukowych obserwacji gwiazd zmiennych i na ich podstawie opublikował kilkanaście drobnych przyczynków naukowych.

W grudniu 1997 r. po osiągnięciu wieku 65 lat i po 47 latach pracy zawodowej przeszedł na emeryturę.

Prowadzona przez Niego działalność naukowa i intelektualna została kilkakrotnie nagrodzona w latach 1983–2000 odznaczeniami państwowymi.

Prywatnie był wielbicielem literatury, nie tylko naukowej, cenił sobie różnorodne gatunki uznanych autorów, od klasyki kryminału do historii z okresu II Wojny Światowej. Był posiadaczem pokaźnego zbioru książek, który stale powiększał o nowe pozycje. Cenił sobie muzykę klasyczną w dobrym wykonaniu, bardzo lubił obcowanie z przyrodą, szczególnie tatrzańską. Stałymi członkami rodziny były koty, które uważał za jedne z najwspanialszych zwierząt.

Był Człowiekiem niezwykle odpowiedzialnym i rzetelnym, wychował samotnie dwoje dzieci po śmierci Żony. Zawsze uważał, iż wykształcenie jest nie tylko przepustką do lepszego życia, ale przede wszystkim daje satysfakcję i wzbogaca człowieka, który mogąc podzielić się wiedzą z innymi, pozostawia po sobie trwały ślad.

Pozostanie w pamięci także jako serdeczny przyjaciel wielu z nas, skromny, uczciwy jako Uczony a także jako Ojciec, który konsekwentnie wpajał zasady „bycia przyzwoitym człowiekiem", niezależnie od okoliczności.

Zmarł nagle 29 maja 2006 r. w wieku 74 lat.

Monika Marks

Jedenaste Warsztaty Bieszczadzkie poświęcone badaniom pól elektromagnetycznych ELF na Ziemi

(pogoda kosmiczna, magnetosfera, zjawiska elektryczne w atmosferze)

Naukowe warsztaty dyskusyjne — zgodnie już z wieloletnią tradycją w okresie najkrótszych nocy — odbyły się w Dwerniczku na Rusinowej Polanie w dniach 15–17 czerwca 2006 r. W tym spotkaniu aktywnie uczestniczyło 15 osób z następujących ośrodków naukowych: CAMK-u i CBK z Warszawy, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika z Torunia, Filii Politechniki Warszawskiej z Płocka, Akademii Górniczo-Hutniczej i Obserwatorium Astronomicznego UJ.

Dzięki wspaniałej gościnności wielopokoleniowej Rodziny Państwa Rusinów do dyspozycji mieliśmy, jak zwykle, obszerny i niezwykle wygodny pensjonat oraz doskonałe wyżywienie w budynku Gawry, z możliwością wyświetlania w nim filmów.

Tegoroczne XI Warsztaty poprzedziło, w dniu 13 czerwca, uroczyste otwarcie stacji „Hylaty" w Zatwarnicy, która jest przeznaczona do pomiarów — ciągłych w czasie — naturalnego pola EM ELF Ziemi.

Uroczystości te przypadały dokładnie w 14. rocznicę pierwszych pomiarów pól EM ELF, wykonanych przez nasz Zespół w Bieszczadach. Oficjalne otwarcie stacji na zboczu doliny potoku Hylatego, przy obecności licznie zaproszonych Gości, zapoczątkowała uroczysta sesja naukowa w Dwerniczku, w czasie której wystąpili: A. Kułak — Pola elektromagnetyczne ELF na Ziemi i innych planetach, Z. Nieckarz — „Bieszczadzkie" badania aktywności burzowej na Ziemi i J. Kubisz — Aparatura odbiorcza stacji „Hylaty".

Po powrocie do Dwerniczka, wieczorem, M. Ostrowski wygłosił bogato ilustrowany referat popularnonaukowy: Na kraniec Wszechświata i z powrotem.

Uroczystości uświetnili swą obecnością m.in.: Vicedyrektor CBK Pani prof. B. Popielawska, Prezes PTA prof. A. Woszczyk, Prezes PTMA dr H. Brancewicz, JM Rektora UJ reprezentowała Pani Dyrektor OA UJ dr hab. K.Otmianowska-Mazur, prof. J. Trepińska z Instytutu Klimatologii UJ, mgr inż. W. Wojciechowski — przedstawiciel BPN, mgr inż. M. Bajda — nadleśniczy z Lutowisk i leśniczy R. Kotzian, który zawiaduje leśnictwem Jawornik, gdzie pracuje stacja „Hylaty". Szczegółowy opis i liczne zdjęcia z tej uroczystości, można znaleźć w Internecie pod adresem: www.bieszczady.pl/Naukowcy_badaja_bieszczadzkie_ELFy/

Ogółem w czasie trwania XI Warsztatów wysłuchaliśmy 13 krótszych lub dłuższych wykładów, z tym że o niekończących się dyskusjach do późnych, a jakże jasnych nocy, szerzej tu nie wspomnę.

Oto wykładowcy i tytuły zaprezentowanych wystąpień:

Andrzej Kułak — Fale w rezonatorach — cz. I, II i III

Piotr Koperski — Sprzężenie: magnetosfera — jonosfera — cz. I i II

Janusz Młynarczyk — Propagacja jonosferyczna fal HF na Ziemi

Janusz Młynarczyk — Analiza propagacyjna kanalu HF (obserwacje charakterystyk tego kanału)

Stanisław Zięba — Okresowości w rezonansach Schumanna

Zenon Nieckarz — Mapy aktywności burzowej na Ziemi, na podstawie obserwacji rezonansu Schumanna

Janusz Ziolkowski — Finansowanie badań naukowych

Henryk Brancewicz — Miłośniczy ruch astronomiczny w Polsce na tle Europy

Michał Ostrowski — Astronomia gamma najwyższych energii — eksperyment HESS

Andrzej Kułak — Przyszłość badań EM ELF w Polsce.

Warto może zauważyć, iż dla naszych dyskusji naukowych transmisje z Mistrzostw Świata w Piłce Nożnej nie stanowiły żadnej konkurencji.

Natomiast w sobotę 17 czerwca pojawiło się inne naturalne zagrożenie. W godzinach południowych (~12–14.30) przeszła nad Zatwarnicą i okolicami, nie notowana od kilkunastu lat, a doskonale widoczna i słyszalna przez nas z Dwerniczka, ponaddwugodzinna olbrzymia burza, połączona z gradem, oberwaniem chmury i potężnymi wyładowaniami. Spowodowała ona m.in. automatyczne wyłączenie się zapisów stacji nad Hylatym. Był to prawdziwy chrzest „bojowy" naszej stacji, ale o tym przekonaliśmy się dopiero później.

Czas przeznaczony na spotkanie, zdaniem uczestników, zbyt szybko dobiegł końca, zatem zgodnie doszliśmy do wniosku: do zobaczenia i usłyszenia za rok, w dniach 21–24 czerwca 2007.

Adam Michalec

Uczestnicy uroczystości otwarcia stacji „Hylaty". Fot. Jerzy Kubisz

Nowe możliwości dla nauczycieli fizyki, astronomii i informatyki — projekt EU-HOU

„Są ludzie, który twierdzą, że przyszłość świata zależy od nauczycieli i ja do nich należę" — mówi dr hab. Lech Mankiewicz, polski koordynator projektu Hands-On Universe, Europe. Dzięki temu programowi nauczyciele z całej Europy mogą poznawać nowe możliwości w nauczaniu astronomii, fizyki, informatyki i matematyki.

Dostępnymi do niedawna jeszcze tylko dla najlepszych naukowców olbrzymimi zdalnymi teleskopami i radioteleskopami dzisiaj obserwować niebo mogą również uczniowie. A to wszystko, by rozbudzić w młodych ludziach zainteresowanie nauką i pokazać im, jak korzystać z najnowszych technologii oraz nauczyć ich pracy w zespole i zarządzania projektami.

Na polskiej stronie projektu EU-HOU (http://www.pl.euhou.net) nauczyciele mogą znaleźć również porady, jak wykorzystując mniejsze instrumenty obserwacyjne i popularne kamerki internetowe stworzyć swojej małe szkole obserwatorium astronomiczne.

W internetowym serwisie projektu EU-HOU zostały zamieszczone również materiały, które mogą okazać się pomocne w przeprowadzeniu lekcji, takie jak przykłady ćwiczeń i warsztatów czy darmowe oprogramowanie SalsaJ służące do obróbki i analizowania uzyskanych danych obserwacyjnych, dostępne w polskiej wersji językowej.

Projekt Hands-On Universe, Europe jest współfinansowany ze środków programu Socrates-Minerva Unii Europejskiej.

6 czerwca 2006 r. o godzinie 19:00 na AstroCzacie polski koordynator projektu EU-HOU, dr hab. Lech Mankiewicz opowiedział o wszystkich możliwościach ciekawego nauczania przedmiotów ścisłych, jakie daje nauczycielom projekt EU-HOU. Czat został zorganizowany przez Polski Portal Astronomiczny Astronomia.pl oraz Polski Portal Edukacyjny Interklasa, we współpracy z British Council Polska. Spotkanie prowadzili Radosław Ziomber i Jan Pomierny.

Niżej prezentujemy pełny zapis rozmowy.

Lech_Mankiewicz: Witam wszystkich serdecznie, nazywam się Lech Mankiewicz i jestem koordynatorem projektu EU-HOU w Polsce. Postaram się odpowiedzieć na wszystkie Państwa pytania.

jan_pomierny: Jak można zostać uczestnikiem programu?

Lech_Mankiewicz: Trzeba skontaktować się ze mną przez e-mail albo przez Skype'a. Adres e-mailowy to euhoupl@euhou.net, Skype — lech_mankiewicz

jan_pomierny: Które europejskie kraje uczestniczą w projekcie?

Lech_Mankiewicz: Polska, Szwecja, Francja, Hiszpania, Portugalia, Włochy, Grecja i Wielka Brytania. Zapraszam na stronę www.pl.euhou.net

aol0: Czy istnieje szansa, że podręczniki do astronomii będą publikowane w Internecie, tak by można się było z nich uczyć i ew. zdawać jakieś egzaminy? Czy przewiduje się taką formę działań popularyzatorskich?

Lech_Mankiewicz: Nie w programie EUHOU

spin: Czy takie internetowe eksperymenty rzeczywiście są interesujace...? tzn. czy są już jakieś pozytywne efekty?

Lech_Mankiewicz: Ściśle mówiąc to nie są eksperymenty internetowe... Praktyka pokazuje, że uczniów bardzo interesują np. obserwacje prowadzone przez teleskopy sterowane przez Internet.

Teleskop stoi na innym kontynencie, to działa na wyobraźnię...

jan_pomierny: Czym różni się lekcja fizyki przygotowana na podstawie materiałów z programu EU-HOU od tradycyjnej lekcji?

Lech_Mankiewicz: Weźmy lekcję o efekcie Dopplera. Nauczyciel uczestniczący w programie może wykorzystać w czasie lekcji sterowany przez Internet radioteleskop i rzeczywiście pokazać przesunięcie linii widmowych. Trwa to 10 min.

Jeden z teleskopów sterowanych przez Internet można zaprogramować jak robota. To znakomicie ilustruje możliwości nowoczesnych technologii i Internetu.

saturn: Jak można praktycznie wykorzystać dane uzyskane przez teleskopy podczas lekcji w szkole?

Lech_Mankiewicz: Np. w rozszerzonym programie fizyki liceum jest zagadnienie diagramu H-R. Uczniowie mogą sami zrobić taki diagram, korzystając z własnych obserwacji i przygotowanych przez nas wyjaśnień.

jan_pomierny: Czy są jakieś warunki, które trzeba spełnić, by przystąpić do programu EU-HOU?

Lech_Mankiewicz: Do programu EU-HOU mogą przystępować nauczyciele. To jest jedyny warunek.

saturn: Czy w ramach EU-HOU istnieje jakaś współpraca międzynarodowa?

Lech_Mankiewicz: Współpracujemy z partnerami z krajów biorących udział w projekcie, a w Polsce dodatkowo z British Council, która to instytucja pomogła nam bardzo udostępnić teleskop Faulkes'a polskim szkołom.

jan_pomierny: Jak przydzielany jest czas na zdalnych instumentach obserwacyjnych?

Lech_Mankiewicz: Zajrzyjcie na stronę www.pl.euhou.net -> narzędzia ->teleskopy optyczne->ironwood north observatory. Znajdziecie tam tabelki z rozkładem obserwacji dla 8 szkół w Polsce i 1 w Portugalii.

saturn: Czy w projekcie mogą uczestniczyć tylko szkoły, czy także osoby indywidualne?

Lech_Mankiewicz: W projekcie mogą uczestniczyć tylko nauczyciele prowadzący zajęcia w szkołach, planetariach albo opiekujący się kółkami zainteresowań.

saturn: Jak wygląda szkolenie?

Lech_Mankiewicz: Szkolimy najczęściej wirtualnie. Trzeba zapoznać się z materiałami umieszczonymi na na-

szej stronie, a resztę spraw staramy się załatwić przez Skype'a. W zasadzie, żeby przystąpić do projektu, trzeba używać Skype'a :-)

saturn: Ile szkół w chwili obecnej bierze udział w projekcie?

Lech_Mankiewicz: Mamy w tej chwili zarejestrowanych 20 szkół pilotażowych. Czekamy na następne. Udział w projekcie jest bezpłatny.

jan_pomierny: Czy dane z obserwacji są gromadzone i potem analizowane?

Lech_Mankiewicz: W zasadzie nie traktujemy obserwacji jako źródła danych do badań naukowych, tylko jako kanwę do rozwijania zainteresowań i kluczowych umiejętności wśród młodzieży. Kto tego nie widział, nie wie, ile spraw niezwiązanych na pierwszy rzut oka z astronomią jest związanych z obsługą teleskopów internetowych bądź budową szkolnego obserwatorium.

tkacik: Jakie są plany rozwoju projektu HOU?

Lech_Mankiewicz: Plany rozwoju projektu HOU: będziemy występować o kolejny grant edukacyjny przede wszystkim związany z kształceniem nauczycieli. Oprócz tego będziemy prowadzili normalną działalność w oparciu o istniejące zasoby i portal internetowy projektu.

jan_pomierny: Z jakiego oprogramownia mogą korzystać nauczyciele i uczniowie przy analizowaniu wyników obserwacji?

Lech_Mankiewicz: W projekcie mamy własne oprogramowanie SALSA J. Umożliwia prostą analizę obserwacji i obsługę webkamerki przystosowanej do długich czasów ekspozycji.

saturn: Jakie umiejętności, poza rozszerzaniem wiedzy astronomicznej, można rozwijać, używając zdalnie sterowanych teleskopów?

Lech_Mankiewicz: Planowanie, praca w zespole, umiejętności informatyczne…

saturn: Czy używanie teleskopów jest skomplikowane?

Lech_Mankiewicz: Używanie zdalnie sterowanych teleskopów nie jest skomplikowane, trzeba tylko wiedzieć, jak to robić. Można się tego nauczyć na symulatorze. Wszyscy nasi nauczyciele na początku się bali i wszyscy doskonale sobie radzą.

Wyobraźmy sobie, że trzeba przygotować sesję na teleskopie stojacym w Arizonie. Trzeba zaplanować listę obiektów do obserwacji. W tym celu trzeba użyć odpowiedniego oprogramowania, dopasować czasy ekspozycji, sporo się trzeba nagłowić.

spin: Ale czy w ogóle jest możliwość zaangażowania grup szkolnych w rzeczywiste badania? Moim zdaniem to byłoby bardziej interesujące dla młodzieży, że mogą coś zrobić pożytecznego, jakiś mały wkładzik do czegoś nowego dać. Jak Pan uważa?

Lech_Mankiewicz: Moim zdaniem angażowanie uczniów w badania naukowe nie ma sensu i jest w jakimś sensie robieniem im krzywdy. Praca naukowca jest trudna i trzeba mieć do niej bardzo silny charakter. Natomiast uczniowie powinni mieć szansę sami wypróbować i ocenić swoje możliwości i zobaczyć, jaki piękny jest Wszechświat. Wolę raczej mówić o kształtowaniu tzw. kluczowych umiejętności. To, co proponujemy, to są takie małe etiudy, których realizacja wymaga z jednej strony właśnie tych kluczowych umiejętności, z drugiej strony dostarcza satysfakcji. A poza tym, to wszystko dzieje się naprawdę.

jan_pomierny: Dlaczego popularyzowanie astronomii jest tak bardzo istotne Pana zdaniem?

Lech_Mankiewicz: Astronomia świetnie się nadaje do rozwijania kluczowych umiejętności, działa na wyobraźnię, prostych obserwacji można dokonywać za pomocą niedrogiego sprzętu.

skowtom: Sam jestem nauczycielem w jednej ze szkół pilotażowych. Uważam, że taki projekt to bardzo fajna i ciekawa sprawa, która może pomóc w nauczaniu fizyki.

Właśnie dzisiaj na kole fizycznym robiliśmy z uczniami doświadczenie ze spadkiem swobodnym z zastosowaniem webkamerki.

saturn: Czy używając tych teleskopów, udało się dokonać jakiegoś ciekawego odkrycia?

Lech_Mankiewicz: O odkryciach: nie zdarzyło się jeszcze, żeby nauczyciel, który pierwszy raz zobaczył na własne oczy księżyce Jowisza albo pierścienie Saturna, nie był tym zachwycony.

Nie gra roli, że Galileusz już to widział… :-)

saturn: Jakie warunki powinna posiadać szkoła, aby móc w pełni skorzystać z udziału w projekcie? Jakie są wymogi, jeżeli chodzi o sprzęt komputerowy?

Lech_Mankiewicz: Szkoła powinna mieć pracownię komputerową, do której ma dostęp nauczyciel fizyki. To się zdarza bardzo rzadko. Jednym z naszych sporych sukcesów jest dostarczenie argumentów za tym, żeby w danej szkole nauczyciel fizyki miał klucz od pracowni komputerowej…

Poza tym nauczyciel powinien być zainteresowany, chcieć się rozwijać, mieć ciekawość świata i odwagę, żeby spróbować czegoś nowego.

jan_pomierny: Czy obecna sytuacja w polskiej edukacji sprzyja uczeniu astronomii i jeśli nie (tak chyba jest niestety), co zrobić, by to zmienić?

Lech_Mankiewicz: Każdy ma własne zdanie na temat sytuacji w edukacji. Gdyby mi to przeszkadzało, to bym się tym nie zajmował.

jan_pomierny: Czy uczniowie z różnych krajów uczestniczących w projekcie wymieniają się między sobą danymi, radami i uwagami? Czy spotkają się w rzeczywistości czy tylko internetowo?

Lech_Mankiewicz: Uczniowie na razie spotykają się tylko w Internecie. Natomiast nauczyciele spotykają się na tzw. warsztatach. Chcemy zorganizować europejską sieć szkół uczestniczących w projekcie, tak, żeby doświadczeniami mogli wymieniać się nie tylko nauczyciele, ale żeby i uczniowie mogli się poznać i odwiedzać. Warsztaty to są dwudniowe spotkania na żywo. Jedno było w Toruniu, jedno w Prowansji, we wrześniu będzie w Neapolu. Do Neapolu wyjeżdża 6 polskich nauczycieli.

saturn: Czy praca koordynatora EU-HOU jest bardzo wymagająca? Czy daje ona Panu satysfakcję?

Lech_Mankiewicz: Nie skarżę się ;-)

jan_pomierny: Czym zajmuje się Pan w swojej pracy naukowej?

Lech_Mankiewicz: Buduję i wykorzystuję teleskopy-roboty. Zapraszam na stronę grb.fuw.edu.pl/pi. Ale mieliśmy rozmawiać o EU-HOU.

jan_pomierny: Jak wielu ludzi pracuje przy projekcie w Polsce i w całej Europie?

Lech_Mankiewicz: Jest 8 koordynatorów, 1 specjalista od software'u, ale to tylko czubek góry lodowej. W każdym kraju jest kilka osób zaangażowanych w projekt. W Polsce razem ze mną pracuje ok. 5 osob. Ochotniczo :-)

saturn: Czy projekt ten jest skierowany wyłącznie do nauczycieli fizyki, czy także do innych?

Lech_Mankiewicz: Mamy pomysł, żeby rozszerzyć projekt na biologię, pod hasłem «hands on life» i na… nauki o Ziemi «hands on earth». Być może te projekty wystartują pod koniec roku. Natomiast nasze narzędzia można wykorzystywać np. na lekcji biologii. Zapraszam na stronę, gdzie są piękne przykłady rejestrujących kiełkowanie roślin filmów, nakręconych przez nauczycieli.

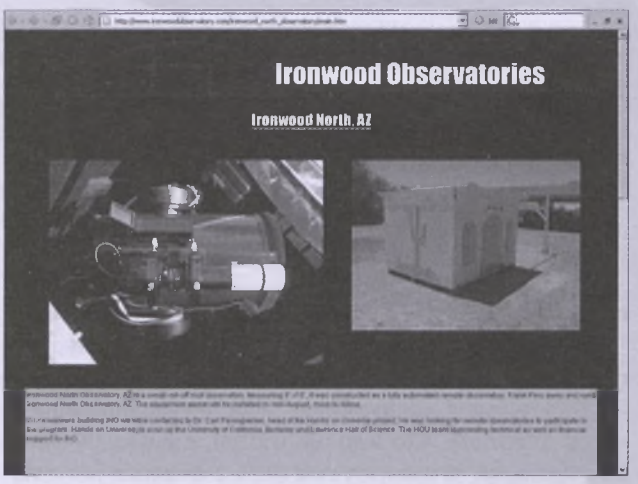
tkacik: Gdzie znajdują się zdalnie sterowane teleskopy internetowe, z których korzystają uczestnicy HOU?

Lech_Mankiewicz: Teleskopy internetowe, z których korzystamy, znajdują się w Arizonie, na Hawajach, w Chile i w Australii.

jan_pomierny: Jakie umiejętności rozwijają jeszcze, według Pana, uczniowie w projekcie?

Lech_Mankiewicz: Powiedzmy, że budują w szkole obserwatorium astronomiczne. Muszą uruchomić oprogramowanie, złożyć zestaw składajacy się z obiektywu, złączki, kamerki, statywu. Dokręcić wszystkie śrubki, odpalić oprogramowanie, ustawić ostrość. To wszystko niby są drobiazgi, ale doświadczenie uczy, że uczniowie się w tym często gubią.

Mgławica Orzeł (M16) — przykład zdjęcia uzyskanego zdalnie sterowanym teleskopem LCOGT na Hawajach przez uczniów LO im. Czackiego w Warszawie w czasie Pikniku Naukowego w Warszawie.
Fot. http://www.pl.eu-hou.net



Strona internetowa zdalnie sterowanego teleskopu udostępnionego w ramach projektu EU-HOU, usytuowanego w Arizonie (USA)

Natomiast jak już złożą układ i zadziała, i zrobią zdjęcie Księżyca, to mają naprawdę wielką satysfakcję i chcą próbować dalej.

aol0: Czy nauczyciel może być ze szkoły społecznej lub prywatnej?

Lech_Mankiewicz: Nie czynimy żadnej różnicy pomiędzy szkołami państwowymi i niepaństwowymi. Szukamy nauczycieli, Nauczycieli, NAUCZYCIELI…

tkacik: Jak polscy uczestnicy programu wypadają na tle innych krajów? Czy są aktywni?

Lech_Mankiewicz: Polscy nauczyciele, którzy współpracują z nami, są bardzo aktywni i wypadają bardzo dobrze na tle kolegów z zagranicy. Wystarczy zobaczyć, ile materiałów zostało zaproponowanych przez polskich nauczycieli. Można zobaczyć na stronie.

jan_pomierny: Jaki jest przedział wiekowy i czy w ogóle ograniczenia istnieją?

Lech_Mankiewicz: Nie ma żadnych ograniczeń.

jan_pomierny: Co jest najbardziej spektakularną częścią projektu według Pana?

Lech_Mankiewicz: Wszystkie mi się podobają :-) Najbardziej może nasza polska specjalność, czyli webkamerkowa astronomia, jestem bardzo dumny z oprogramowania SALSA J i z jego części umożliwiającej obsługę webkamerki, ktorą stworzylismy w Polsce.

Bardzo dobra jest grecka propozycja, interaktywna lekcja do nauki spektroskopii. Ciekawa jest podobna propozycja włoska. Teleskopy i radioteleskopy internetowe też są bardzo fajne.

jan_pomierny: Gdzie można znaleźć zdjęcia wykonane przez uczniów?

Lech_Mankiewicz: Namawiamy szkoły uczestniczące w projekcie, żeby publikowały na swoich stronach internetowych galerie swoich obserwacji. Linki są na naszej stronie www.pl.euhou.net — Na stronie głównej można pobrać dane z obserwacji w czasie przedwczorajszego Pikniku Naukowego w Warszawie. Są to obserwacje w 3 filtrach, pliki fits.

jan_pomierny: A kwestia polityczna — czy dla Pana istnieje czy nie? Projekt EU-HOU jest przecież w pewnym sensie przekraczaniem granic.

Lech_Mankiewicz: Współpraca międzynarodowa w ramach projektu to wspaniała rzecz. Chcemy rozszerzyć projekt o kolejne kraje: Słowację, Węgry, Czechy, Rosję. Danię, Finlandię... To jest bardzo ciekawe przeżycie, obserwować jak nauczycielka z Polski siedzi przy kolacji z nauczycielem z Hiszpanii i dyskutuje o nauczaniu fizyki... Jeśli Państwo nie są nauczycielami, ale chcieliby wziąć udział w projekcie, idźcie do swoich nauczycieli i poproście, żeby się skontaktowali z nami.

saturn: Ile czasu potrzeba, aby móc dokonać jakiejś ciekawej obserwacji? Ile czasu minimum należy przeznaczyć na jedną sesję?

Lech_Mankiewicz: Na teleskopie na Hawajach sesja trwa 30 min. W Arizonie 3 godz. W czasie roku szkolnego polskie szkoły zużywały średnio 10 godzin czasu obserwacyjnego na sterowanych przez Internet teleskopach tygodniowo.

kuba_n: Czy uczniowie szkół zaangażowanych w projekt zajmują się nim w wolnym czasie, czy w trakcie zajęć szkolnych?

Lech_Mankiewicz: Teleskopy internetowe nadają się do wykorzystania bezpośrednio na lekcji. Interaktywne „e-lekcje" z definicji również. Własne obserwacje można prowadzić tylko w nocy, z oczywistych względów.

saturn: W jakich godzinach można robić obserwacje?

Lech_Mankiewicz: Teleskopy są tak położone, że kiedy u nas uczniowie idą do szkoły, nad teleskopami jest noc.

jan_pomierny: A jak wygląda współpraca z mediami — czy media chcą pomagać w popularyzowaniu astronomii?

Lech_Mankiewicz: Z mediami jest taki kłopot, że typowy dziennikarz nie bardzo rozumie, że można prowadzić obserwacje z własnego laptopa na teleskopie położonym na innym kontynencie. A jak się czegoś nie rozumie, to trudno o tym dobrze napisać.

jan_pomierny: A czy nie warto więc również uczyć astronomii dziennikarzy? Mogą przecież wiele zrobić w dziedzinie popularyzacji.

Lech_Mankiewicz: Próbowałem uczyć dziennikarzy — zero sukcesu.

saturn: Jaką widzi Pan przyszłość dla projektów tego typu?

Lech_Mankiewicz: Myślę, że takie projekty bedą się bardzo mocno rozwijać. W przygotowaniu jest projekt sieci 30 teleskopów sterowanych przez Internet, przeznaczonych wyłącznie do celów edukacyjnych. Jest bardzo ważne, żebyśmy mieli wykształconą kadrę nauczycieli, którzy będą umieli z nich korzystać.

tkacik: Kto finansuje projekt HOU? Czy Polska pokrywa jakieś koszty?

Lech_Mankiewicz: Projekt HOU finansuje praktycznie Unia Europejska. Czyli także Polska. Za pieniądze projektu kupiliśmy np. 160 kamerek internetowych Philipsa i adaptowaliśmy je do długich czasów ekspozycji.

zaza: A do kiedy będzie trwał ten projekt?

Lech_Mankiewicz: Nasz grant kończy się w październiku, ale projekt będzie trwał.

tkacik: Ile kosztuje webkamerka, którą można wykorzystać do obserwacji?

Lech_Mankiewicz: Jeżeli ktoś ma w szkole obserwatorium astronomiczne, tzn. teleskop, to kamerkę może dostać z projektu. Ale program do sterowania webkamerką pobrać może każdy.

szymon_123456: A czy istnieje możliwość indywidualnego korzystania z projektu?

Lech_Mankiewicz: Nie, z projektu mogą korzystać tylko szkoły. Robimy to w czasie wolnym i chcemy, żeby Polska młodzież odnosiła z naszej działalności jak największe korzyści. A więc szkoły, a nie indywidualni użytkownicy.

jan_pomierny: A jak jeszcze, Pana zdaniem, można popularyzować astronomię?

Lech_Mankiewicz: Jest na pewno 100 sposobów na popularyzację astronomii czy w ogóle wiedzy o otaczajacej nas przyrodzie.

rziomber: Czy nauczyciele często wykorzystują ten projekt, jako „dokument", by uzyskać np. tytuł nauczyciela dyplomowanego?

Lech_Mankiewicz: Nauczyciele proszą mnie czasem o zaświadczenie o udziale w projekcie i myślę, że jakoś te zaświadczenia wykorzystują. Ale wszyscy nasi nauczyciele są aktywnymi uczestnikami i z każdym jestem w kontakcie.

rziomber: Dziękuję serdecznie Panu za udział w spotkaniu, życzymy powodzenia w dalszym rozwoju projektu.

Lech_Mankiewicz: Dziękuję bardzo i do usłyszenia przy następnej okazji. Dziękuję British Council i portalowi Astronomia.pl za umożliwienie mi wzięcia udziału w czacie. Dziękuję bardzo za udział w rozmowie. Zapraszam na stronę www.pl.euhou.net, na której pojawiać się będą nowości.

jan_pomierny: Dziękujemy: Monika, Beata, Jan :-)

SALSA-Onsala ("Such A Lovely Small Antenna") jest radioteleskopem o średnicy 2,3 metra, skonstruowanym w szwedzkim obserwatorium Onsala Space Observatory w celu wprowadzenia uczniów, studentów i nauczycieli w zagadnienia radioastronomii. Radioteleskop może być sterowany przez Internet, a więc jest dostępny dla szkół w całej Europie, w tym także Polsce. Czuły odbiornik umożliwia szybką detekcję linii o długości fali 21 cm emitowanej przez atomowy wodór, dzięki czemu można zbadać wielkoskalowy rozkład wodoru w naszej Galaktyce. Źródło: http://www.pl.eu-hou.net

NGC 3607

α (J2000)	11^h, $16{,}9^m$
δ (J2000)	+18° 03'
Gwiazdozbiór	Lew
Typ	Galaktyka soczewkowa S0
Jasność fotograficzna	10,9
Jasność wizualna	9,9
Jasność absolutna Mv	–21,6
Rozmiar	4,1' × 3,6'
Odległość	~20 Mpc
Prędkość radialna	+960 km/s

Jest to galaktyka soczewkowa i została odkryta przez Williama Herschela w 1784 roku i oznaczona jako H II.50. Opis w katalogu Dreyera jest następujący: „bardzo jasna, duża, zaokrąglona, znacznie jaśniejąca ku środkowi, druga z trzech". To ostatnie stwierdzenie jest ważne, gdyż ma ona na sferze niebieskiej i przestrzeni dwie bliskie, ale wyraźnie słabsze sąsiadki, to jest NGC 3605 i 3608. NGC 3608 znajduje się na północ od niej w odległości około 5' kątowych, tworząc ładny duet już w stosunkowo niewielkim 15-cm teleskopie. NGC 3607 można dostrzec z kolei już przez 8-cm teleskop. W 20-cm teleskopie jest jasnym owalem z gwiazdopodobnym jądrem. W większym teleskopie zewnętrzne części galaktyki uwidaczniają się jako słaba otoczka, co powoduje, że wyglądem przypomina nie rozdzieloną na gwiazdy gromadę kulistą (z jedną jasną gwiazdą — w środku). NGC 3605 leży w odległości zaledwie 2' minut łuku od NGC 3607 w kierunku południowo-zachodnim, lecz jest słaba (13 mag.) i trudno ją dostrzec w teleskopie mniejszym niż 20-cm.

Zdjęcie centralnej części grupy galaktyk wokół NGC 3607 (poniżej środka) wykonane 5-m teleskopem na Mount Palomar. Północ jest u góry. Powyżej NGC 3607 znajduje się jej „siostra" NGC 3608, a w prawym dolnym rogu NGC 3605

NGC 3607 wraz z satelitarną galaktyką NGC 3605 zarejestrowaną przez Sloan Digital Sky Survey. Pole widzenia około 10'×15'

NGC 3607 jest zaliczana do galaktyk eliptycznych i znajduje się, co wywnioskowano z obserwacji w zakresie rentgenowskim wykonanym przez satelitę CHANDRA, w środku grupy jedenastu galaktyk (z czego osiem znalazło się już w katalogu Dreyera), będąc jej najjaśniejszą i największą galaktyką. Jest też umieszczana na liście dwustu najjaśniejszych galaktyk nieba. Jej średnica jest około 1,5 raza większa od średnicy Drogi Mlecznej, co jak na galaktykę eliptyczną nie jest imponujące. Oddziaływania pływowe pomiędzy nią a jej bliską dużą sąsiadką NGC 3608 są prawdopodobnie odpowiedzialne za pewne rozdęcie otoczki, co prowadzi do tego, że niektórzy astronomowie klasyfikują ją jako galaktykę soczewkową typu S0. Wokół centrum galaktyki znajduje się dość masywny pierścień pyłowy o promieniu około 1 kpc. To, iż taki pierścień istnieje, mimo że galaktyka jest wypełniona bardzo gorącym gazem o temperaturze znacznie ponad 10 tys. K (na to zdaje się wskazywać silna emisja w zakresie rentgenowskim), jest zagadkowe, chociaż astronomowie zaproponowali mechanizm, w którym pył jest osłaniany przez gęste obłoki molekularne. Pył ten pochodzi prawdopodobnie z towarzyszki NGC 3608 i, jak na to wskazują obserwacje, można zauważyć wzmożenie aktywności gwiazdotwórczej w obrębie obszaru ograniczonego pierścieniem.

Niewielka emisja radiowa z jądra została zarejestrowana przez sieć teleskopów VLA a samo jądro można zaklasyfikować jako słaby LINER, co oznacza, że wewnątrz tej galaktyki może znajdować się masywny, zwarty obiekt interpretowany obecnie jako czarna dziura. Na jego obecność może również wskazywać duża prędkość rotacji gwiazd w centralnych częściach galaktyki. Dodam, że analiza zawartości pierwiastków w tej galaktyce (wykonana dzięki obserwacjom rentgenowskim) wskazuje na dość typowy obecnie skład chemiczny, ale za to niezwykle zaawansowany wiek galaktyki szacowany na 15 mld lat. Możliwe, że początkowy skład chemiczny tej galaktyki był nieco odmienny od standardowego, modelowego składu przyjmowanego w analizie.

NGC 3628

α (J2000)	$11^h\ 20{,}3^m$
δ (J2000)	+13° 35'
Gwiazdozbiór	Lew
Typ	Galaktyka spiralna Sbpec
Jasność fotograficzna	10,4
Jasność wizualna	9,6
Jasność absolutna Mv	—
Rozmiar	15'×3,6'
Odległość	~10 Mpc
Prędkość radialna	+840 km/s

Galaktyka ta wraz z leżącymi pół stopnia na południe M65 i M66 tworzy na niebie piękny układ galaktyk zwany Trypletem we Lwie (Arp 317) — patrz zdjęcie obok. Ma ona wyraźnie mniejszą jasność powierzchniową od swoich dwóch sąsiadek i być może dlatego została przeoczona przez Charlesa Messiera, gdy w 1780 r. zanotował położenie dwóch nowych obiektów mgławicowych oznaczonych później jako M65 i M66. Odkrycia NGC 3628 dokonuje William Herschel, 8 kwietnia 1784 r., katalogując ją jako H V.8. Jej opis w katalogu Dreyera zawiera: „dość jasna, bardzo duża, silnie wydłużona".

Przy niewielkich powiększeniach (20–50 razy) można w polu widzenia lunetki lub małego teleskopu zauważyć wszystkie trzy galaktyki. W zasadzie wystarcza do tego teleskop o średnicy 10-cm, choć trzeba pamiętać, że w małym instrumencie NGC 3628 jest słabsza i bardziej rozmyta w porównaniu z sąsiadkami. W jej dostrzeżeniu pomaga użycie nieco większych powiększeń. Około 12–15 cm teleskop powinien wyraźnie ukazać wydłużenie tej galaktyki oraz brak pojaśnienia w środku. Galaktyka jest ustawiona do nas prawie dokładnie krawędzią, stąd pasmo pyłowe częściowo zasłania jaśniejsze obszary centralne. Dopiero większe instrumenty (ponad 20 cm) przy ciemnym niebie ukazują znaczące pojaśnienie środkowej części galaktyki oraz pasmo pyłowe, które wyraźnie przecina ją wzdłuż prawie na pół, a na krawędziach rozmywa się w obrębie lekkiej poświaty. W dużym instrumencie (40 cm lub więcej) galaktyka ta należy do najefektowniejszych galaktyk spiralnych widzianych krawędzią ze względu na duże rozmiary i stosunkowe bogactwo szczegółów, jakie można w niej dostrzec.

Galaktyka ta wraz z dwiema swoimi jaśniejszymi sąsiadkami znajdują się blisko siebie w przestrzeni i prawdopodobnie tworzą małą grupę galaktyk (wraz z NGC 3593, IC 677 i IC 2787) określaną jako grupa M65/M66. Grupa ta znajduje się 10° na zachód od większej i masywniejszej grupy galaktyk związanej z galaktyką M96 i nazywanej Leo I. Możliwe, że obie te grupy są jakoś ze sobą powiązane. NGC 3628 jest zaliczana do galaktyk osobliwych ze względu na obserwowane w niej niesymetryczne struktury powstałe prawdopodobnie w wyniku oddziaływania z pobliskimi galaktykami. Możliwe jednak, że są one przejawem wewnętrznej aktywności galaktyki, a ona sama nie jest związana grawitacyjnie z sąsiadkami, bowiem w kierunku wschodnim (a więc nie w kierunku M 65 i M 66) rozciąga się na około 100 kpc od środka galaktyki słaby, wydłużony wypływ materii widoczny w zakresie optycznym oraz jako emisja w linii wodoru Hα. Co prawda, w tej samej linii emisyjnej zarejestrowano most pomiędzy nią i M 66. Wypływ obserwowany jest również w zakresie dalekiej podczerwieni, co wskazuje na niską zawartość pyłu w stosunku do gazu w materii go tworzącej. Obserwacje centralnych obszarów NGC 3628 na falach radiowych (obszary H I), jak również w zakresie promieniowania rentgenowskiego wskazują, że galaktyka ta jest podobna do galaktyk takich jak NGC 253 czy też M 82. Również w jej przypadku materia wypływa z centralnych regionów w formie silnego wiatru, a szczegóły tego procesu są ukryte za gęstym pasem pyłowym. Standardowo takie procesy dynamiczne zachodzące w obrębie wnętrza galaktyki interpretuje się jako przejaw silnych procesów gwiazdotwórczych, a wypływ materii jest napędzany promieniowaniem licznie powstających młodych, ma-

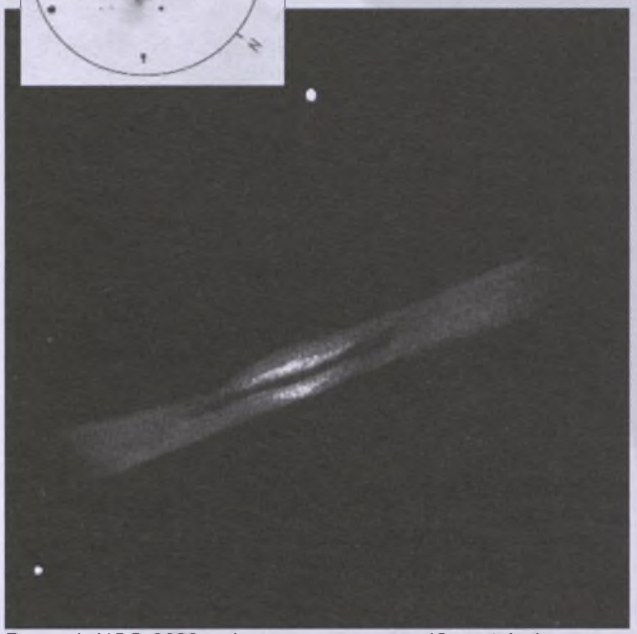
M65 i M66 (u dołu) wraz z NGC 3628

Zdjęcie NGC 3628 wykonane 50-cm telekopem w systemie Ritchey-Cretien. 3 ekspozycje 20-minutowe RGB

sywnych gwiazd. Obserwacje na falach radiowych o częstotliwości 1,4 GHz (obszary H I) pokazują, że w centralnej części (o promieniu około 150 pc wokół jądra) znajdują się liczne obszary emisji radiowej, które prawdopodobnie w większości są pozostałościami po supernowych, a kilka można utożsamiać z aktywnością samego jądra galaktyki — zaliczanego do słabych AGN-ów. Na te emisje są nałożone dwie rozległe struktury absorpcyjne, które interpretuje się jako obecność pierścienia materii krążącej wokół centrum galaktyki i wypływu materii z tego obszaru. Masa tego centralnego obszaru obejmowanego przez pierścień (założenie: krążącego w sposób keplerowski!) wynosi około 1 mld mas Słońca. Samo jądro jest silnym źródłem rentgenowskim, co ciekawe, w niewielkiej odległości od niego znajduje się drugie podobne źródło.

NGC 3628, podobnie do wielu innych bliskich galaktyk aktywnych, posiada w swoim sąsiedztwie sporo kwazarów lub obiektów do nich podobnych (aktywnych galaktyk). Na przykład: wzdłuż włókna emisji rentgenowskiej wychodzącej z jądra galaktyki w kierunku M 66 znajdują się dwa jasne kwazary o różnych przesunięciach ku czerwieni w widmie, przy czym jeden z nich znajduje się dokładnie na zakończeniu tego włókna oraz wiele słabych obiektów, w których widmach można dostrzec linie emisyjne charakterystyczne dla aktywnych jąder galaktyk lub kwazarów. Soczewkowanie grawitacyjne nie dostarcza wyjaśnienia tej sytuacji: w zasadzie sprawa, czy owo dziwne sąsiedztwo jest pozorne i zachodzi tylko na sferze niebieskiej czy też jest prawdziwe i faktycznie zachodzi w przestrzeni, do tej pory nie uzyskała rozstrzygającego wyjaśnienia.

Rysunek NGC 3628 wykonany za pomocą 25-cm teleskopu przy powiększeniu 120× bez filtru



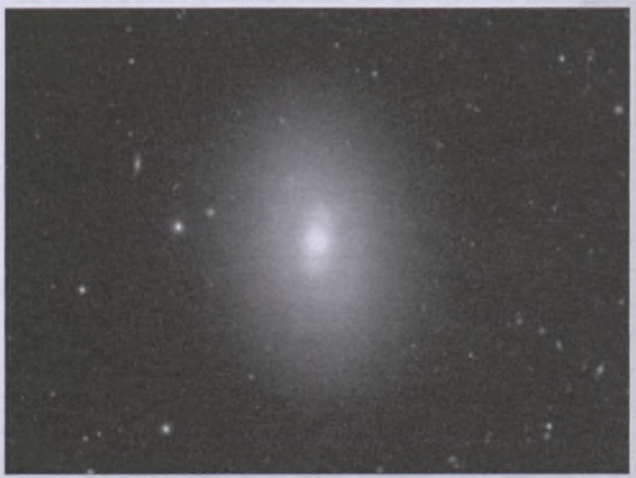
Rysunek NGC 3628 wykonany za pomocą 48-cm teleskopu przy powiększeniu 154×

NGC 3941

α (J2000)	$11^h\ 52{,}9^m$
δ (J2000)	+36° 59'
Gwiazdozbiór	Wielka Niedźwiedzica
Typ	Galaktyka soczewkowa SB0
Jasność fotograficzna	11,3
Jasność wizualna	10,3
Jasność absolutna Mv	—
Rozmiar	3,8'×2,5'
Odległość	~15 Mpc
Prędkość radialna	+928 km/s

Jest to galaktyka o bardzo słabo zaznaczonej strukturze spiralnej prawdopodobnie posiadająca poprzeczkę w obrębie zgrubienia centralnego. Odkrył ją w 1787 r. William Herschel i opatrzył numerem H I.173. Dreyer podaje taki jej opis: „bardzo jasna, dość duża, zaokrąglona, nagle jaśniejąca ku środkowi". Ze względu na dużą jasność powierzchniową można ją zobaczyć już przez teleskop o średnicy 10-cm jako małą plamkę światła. W większych instrumentach nie widać wiele więcej — jest to jasny, mały owal z gwiazdopodobnym jądrem, którego wielka oś jest dwa razy dłuższa od małej osi. Niewiele wiemy o tej galaktyce. Jest typową galaktyką soczewkową, mającą bardzo rozległe, owalne zgrubienie centralne oraz szczątki ramion spiralnych ledwie widocznych w zewnętrznych częściach dysku. Ponadto istnieją jeszcze mniejsze wewnętrzne ramiona, o których istnieniu można przekonać się dopiero po wyrafinowanej analizie zdjęć w podczerwieni. Gwiazdy w dysku krążą wokół jego środka z dużymi prędkościami, przy czym asymetria pomiędzy mierzonymi prędkościami w różnych częściach dysku jest powodowana przez poprzeczkę. Dysk jest prawdopodobnie kołowy i nachylony do kierunku widzenia pod kątem około 50°. Neutralny wodór (H I) jest rozmieszczony w galaktyce w postaci dwóch pierścieniowych struktur o promieniach 5 kpc i 12,5 kpc. Galaktyka ta wygląda na izolowaną w przestrzeni: nie ma w jej pobliżu żadnej grupy galaktyk.

Dariusz Graczyk



NGC 3941 zarejestrowana przez Sloan Digital Sky Survey. Pole widzenia około 8'×12'

ASTROKRAK

F.P.U.H. **ASTROKRAK**, ul. Mogilska 51, 31-545 Kraków
e-mail: astrokrak@astrokrak.pl - **www.astrokrak.pl**
tel.: **(12) 413 55 26**, fax: (12) 417 31 81
sklep czynny: pon. - pt. 9-17, sob. 10-15

Zobacz również nowe forum miłośników astronomii - *www.astromaniak.pl*

BRESSER

Absolutna nowość na rynku!!!

SERIA MESSIER - nowe ceny!!!
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z najbogatszym wyposażeniem dodatkowym)

Refraktor R-90	999.00
Refraktor R-102	1899.00
Refraktor R-127L	2699.00
Refraktor R-127S	2899.00
Refraktor R-152	3499.00
Newton N-130	1099.00
Newton N-150	1699.00
Newton N-203	2199.00

MEADE

NOWOŚĆ!!! SERIA LX200R GPS
(Teleskopy Ritchey-Chrétiena na montażu widłowym z pełną automatyką naprowadzania GO-TO)

8" (203mm)	14685.00
10" (254mm)	19599.00
12" (305mm)	26025.00
14" (356mm)	36485.00
16" (406mm)	70775.00

SERIA LDX-75
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z systemem GO-TO)

5" (127mm refraktor)	5150.00
6" (152mm refraktor)	6150.00
6" (152mm Schmidt-Newton)	5250.00
8" (203mm Schmidt-Newton)	6150.00
8" (203mm Schmidt-Cassegrain)	8390.00
10" (254mm Schmidt-Newton)	7490.00

SERIA ETX
(Teleskopy Maksutowa na montażu widłowym z systemem GO-TO)

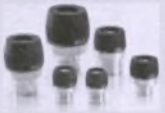
90AT (90mm)	3125.00
90PE (90mm)	3895.00
105AT (105mm)	4150.00
105PE (105mm)	4950.00
125AT (125mm)	5450.00
125PE (125mm)	6250.00

SERIA LIGHTBRIDGE
(Teleskopy kratownicowe na montażu Dobsona)

Newton 203mm	od 1699.00
Newton 254mm	od 2350.00
Newton 305mm	od 3899.00

Akcesoria MEADE

OKULARY Z SERII 5000



Plössl (60°/5,5-40mm)	od 499.00
SWA (68°/16-40mm)	od 899.00
UWA (82°/4,7-30mm)	od 1050.00

KAMERY CCD
(Z oprogramowaniem Autostar Suite)

LP Imager	550.00
DS Imager	1525.00
DS Imager Pro	1950.00
Reduktor/korektor CCD f/3,3	799.00

ORION

SERIA SKYVIEW PRO
(Teleskopy na montażu paralaktycznym SkyView Pro z opcjonalnym napędem lub Intelliscope)

Refraktor 80mm ED APO	od 3475.00
Refraktor 100mm ED APO	od 5750.00
Refraktor 120mm	od 3350.00
Maksutow 127mm	od 3350.00
Maksutow 150mm	od 4650.00
Newton 203mm	od 3650.00

SOLIGOR

Digital • Photo • Optic • Video

LORNETKI ASFERYCZNE NIGHT VISION

7x50	485.00
10x50	495.00

SERIA MT - nowe ceny!!!
(Teleskopy Newtona na montażu paralaktycznym)

MT-910 114mm	999.00
MT-750 152mm	1450.00
MT-800 200mm	1999.00

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA

Plössl (4-40mm/1,25")	od 95.00
RKE (26-40mm/2")	od 195.00
Barlow 2x/1,25"	95.00
Barlow 2x/2"	250.00

Sky-Watcher

TELESKOPY - najniższe ceny!!!

Newton 114mm EQ2	595.00
Newton 130mm EQ2	695.00
Newton 150mm EQ3-2	1235.00
Maksutow 102mm EQ2	1295.00
Maksutow 127mm EQ3-2	2450.00

ANTARES

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA

Plössl (6-40mm/1,25")	od 105.00
Ortoskop. (6-12,5mm/1,25")	od 250.00
Erfla (30-52mm/2")	od 315.00
Szerokokątne (67°/5,7-25mm)	od 299.00
Szerokokątne (82°/7,5-18mm)	od 499.00
Barlow 2x/1,25	105.00
Barlow 1,6x/2"	350.00
Plössl podświetlany (10mm/1,25")	525.00

NASADKI KĄTOWE

45° 1,25"/1,25"	105.00
90° 1,25"/1,25"	125.00
45° M42x1/1,25"	125.00
90° M42x1/1,25"	145.00
90° 2"/2" 98%	395.00
Prowadząca 90° 2"/T2 z podgl.	625.00

FILTRY

ALP 1,25"	225.00
ALP 2"	415.00
ND 13 1,25" (szary)	45.00
ND 13 2" (szary)	105.00
Kolorowe 7 szt. 1,25"	285.00
Kolorowe 7 szt. 2"	475.00

CORONADO

TELESKOPY I FILTRY SŁONECZNE Hα
Już od 2825.00

LUMICON

OKULARY PODŚWIETLANE
(Z krzyżem nitek)

12,5mm ortoskop.	585.00
25mm Kellner	275.00

FILTRY MGŁAWICOWE

Deep Sky 1,25"	375.00
Deep Sky 2"	730.00
UHC 1,25"	375.00
UHC 2"	730.00
OIII 1,25"	375.00
OIII 2"	730.00
H-Beta 1,25"	375.00
H-Beta 2"	730.00
Comet 1,25"	375.00
Comet 2"	730.00

NASADKI KĄTOWE

Enhanced 1,25"	365.00
Enhanced 2"	695.00
LumiBrite 1,25" 98%	550.00
LumiBrite 2" 98%	875.00

KSIĄŻKI I ATLASY

Night Sky Observer's Guide tom I i II	135.00
Uranometria tom I i II	179.00
Pocket Sky Atlas	89.00
Sky Atlas 2000.0 wersja deluxe	179.00
Atlas of the Moon	135.00

MAPY I GLOBUSY

Karta Messiera	13.00
Karta Caldwella	13.00
Mapa Księżyca	13.00
Globus nieba	330.00
Globus Księżyca	225.00

OPROGRAMOWANIE

RedShift 5	425.00
Starry Night Pro	625.00
Starry Night Enth.	335.00
CoolSky 2.0	39.00
Maxim DL	1250.00
SkyMap Pro	375.00
SkyChart III	169.00
Desktop Universe	825.00
SkyTools 2 CD	425.00

SKY PUBLISHING

ASTROKRAK

TELESKOPY I AKCESORIA

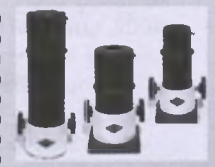
Jesteśmy producentem wysokiej klasy teleskopów i akcesoriów astronomicznych. Wykonujemy teleskopy o aperturze od 250 do 600mm. Zbudowaliśmy największy amatorski teleskop w Polsce! Ponadto oferujemy usługi projektowe, naprawcze i regulacyjne w zakresie optyki i mechaniki a także wykonujemy sprzęt na indywidualne zamówienie klienta.

ZŁĄCZKI I REDUKCJE

M42/Canon EOS	49.00
M42/Nikon	49.00
M42/T2	45.00
1,25"/M42	35.00
2"/M42	45.00
M42/web kamera	45.00
L-adapter mały	20.00
L-adapter duży	25.00

WYCIĄGI OKULAROWE
(Do refraktora, Newtona lub Cassegraina)

Obrotowy 1,25"	115.00
Przesuwny 1,25"	195.00
Przesuwny 2"	275.00



Niniejszy cennik jest jedynie niewielkim fragmentem oferty. Sprawdź wszystkie nasze produkty na *www.astrokrak.pl*

Listopad

Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca w Warszawie. Dnia 1 listopada Słońce wschodzi o 5^h31^m, zachodzi o 15^h07^m, a 30 listopada wschodzi o 6^h21^m, zachodzi o 14^h28^m. W dniu 8 listopada planeta Merkury przejdzie na tle tarczy Słońca, jednak zjawisko to nie będzie widoczne w Polsce.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
XI 1	24,53	4,40	182,64
3	24,18	4,20	156,26
5	23,81	3,99	129,89
7	23,40	3,77	103,52
9	22,96	3,55	77,15
11	22,49	3,33	50,78
13	21,99	3,10	24,42
15	21,45	2,87	358,05
17	20,89	2,64	331,68
19	20,30	2,40	305,32
21	19,68	2,15	278,96
23	19,03	1,91	252,60
25	18,35	1,66	226,24
27	17,65	1,41	199,88
XI 29	16,92	1,16	173,52
XII 1	16,17	0,91	147,16

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$14^d20^h27^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

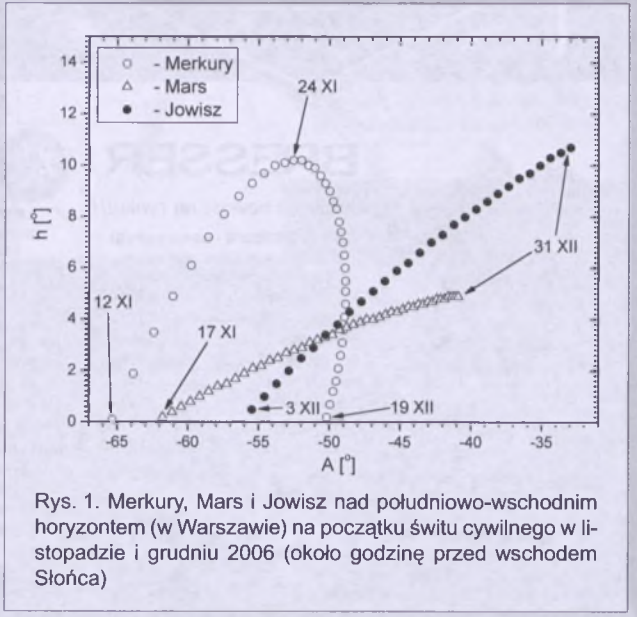
Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie listopada, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $5^d12^h58^m$, ostatnia kwadra $12^d17^h45^m$, nów $20^d22^h18^m$ i pierwsza kwadra $28^d06^h29^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się 3 listopada o 23^h52^m, a w apogeum 15 listopada o 23^h20^m.

Planety i planetoidy

Pod koniec listopada nad ranem, nisko nad południowo-wschodnim horyzontem, będzie można zaobserwować **Merkurego**. W dniu 24 listopada, na początku świtu cywilnego, tzn. ok. godzinę przed wschodem Słońca, można go będzie odnaleźć na wysokości 10° nad horyzontem, świecącego z jasnością $-0,4^m$. Przez teleskop zobaczymy tarczę planety o średnicy 7" w fazie zbliżonej do kwadry. Już teleskop o średnicy obiektywu 10 cm, przy powiększeniu 100x, umożliwi dostrzeżenie szczegółów powierzchniowych planety, w czym może pomóc użycie żółtego filtru.

Wenus, **Mars** i **Jowisz** znajdują się na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

W drugiej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Lwa, widoczny jest **Saturn** świecący z jasnością $0,7^m$. Duża wysokość planety nad horyzontem ułatwia teleskopowe obserwacje



Rys. 1. Merkury, Mars i Jowisz nad południowo-wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego w listopadzie i grudniu 2006 (około godzinę przed wschodem Słońca)

struktur w jej atmosferze oraz układu pierścieni, w szczególności „Przerwy Cassiniego" (do jej zobaczenia wystarczający jest teleskop o średnicy 10 cm przy powiększeniu 100×).

W pierwszej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Wodnika, można obserwować **Urana** jako „gwiazdę" o jasności $5,8^m$. Wieczorem, na wysokości 20° nad południowym horyzontem, w gwiazdozbiorze Koziorożca, można natomiast obserwować **Neptuna** jako „gwiazdę" o jasności $7,9^m$.

Pluton znajduje się na niebie zbyt blisko Słońca i jest niewidoczny.

W listopadzie w pobliżu opozycji znajduje się jasna planetoida:

(7) Iris, (jasność $6,8^m$): 7 XI: $3^h16,4^m$, +24°33'; 17 XI: $3^h07,8^m$, +23°12'; 27 XI: $3^h00,3^m$, +21°44'.

Meteory

Od 14 do 21 listopada promieniują meteory z roju **Leonidów (LEO)**, związanego z kometą 55P/Tempel-Tuttle. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne: rekt. 10^h08^m, dekl. +22°. Główne maksimum aktywności przypada w tym roku 17 listopada o 20:50 UT, natomiast maksimum wtórne 19 listopada o 4:48 UT. Od kilku lat aktywność roju była podwyższona (aż do wystąpienia „deszczów") w związku z powrotem macierzystej komety w 1998 r. Pomimo zakończenia się tego okresu, w roku bieżącym nadal można spodziewać się zwiększonej aktywności (chociaż już bez „deszczów"). W obserwacjach nie będzie przeszkadzał zbliżający się do nowiu Księżyc.

Od 15 do 25 listopada promieniują meteory z roju **alfa-Monocerotydów (AMO)**. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Jednorożca i ma współrzędne: rekt. 7^h48^m, dekl. +01°. Maksimum aktywności przypada 21 listopada o 21:05 UT. Jest to rój o małej aktywności, jednak często sprawia niespodzianki. W 1995 r. przez pięć minut ZHR (zenitalna liczba godzinna) wynosiła dla niego aż ok. 420, a cały rozbłysk trwał 30 min. Analiza analogicznych zjawisk pozwala przypuszczać, że występują one okresowo co 10 lat. W 2005 r. nie zaobserwowano znacząco wyższej aktyw-

ności roju, toteż być może kolejnego rozbłysku AMO można spodziewać się w roku bieżącym. Obserwacjom tego bardzo ciekawego roju także nie będzie przeszkadzał Księżyc w nowiu.

* * *

1^d08^h Złączenie Merkurego z Jowiszem w odl. 3°.

1^d09^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 1°.

3^d00^h Minimalna libracja Księżyca (1,8°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony)

3^d20^h Zakrycie gwiazdy ε Psc ($4{,}3^m$) przez ciemny brzeg Księżyca przed pełnią, widoczne w zachodniej i północnej Polsce (Szczecin 20^h04^m — Łódź 20^h20^m). Wzdłuż linii, przechodzącej 27 km na wschód od Opola, 27 km na wschód od Łodzi i 27 km na zachód od Warszawy, zakrycie widoczne jako brzegowe.

4^d Gwiazda zmienna długookresowa T Aqr (miryda) ($20^h49{,}9^m$, –5°09') osiąga maksimum jasności ($7{,}7^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2003].*

5^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

$5^d02^h24^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}8^m$ do $6{,}6^m$.

7^d18^h Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 1°.

$7^d18^h31^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2003].*

8^d Gwiazda zmienna długookresowa R Aur (miryda) ($5^h17{,}3^m$, +53°35') osiąga maksimum jasności ($7{,}7^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2005].*

8^d Przejście Merkurego (tranzyt) na tle tarczy Słońca. Początek zjawiska, o 19^h12^m, widoczny na Oceanie Spokojnym, w obu Amerykach oraz na Antarktydzie. Koniec zjawiska o 0^h10^m (już 9 listopada) widoczny na Oceanie Spokojnym, we wschodniej Azji, w całej Australii oraz na Antarktydzie.

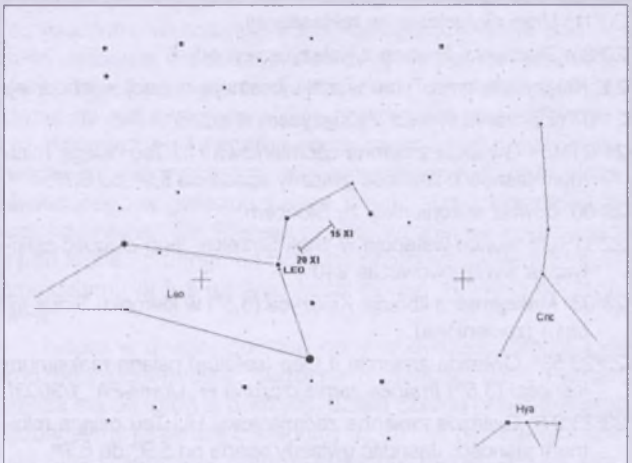
$8^d19^h21^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2005].*

8^d21^h Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

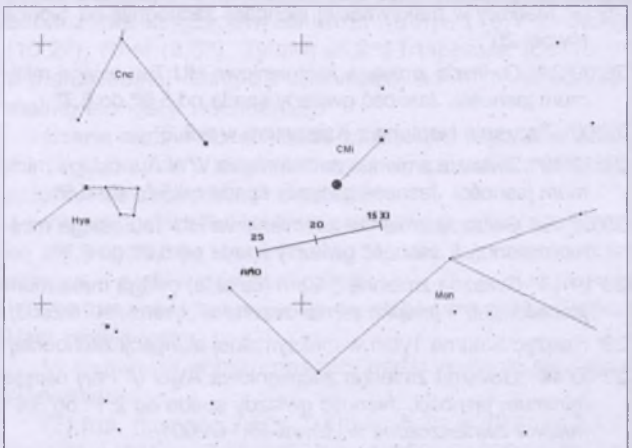
9^d06^h Maksymalna libracja Księżyca (9,6°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione)

11^d14^h Złączenie Merkurego z Marsem w odl. 0,6°.

$11^d19^h50^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2{,}1^m$ do $3{,}4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2001].*



Rys. 3. Położenie i ruch własny radiantów meteorowych Leonidów (LEO) w okresie od 15 do 20 listopada 2006



Rys. 4. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Alfa Monocerotydów (AMO) w okresie od 15 do 25 listopada 2006

13^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

13^d01^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 1°.

$13^d03^h18^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2003].*

15^d20^h Złączenie Wenus z Jowiszem w odl. 0,4°.

16^d05^h Minimalna libracja Księżyca (1,3°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione)

17^d19^h Merkury nieruchomy w rektascensji.

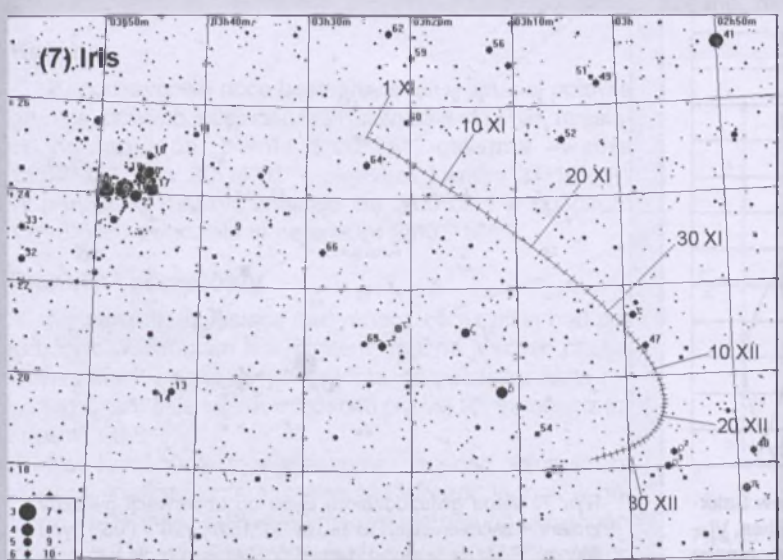
$17^d19^h04^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}7^m$.

19^d05^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 7°.

$19^d20^h25^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}7^m$.

20^d Gwiazda zmienna długookresowa T Cep (miryda) ($21^h09{,}6^m$, +68°29') osiąga maksimum jasności ($6{,}0^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 4/2003].*

20^d02^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 5°.



Rys. 2. Trasa planetoidy (7) Iris na tle gwiazd gwiazdozbiorów Barana i Byka w listopadzie i grudniu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)

20^d11^h Uran nieruchomy w rektascensji.

20^d23^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 6°.

21^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

21^d07^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 6°.

$21^d21^h46^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$.

22^d00^h Jowisz w koniunkcji ze Słońcem.

$22^d11^h03^m$ Słońce wstępuje w znak Strzelca, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 240°.

23^d03^h Maksymalna libracja Księżyca (8,3°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieniona).

$23^d20^h53^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2003].*

$23^d23^h07^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$.

25^d Gwiazda zmienna długookresowa T Hya (miryda) ($8^h55,6^m$, –9°08') osiąga maksimum jasności ($7,8^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2005].*

25^d13^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca równej 20°.

$26^d00^h28^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$.

27^d00^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.

$27^d19^h49^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$.

$28^d01^h49^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$.

$28^d19^h13^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2003].*

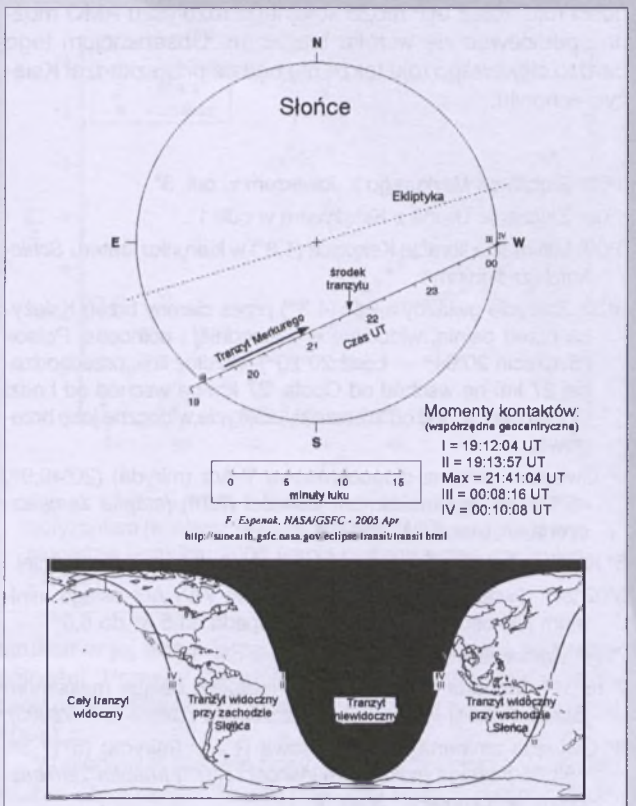
29^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

$29^d00^h44^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2001].*

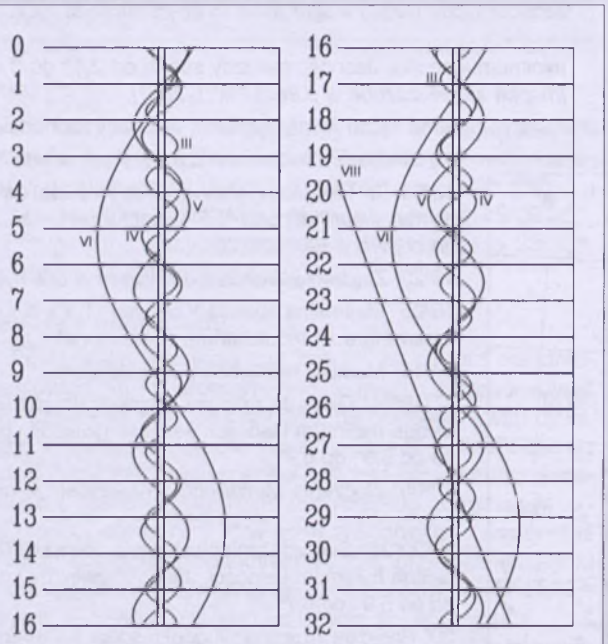
$29^d18^h57^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 4/2003].*

30^d03^h Minimalna libracja Księżyca (2,1°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony)

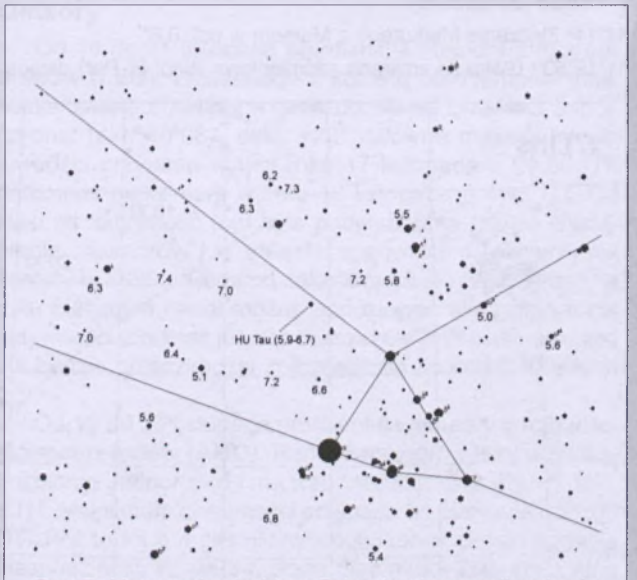
$30^d03^h10^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$.



Rys. 5. Przejście Merkurego (tranzyt) na tle tarczy Słońca 8 listopada 2006 [wg F. Espenak, NASA/GSFC]



Rys. 6. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w listopadzie 2006 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo



Rys. 7. Mapa gwiazdozbioru Byka do obserwacji gwiazdy zmiennej zaćmieniowej HU Tau ($4^h38^m15.8^s$, +20°41'05") (typu Algola). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 15°, północ u góry)

Grudzień

Słońce

Słońce w swym ruchu rocznym po ekliptyce zmierza w kierunku punktu przesilenia zimowego: 22 grudnia osiąga najniższy punkt ekliptyki pod równikiem niebieskim i wstępując w znak Koziorożca rozpoczyna astronomiczną zimę. Dni są nadal coraz krótsze. W Warszawie 1 grudnia Słońce wschodzi o 6^h22^m, zachodzi o 14^h27^m, 22 grudnia wschodzi o 6^h43^m, zachodzi o 14^h25^m, a 31 grudnia wschodzi o 6^h45^m, ale zachodzi o 14^h32^m.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
XII 1	16,17	0,91	147,16
3	15,39	0,65	120,80
5	14,59	0,40	94,44
7	13,76	0,14	68,09
9	12,92	–0,11	41,73
11	12,06	–0,37	15,38
13	11,18	–0,63	349,03
15	10,28	–0,88	322,68
17	9,37	–1,14	296,33
19	8,45	–1,39	269,98
21	7,51	–1,64	243,63
23	6,57	–1,89	217,29
25	5,61	–2,14	190,94
27	4,65	–2,38	164,60
29	3,69	–2,62	138,26
XII 31	2,72	–2,86	111,91
2007 I 2	1,75	–3,10	85,57

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$12^d04^h01^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie grudnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $5^d00^h25^m$, ostatnia kwadra $12^d14^h32^m$, nów $20^d14^h01^m$ i pierwsza kwadra $27^d14^h48^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się $2^d00^h09^m$, w apogeum $13^d18^h55^m$ i ponownie w perygeum $28^d02^h16^m$.

Planety i planetoidy

Na początku miesiąca nad ranem, coraz niżej nad południowo-wschodnim horyzontem, można jeszcze obserwować **Merkurego**, który 1 grudnia, na początku świtu cywilnego, wzniesie się na wysokość prawie 9°, świecąc z jasnością $-0,6^m$.

Pod koniec miesiąca wieczorem, tuż nad południowo-zachodnim horyzontem, pojawi się **Wenus**, jednak w godzinę po zachodzie Słońca znajdzie się ona na wysokości zaledwie 3° i jej obserwacja będzie bardzo trudna, pomimo jasności równej -4^m.

Nad ranem, coraz wyżej nad południowo-wschodnim horyzontem, wznosi się **Mars**, osiągając jednak pod koniec miesiąca, na początku świtu cywilnego, wysokość jedynie 5°, co przy jasności tylko $+1,5^m$ czyni jego dostrzeżenie na rozjaśnionym niebie praktycznie niemożliwym.

Również nad ranem, coraz wyżej nad południowo-wschodnim horyzontem, możemy obserwować **Jowisza**, świecącego w gwiazdozbiorze Wagi, jako „gwiazdę" o jasności prawie -2^m. Planeta szybko wznosi się coraz wyżej i pod koniec grudnia, na godzinę przed wschodem Słońca, znajdziemy ją już na wysokości ponad 10° nad horyzontem.

Nadal w drugiej połowie nocy w gwiazdozbiorze Lwa możemy obserwować **Saturna** o jasności $0,5^m$. Planeta zbliża się do lutowej opozycji, dzięki czemu przez teleskop zobaczymy jej tarczę o średnicy aż 20". W tym samym czasie układ pierścieni Saturna osiągnie rozpiętość 45" przy dużym nachyleniu ich płaszczyzny do Ziemi, co ułatwi znacznie dostrzeżenie tzw. „Przerwy Cassiniego" nawet przez teleskopy amatorskie. Taki sam teleskop umożliwi zobaczenie księżyców Saturna: Tethys ($10,1^m$), Diony ($10,2^m$), Rhei ($9,6^m$), Tytana ($8,2^m$) i Iapetusa (od $10,1^m$ w maksymalnej elongacji zachodniej do $12,1^m$ w maksymalnej elongacji wschodniej).

Urana można obserwować wieczorem w gwiazdozbiorze Wodnika, na praktycznie stałej wysokości ok. 28° nad południowo-zachodnim horyzontem.

Warunki widzialności **Neptuna** w ciągu miesiąca szybko się pogarszają i pod koniec grudnia jego obserwacja stanie się praktycznie niemożliwa.

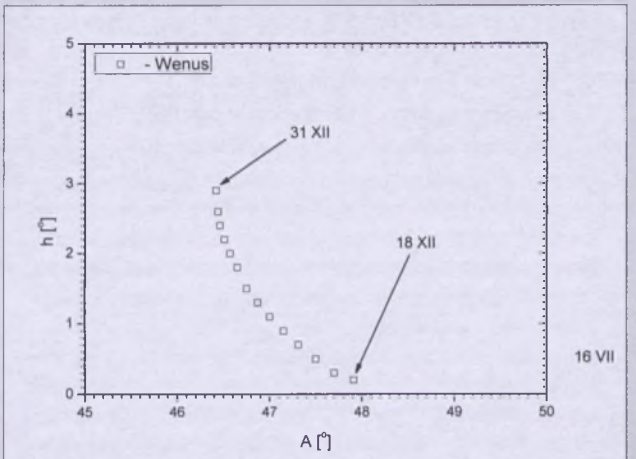
Pluton nadal znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

W grudniu w pobliżu opozycji nadal znajduje się jasna planetoida:

(7) Iris, (jasność $7,5^m$): 7 XII: $2^h55,3^m$, +20°21'; 17 XII: $2^h53,8^m$, +19°15'; 27 XII: $2^h56,1^m$, +18°29', 6 I 2007: $3^h01,9^m$, +18°05'.

Meteory

Od 12 grudnia do 23 stycznia promieniują meteory ze słabo zbadanego roju **Coma Berenicidów (COM)**. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Warkocza i ma współrzędne: rekt. 11^h40^m, deki. +25°. Maksimum aktywności



Rys. 8. Wenus nad południowo-zachodnim horyzontem (w Warszawie) pod koniec zmierzchu cywilnego w grudniu 2006 (około godzinę po zachodzie Słońca)

COM przypada w tym roku 20 grudnia. Strumień jest wizualnie słaby, jednak bardzo interesujący i wymagający obserwacji, zwłaszcza w celu wyznaczenia dokładnego momentu maksimum. Tegorocznym obserwacjom meteorów nie będzie przeszkadzał Księżyc w nowiu.

Od 7 do 17 grudnia promieniują meteory z roju **Geminidów** (**GEM**) związanego z planetoidą (prawdopodobnie „wygasłą" kometą) (3200) Phaeton. Radiant Geminidów leży w gwiazdozbiorze Bliźniąt i w momencie maksimum aktywności w dniu 14 grudnia o 10:45 UT ma współrzędne rekt. 7^h28^m, dekl.+33°. W obserwacjach tych meteorów także nie będzie przeszkadzał zbliżający się do nowiu Księżyc.

Od 17 do 26 grudnia promieniują meteory z roju **Ursydów** (**URS**). Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Małej Niedźwiedzicy i ma współrzędne: rekt. 14^h28^m, dekl. +76°. Maksimum aktywności URS przypada 22 grudnia o godzinie 19 UT. Strumień jest bardzo słabo zbadany i wymaga obserwacji, w 1945 r. i 1986 r. wystąpiły silne wzrosty aktywności. Tegorocznym obserwacjom meteorów również nie będzie przeszkadzał Księżyc tuż po nowiu.

* * *

$1^d17^h30^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 1/2005].*

$1^d21^h32^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2001].*

$2^d21^h01^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$.

4^d03^h Zakrycie gromady otwartej Plejady ($3,0^m$) przez ciemny brzeg Księżyca przed pełnią, widoczne w całej Polsce (Gdańsk 3^h49^m — Krosno 3^h54^m).

6^d18^h Saturn nieruchomy w rektascensji.

6^d19^h Maksymalna libracja Księżyca (8,6°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione).

7^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

8^d00^h Złączenie Wenus z Plutonem w odl. 8°.

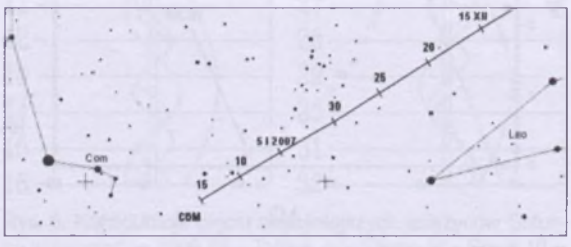
9^d Gwiazda zmienna długookresowa R LMi (miryda) ($9^h45,6^m$, +34°31') osiąga maksimum jasności ($7,1^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 5/2005].*

9^d02^h Odkrycie gwiazdy γ Cnc ($4,7^m$) przy ciemnym brzegu Księżyca przed ostatnią kwadrą, widoczne w całej Polsce (Szczecin 9^h08^m — Krosno 9^h24^m).

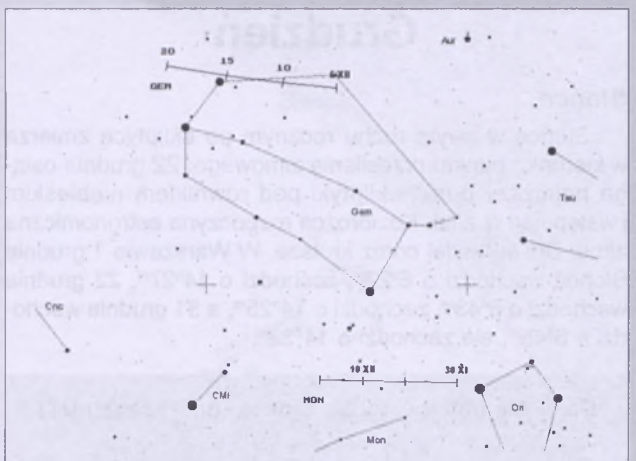
10^d07^h Złączenie Merkurego z Marsem w odl. 1°.

10^d12^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 0,2°.

10^d17^h Złączenie Merkurego z Jowiszem w odl. 0,1°.



Rys. 10. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Coma Berenicydów (COM) w okresie od 15 grudnia 2006 do 15 stycznia 2007



Rys. 9. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Geminidów (GEM) w okresie od 5 do 20 grudnia 2006 i Monocerotydów (MON) od 30 listopada do 15 grudnia 2006

11^d Gwiazda zmienna długookresowa R Sgr (miryda) ($19^h16,7^m$, –19°18') osiąga maksimum jasności ($7,3^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 3/2005].*

11^d16^h Złączenie Marsa z Jowiszem w odl. 0,8°.

$12^d23^h25^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$.

13^d10^h Minimalna libracja Księżyca (1,5°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione).

15^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

17^d Gwiazda zmienna długookresowa R Gem (miryda) ($7^h07,4^m$, +22°42') osiąga maksimum jasności ($7,1^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 5/2005].*

18^d Gwiazda zmienna długookresowa RT Cyg (miryda) ($19^h43,6^m$, +48°47') osiąga maksimum jasności ($7,3^m$).

$18^d00^h37^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$.

18^d15^h Pluton w koniunkcji ze Słońcem.

18^d20^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 6°.

19^d01^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 5°.

19^d19^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 5°.

20^d00^h Maksymalna libracja Księżyca (8,2°) w kierunku *Sinus Iridium* (oświetlona).

21^d Gwiazda zmienna długookresowa R Peg (miryda) ($23^h06,6^m$, +10°32') osiąga maksimum jasności ($7,8^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 5/2004].*

21^d19^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 4°.

$21^d23^h15^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2001].*

$22^d00^h23^m$ Słońce wstępuje w znak Koziorożca, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 270°; rozpoczyna się zima astronomiczna.

$22^d18^h02^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$.

23^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

$23^d01^h49^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$.

24^d04^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.

$24^d19^h23^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$.

$24^d20^h04^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2{,}1^m$ do $3{,}4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii-PA" 6/2001].*

25^d12^h Złączenie Merkurego z Plutonem w odl. 8°.

25^d23^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 0,3°.

26^d19^h Minimalna libracja Księżyca (1,2°) w kierunku *Mare Orientale* (zacienione).

$26^d20^h44^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}7^m$.

$28^d03^h01^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}8^m$ do $6{,}6^m$.

$28^d22^h05^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}7^m$.

$30^d23^h26^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}7^m$.

31^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

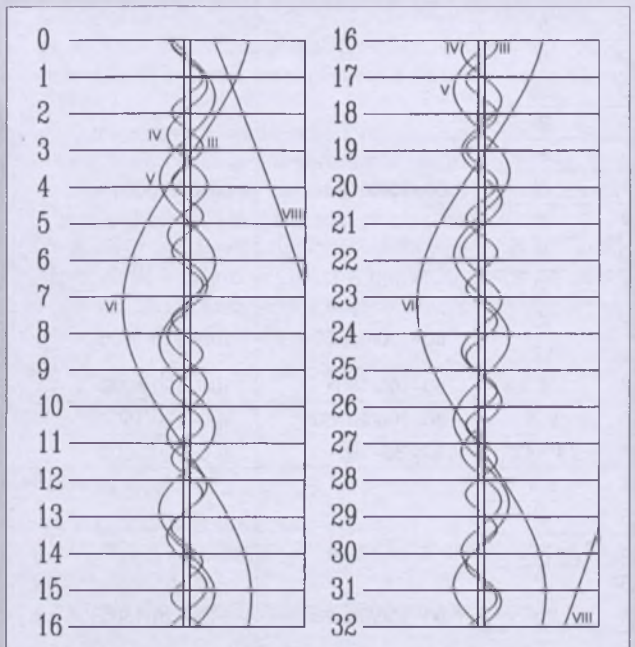
Aby otrzymać datę w obowiązującym w listopadzie i grudniu w Polsce „czasie zimowym", należy dodać 1 godzinę.

Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

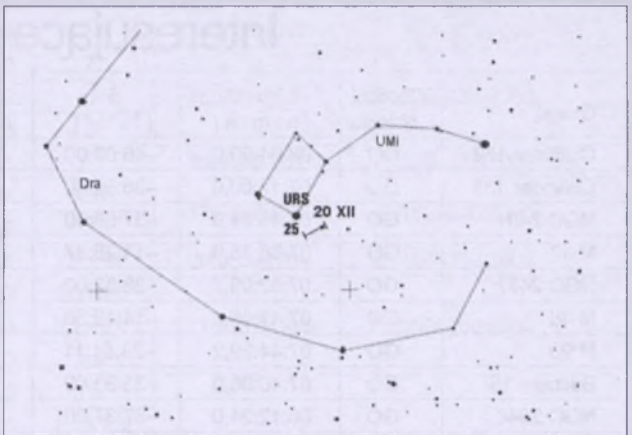
Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opracował T. Ściężor

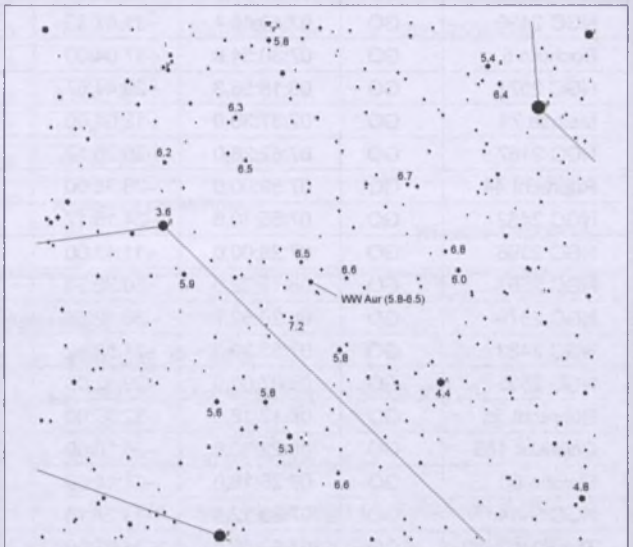
Sprostowanie: w poprzednim zeszycie „Uranii" jest błąd na s. 188. Podpis pod mapką częściowego zaćmienia Księżyca, które będzie 7 września, a nie, jak tam wydrukowano, 7 października.



Rys. 13. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w grudniu 2006 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo



Rys. 11. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Ursydów (URS) w okresie od 20 do 25 grudnia 2006



Rys. 12. Mapa gwiazdozbioru Woźnicy do obserwacji gwiazdy zmiennej zaćmieniowej WW Aur ($6^h32^m27.2^s$, +32°27'18") (typu Algola). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 15°, północ u góry)

uśmiechnij się!;)

Z pamiętnika miłośnika astronomii:

[...] Do tego zaćmienia Księżyca przygotowałem się bardzo dobrze. Teleskop wystawiony kilka godzin wcześniej na balkon był dobrze wychłodzony, film w aparacie założony tak, by zmieściło się na nim jak najwięcej klatek. Żeby jeszcze tylko pogoda była łaskawsza, bo początkowi zaćmienia towarzyszyło prawie pełne zachmurzenie. Prognozy mówiły jednak wyraźnie o przejaśnieniach, więc cierpliwie czekałem na dziury w chmurach. I faktycznie, po północy było ich coraz więcej, a na krótko przez fazą całkowitego zaćmienia niebo było już prawie całkiem czyste. Rozpocząłem intensywne fotografowanie. Oczyma wyobraźni już widziałem owoce tej pracowitej nocy: serię wspaniałych zdjęć! Przy pięćdziesiątym którymś pstryknięciu coś mnie tknęło... To przecież niemożliwe, by tyle zdjęć pomieścić na jednym filmie... Okazało się, iż zbyt oszczędnie założony film w ogóle nie zaczepił o ząbki mechanizmu prowadzącego...

Interesujące obiekty: **Rufa**

Obiekt	Rodzaj obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ′ : ″]	V [mag.]	Rozmiary kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] /F[mm]
Collinder 173	GO	08:04:00,0	–46:00:00	0,6	370′	30/8–10×	30–50/50–135
Collinder 135	GO	07:17:00,0	–36:50:00	2,1	50′	30–50/8–20×	30–50/85–300
NGC 2451	GO	07:45:24,0	–37:58:00	2,8	50′		
M 47	GO	07:36:35,0	–14:28:47	4,4	25′	30–50/10–30×	40–70/135–500
NGC 2477	GO	07:52:09,7	–38:32:00	5,8	20′		
M 46	GO	07:41:46,8	–14:48:36	6,1	20′		
M 93	GO	07:44:29,2	–23:51:11	6,2	10′		
Bochum 15	GO	07:40:06,0	–33:33:00	6,3	3′	40–60/30–60×	50–80/1000
NGC 2546	GO	08:12:24,0	–37:37:00	6,3	70′	40–60/8–20×	40–70/85–200
NGC 2539	GO	08:10:36,9	–12:49:14	6,5	15′	40–60/30–60×	50–70/500–1000
NGC 2520	GO	08:04:58,1	–28:08:46	6,5	10′		
NGC 2423	GO	07:37:06,7	–13:52:17	6,7	12′		
NGC 2439	GO	07:40:45,4	–31:41:33	6,9	9′		
Bochum 5	GO	07:30:54,0	–17:04:00	7,0	11′		
NGC 2571	GO	08:18:56,3	–29:44:57	7,0	7′		
Melotte 71	GO	07:37:30,0	–12:04:00	7,1	9′	50–70/40–60×	60–80/500–1000
NGC 2467	GO	07:52:26,0	–26:26:12	7,1	15′		
Ruprecht 44	GO	07:59:00,0	–28:35:00	7,2	5′		
NGC 2482	GO	07:55:10,3	–24:15:17	7,3	10′		
NGC 2396	GO	07:28:00,0	–11:43:00	7,4	10′		
NGC 2567	GO	08:18:32,0	–30:38:24	7,4	11′		
NGC 2579	GO	08:20:52,7	–36:12:58	7,5	19′		
NGC 2483	GO	07:55:39,0	–27:53:42	7,6	9′	50–80/40–60×	60–80/1000
NGC 2533	GO	08:07:00,0	–29:52:00	7,6	6′		
Ruprecht 55	GO	08:12:18,0	–32:36:00	7,8	17′		
Collinder 185	GO	08:22:30,0	–36:10:00	7,8	9′		
Melotte 66	GO	07:26:18,0	–47:44:00	7,8	10′		
NGC 2414	GO	07:33:12,8	–15:27:14	7,9	6′		
Trumpler 7	GO	07:27:18,0	–24:02:00	7,9	5′		
NGC 2489	GO	07:56:15,9	–30:03:51	7,9	5′		
NGC 2409	GO	07:31:36,7	–17:11:23	8,0	2,5′	60–90/60–80×	60–80/1500
NGC 2421	GO	07:36:11,8	–20:36:44	8,3	8′		
NGC 2453	GO	07:47:34,1	–27:11:41	8,3	4′		
Ruprecht 32	GO	07:45:00,0	–25:31:00	8,4	6′		
Trumpler 9	GO	07:55:18,0	–25:56:00	8,7	6′		
Ruprecht 59	GO	08:19:06,0	–34:27:00	9,0	5′		
Ruprecht 46	GO	08:02:06,0	–19:28:00	9,1	2′		
NGC 2587	GO	08:23:24,0	–29:30:31	9,2	10′	80–100/40–60×	100–120/1500
NGC 2509	GO	08:00:47,8	–19:03:02	9,3	12′		
Haffner 18	GO	07:53:18,0	–25:54:00	9,3	1′	80–100/100×	100–120/2000
NGC 2298	GK	06:48:59,2	–36:00:17	9,3	6,8′	80–100/60–80×	100–120/1500
NGC 2440	MP	07:41:55,4	–18:12:29	9,4	74″×42″	100/80–100×	100–120/2000
Haffner 15	GO	07:45:18,0	–32:47:00	9,4	3,5′	80–100/60–80×	100–120/1500
Ruprecht 34	GO	07:45:54,0	–20:23:00	9,5	4′		
NGC 2479	GO	07:55:06,0	–17:42:28	9,6	11′		
Ruprecht 36	GO	07:48:30,0	–26:18:00	9,6	4′		
Ruprecht 49	GO	08:03:06,0	–26:47:00	9,6	2,5′		
Collinder 187	GO	08:24:12,0	–29:09:00	9,6	7′		
Ruprecht 47	GO	08:02,18,0	–31:06:00	9,6	5′		
NGC 2580	GO	08:21:28,0	–30:18:00	9,7	8′		
Bochum 6	GO	07:32:00,0	–19:26:00	9,9	10′		

Haffner 16	GO	07:50:18,0	–25:27:00	10,0	1,1'	150/100–120×	120–170/2000
NGC 2432	GO	07:40:53,8	–19:05:09	10,2	7'	150/60–100×	100–150/1500
NGC 2455	GO	07:48:58,6	–21:17:52	10,2	15'		
Czernik 29	GO	07:28:18,0	–15:24:00	10,3	8'		
Haffner 21	GO	08:01:12,0	–27:10:00	10,3	1,1'	150/100–120×	120–170/2000
Pismis 1	GO	08:17:48,0	–37:05:00	10,7	4,6'	170–200/100×	150–200/2000
NGC 2568	GO	08:18:18,1	–37:06:19	10,7	3'		
NGC 2438	MP	07:41:50,6	–14:44:05	10,8	73"×68"	200/80–120×	150–170/2000
NGC 2559	G	08:17:06,1	–27:27:25	10,9	6,0'×3,0'	170–200/100×	150–200/2000
NGC 2566	G	08:18:45,5	–25:30:02	11,0	3,1'×2,0'		
Haffner 20	GO	07:56:18,0	–30:24:00	11,0	1,8'		
Haffner 10	GO	07:28:36,0	–15:23:00	11,5	1,6'	200–250/120×	200–250/2000
IC 2311	G	08:18:45,9	–25:22:12	11,5	1,3'×1,3'		
NGC 2525	G	08:05:38,0	–11:25:39	11,6	2,9'×2,0'		
NGC 2427	G	07:36:27,9	–47:38:09	11,6	6,5'×3,0'		
NGC 2310	G	06:53:53,8	–40:51:49	11,7	5,0'×1,2'		
NGC 2517	G	08:02:47,0	–12:19:02	11,8	0,8'×0,6'		
NGC 2588	GO	08:23:09,5	–32:58:30	11,8	2'		
ESO 311-G012	G	07:47:36,0	–41:27:00	11,8	3,5'×0,4'		
NGC 2328	G	07:02:36,1	–42:04:05	11,8	1,6'×1,4'		
IC 2367	G	08:24:10,0	–18:46:33	11,9	3,3'×2,7'		

G — galaktyka, GO — gromada otwarta, GK — gromada kulista, MP — mgławica planetarna

Wiesław Skórzyński

VIII Konferencja
Sekcji Obserwatorów Komet PTMA

„Struktura i ewolucja komet i innych drobnych ciał Układu Słonecznego" 13–15 X 2006

w jubileusz 80-lecia prof. dr. hab. Konrada Rudnickiego
oraz w 70 rocznicę odkrycia komety C/1936 O1 przez Władysława Lisa

Informujemy, że w dniach 13–15 października br. w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie „Fort Skała" (OAUJ), ul. Orla 171, odbędzie się VIII Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA.

Członkowie SOK (z opłaconą składką PTMA i SOK) mogą brać udział w konferencji w ramach składki, inne osoby po uiszczeniu opłaty konferencyjnej, wynoszącej dla członków PTMA 15 zł, dla pozostałych 30 zł.

Istnieje możliwość noclegów w hotelu „Fort 39" w odległości ok. 1,5 km od OAUJ w cenie 20 zł/noc od osoby (ewentualnie należy doliczyć jednorazową opłatę w wysokości 3 zł za pościel).

Przewidywany porządek konferencji:

13 październik (piątek)
- przyjazd uczestników
- odczyt inauguracyjny
- otwarcie sesji zdjęciowej

14 październik (sobota)
- odczyty zaproszonych prelegentów (krajowych i zagranicznych)
- dyskusja nad problemami obserwacji komet
- kolacja przy ognisku
- obserwacje nieba

15 październik (niedziela)
- odczyty referatów zgłoszonych
- omówienie stanu bieżącego i przyszłości SOK

Osoby pragnące w ramach konferencji wygłosić referat są proszone o dostarczenie jego pisemnej wersji do końca września br. Sam tekst nie powinien przekraczać 1/4 arkusza autorskiego, to jest 10 000 znaków (w pliku czysto tekstowym jest to równowartość ilości bajtów) lub około 6 stron maszynopisu znormalizowanego (30 linii po 60 znaków). Zapewniamy dobrą jakość grafiki wykresów i rysunków, jeśli zostaną przesłane w postaci wektorowej (pliki postscriptowe PS i EPS) albo na papierze w możliwie dużym formacie (najlepiej A4, lecz nie większym).

Wszystkie prezentowane referaty zostaną następnie opublikowane w Biuletynie Naukowym SOK PTMA „Komeciarz" (ISSN 1644-1303).

Pytania natury technicznej najlepiej kierować do redaktora technicznego Biuletynu na jego adres elektroniczny qmq@vistula.wis.pk.edu.pl lub na adres SOK PTMA.

Zgłoszenia udziału w konferencji wraz z rezerwacją miejsca noclegowego prosimy przesyłać na adres:

Sekcja Obserwatorów Komet PTMA
ul. Miodowa 13/35
31-055 Kraków

oraz e-mail: SOK@vistula.wis.pk.edu.pl

Na zgłoszenia oczekujemy do 30 września 2006.

Wiktor Stoczkowski: ***Ludzie, bogowie i przybysze z kosmosu***. Przełożył Robert Wiśniewski. Państwowy Instytut Wydawniczy, seria ±∞, „Biblioteka Myśli Współczesnej", 480 s., Warszawa 2005.

Książka, która ukazała się nakładem PIW, jest swego rodzaju ewenementem. Uczony polski Wiktor Stoczkowski, pracujący wiele lat we Francji, opublikował powyższą pozycję jako *Des hommes, des dieux et des extraterrestries. Ethnolologie d'une croyance moderne*. Trudu „karkołomnego i niewdzięcznego" przekładu „na język ojczysty autora" podjął się Robert Wiśniewski. No, przynajmniej w danym przypadku książka powinna być dobrze autoryzowana...

Jak łatwo się przekonać, przedstawiane dzieło dotyczy przybyszów z Kosmosu pojawiających się na... nie, nie na Ziemi, lecz na łamach różnego rodzaju literatury. Większość z niej odrzuca swoimi bredniami normalnego czytelnika — Autora recenzji odrzucała również. Jednak podczas dalszych kontaktów z zalewem literatury ezoterycznej poświęconej kosmitom Stoczkowski zachwiał się przecież w swoich poglądach: uznał, iż jest jej tyle, że coś musi w tym być. Niestety, mam czelność się z **tym** nie zgodzić — ilość nie zawsze przechodzi w jakość, zaś głupstwa nawet wielokrotnie i uporczywie powtarzane nie stają się przez to objawieniem. Dzieje się wręcz odwrotnie: „Gdy rozum śpi, budzą się upiory". Można się natomiast zgodzić z Autorem, który uważa, iż spotkanie z kosmitami, chociażby na łamach wątpliwej jakości literatury, stanowi ciekawy eksperyment etnologiczny.

Kolejne rozdziały książki to po prostu... „dänikeniada". Nie należy przecież uważać tych pomysłów hotelarza za teorię — są to co najwyżej hipotezy, a oprócz tego przytaczane na ich korzyść „dowody" są nader wątpliwe. Dotyczy to m. in. figur na Płaskowyżu Nazca (które okazały się odzwierciedleniem obiektów na niebie — gwiazdozbiorów) i rzekomego kosmonauty na płaskorzeźbie na płycie sarkofagu z Palenque. Lecz od kiedy to kosmici sterują boso i nie stosują komputerów (lub analogicznych nośników informatycznych), które na Ziemi i w rakietach używane są powszechnie już od dawna (wprawdzie jeszcze nie w latach, kiedy Däniken pisał *Wspomnienia z przyszłości*). Jednak już nieco dalej Autor jakby zmienia optykę widzenia „radosnej" twórczości hotelarza, pisząc o „dänikenii" jako... o jednej *z największych epidemii kulturowych XX wieku*.

Co więcej, wyjaśniło się, że Erich Däniken był epigonem, a może nawet plagiatorem, w każdym razie — naśladowcą niejakiego Roberta Charroux, słusznie nazwanego „awanturnikiem myśli", który pierwszy był twórcą *owego szczególnego wirusa*.

I rzeczywiście — w toku dalszego wywodu Autor wyraźnie wskazuje na francuskie pochodzenie mitu o kosmitach, jak również zaczyna w swoim rozumowaniu ograniczać się niemal wyłącznie do etnologii, socjologii, a nawet psychologii w traktowaniu tych opowieści o Obcych. Czyni to jednak z pewną rezerwą uważając, za Mirceą Eliadem, że zwrot ku zjawiskom paranormalnym i pozaziemskim był reakcją na „ponury egzystencjalizm" (również wymyślony przez Francuza Jeana Paula Sartre'a).

Jest jeszcze gorzej, bowiem — wbrew temu, co się powszechnie zwykło uważać — ani Charroux, ani Däniken nie odwołują się bynajmniej do „mitologii biblijnej" (a są jej wręcz wrodzy!), ani też nie uważają UFO za obiekty kosmitów.

Dalej Autor zastanawia się, czy przybyszów z Kosmosu szukać wśród gwiazd (jak tego domagałaby się nauka), czy na łamach twórczości *science fiction*. Szczegółowo jednak rozważa tylko ten drugi człon alternatywy, chociaż tak do końca nie jest przekonany, że kosmici z *SF* są prekursorami Obcych z upiornych wizji Charroux i Dänikena. Niemniej jednak często przytacza ucieszne mistyfikacje, w które uwierzyli ci ostatni w swej „pomroczności jasnej".

Dużo miejsca Autor poświęca także psychologicznym oraz filozoficznym aspektom „wiary w Obcych", przywołując w tym kontekście, między innymi, twórczość ks. Teilharda de Chardina — teologa, filozofa i przyrodnika.

Nie zabrakło nawet informacji o Bławatskiej, spirytyzmie, okultyzmie, Lamaserii i Towarzystwie Teozoficznym — właściwie nie wiadomo po co, bo to dotyczy raczej „przybyszów z zaświatów", a nie przybyszów z Kosmosu. Być może, dla większego kolorytu nader już osobliwych poszukiwań etnograficznych...

Autor wspomina również o Atlantydzie, Lemurii i innych zaginionych kontynentach, po czym rozważa związki okultyzmu i... współczesnej *science fiction*. No, rzeczywiście, istnieją takie powiązania, lecz obecnie zwykliśmy je raczej odnosić do *fantasy* niż do *SF*. Zaczyna się odnosić wrażenie, że w głowie Autora „zapanował kompletny chaos" — zbyt dużo ludzkich mitów, wierzeń, przekonań, poglądów usiłuje wtłoczyć w zajmującą przecież i denerwującą skądinąd problematykę ewentualnego istnienia kosmitów, niezmiernie daleko odchodząc od kosmologii, astronomii, astrofizyki i astronautyki. Chociaż... Niejako już bliżej końca, w rozdziale pt. *Rzeczywistość zrodzona z fikcji* porusza dojmującą od prawie sześćdziesięciu lat kwestię tzw. latających talerzy, czyli UFO, mających być według kanonicznej legendy mitomanów statkami kosmicznymi Obcych odpowiedzialnych ponadto za „bliskie spotkania trzeciego stopnia". Dostało się przy okazji naukowcom radzieckim, którzy — według Autora — *byli prekursorami paranauki zachodniej* oraz że *uczeni radzieccy ignorowali granice zdrowego rozsądku* [...]. Przy okazji Stoczkowski podał mało znany fakt, że Ciołkowski *obracał się w kręgach ezoterycznych Kaługi*.

W przedostatnim rozdziale Autor odwołuje się również do psychiatrów-psychoanalityków: Carla Gustava Junga, Alfreda Adlera i Sigmunda Freuda. Tego ostatniego nie bardzo wiadomo, po co przywołuje, ponieważ jego metoda psychoanalityczna skompromitowała się ostatecznie.

Zamyka książkę rozdział *Racjonalności*. Niemniej jednak uważam, że w całej pozycji panuje „wielkie materii pomieszanie", jakby Stoczkowski nie do końca wiedział, za czym się właściwie ma opowiedzieć: za racjonalnym wyjaśnieniem problemu przybyszów z Kosmosu czy też za fascynującym paradoksem wiary w rozmaite zjawiska paranormalne — od hipotetycznych astronautów starożytnych, przez „zjawy z zaświatów", po fenomen *SF* i UFO.

T. Zbigniew Dworak

Polski (muzyczny) bilet na Marsa

Zgodnie z zapowiedzią z poprzedniego numeru chciałbym tu przedstawić ciekawy projekt muzyczny zrealizowany przez uczestników forum internetowego „Studio Nagrań" (www.studio-nagran.pl).

Proszę wyobrazić sobie grupę ludzi, znających się w większości tylko z rozmów poprzez Internet, pracujących nad wspólnym przedsięwzięciem, którego finalnym produktem ma być w miarę jednolite tematycznie wydawnictwo płytowe zatytułowane „Ticket to Mars" (jest to część większego projektu *Contemporary Electronic Soundscapes*).

Jednolite tematycznie nie oznacza wcale jednolitości stylistycznej. Wszak każdy z uczestników projektu tworzy swoją muzykę, nie patrząc na innych wykonawców. Dzięki temu mamy tu wspaniały przegląd twórczości na polu współczesnej muzyki elektronicznej powstającej na krajowym gruncie. Zebranego materiału wystarczyło na 3 krążki CD: 20 utworów, dwudziestu wykonawców a na koniec specjalny bonus w postaci prawie 25-minutowej suity zatytułowanej pytająco „Going to Mars?".

Nie ukrywam, iż moim faworytem jest właśnie ten ostatni krążek i to nie tylko z powodu tej rozbudowanej (pięcioczęściowej) suity. Płyta zaczyna się nastrojowym preludium (Human Error, „Mars (Prelude 2 Rain"), po którym następuje kompozycja Krzysztofa Horna „Marsjańskie żaglowce", która zauroczyła mnie już przy pierwszym słuchaniu i do tej pory nie mogę się od niej uwolnić. Po niej trzy niezłe utwory nieznanych mi wcześniej autorów utrzymane w stylu ambient i wreszcie ta ostatnia, długa kompozycja, leniwie rozwijająca się w niepokojące sekwencerowe pulsacje inspirowane dokonaniami Thomasa Fangera.

Oczywiście to tylko mój subiektywny odbiór preferuje ostatni z trzech krążków CD, ponieważ komuś innemu właśnie ten trzeci może wydać się najnudniejszy, a ciekawsze i bardziej różnorodne będą 2 pierwsze. A dzieje się na nich istotnie sporo. „Misję na Marsa" rozpoczyna Jarek Degórski inspirowany ostatnim lotem promu „Columbia", wplatając w muzykę teksty „zarejstrowane" na pokładzie statku kosmicznego domniemanej misji. Dobry nastrój słuchacza psuje komunikat o... awarii statku. Na ukojenie nerwów po nim słyszymy wyraziste, łatwo rozpoznawalne brzmienia Piotra Lenarta (łagodne, ale niemonotonne!). Kolejny utwór (Kaj Foster, „Na podbój Marsa") nieodparcie kojarzy mi się z elektronicznymi eksperymentami Czesława Niemena z lat 70. Skojarzenia, ale z innymi twórcami elektroniki z lat 70. mam także podczas słuchania 14-minutowej kompozycji Adama Certamen Bownika („Valles Marineris") i nie ukrywam, że miłe to wspomnienia. Dalej trochę J.M.Jarre'a w sosie Remote Spaces z damskim wokalem. Pierwszy krążek kończy „kolorowa" muzyka („Błękit, Czerń, Czerwień") Marcina Siwca.

Drugi krążek z kolekcji „Ticket to Mars" zawiera aż 9 kompozycji, m.in. wspominanych już na łamach „Uranii" Konrada Kucza, Odysseya i Polarisa. Są tu także utwory wykonawców znanych mi z olsztyńskich Elektronicznych Pejzaży (Andymian, Endorphine i miłe zaskoczenie z tego roku — Vanderson). Miłośnikom kultowego zespołu Kraftwerk zapewne przypadną do gustu utwory wykonawców Geiger Box i Olo.

Całość uzyskała piękną oprawę i... jest do zdobycia (5 egz.!) po rozwiązaniu krzyżówki z następnej strony.

Jacek Drążkowski

Strona internetowa projektu:
http://forum.tangerinedream.pl/ces/
(do pobrania muzyka w formacie mp3!)

INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2006 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 1160220200000000055305241

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii" i „Uranii-PA" udziela:

Karolina Wojtkowska
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: urania@astri.uni.torun.pl
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

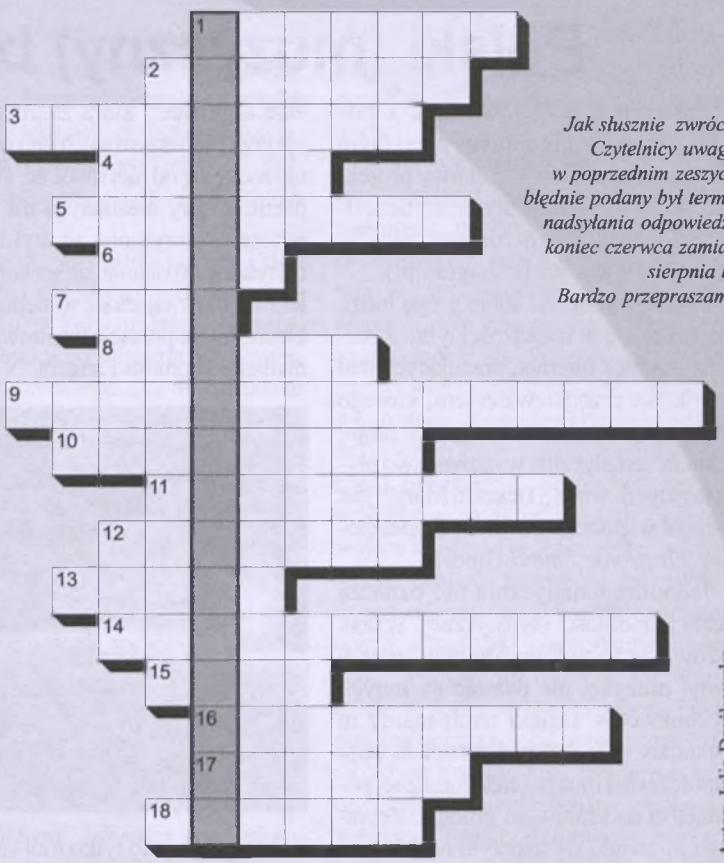
Krzyżówka

Kupon konkursowy Urania-PA 5/2006

Rozwiązaniem krzyżówki z „Uranii-PA" nr 3/2006 jest hasło: „SŁONECZNA KORONA".

Nagrody w postaci książek o tematyce astronomicznej wylosowali: **Jan Pietrukowicz** z Gorzowa Wielkopolskiego i **Anna Kaczmarczyk** z Częstochowy. Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą. Wszystkich zapraszamy do nowej zabawy. Do diagramu należy wpisać słowa odpowiadające poniższym opisom (wszystkie występują w bieżącym zeszycie „Uranii"!). Litery z wyróżnionych pól utworzą hasło, które jest rozwiązaniem krzyżówki.

1. Układ 3 elementów
2. Najlżejszy materiał, jaki zdołano wytworzyć
3. Zjawisko gwałtownego wybuchu gwiazdy
4. Anglik, student astronomii uczestniczący w odkryciu Neptuna
5. Nazwa planetki 1942EM
6. Nazwisko szwajcarskiego astronoma, który pierwszy zobaczył kometę 81P
7. Miejscowość na Riwierze Tureckiej
8. Japoński astronom, który stwierdził, że w 1974 r. Kometa Wilda2 przeleciała koło Jowisza
9. Poprawka konieczna do uwzględnienia przy opisie bardzo szybko poruszających się obiektów
10. Inaczej okultacje
11. Warkocz z nieludzkiej głowy
12. Misja nieudanie zakończona 8 IX 2004 r.
13. Będzie miał swoje minimum 1 grudnia
14. Sytuacja, gdy w polu magnetycznym mamy tyle samo energii, co w relatywistycznych elektronach promieniowania kosmicznego
15. Autor „Marsjańskich żaglowców"
16. Proponowana kiedyś nazwa Neptuna
17. Z angielskiego „bilet"
18. Stacja pracująca w leśnictwie Jawornik

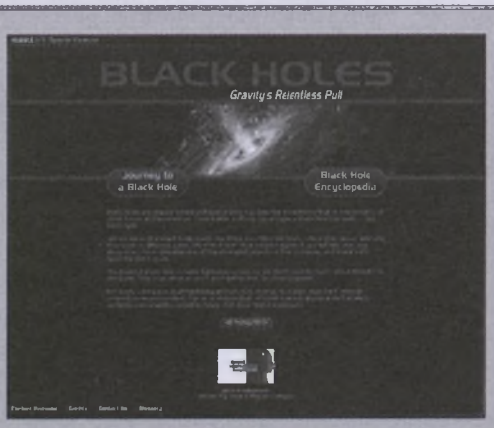


Jak słusznie zwrócili Czytelnicy uwagę, w poprzednim zeszycie błędnie podany był termin nadsyłania odpowiedzi: koniec czerwca zamiast sierpnia br. Bardzo przepraszamy.

Autor: Julia Drążkowska

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy aż pięć kompletów płyt CD „Ticket to Mars" (sponsorowanych przez uczestników forum „Stodio Nagrań", patrz s. 239). Na rozwiązania czekamy do końca października br. Osoby nie będące prenumeratorami „Uranii-PA" muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

Słowa kluczowe w krzyżówce z „Uranii-PA" 3/06: 1. Masery, 2. Karły, 3. Europa, 4. Bubniak, 5. Molekuła, 6. Procjon, 7. Schwarzschilda, 8. Wilkanówko, 9. Chandrasekhara, 10. Fyllokrzemiany, 11. Braniborska, 12. Hydraty, 13. Kanopus, 14. Kwantowa, 15. Cygaro.



Ciekawe strony internetowe...

Dziś proponuję odwiedzić stronę przygotowaną z myślą raczej o dzieciach i młodzieży niż dorosłych (chociaż i oni znajdą tu coś ciekawego). Pod adresem http://hubblesite.org/go/blackholes/ autorzy (Roeland P. van der Marel, David Schaller i Gijs Verdoes Kleijn) proponują interakcyjne spotkanie z czarnymi dziurami. Prowadząc „obserwacje" nieba w różnych zakresach widma, można „znaleźć" obiekty związane z czarnymi dziurami, aby w kolejnym kroku udać się do najbliższych czarnych dziur — tzn. w okolice Cygnusa X-1 lub supermasywnej czarnej dziury w jądrze galaktyki M31 w Andromedzie (mijając po drodze inne, ciekawe obiekty astronomiczne). Na miejscu jest możliwe dokładniejsze „zbadanie" czarnej dziury m.in. poprzez umieszczenie statku kosmicznego na stabilnej orbicie — z możliwością obserwacji nieba, którego obraz jest zdeformowany przez silne pole grawitacyjne. Można wysłać zegar w kierunku czarnej dziury, a nawet samemu udać się w jej kierunku, obserwując, co siły przypływowe robią z nieszczęsnym obserwatorem. Możliwe są też działania pośrednie: „kreacja" czarnej dziury w ramach ewolucji masywnych gwiazd czy pomiar masy czarnej dziury stanowiącej część ciasnego układu podwójnego. Wszystko to jest opatrzone niezbędnymi objaśnieniami. Dla osób pragnących dowiedzieć się więcej, dostępne są (na miejscu lub poprzez odsyłacze do dalszych adresów internetowych) informacje na bardziej zaawansowanym poziomie. (*rs*)

Dariusz Dorosz przesłał nam ostatnio 4 zdjęcia komety 73P Schwassmanna-Wachmanna 3, która, jak wiemy, uległa rozpadowi. Prezentowane niżej zdjęcia ukazują fragmenty C (noc 29/30 kwietnia br., eksp. 5 min) i B (noc 10/11 maja br., eksp. 4 min). Aparat Praktica L z obiektywem 2,8/135 mm, prowadzenie ręczne na montażu Celestrona 114/900

Poniższe zdjęcie zaćmienia Księżyca z 15 marca 2006 r. (godz. 00:36), również uzieło Dariusza Doosza, zostało wykonane w projekcji okularowej teleskopu Celestron 114/900 z czasem eksp. 1/60 s

Marcin Chwała ze Strzegomia rozpoczął swoją przygodę z astrofotografią (i fotografią w ogóle) stosunkowo niedawno, a z przesłanych do redakcji kilku zdjęć wybraliśmy dwa, przedstawiające naszą dzienną gwiazdę.

Pierwsze przedstawia Słońce za chmurami (zdjęcie wykonane w Strzegomiu).

Na drugim widzimy zachód Słońca nad Bałtykiem w Sarbinowie.

Oba zdjęcia były wykonane aparatem cyfrowym Kodak DX7590 z ustawieniami ekspozycji dobranymi automatycznie

ISSN 0032-5414

Podczerwony obraz wielkiej mgławicy Oriona (M42)

został uzyskany przez teleskop kosmiczny Spitzera w celu poszukiwania rodzących się w niej planet. Astronomowie podejrzewają, że w tej mgławicy wokół ponad 2300 gwiazd istnieją dyski pyłowe, w których tworzą się planety. Od dawna wiadomo, że M42 jest najbliższą nam wylęgarnią młodych gwiazd — doliczono się ich ok. 1000 i to one, masywne i gorące, oświetlają i wzbudzają świecenie ogromnej chmury gazu i pyłu, w której są zanurzone, tworząc w ten sposób przepiękną mgławicę

Fot. Thomas Megeath (Univ. Toledo) i in., JPL, Caltech, NASA

Urania

Postępy Astronomii

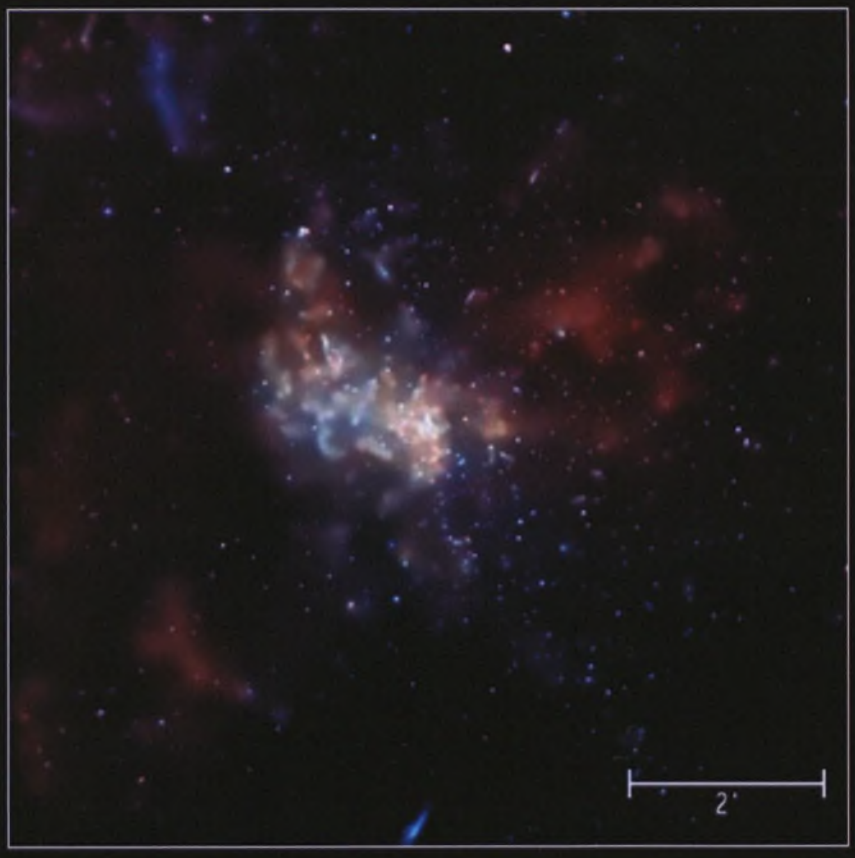
6/2006 (726)

tom LXXVII

listopad—grudzień

- Profesor Bohdan Paczyński doktorem *honoris causa* Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
- Czarne dziury (pierwotne i nie tylko)
- Z kart historii astronomii polskiej

Supermasywna czarna dziura w centrum naszej Drogi Mlecznej



Rentgenowski obraz centrum naszej Galaktyki uzyskany przy pomocy teleskopu kosmicznego Chandra pokazuje okolice radioźródła Sagitarius A*, gdzie można się doliczyć przeszło 2000 źródeł promieniowania X. W ciągu 2 tygodni, gdy trwały obserwacje tego obszaru, źródło Sgr A* rozbłyskało nagle w promieniach rentgena ok. 6-8 razy. Natura tych rozbłysków nie jest znana, ale tempo, w jakim następował wzrost jasności i potem jej zanik, wskazuje, że zachodzą one w pobliżu horyzontu zdarzeń wokół czarnej dziury. Autorzy oceniają, że Sgr A* ma masę ok. 3 mln mas Słońca.

Powyższy obraz został uzyskany w okresie od 21 września 1999 r. do 4 czerwca 2002 r. w 11 sesjach obserwacyjnych w łącznym czasie obserwacji 164 godz. Odległość do centrum Galaktyki wynosi ok. 26 tys. lat św.

Fot. NASA

Przegląd pobliskich czarnych dziur

Satelita Swift, aczkolwiek zbudowany dla obserwacji wybuchów gamma, obserwuje również obiekty, które promieniują w promieniach X. Jednymi z najsilniejszych źródeł promieniowania rentgenowskiego są właśnie supermasywne czarne dziury. Według dotychczasowych danych zespół Swifta ocenia, że w promieniu 400 min lat św. wokół Ziemi znajduje się ok. 200 supermasywnych czarnych dziur. Ich aktywność objawia się również w postaci obiektów nazywanych Aktywnymi Jądrami Galaktyk (AGN).

Swift został wprowadzony na orbitę w listopadzie 2004 r. Jest wspólnym dziełem NASA i agencji kosmicznych Włoch i Wielkiej Brytanii. Załączona ilustracja jest artystyczną spekulacją autorów o supermasywnej czarnej dziurze

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

fot. A. Deuksza-Wiśniewska

Dzielimy się z Wami dwiema miłymi informacjami. Po pierwsze nasz Kolega, znakomity astrofizyk, którego „rewolucyjne idee znacznie rozwinęły astronomię XX wieku", jak mówi sentencja jednej z nagród, którą otrzymał, został doktorem honorowym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Jesteśmy przekonami, że kopernikowska uczelnia po wsze czasy będzie dumna, że posiada w swym gronie tak wspaniałego Uczonego i Człowieka.

Po drugie cieszymy się bardzo, że tegoroczna Nagroda Nobla w dziedzinie fizyki przypadła astronomom. Otrzymali ją po połowie prof John C. Mather z Centrum Lotów Kosmicznych w Greenbelt i George F.Smoot z Uniwersytetu w Berkeley za zbudowanie satelity COBE i dokonanie pomiarów reliktowego promieniowania mikrofalowego Wszechświata. Laureaci, wraz ze swymi współpracownikami, stwierdzili już na początku lat 1990., że promieniowanie, które mierzą, ma charakter promieniowania termicznego, że jest to promieniowanie ciała o temperaturze 2,7 K i że w promieniowaniu tym istnieją drobne różnice „temperatury". To wszystko doskonale pasowało do koncepcji Wielkiego Wybuchu jako sposobu narodzin Wszechświata i tę teorię potwierdzało.

W bieżącym numerze wiele miejsca poświęcamy czarnym dziurom. Prof. Marek Abramowicz z Göteborga przy pomocy ułożonych przez siebie pytań opowiada o naturze i istocie czarnych dziur, a Agnieszka Janiuk z CAMK-u zastanawia się, czy czarne dziury powstały w czasie narodzin Wszechświata. Jeśli tak, to jakie one musiały mieć własności, jakie mają związki z promieniowaniem kosmicznym czy promieniowaniem gamma?

Czas płynie bardzo szybko — właśnie mija 40. rocznica śmierci dr. Jana Gadomskiego i 100-lecie urodzin doc. Macieja Bielickiego. Przypominamy więc te obie ważne postacie polskiej astronomii XX wieku.

Podróże, a zwłaszcza zagraniczne, kształcą. Nasi koledzy nauczyciele odwiedzili w tym roku Stragerię, miejsce urodzenia Arystotelesa. Zachwycili się arystotelesowskim „parkiem", gdzie na wolnym powietrzu, wśród różnych „zabawek" i sentencji wyjętych wprost z dzieł Arystotelesa mogli przybliżyć sobie dzieje narodzin fizyki. I teraz dzielą się swymi przeżyciami z Czytelnikami „Uranii". Dzieli się z nami też prof. Juliusz Domański swymi pomysłami, jak w prosty i przemawiający do uczniów sposób wyjaśniać niektóre zjawiska fizyczne.

Bogate było ostatnio nasze życie astronomiczne. W Węglówce odbyła się konferencja naukowa związana z 70-leciem odkrycia komety Lisa na Lubomirze. Przy okazji wmurowano kamień węgielny pod nowe obserwatorium na miejscu dawnej stacji obserwacyjnej. Częstochowska Akademia Jana Długosza zainagurowała nowe planetarium z cyfrowym systemem projekcyjnym. Odbył się Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA i Seminarium dla Nauczycieli w CAMK-u. O tych imprezach piszemy w tym zeszycie. Było też międzynarodowe sympozjum Europejskiej Sieci VLBI i otwarcie Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Opolskiego, ale o tym opowiemy w następnym numerze.

W tym numerze nie zabrakło kalendarzyka astronomicznego, galerii mgławic NGC, wskazania interesujących obiektów, interesujących stron internetowych, felietonu muzycznego itd.

Życzymy Państwu pożytecznej lektury i pogodnego nieba.

Toruń, w październiku 2006 r.

Szanowny Panie Redaktorze

Mam obowiązek odnieść się do rzeczowej i życzliwej polemiki ze mną znanego miłośnika astronomii Jerzego Speila w numerze piątym „Uranii–PA" (tam przeczytałem też jego wnikliwy artykuł o zaćmieniu Słońca w Turcji).

Podziwiał to zjawisko w śródziemnomorskim kąpielisku Sida (Zatoka Antalya w Turcji). Ja byłem wtedy kilkanaście kilometrów ku zachodowi, na plaży niemieckiego hotelu Seher, tuż nad morzem. Otóż Autor uwag recenzyjnych stwierdza: „P. Trepka pisze: ‚...29 marca 2006 r. zaskoczył mnie zupełny brak korony słonecznej...' Nieprawda! Korona słoneczna była piękna i efektowna..."

Choć Autor popiera wywód dwoma zdjęciami, których autentyczności, jak też wiarygodności tego, co naocznie oglądał, nie śmiałbym podważyć — wykrzyknik „Nieprawda!" w kwestii mego tekstu odebrałem jako zbyt apodyktyczny; a jest bezzasadny. W moim miejscu obserwacji gołym okiem nie było **ani śladu** tej otoczki naszej dziennej gwiazdy. Również na zdjęciach, zrobionych kilkaset kilometrów dalej przez mego syna Andrzeja zwykłym aparatem fotograficznym korona się nie ujawniła. Nie przeoczyłbym jej: podziwiałem ją dwukrotnie.

Podczas ostatniego zaćmienia nader wyrazista była jaskrawopomarańczowa chromosfera. Podkreślam, że przez cały czas całkowitości zaćmienia niebo wyróżniała idealna przezroczystość powietrza. Potwierdził to mój syn. Drugim szokiem — prócz braku korony — było błyskawiczne (podkreślone i przez Speila) ochłodzenie aż do 10°C.

Kwestię braku korony konsultowałem z serdecznie zaprzyjaźnionym wybitnym krakowskim astronomem, prof. T. Zbigniewem Dworakiem. Również on miał doniesienia znajomych zdumionych brakiem korony w Turcji. „Na gorąco" mówił mi, że zdarza się to bardzo rzadko — w okresie zupełnego braku plam słonecznych. Początkowo tłumaczył obecność korony w prasie zastosowaniem specjalnego typu zdjęć. Kiedy powtarzały się relacje obserwatorów, że widzieli ją gołym okiem — przyjął to na karb jakichś niezauważalnych zaburzeń w atmosferze.

Autor krytycznej wzmianki zarzucił mi niesłuszność stwierdzenia, że w pobliżu maksimum cyklu słonecznego korona bywa wydłużona, przy minimum zaś falująca kolista — podczas gdy jest odwrotnie. Prof. Dworak poparł tezę Speila, podając jako „okoliczność łagodzącą", że nie stanowi to sztywnej reguły. Za ów błąd szczerze przepraszam Redakcję i Czytelników.

Andrzej Trepka

Tu może być reklama Twojej Firmy!

Nasz cennik jest następujący:

cała strona kolorowa: 1000,00 zł
cała strona czarno-biała: 400,00 zł

Przy mniejszych formatach dla stron czarno-białych:

1/2 s.: 300,00 zł
1/4 s.: 200,00 zł
1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł".

Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

Balonem do stratosfery

Leszek Urbański, informatyk z Warszawy, samodzielnie skonstruował balon stratosferyczny, który uzbroił w aparaturę elektroniczną do sterowania lotem i wykonywania pomiarów warunków fizycznych. Balon, nazwany Cygnus-2, wykonał swój lot 20 czerwca 2006 r. w okolicach Sierpca. Wzniósł się na maksymalną wysokość 28,8 km, a cała wyprawa trwała 102 min. Dzięki wyposażeniu balonu w dwa cyfrowe aparaty fotograficzne owocem tej wyprawy jest 250 zdjęć, na których m.in. można zobaczyć krzywiznę kuli ziemskiej prawie tak, jak na zdjęciach ze statków kosmicznych. O szczegółach technicznych, przygotowaniach i przebiegu tej niezwykłej przygody można poczytać na stronie internetowej: http://moo.pl/~tygrys/balloon/polish.html. Dwa przykładowe zdjęcia prezentujemy w naszej „Galerii Uranii", więcej zdjęć na stronie autora.

Leszek Urbański przy odzyskanym Cygnusie-2

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się **„Uranii"** — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i **„Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, OPiOA Olsztyn
Roman Schreiber, CBK PAN

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomii
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81
Poczta elektroniczna (E-mail address):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.pta.edu.pl
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Karolina Wojtkowska, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2006 kosztuje 54 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 zł.

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Zarząd Główny – Sekretariat
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146
E-mail: hania@camk.edu.pl
WWW: www.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w październiku roku 2006

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

W NUMERZE

244 ***Profesor Bohdan Paczyński doktorem* honoris causa *Uniwersytetu Mikołaja Kopernika***
Andrzej Woszczyk
Z najwyższymi honorami Uniwersytet Mikołaja Kopernika włączył do swej społeczności akademickiej jednego z najwybitniejszych astrofizyków świata, prof. Bohdana Paczyńskiego. Przytaczamy tu krótką relację z uroczystości przekazania dyplomu i insygniów doktorskich, które w imieniu doktoranta przyjęła Jego Siostra i pokrótce kreślimy sylwetkę tego wielce zasłużonego dla nauki i Polski Uczonego i Człowieka

246 ***Czarne dziury: rozmowa, której nie było***
Marek Abramowicz
Wybitny specjalista w dziedzinie astrofizyki relatywistycznej i znakomity profesor odpowiada na postawione przez siebie pytania, wyjaśniając, co to są czarne dziury

251 ***Pierwotne czarne dziury***
Agnieszka Janiuk
Czy czarne dziury powstały wraz z narodzinami Wszechświata? Jeśli tak, to jakie mogły mieć początkowe własności fizyczne? Jak mogły powstawać? Jaki mogą mieć związek z promieniowaniem kosmicznym? A czy promieniowanie gamma nie jest powiązane z pierwotnymi czarnymi dziurami?

256 ***Arystotelesowska Strageria — miejsce narodzin fizyki***
Elżbieta Nawrocka, Włodzimierz Nawrocki
Strageria to miejsce urodzenia Arystotelesa, jednego z twórców podstaw nauk przyrodniczych, w tym fizyki i astronomii. Ciekawe, jak współczesna Strageria przybliża swym mieszkańcom i gościom dzieło swego Rodaka i Wielkiego Uczonego

258 ***Z kart historii astronomii polskiej***
Andrzej Woszczyk
W roku 2006 przypadają okrągłe rocznice dwóch astronomów warszawskich: 40 rocznica śmierci dr. Jana Gadomskiego i setna rocznica urodzin doc. Macieja Bielickiego — przypominamy tu te ważne postacie polskiej astronomii XX w.

w kolorze: Nowy podział Układu Słonecznego (wkł. II–III); Galeria Uranii (okł. III, wkł. IV); *Make Love, Not War!* (okł. IV)

255 **rozmaitości:** *O jedną planetę mniej* (*255*); *Xena, czyli Eris* (*255*); *Błękitne wampiry* (*278*); *Wnętrze kwazara* (*278*); *Trzej nowi Trojańczycy na orbicie Neptuna* (*278*)

264 **z kraju i ze świata:** *Nagroda Nobla w dziedzinie fizyki 2006 dla astronomów* (*264*); *Częstochowa ma planetarium* (*265*); *Konferencja astronomiczna w Węglówce* (*267*); *Szósty Obóz Szkoleniowo-Informacyjny PTMA* (*269*)

271 **astronomia w szkole:** *XIII Seminarium dla nauczycieli, CA PAN*

274 **galeria obiektów NGC:** *NGC 4026, NGC 4038, NGC 4039*

280 **kalendarz astronomiczny 2007:** *Styczeń — luty*

285 **poradnik obserwatora:** *Interesujące obiekty: Ryś, Sekstant*

286 **recenzje:** *Brian Green „Piękno Wszechświata"*

287 **astronomia i muzyka:** *Symfonicznie i... kosmicznie*

288 **relaks z Uranią:** *Krzyżówka*

288 **ciekawe strony internetowe**

NA OKŁADCE

M64 (NGC 4826), spiralna galaktyka w gwiazdozbiorze Warkocz Bereniki. Swój spektakularny wygląd zawdzięcza ciemnemu pasmu absorbującego pyłu przed jasnym jądrem galaktyki. Na pierwszy rzut oka wygląda jak oaza spokoju i ustabilizowanego galaktycznego życia. Jednak ostatnie obserwacje dokonane przy pomocy teleskopu kosmicznego Hubble'a pokazały, że gaz z zewnętrznych obszarów tej galaktyki rotuje w przeciwnym kierunku niż wszystkie gwiazdy i gaz w jej wewnętrznych częściach. To jest niezwykłe. Zderzenia między gazem we wnętrzu galaktyki i gazem z zewnętrznych obszarów tworzą gorące niebieskie gwiazdy i różowe mgławice emisyjne. Przypuszcza się, że ten ruch wewnątrz galaktyki został spowodowany zderzeniem małej galaktyki z większą, ale sprawa nie jest do końca rozpoznana.

M64 znajduje się w odległości ok.17 mln lat św. od nas. Zdjęcie zostało uzyskane w 2001 r. przy pomocy kamery WFPC2 przez zespół „The Hubble Heritage Team", ale upubliczniono je dopiero w 2004 r.

Epitaż doktoratu honorowego UMK — biało-czerwona szarfa z herbem Uczelni wyhaftowanym złotą nicią i napisem „Doktor honorowy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika"

Profesor Bohdan Paczyński doktorem honoris causa *Uniwersytetu Mikołaja Kopernika*

Jeden z najwybitniejszych astrofizyków świata, prof. Bohdan Paczyński otrzymał doktorat honorowy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Senat UMK zdecydował o przyznaniu tego najwyższego wyróżnienia uniwersyteckiego w 2005 r., ale z powodu choroby Laureata, uroczystość wręczenia dyplomu i insygniów doktorskich odbyła się dopiero 22 września 2006 r. W imieniu Doktoranta, z rąk Rektora UMK prof. Andrzeja Jamiołkowskiego i promotora prof. Andrzeja Woszczyka, dokumenty te odbierała Jego siostra Ewa Fuksiewicz. Na prośbę zainteresowanych, uroczystość miała skromniejszy, bardziej kameralny niż zwykle charakter, ale nie zabrakło przedstawicieli Senatu UMK, prorektorów, dziekana Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej prof. Józefa Szudego i dyrektora Centrum Astronomii UMK prof. Andrzeja Kusa.

Po przemówieniu powitalnym JM Rektora UMK i przypomnieniu sentencji decyzji Senatu, głos zabrał Dziekan J. Szudy, który omówił związki Bohdana Paczyńskiego z Uniwersytetem Toruńskim i jego astronomami. Następnie promotor, prof. Andrzej Woszczyk wygłosił laudację, przedstawił sylwetkę naukową Doktoranta, Jego zasługi dla astronomii i argumenty przemawiające

Prof. Bohdan Paczyński, 2006 r.

za włączeniem Go do społeczności akademickiej Kopernikowskiej Uczelni z najwyższymi honorami. Dokładnie rok temu, w numerze 6/2005 „Uranii" publikowaliśmy pełny tekst laudacji przedstawionej z okazji nadania Profesorowi Paczyńskiemu doktoratu honorowego Uniwersytetu Wrocławskiego i wykład Laureata odczytany na tej uroczystości. Nie będziemy więc tutaj przytaczać pełnego tekstu laudacji, bo w tamtych dokumentach nakreślona jest w pełni sylwetka Doktoranta i jego stosunek do swoich Mistrzów i swych osiągnięć. Przypomnijmy tylko, że Bohdan Paczyński urodził się w Wilnie 8 lutego 1940 r. Studia astronomiczne odbywał na Uniwersytecie Warszawskim w latach 1957–1962, uzyskując magisterium w roku 1962. Dwa lat później, w wieku 24 lat zrobił doktorat, a po następnych 3 latach miał już habilitację. Profesurę otrzymał 7 lat później. W wieku 36 lat, jako najmłodszy w historii, został członkiem Polskiej Akademii Nauk, w wieku 42 lat był już profesorem w słynnym Uniwersytecie w Princeton, a w roku 1984 został członkiem zagranicznym Akademii Nauk Stanów Zjednoczonych. To iście zawrotna kariera. A jeszcze dodać trzeba, że każdy ze stopni naukowych zdobywał na podstawie prac z innej dziedziny astrofizyki. Magisterium dotyczyło gwiazd zmiennych, doktorat to analiza statystyczna materii międzygwiazdowej, habilitacja to rozważania dotyczące ewolucji gwiazd podwójnych. Te ostatnie przyniosły Mu światowy rozgłos — młody astronom wyjaśnił m.in. pochodzenie układów typu Algol i innych oraz zwrócił uwagę na emisję fal grawitacyjnych w układach podwójnych, opracował teorię wymiany masy w takich układach. Słowem, w latach 70. Paczyński był już światowym liderem badań ewolucji gwiazd, a jego rezultaty należały do najważniejszych osiągnięć astrofizyki tego okresu. Później uwaga Paczyńskiego skierowała się na badanie dysków akrecyjnych wokół układów podwójnych i wokół obiektów zwartych. Opracowuje teorię tzw. grubych dysków, która ma zastosowanie do interpretacji obserwacji kwazarów. W latach 80. Paczyński staje się niekwestionowanym liderem astrofizyki błysków gamma, a następnie mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Ta ostania idea Paczyńskiego otworzyła zupełnie nową dziedzinę

Moment przekazania dyplomu doktora *honoris causa* przez promotora prof. Andrzeja Woszczyka i insygniów przez Rektora UMK prof. Andrzeja Jamiołkowskiego Siostrze prof. Paczyńskiego, Ewie Fuksiewicz. Fot. Andrzej Romański

Rektor Uniwersytetu Mikołaja Kopernika ogłasza sentencję decyzji Senatu UMK o uhonorowaniu prof. Bohdana Paczyńskiego najwyższym uniwersyteckim wyróżnieniem, doktoratem *honoris causa*. Fot. Andrzej Romański

astrofizyki obserwacyjnej. Zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego dały nam szansę oceny ilości występującej w Galaktyce materii międzygwiazdowej, odkrywać gwiazdy zmienne, odkrywać planety wokół odległych gwiazd. To w oparciu o Jego idee i przy Jego aktywnym udziale powstał projekt OGLE, który daje piękne rezultaty badawcze. O tym projekcie napisze w następnym numerze „Uranii" Michał Szymański, uczestnik tych badań.

Wiele towarzystw naukowych i korporacji uczonych jest dumnych z członkostwa Bohdana Paczyńskiego w ich gronach. Wiele przyznało Mu swoje najwyższe medale i wyróżnienia. Niektóre argumentują wprost, że nagradzają Go „za rewolucyjne idee, które znacznie rozwinęły astronomię XX wieku". Ostatnio w 2006 r. Amerykańskie Towarzystwo Astronomiczne przyznało Mu swe najwyższe wyróżnienie im. Henry N. Russella, uważane powszechnie za „astronomicznego Nobla". Przed nim nagrodę tę otrzymali m.in. Russell, Chandrasekhar, Oort i Fred Hoyle. Polskie Towarzystwo Astronomiczne obdarzyło Go też swym najwyższym wyróżnieniem, członkostwem honorowym.

Toruńska społeczność akademicka jest zaszczycona faktem, że Profesor Bohdan Paczyński stał się jej członkiem. W toruńskiej laudacji wyrażono opinię, że „nasz najmłodszy Doktorant swymi dokonaniami i swą postawą Człowieka i Uczonego rozsławia naszą Ojczyznę i po wsze czasy będzie prawdziwą ozdobą w koronie sławy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika".

Andrzej Woszczyk

Marek Abramowicz

Czarne dziury: rozmowa, której nie było

Iza Zamojska, moja sąsiadka ze Starego Gierałtowa, często wypytuje mnie o czarne dziury. Ułożyłem jej pytania i moje odpowiedzi w jedną rozmowę, której naprawdę nie było

Z czarnej dziury nie może wydostać się ani materia, ani światło, ani żadna informacja. Jak więc astrofizycy obserwują czarne dziury?

Tylko pośrednio. Niekiedy widać gwiazdy krążące wokół czarnej dziury. Można wtedy dokładnie wyznaczyć jej masę, a to dlatego, że od czasów Newtona doskonale znamy prawa rządzące ruchem orbitalnym. Większość informacji o astrofizycznych czarnych dziurach zdobyliśmy, analizując obserwowane promieniowanie materii, która do czarnej dziury wpada. Dochodzi ono z najbliższego sąsiedztwa czarnej dziury.

Jak bliskiego?

Porównywalnego z rozmiarami dziury. Przy czym należy pamiętać, że im czarna dziura masywniejsza, tym jest proporcjonalnie większa: masę czarnej dziury określa jej rozmiar.

Jak duże i jak masywne są odkryte już czarne dziury?

Odkryliśmy dwa rodzaje czarnych dziur. Stosunkowo małe, które nazywamy „gwiazdowymi", gdyż mają masy takie, jak wiele zwykłych gwiazd: od kilku do kilkunastu razy większe od masy Słońca. Gwiazdowe czarne dziury mają rozmiar około 30 km. W naszej Galaktyce tworzą dość ciasne pary z małomasywnymi normalnymi gwiazdami. W takim układzie podwójnym czarna dziura i normalna gwiazda obiegają wspólny środek masy, podobnie jak Ziemia i inne planety obiegają Słońce.

„Supermasywne" czarne dziury mają rozmiary od kilku minut świetlnych do kilku dni świetlnych i są od kilku milionów do kilku miliardów razy masywniejsze od Słońca. Odkryliśmy je w centrach kilku galaktyk, w tym także naszej Galaktyki. Sądzimy, że są obecne w większości galaktyk. Niektóre z nich napędzają kwazary, najpotężniejsze we Wszechświecie niewybuchowe źródła energii.

Skąd bierze się ta potężna energia?

Z grawitacji. Każdy rozumie, że w elektrowniach wodnych źródłem energii elektrycznej jest energia grawitacyjna spadającej wody. Podobnie w kwazarze źródłem jego energii promienistej jest energia grawitacyjna spadającej na czarną dziurę materii. Grawitacja czarnej dziury jest o wiele potężniejsza niż ziemska i dlatego kwazary są o wiele potężniejsze od ziemskich elektrowni, ale zasada jest ta sama.

No dobrze, a skąd pochodzi spadająca na czarne dziury materia?

W układach podwójnych pochodzi z drugiej, normalnej, gwiazdy układu. W centrach galaktyk spadająca materia pochodzi z dalszych części galaktyki lub z rozerwanych przez czarną dziurę blisko przelatujących gwiazd. Grawitacyjne rozrywanie nie jest zresztą wyjątkową cechą czarnej dziury. Nawet planeta może rozerwać w swym polu grawitacyjnym dostatecznie blisko przelatujące ciało: pierścienie Saturna zapewne tak właśnie powstały.

W elektrowniach spadająca woda obraca turbinę. Co jest „turbiną" silnika kwazara?

Akrecja. Materia spada na czarną dziurę po spiralnych torach, tworząc potężny wir, w którym silnie trze o siebie i nagrzewa do bardzo wysokiej temperatury. Dlatego świeci. Ten proces, bardzo skomplikowany w szczegółach, nazywany jest akrecją. Zachodzi nie tylko w kwazarach, ale także w układach podwójnych z gwiazdowymi czarnymi dziurami. Te ostatnie są więc właściwie kwazarami w miniaturze i dlatego często nazywamy je mikrokwazarami. Osiadły w Paryżu Argentyńczyk Felix Mirabel podkreśla nie tylko fundamentalne, ale też całkiem praktyczne znaczenie faktu, iż wiele z własności kwazarów i mikrokwazarów skaluje się odpowiednio do ich masy. Zdaniem Mirabela, badając stosunkowo bliskie, bo znajdujące się w naszej Galaktyce mikrokwazary, możemy wnioskować o naturze bardzo odległych kwazarów.

Czy skalowanie Mirabela rzeczywiście działa?

Stosuję je ostrożnie, bo wiem, że własności akrecji zależą nie tylko od masy czarnej dziury, lecz i od innych czynników, wśród których najważniejsza jest wydajność, z jaką materia pozbywa się ciepła. Wydajność jest duża, gdy większość ciepła zawartego w spadającej materii jest wyświecana, zanim materia wpadnie do czarnej dziury. Spadająca materia ma wtedy kształt bardzo cienkiego dysku, nazywanego dyskiem akrecyjnym Szakury-Suniajewa od nazwisk dwóch moskiewskich astrofizyków, Rosjanina Mikołaja Szakury i krymskiego Tatara Raszyda Suniajewa, którzy trzydzieści lat temu opracowali matematyczny model tego typu akrecji.

Dyski wydajnie pozbywające się ciepła, czyli zrzucające dużo kalorii, są cienkie. Czy wobec tego niewydajne dyski, zrzucające tylko niewiele kalorii, są grube?

To bardzo zabawne skojarzenie. Tak, niewydajne dyski są grube. Sir Martin Rees z Cambridge, światowy autorytet w sprawach akrecji, wprowadził dla nich nazwę „Polish doughnut", czyli „polski pączek". Chyba nie tylko z powodu ich kształtu, ale także zapewne dlatego, że zostały wymyślone w Warszawie przez polskich teoretyków: Bohdana Paczyńskiego, Michała Jaroszyńskiego, Marka Sikorę, Maćka Kozłowskiego, i przeze mnie. Wydajność promienista polskiego pączka jest mała, gdyż ciepło zużywa się na rozdęcie spadającej materii do bardzo grubego dysku, a prawie cała jego reszta wpada do czarnej dziury wraz z materią. Polski pączek przypomina kształtem kulę z dwoma wąskimi i długimi wirami wzdłuż osi rotacji. Czarna dziura tkwi w jego środku. Promieniowanie pochodzące z powierzchni wiru jest oczywiście bardzo skupione w kierunku osi. Obserwator w innej galaktyce, na przykład naszej, przez przypadek znajdujący się w osi wąskiej strugi promieniowania, widziałby polski pączek (przez teleskop rentgenowski) jako bardzo jasny, punktowy obiekt. Polskie pączki tłumaczą fenomen potężnych lacertydów, zwanych też blazarami, które w istocie są po prostu kwazarami widzianymi *en face*.

Zarówno polskie pączki, jak i dyski Szakury-Suniajewa są zupełnie nieprzezroczyste. Światło dochodzi do nas tylko z ich powierzchni, a nie bezpośrednio z ich wnętrza. To sytuacja dobrze znana astrofizykom: tak właśnie świecą gwiazdy.

Czy teoretycy wymyślili inne jeszcze typy akrecji?

Obecnie najintensywniej badane są „adafy", energetycznie zresztą bardzo zbliżone do polskich pączków, ale różniące się od nich i od dysków Szakury-Suniajewa tym, że są doskonale przezroczyste i świecą całym wnętrzem. Wymyśliłem je wspólnie z Jean-Pierre Lasotą z Paryża i Odedem Regewem z Tel Awiwu, gdy przed kilku laty pracowaliśmy wspólnie w izraelskim Technionie. W Göteborgu przyłączył się do nas Shoji Kato z japońskiego Kioto, mój chiński asystent Xingming Chen i rosyjski kolega Igor Igumenszczew. Jednocześnie i zupełnie od nas niezależnie, wpadli na pomysł adafów Hindus Ramesh Narayan, dziekan wydziału astrofizyki na słynnym amerykańskim Harwardzie i jego koreański doktorant Insu Yi. Połączyliśmy wysiłki i przez ostatnie lata wszyscy wspólnie pracowaliśmy nad rozwinięciem teorii adafów: najczęściej w Göteborgu i Harwardzie, często w Paryżu, a także w Kioto, Trieście, Harwardzie, kalifornijskim Santa Barbara, a nawet w Rejkiawiku na Islandii.

Dlaczego w Rejkiawiku? Czy dlatego, że lubisz egzotyczne podróże?

Głównym powodem mojej i moich kolegów mobilności jest globalizacja astrofizyki, która dokonała się już dawno. Dobieramy się tak, aby nasza praca była profesjonalnie skuteczna. W Rejkiawiku pracowałem z Gulli Björnssonem, profesorem tamtejszego uniwersytetu. Jest on jednym z najlepszych w świecie specjalistów od procesów zachodzących w gorącym, przezroczystym gazie, a więc ważnych dla zrozumienia adafów. Napisaliśmy wspólnie dwie prace i wydali książkę w angielskim Cambridge University Press.

Kosmopolityczność zglobalizowanych astrofizyków jest pozorna, bo nie pozbawia nas ani narodowej tożsamości, ani nawet tej szczególnej, łatwo rozpoznawalnej, narodowej inności wypływającej z domowego wychowania, manier, tradycji, wyczulenia na historię, kulturę i problemy swego kraju. Mirabel jest Argentyńczykiem akurat pracującym w Paryżu (to światowej klasy tancerz argentyńskiego tanga), Suniajew Tatarem w Monachium, ja Polakiem, mieszkającym stale w Starym Gierałtowie i wykładającym w szwedzkim Göteborgu.

Mieszkanie na wsi to inna strona globalizacji, którą bardzo cenię. Jak wiesz, dużo pracuję i dużo piszę właśnie tutaj, w Starym Gierałtowie. Jeszcze bardzo niedawno astrofizyk nie mógłby na serio pracować naukowo, mieszkając na wsi. Teraz to łatwe. Poprzez Internet jestem w stałym kontakcie ze wszystkimi współpracownikami na świecie i korzystam z potrzebnych mi zasobów informacyjnych Harwardu, Cambridge, Warszawy, Paryża. Dzięki globalizacji świat stał się dostępniejszy, jest na wyciągnięcie ręki ze Starego Gierałtowa.

Chwaląc tak globalizację, odbiegłeś od tematu. Wróćmy zatem do czarnych dziur. Czy teoretyczny model adafa został potwierdzony obserwacyjnie?

Tak, znakomicie potwierdzony. Tiziana di Matteo, wybitnie utalentowana młoda Włoszka, która pracowała w Cambridge i Harwardzie, a teraz jest profesorem w Monachium, po starannej analizie wszystkich danych obserwacyjnych doszła do wniosku, że model adafa najlepiej opisuje dane obserwacyjne uzyskane z tych obiektów, w których spodziewamy się istnienia czarnych dziur. Większość astrofizyków zgadza się z tą opinią.

W centrum naszej Galaktyki obserwujemy orbitalny ruch gwiazd wokół

ciemnego adafa, o którym wiemy, że ma bardzo mały rozmiar, mniejszy na pewno niż jeden dzień świetlny. Na podstawie praw Keplera precyzyjnie wnioskujemy, że jego masa wynosi około czterech milionów mas Słońca. Jedynie supermasywna czarna dziura może wytłumaczyć tak wielką masę w tak małym obszarze. Podobnie jest w kilku bliskich galaktykach, gdzie obserwacje ruchu orbitalnego bardzo jasnych radiowo obłoków („maserów") pozwalają na dokładne wyznaczenie masy centrum. Tam też najprawdopodobniej są adafy.

Czy cieszy cię, że wasze teoretyczne koncepcje są potwierdzane przez obserwatorów?

No pewnie, to ogromna satysfakcja. Ale ja sam nie jestem już całkowicie przeświadczony o zupełnej poprawności adafów. Od niedawna modeluje się adafy poprzez superkomputerowe symulacje. Jest to trudne i czasochłonne — jedna symulacja trwa typowo kilka miesięcy nieprzerwanej pracy superkomputera. Na razie umie je wykonać ledwie kilka grup badawczych na świecie. Symulacje zrobione przez Igumenszczewa, we współpracy z Narayanem i ze mną, pokazują, że w adafie rozbudowuje się silna konwekcja, co zasadniczo zmienia jego strukturę. Z tym wnioskiem nie zgadzają się nasi amerykańscy koledzy Steve Balbus i John Hawley, wybitni eksperci i pionierzy takich symulacji.

Dlaczego adafy bez konwekcji zgadzają się lepiej z obserwacjami niż adafy z konwekcją? Dlaczego symulacje Balbusa i Hawleya dają inne wyniki niż nasze? Nie umiem odpowiedzieć na te pytania. Widzę wyraźnie, że nie rozumiem tu czegoś ważnego.

A czy wiadomo, skąd biorą się gwiazdowe i supermasywne czarne dziury?

Tak, bardzo dobrze wiadomo. Gwiazdowe czarne dziury powstają pod koniec życia dostatecznie masywnej gwiazdy, w wybuchu supernowej. Jest on jednocześnie potężną eksplozją i gwałtowną zapaścią, kolapsem grawitacyjnym. Zewnętrzne części gwiazdy gwałtownie eksplodują i zostają odrzucone w spektakularnym błysku tak silnym, że obserwuje się go (przez najsilniejsze teleskopy) nawet z najodleglejszych regionów Wszechświata. Wewnętrzne jądro gwiazdy kolapsuje, ulegając potężnemu ściśnięciu. Zależnie od początkowej masy, kolapsujące jądro staje się albo czarną dziurą, albo gwiazdą neutronową, to znaczy gwiazdą o masie mniejszej niż około trzy masy Słońca i o promieniu około dziesięciu kilometrów. Gwiazdy neutronowe bez wątpienia istnieją. Odkryte w roku 1968 pulsary są gwiazdami neutronowymi właśnie. Za ich odkrycie, pozwól, że przypomnę, Anthony Hewish z Cambridge dostał Nagrodę Nobla.

Choć nie wszystkie istotne szczegóły wybuchu supernowej i grawitacyjnego kolapsu dają się wymodelować w superkomputerowych symulacjach, większość astrofizyków sądzi, że dobrze rozumiemy ich fizyczną naturę, a nasze obecne trudności w modelowaniu tego niezwykle skomplikowanego zjawiska nie są fundamentalne, lecz techniczne, i na pewno zostaną przezwyciężone.

Już w XVIII w. Pierre Simon de Laplace i John Mitchel rozważali gromadzenie materii bez ściskania, jako proces, który może prowadzić do utworzenia się obiektu, który dziś nazywamy supermasywną czarną dziurą. Pokazali, że by utworzyć taki obiekt, wystarczy upakować, powierzchnia przy powierzchni, co najmniej sto milionów gwiazd podobnych do Słońca, bez konieczności indywidualnego ściskania pojedynczych gwiazd. Ciasne upakowanie większej ilości gwiazd także da w wyniku supermasywną czarną dziurę, ale przy znacznie mniejszej ich ilości, na przykład tylko kilkuset gwiazd, indywidualne gwiazdy muszą być dodatkowo ściskane.

Czy takie ciasne pakowanie jest możliwe w wyniku naturalnych procesów astrofizycznych?

Prawie na pewno tak. W centrach galaktyk gęstość przestrzenna gwiazd jest dużo większa niż na peryferiach, na przykład w okolicy Słońca, i dlatego właśnie w centrach panują najlepsze warunki na skuteczne pakowanie. Wyobrażamy sobie, że początkowo niezbyt ciasno upakowane skupisko gwiazd w centrum galaktyki powoli ewoluuje, głównie dlatego, że niektóre z tworzących je gwiazd zderzają się, a inne wylatują ze skupiska. Oba te procesy zwiększają ciasność upakowania, a gdy przekroczy ona pewną krytyczną wartość, ewolucja staje się bardzo gwałtowna. Gwiazdy spadają po spiralnych orbitach na centrum i tak powstaje supermasywna czarna dziura. Szczegóły innych zachodzących podczas takiej ewolucji procesów, na przykład oddziaływanie z gazem i pyłem, wpływ promieniowania grawitacyjnego, wybuchy supernowych, bardzo komplikują ten prosty obraz i dlatego komputerowe symulacje powstawania supermasywnych czarnych dziur są trudne.

***Gazeta* pisała niedawno o pośrednich czarnych dziurach. Czy to coś pośredniego między gwiazdowymi a supermasywnymi dziurami?**

Można tak powiedzieć, gdyż (hipotetyczne na razie) pośrednie czarne dziury miałyby masy od kilkuset do kilku tysięcy mas Słońca. Zaczęto o nich mówić, gdy kilka lat temu odkryto w sąsiednich galaktykach silne punktowe źródła promieniowania rentgenowskiego, czyli tak zwane ULX-y. Ich jasności są pośrednie między kwazarami i mikrokwazarami. Argument skalowania Mirabela sugeruje więc masy ULX-ów od kilkuset do kilku tysięcy mas Słońca. Dodatkowym, ale czysto teoretycznym, argumentem na rzecz pośrednich czarnych dziur jest artykuł opublikowany ostatnio w angielskim *Nature* przez Simona Zwarta z Amsterdamu i jego amerykańskich i japońskich współpracowników, opisujący wyniki ich superkomputerowych symulacji, które sugerują, jak czarne dziury o pośrednich masach mogłyby się tworzyć w gromadach gwiazd poza centrami galaktyk.

Ale jest też i inne wyjaśnienie. Andrew King z angielskiego Leicester i wielu innych astrofizyków sądzi, że ULX-y mogą być polskimi pączkami: mikrokwazarami w innych galaktykach, przez przypadek zorientowanymi swymi osiami dokładnie w naszym kierunku. Miałyby wtedy masy typowe dla mikrokwazarów, to znaczy około dziesięciu mas Słońca.

Ostateczne rozwiązanie zagadki ULX-ów możliwe będzie tylko wtedy, gdy wyznaczymy ich masę z zupełnie pewnych obserwacji. Wspólnie z Włodkiem Kluźniakiem z Zielonej Góry, Jeffem McClintockiem z Harwardu i Ronem Remillardem z MIT zaproponowałem we właśnie przyjętej do druku pracy, że w tym celu należy starannie obserwować zmienność blasku ULX-ów, aby wykryć bliźniaczą parę prawie periodycznych oscylacji, których częstości mają się do siebie jak 3:2. Takie bliźniacze oscylacje wykryto ostatnio w kilku mikrokwazarach o znanych masach. Obserwacje pokazują, że bliźniacze czę-

stości 3:2 skalują się odwrotnie proporcjonalnie do masy mikrokwazara. Jest to po pierwsze przykład na skalowania Mirabela, a po drugie piękne potwierdzenie zaproponowanego przez Kluźniaka i przeze mnie wyjaśnienia fizycznej natury bliźniaczych oscylacji jako nieliniowego, parametrycznego rezonansu między wertykalną a radialną oscylacją epicykliczną w bardzo silnym polu grawitacyjnym czarnej dziury.

Otóż gdyby zaobserwowano takie bliźniacze pary z częstościami rzędu kilkuset herców, oznaczałoby to, że ULX-y są mikrokwazarami ze strugami promieniowania ustawionymi dokładnie w naszym kierunku. Gdyby częstości były dziesięciokrotnie mniejsze, oznaczałoby to, że ULX-y są pośrednimi czarnymi dziurami o masach rzędu kilkuset mas Słońca. Częstości mniejsze stukrotnie oznaczałyby, że ULX-y są pośrednimi czarnymi dziurami o masach rzędu tysięcy mas Słońca.

Czy oprócz gwiazdowych, supermasywnych i (być może) pośrednich czarnych dziur spodziewamy się, że istnieją jeszcze jakieś inne?

W ciągu ostatniego półwiecza teoretycy dobrze przebadali „klasyczne", to znaczy niekwantowe, własności czarnych dziur. Dają się one matematycznie wyprowadzić z ogólnej teorii względności Alberta Einsteina, która opisuje grawitację jako krzywiznę ciągłej, nieskwantowanej, czasoprzestrzeni. Skwantowanie grawitacji jest najważniejszym z nierozwiązanych problemów fizyki, dlatego że materia w rzeczywistym świecie nie jest klasyczna, lecz kwantowo nieciągła — składa się bowiem z odrębnych, pojedynczych cząstek. Jak wszystko w świecie, grawitacja też jest zapewne nieciągła. Nikt jednak nie wie jak skwantować grawitację. Z tego właśnie powodu nic prawie nie wiadomo o kwantowej naturze czarnych dziur. Stephen Hawking odkrył, iż kwantowe czarne dziury nie są całkiem czarne, lecz promieniują czy, jak mówimy, „parują". Parowanie czarnej dziury ma tym większą moc, im masa czarnej dziury (w kwadracie) jest mniejsza. Hawking wyprowadził ten bardzo ważny wniosek z teorii przybliżonej, „półklasycznej", a nie z kwantowej grawitacji, jeszcze nieznanej. Z teorii półklasycznej wynika także możliwość tworzenia się „wirtualnych" czarnych minidziur, o rozmiarach o wiele mniejszych niż najmniejsze cząstki elementarne. Wirtualne dziury powstają z niczego, jako fluktuacje próżni, i prawie natychmiast wyparowują. Spontanicznie powstające i znikające wirtualne czarne dziury tworzą być może czasoprzestrzenną pianę, która jest najbardziej fundamentalnym poziomem fizycznej rzeczywistości. Na tym poziomie pytanie „być albo nie być" nie ma sensu, gdyż wirtualna czarna dziura „jest, nie będąc".

Obraz kwazara 3C273 uzyskany teleskopem Chandra w listopadzie 2000 r. W potężnym dżecie materia przemieszcza się z prędkościami bliskimi prędkości światła. Skąd czerpie energię? Prawdopodobnie z gazów spadających na czarną dziurę w środku kwazara i odepchniętych przez silne pole elektromagnetyczne w postaci skolimowanej wiązki do dżetu. 3C273 leży w gwiazdozbiorze Panny w odległości przeszło 3 mld lat światła od nas

Księżyc jest empiryczny lub księżyca nie ma, lub księżyc jest, nie będąc: świeci, bo kazano w podręczniku algebry. Nam nic nie jest dane.

Bardzo lubię ten mądry wiersz Marka Rymkiewicza, którego zakończenie zacytowałaś. Zapamiętałem go w całości od razu, gdy pierwszy raz czytałem „W obronie metafizyki", jeszcze w gimnazjum. Ale znów odbiegam od tematu, a jest jeszcze jeden typ czarnych dziur, o którym nie mówiliśmy: pierwotne czarne dziury.

Zostańmy przy Księżycu i zapytajmy, czy można zrobić z niego czarną dziurę. Hipotetyczna czarna dziura o masie równej masie Księżyca miałaby rozmiar trochę mniejszy niż centymetr. Przy ściskaniu Księżyca do tak małych rozmiarów uległyby rozbiciu atomy i zaczęłyby się „dotykać" cząstki tworzące ich jądra — gęstość osiągnęłaby wtedy gęstość jądrową. Aby utworzyć z Księżyca czarną dziurę, trzeba by było ścisnąć materię jeszcze bardziej, do gęstości znacznie większych niż jądrowa. W poznanym Wszechświecie nie potrafimy wskazać na żaden naturalny proces, który jest w stanie to osiągnąć.

Z jednym wyjątkiem. Na samym początku świata, w Wielkim Wybuchu, materia miała gęstość o wiele większą niż gęstość jądrowa. Mogły więc wtedy powstać centymetrowe oraz oczywiście mniejsze i większe „pierwotne" czarne dziury. Pierwotne czarne dziury, które przetrwały do dzisiaj, muszą koniecznie mieć masy nie mniejsze niż około miliard ton, co jest masą dużej góry na Ziemi. Miliardotonowe i mniejsze pierwotne czarne dziury wyparowałaby bowiem do dziś zupełnie, zgodnie z odkryciem Hawkinga, że czarne dziury parują tym intensywniej, im są mniejsze. Tylko większe czarne dziury mogłyby przetrwać do naszych czasów. Jednak mimo usilnych poszukiwań, nie udało się obserwacyjnie stwierdzić istnienia takich ponadmiliardtonowych pierwotnych czarnych dziur. Nikt więc na pewno nie wie, czy istnieją. Niektórzy sądzą, że pierwotne czarne dziury są znaczącą częścią ciemnej materii w naszej Galaktyce i innych galaktykach, ale to moim zdaniem tylko spekulacja.

Dlaczego?

Przypomnę najpierw, co to jest ciemna materia. Otóż materii, którą w Galaktyce widzimy, jest o wiele za mało, aby wytłumaczyć obserwowany w Galaktyce ruch gwiazd. Z tego ruchu wylicza się bowiem, jak silna jest grawitacja materii, która go powoduje, a stąd, ile musi być w Galaktyce materii, aby taką grawitację wywołać. Wynik jest zaskakujący: aby taką grawitację wywołać, powinno być o wiele więcej materii niż to, co widać. Zatem większość materii w Galaktyce to jakaś niewidoczna „ciemna materia". Choć ten argument przyjmuje ogół astrofizyków, na razie

zupełnie nie wiemy, z czego się ciemna materia składa. Bardzo wątpię, że składa się ona głównie z małych, pierwotnych czarnych dziur.

A gdyby jednak?

No, to wtedy mielibyśmy pewną, zresztą bardzo małą, szansę na spotkanie się z czarną dziurą bezpośrednio — Ziemia mogłaby się z taką dziurą zderzyć.

Co by się wtedy stało?

Z prostych rachunków wynika, że nic groźnego, a nawet nic specjalnie ciekawego. Nie wiemy, oczywiście, jaka jest typowa masa hipotetycznych czarnych dziur tworzących ciemną materię. Im ta masa mniejsza, tym zderzenia z Ziemią byłyby częstsze, ale też ich skutki mniejsze. Hipotetyczne miliardotonowe czarne dziury zderzałyby się z Ziemią częściej niż raz na sto milionów lat, czyli stosunkowo często. Ale taka dziura, o rozmiarach mniejszych niż rozmiar atomu, przeleciałaby przez Ziemię bez oporu, nikt by tego nie zauważył. Natomiast hipotetyczne pierwotne czarne dziury, które miałyby masy dostatecznie duże na to, by zderzenie wywołało kataklizm, zderzałyby się z Ziemią o wiele rzadziej niż raz w ciągu wieku Wszechświata, a więc praktycznie nigdy.

Muszę też przypomnieć, że samo istnienie ciemnej materii jest kwestionowane przez kilku wybitnych ekspertów, w tym Mordechaja Milgroma z Tel Awiwu. Milgrom bardzo rzeczowo dowodzi, że opisane wyżej obserwacje, które inni tłumaczą obecnością ciemnej materii, dają się precyzyjnie wyjaśnić przez drobną, lecz zasadniczą, zmianę teorii grawitacji.

Nie wiemy, czy pierwotne czarne dziury istnieją. Nie wiemy, czy są znaczącą częścią ciemnej materii. Natomiast wiemy na pewno, że jeśli tak jest, to takie czarne dziury są zupełnie niegroźne.

A gwiazdowe i supermasywne czarne dziury?

Zderzenie Ziemi z supermasywną lub gwiazdową czarną dziurą jest praktycznie wykluczone…

…ale ja pytam, jak mocne są dowody na istnienie gwiazdowych i supermasywnych czarnych dziur?

Wspomniany kilkakrotnie Ramesh Narayan z Uniwersytetu Harwarda twierdzi, że zdobyliśmy już niepodważalne dowody na istnienie gwiazdowych czarnych dziur. Jego dwa piękne argumenty dotyczą samej istoty rzeczy: w swym zamyśle pokazują, że to, co obserwujemy jako „kandydatkę" na czarną dziurę, jest obiektem bez powierzchni, do którego wszystko wpada i nic nie wylatuje.

Pierwszy argument był sformułowany po raz pierwszy, jak dobrze pamiętam, przez Lasotę. Narayan rozwinął go i upowszechnił w wielu publicznych wystąpieniach. Gdy obserwujemy dwa podobne ciasne układy podwójne (ważne jest, że w obu tyle samo materii wypływa z normalnej gwiazdy), pierwszy układ z gwiazdą neutronową, a drugi z „kandydatką" na czarną dziurę, stwierdzamy, że wyraźnie więcej promieniowania przychodzi z układu pierwszego. To dlatego, twierdzi Narayan, że w przypadku układu z czarną dziurą znaczna część promieniowania przepada bez śladu we wnętrzu dziury.

Drugi argument przywołuje dobrze znany fakt, iż układy podwójne z kandydatkami na czarną dziurę nigdy nie wykazują intensywnych błysków promieniowania rentgenowskiego, jakie obserwujemy z układów z gwiazdami neutronowymi. Wiadomo, że te błyski to termojądrowe wybuchy na powierzchni gwiazdy neutronowej powstające, gdy na powierzchni zgromadzi się dostateczna ilość materii spadającej z drugiej gwiazdy układu. Zatem do błysków jest potrzebna powierzchnia. Dlatego absencja błysków jest, zdaniem Narayana, ewidencją na absencję powierzchni: kandydatka nie ma powierzchni, a obiekt bez powierzchni może być tylko czarną dziurą.

Ale przecież „absencja ewidencji nie jest ewidencją absencji", czyż nie?

Rzeczywiście, argumenty Narayana nie są nieskazitelne pod względem logicznym. To są argumenty, a nie dowody. Choć jestem pod ogromnym wrażeniem elegancji i prostoty argumentów Narayana, nie uznaję ich jako ostatecznego dowodu na istnienie czarnych dziur. Moje poważne wątpliwości mają jeszcze inne źródło niż, podkreślone przez ciebie, braki logiczne. Dwaj amerykańscy fizycy, Paweł Mazur i Emil Mottola, przedstawili niedawno fizycznie głębokie i matematycznie piękne argumenty, że efekty kwantowe w bardzo silnej grawitacji powodują, iż zamiast czarnych dziur istnieją grawastary — ciała o podobnych rozmiarach i masach, lecz posiadające zewnętrzną powierzchnię i wewnętrzną strukturę, której czarne dziury nie mają. Powierzchnia grawastara to skorupa o grubości porównywalnej z rozmiarami wirtualnej czarnej dziury i zbudowana z materii, w której prędkość dźwięku równa jest prędkości światła. Wewnątrz mieści się jądro, zbudowane ze skoncentrowanej ciemnej energii. Być może tej samej, która w stanie bardzo rozrzedzonym wypełnia równomiernie cały Wszechświat i z powodu swego ujemnego ciśnienia powoduje, że Wszechświat rozszerza się ze wzrastającą prędkością ekspansji.

Gdyby było tak, jak twierdzą Mazur i Mottola, astrofizycy mieliby prawdziwy kłopot, ponieważ obserwacyjne odróżnienie astronomicznej czarnej dziury od astronomicznego grawastara nie jest praktycznie możliwe. Pokazuje to niedawno opublikowana praca autorstwa Lasoty, Kluźniaka i mojego. Okazuje się, że pierwszy argument Narayana nie działa, gdyż grawastary są praktycznie tak samo ciemne jak czarne dziury. I w jednym, i w drugim wypadku świeci tylko spadająca na ten ciemny obiekt materia. Także drugi argument Narayana nie jest prawdziwy, gdyż spadająca na grawastary materia ulega przemianie fazowej na materię bez jąder, bez których nie może być wybuchów jądrowych. Brak błysków rentgenowskich jest więc wspólną cechą układów tak z czarnymi dziurami, jak i z grawastarami.

Czy więc to, co widzimy, to czarne dziury czy grawastary?

Jak większość astrofizyków, optuję za czarnymi dziurami. Ale w fizyce prawdy nie ustala się przez głosowanie. Wielu najważniejszych odkryć dokonano „pod prąd", przeciwko opinii większości. Grawastary to bardzo poważna idea, o prawdziwości której rozstrzygnąć mogą tylko obserwacje. Staram się więc wymyślić jakiś sposób na to, by obserwacyjnie odróżnić grawastary od czarnych dziur. Nie mam na to dobrego pomysłu. Nikt nie ma. Nie wiem, naprawdę nie wiem.

Autor jest profesorem astrofizyki na Uniwersytecie w Göteborgu w Szwecji i Prezydentem Departamentu Fizyki tamtejszego uniwersytetu. Jego specjalnością jest astrofizyka relatywistyczna i kosmologia

Pierwotne czarne dziury

Agnieszka Janiuk

Fluktuacje gęstości we wczesnym Wszechświecie doprowadziły do powstania w nim struktur materii, przede wszystkim zalążków galaktyk. Można sobie również wyobrazić, iż pod wpływem kolapsu grawitacyjnego w niektórych z takich obszarów o podwyższonej gęstości mogły utworzyć się czarne dziury. Te hipotetyczne obiekty nazywamy pierwotnymi czarnymi dziurami (ang. *Primordial black holes*), w odróżnieniu od „zwykłych" czarnych dziur, które powstają w wyniku zapadnięcia się masywnej gwiazdy pod koniec jej życia. Te ostatnie, jak sądzimy, znamy już dosyć dobrze m.in. dzięki badaniom rentgenowskich układów podwójnych. Co nieco wiemy też o supermasywnych czarnych dziurach, o masach rzędu milionów mas Słońca, znajdujących się w jądrach aktywnych galaktyk. Dzięki wieloletnim obserwacjom te duże i superduże czarne dziury powoli przestają być zagadką dla astronomów, a w każdym razie co do jednego możemy być niemal pewni: istnieją we Wszechświecie i mają się dobrze.

W porównaniu z nimi pierwotne czarne dziury stanowią „białą plamę" w historii Kosmosu i nie wiadomo nawet, czy w ogóle są. Pomimo to stanowią od wielu lat ciekawy temat spekulacji zarówno czysto teoretycznych, jak i dotyczących przewidywań ewentualnych konsekwencji obserwacyjnych.

Własności fizyczne mikrodziur

Aby oszacować, jakiego rzędu masy mogły mieć czarne dziury powstałe we wczesnym Wszechświecie, porównajmy ich gęstość z gęstością materii w wybranym modelu kosmologicznym. W najprostszym przypadku możemy założyć płaski model pyłowy (ciśnienie $P = 0$) i wówczas stała Hubble'a wiąże się z czasem następująco:

$$H = 2/(3t)$$
$$\rho(t) = \rho_c = (3H^2)/(8\pi G) = 1/(6\pi G t^2) \quad (1)$$

(ρ_c jest krytyczną gęstością Wszechświata).

Gęstość czarnej dziury wynosi:

$$\rho_{BH} = M/(4/3\pi R_{Schw}{}^3) = (3c^6)/(32\pi G^3 M^2), \quad (2)$$

gdzie $R_{Schw} = 2GM/(c^2)$ jest promieniem Schwarzschilda czarnej dziury. Z powyższych zależności masa czarnej dziury w zależności od czasu będzie wynosiła

$$M(t) = (3c^3 t)/(4G). \quad (3)$$

Podobna zależność z dokładnością do czynnika kilka będzie dla modelu płaskiego z relatywistycznym równa-

Galaktyka M87 w promieniach rentgena. Długa ekspozycja (146 godzin!) teleskopu kosmicznego Chandra ujawniła fale uderzeniowe w dziedzinie wysokoenergetycznego promieniowania X oraz wielokrotne wybuchy z centralnej supermasywnej czarnej dziury w tej galaktyce. Widoczna po prawej stronie wąska, prawie prostoliniowa struga promieniowania X ma długość przeszło 100 tys. lat św. Prezentowany obraz powstał przez złożenie zdjęć rentgenowskich i zdjęć w dziedzinie optycznej.
M87 znajduje się w gromadzie Virgo w odległości ok. 50 mln lat św. od Ziemi

niem stanu, gdzie stała Hubble'a H = 1/(2t), a zatem w przybliżeniu można napisać, że:

$$M(t) \approx c^3 t/G \approx \approx 10^{15}\,(t/(10^{-23}\ s))\ [g]. \quad (4)$$

Jak widać, rozrzut mas jest ogromny: pierwotne czarne dziury, które powstały w epoce Plancka (10^{-43} s po Wielkim Wybuchu) mogły mieć masy rzędu 10^{-5} g, podczas gdy te, które powstały po czasie ok. 1 s, miałyby już około 10^5 masy Słońca.

Badanie kwantowych właściwości czarnych dziur doprowadziło do słynnego odkrycia, opublikowanego przez Stephena Hawkinga w 1974 r. Mówi ono, iż czarna dziura emituje cząstki, których komptonowska długość fali jest mniejsza niż promień Schwarzschilda*.

Temperatura związana z tym promieniowaniem jest odwrotnie proporcjonalna do masy czarnej dziury:

$$T = \hbar c^3 / (8\pi GMk) = = 6 \times 10^{-8}\,(M_{BH}/M_S)^{-1}\ [K]. \quad (5)$$

Tempo parowania czarnej dziury o takiej temperaturze oszacujemy jako:

$$dE/dt = d/dt\,(Mc^2) = = -4\,\pi R_{Schw}^2\,\sigma T^4. \quad (6)$$

Czas, po którym wyparuje cała czarna dziura o masie początkowej M_{BH}, otrzymamy wówczas po odpowiednich przekształceniach, całkując równanie stronami:

$$\int_{MBH}^{0} M^2\,dM = -\int_0^{tmax} A\,dt, \quad (7)$$

gdzie A zawiera kombinację odpowiednich stałych fizycznych, skąd

$$t_{max} = A\,M^3 = = 10^{64}\,(M_{BH}/M_S)^3\ [lat]. \quad (8)$$

Do chwili obecnej (wiek Wszechświata to około 13,7 gigalat) miałyby więc szansę wyparować tylko dziury o masie początkowej mniejszej niż 10^{15} g, a więc te, które powstały do chwili 10^{-23} s po Wielkim Wybuchu. Obecnie dziury takie produkowałyby promieniowanie o energii dochodzącej do 100 MeV. Obserwowane natężenie tła promieniowania gamma pozwala wobec tego na oszacowanie maksymalnej gęstości takich mikrodziur we Wszechświecie: z oszacowań takich wynika, że ich gęstość nie powinna przekraczać 10^{-8} gęstości krytycznej (koniecznej do „domknięcia" Wszechświata). Z kolei dziury o większych masach być może mogłyby mieć większy udział w gęstości materii we Wszechświecie, jednak ze względu na znaczne tło promieniowania o energiach poniżej 100 keV ich emisja może nie być zarejestrowana.

W jaki sposób mogły powstać pierwotne czarne dziury?

We wczesnym Wszechświecie czarne dziury mogły powstać w warunkach olbrzymiej gęstości, przy czym aby nastąpił lokalny kolaps materii, konieczne było wystąpienie fluktuacji, powstrzymującej niewielki obszar przed ekspansją. Ponadto nawet w warunkach doskonale „gładkiego" Wszechświata teoretycznie jest możliwe powstanie czarnej dziury w wyniku przejścia fazowego.

Przejście fazowe, w wyniku którego następuje „zmiękczenie" równania stanu i zredukowanie ciśnienia, jest możliwe, gdy pojawiają się cząstki cięższe i nierelatywistyczne. Prawdopodobieństwo powstania czarnej dziury przestaje wówczas na pewien czas zależeć od ciśnienia.

Inna możliwość wiąże się z przewidywaniami teorii strun. Według niej niektóre struny mogą przecinać się same ze sobą i tworzyć „pętle". Jeśli rozmiar takiej pętli (w każdym z wymiarów!) jest mniejszy niż promień Schwarzschilda, to powstanie czarna dziura. Prawdopodobieństwo, że kosmiczna pętla znajdzie się w takiej konfiguracji, zależy m.in. od masy struny na jednostkę długości.

Jednak najszerzej jest dyskutowana możliwość powstania pierwotnych czarnych dziur w wyniku niejednorodności gęstości materii we wczesnym Wszechświecie. Aby możliwy był kolaps, obszar o podwyższonej gęstości musi być większy niż rozmiar Jeansa:

$$L_J = (kT/mG\,\rho)^{1/2}, \quad (9)$$

ale z drugiej strony nie może być on większy niż rozmiar horyzontu. Ponadto gęstość obszaru musi być większa od średniej o czynnik d > g, gdzie g jest parametrem równania stanu:

$$p = \gamma\rho \qquad (0 < g < 1). \quad (10)$$

Założenia te umożliwiają oszacowanie, jaka część obszarów o zadanej masie M zapadnie się i utworzy mikrodziury, przy czym wartość czynnika δ wyznacza się metodą skomplikowanych symulacji hydrodynamicznych.

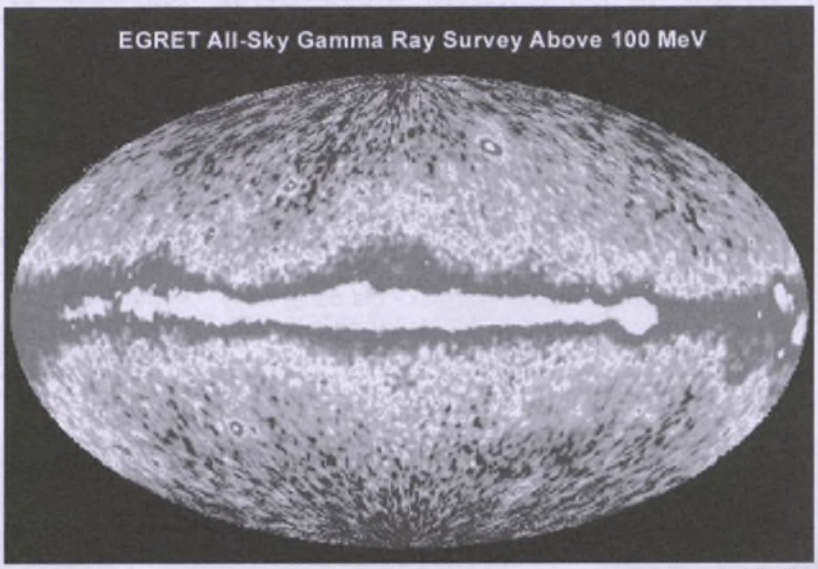
Znaczenie pierwotnych czarnych dziur w Kosmosie

Pomimo że, jak wspomniano na końcu pierwszego rozdziału, gęstość pierwotnych czarnych dziur nie może być znacząca i z tego powodu na przykład nie mogą być one poważnie brane pod uwagę jako składniki tzw. „ciemnej materii", ich znaczenie w Kosmosie może być różnorakie. Po pierwsze, jako źródła olbrzymich pól grawitacyjnych mogą wywoływać zjawiska soczewkowania, fale grawitacyjne, a także dynamicznie wpływać na rozwój wielkoskalowej struktury we Wszechświecie oraz supermasywnych czarnych dziur w jądrach galaktyk. Po drugie, jako źródła wysokoenergetycznego promieniowania, mogą kontrybuować do tła w zakresie gamma w naszej Galaktyce i poza nią, być źródłem promieni kosmicznych, rozbłysków gamma, a także linii anihilacyjnej obserwowanej w widmie w kierunku centrum Galaktyki. Po trzecie, mogły mieć wpływ na procesy zachodzące we wczesnym Wszechświecie, takie jak bariosynteza czy nukleosynteza, stanowić źródło grawitin i neutrin, a w późniejszych etapach ewolucji uczestniczyć w procesie powtórnej jonizacji Wszechświata. Były również prowadzone badania nad tym, czy pierwotne czarne dziury mogłyby przechowywać „pamięć" o wartości stałej grawitacji G w wypadku, gdyby stała ta zmieniała się w czasie. Po czwarte wreszcie, czarne dziury o masie Plancka są interesujące z punktu widzenia kwantowej teorii grawitacji. W szczególności ze względu na fakt,

* Promieniowanie czarnej dziury można opisać przez analogię do produkcji wirtualnych par elektronowopozytronowych w obecności silnego pola elektrycznego. Powstają one w próżni, gdy pole jest w stanie rozseparować ładunki na odległość komptonowskiej długości fali: $eE\lambda > 2m_e c^2$, gdzie E to graniczne natężenie pola, e — ładunek elektryczny, m_e — masa elektronu.

Teleskop EGRET

Compton Gamma Ray Observatory (CGRO) został wyniesiony na orbitę w kwietniu 1991 r. i działał przez 9 lat. Zawierał na pokładzie 4 instrumenty czułe w zakresie promieniowania gamma: Burst And Transient Source Experiment (BATSE), Oriented Scintillation Spectrometer Experiment (OSSE), Imaging Compton Telescope (COMPTEL) oraz Energetic Gamma Ray Experiment Telescope (EGRET). Operowały one w łącznym zakresie energii od 20 keV do 30 GeV, a sam EGRET działał w zakresie najwyższych energii: od 20 MeV do 30 GeV. Teleskop prowadził obserwacje promieniowania kosmicznego, rozproszonego promieniowania gamma, jak również pochodzącego ze źródeł takich jak błyski gamma, pulsary i blazary. Działał, wykorzystując tworzenie się par elektron-pozytron, które powstają po wychwyceniu fotonu gamma i wywołują w komorze gazowej detektora impuls elektryczny. Umożliwiał zarejestrowanie zarówno kierunku, z którego nadszedł foton (z dokładnością do ułamka stopnia), jak i jego energii (z dokładnością do 15%, za pomocą kryształu jodku sodu NaI, umieszczonego poniżej komory gazowej). Po awarii jednego z żyroskopów, 4 czerwca 2000 r. NASA podjęła decyzję o zniszczeniu teleskopu CGRO, który spadając częściowo spłonął w atmosferze, a resztki znalazły się na dnie Pacyfiku.



Mapa nieba we współrzędnych galaktycznych, wykonana dzięki obserwacjom EGRET-a dla energii powyżej 100 MeV. Rozproszone promieniowanie gamma, najintensywniejsze w płaszczyźnie Galaktyki, pochodzi głównie z oddziaływania promieni kosmicznych z ośrodkiem międzygwiazdowym. Widoczne są ponadto pulsary Vela, Geminga i Crab (jasne plamki w płaszczyźnie Galaktyki, po prawej stronie zdjęcia) oraz blazar 3C279 (jasna plamka powyżej płaszczyzny Galaktyki)

iż efekty kwantowo-grawitacyjne mogłyby się pojawiać przy energiach rzędu TeV, poruszenie wśród fizyków wzbudzają próby wyprodukowania mikrodziur w akceleratorach. Nie byłyby to wprawdzie „pierwotne" czarne dziury *sensu stricte*, jednak wyniki takich eksperymentów powinny być istotne również z punktu widzenia kosmologii.

Poniżej skupimy się na znaczeniu pierwotnych czarnych dziur w zakresie astrofizyki wysokich energii.

Czarne mikrodziury a promieniowanie kosmiczne

W zależności od swej masy parująca czarna dziura może emitować cząstki „bezmasowe" (fotony, neutrina, grawitony) bądź cięższe (elektrony, miony). Zgodnie z zależnościami (5) i (6), w ogólności możemy napisać, iż:

$$dM/dt = \\ = -5 \times 10^{25} (M_{BH}\,[g])^{-2} f(M)\,[g/s]$$

gdzie czynnik f(M) zależy od tego, ile i jakie rodzaje cząstek są już wystarczająco lekkie, aby uciec z powierzchni czarnej dziury. I tak dla 10^{14} g < $< M_{BH} < 10^{15}$ g mogą być emitowane miony, które następnie będą rozpadać się na elektrony i neutrina. Dla masy 10^{15} g < $M_{BH} < 10^{17}$ g mogą być emitowane elektrony, natomiast dla mas powyżej 10^{17} g czarna dziura może emitować jedynie fotony, neutrina i grawitony.

Czarne dziury o masach poniżej 10^{14} g mogłyby emitować hadrony, jednak ze względu na energie przekraczające 25–300 GeV cząstki te musiałyby być wyrzucane w postaci strugi swobodnych kwarków i gluonów. Dopiero w pewnej odległości od źródła wiązałyby się one w hadrony (protony, neutrony, hiperony, mezony), które następnie wskutek oddziaływań słabych i elektromagnetycznych rozpadałyby się na stabilne cząstki (protony, antyprotony).

Promieniowanie kosmiczne jest źródłem tła fotonowego w zakresie gamma, przy czym fotony te powstawać mogą w wyniku 3 różnych procesów:

- po rozpadzie neutralnych pionów, będących produktami zderzenia hadronów promieniowania kosmicznego z atomami ośrodka międzygwiazdowego (wodór, hel);
- w wyniku promieniowania hamowania elektronów kosmicznych, poruszających się w ośrodku międzygwiazdowym;
- wskutek odwrotnego rozpraszania Comptona promieniowania gwiazd na elektronach kosmicznych.

Promieniowanie gamma jest pochłaniane w atmosferze, w związku z czym jego detekcja naziemna jest utrudniona. Wykorzystuje się tutaj jednak fakt, iż pierwotne fotony tworzą w atmosferze kaskady elektronowo-fotonowe; produkowane są w nich również piony, a jako końcowe produkty ich rozpadu do detektora na poziomie gruntu dotrzeć mogą słabo oddziałujące z atmosferą miony i neutrina. Miony, które tracą energię 2 MeV na zjonizowanie każdego g/cm^2 materii, przez którą przechodzą, przynoszą nam informację o energii cząstki macierzystej: foton gamma musiał mieć co najmniej 10 GeV, aby dał się w ten sposób zarejestrować. Aby uzyskać przyzwoitą efektywność, detektory

Rozkład <V/Vmax> jako test dla błysków gamma

Dla odległych obiektów, obserwowanych za pomocą dostępnych nam detektorów, możemy określić V_{max} jako maksymalną objętość obszaru, w którym może znajdować się obiekt, aby mógł być dla nas widzialny. Jeśli V będzie objętością sfery wyznaczonej przez odległość do danego obiektu, to uśredniając po objętości możemy znaleźć średni stosunek V do V_{max} dla wybranej klasy obiektów:

$$<V/V_{max}> = (\int^{Vmax} V/V_{max}\, dV) / (\int^{Vmax} dV).$$

Gdyby obiekty były rozłożone doskonale jednorodnie w trójwymiarowej przestrzeni Euklidesowej, to stosunek ten wynosiłby po prostu 0,5.

Z drugiej strony, mierząc <V/Vmax> dla danej klasy obiektów, możemy stwierdzić, jak daleki od jednorodności jest ich rozkład we Wszechświecie.

Dla błysków gamma wyznacza się następującą wielkość:

$$V/V_{max} = \zeta^{-3/2},$$

gdzie $\zeta = C_{max}/C_{min}$.

W powyższym wzorze C_{max} jest zaobserwowaną liczbą zliczeń fotonów gamma podczas maksimum błysku, natomiast C_{min} jest czułością detektora.

Jak pokazały obserwacje BATSE, średnie $<V/V_{max}>$ dla błysków gamma jest dużo mniejsze od 0,5 i dla błysków długich (T > 2 s) wynosi około 0,28, podczas gdy dla krótkich (T < 2 s) około 0,39.

Może to oznaczać, iż błyski pochodzą z odległości kosmologicznych i znajdują się na tyle daleko, iż w ich rozkładzie zaczyna odgrywać rolę obecność granicy obserwowalnego Wszechświata.

naziemne (zespoły detektorów scyntylacyjnych) muszą pokrywać jak największy obszar, o powierzchni liczonej w dziesiątkach kilometrów kwadratowych.

Oprócz tego, buduje się również detektory promieniowania Czerenkowa, produkowanego w atmosferze przez cząstki kaskady. Największym jednak przełomem, jeśli chodzi o potencjalne możliwości rejestrowania wysokoenergetycznego promieniowania pochodzącego z mikrodziur, okazało się uruchomienie teleskopu EGRET na pokładzie satelity CGRO (patrz ramka).

Czarne mikrodziury a błyski gamma

Ostatnio interesującym zagadnieniem jest możliwy związek rozbłysków promieniowania gamma z parowaniem pierwotnych czarnych dziur.

Błyski są krótkimi i bardzo intensywnymi pulsami promieniowania gamma, jakie po raz pierwszy zostały zaobserwowane na niebie pod koniec lat 60. ubiegłego stulecia. Pochodzą one na ogół z dużych odległości: przesunięcia ku czerwieni (zmierzone dzięki obserwacjom tzw. poświat błysków gamma w zakresie optycznym) sięgają z = 5, zaś ich rozkład na niebie jest niemal izotropowy. Błyski mogą trwać od ułamka sekundy aż do kilkuset sekund, a ich jasność (przy założeniu izotropowości emitowanego promieniowania) sięga 10^{52} erg/s, czyniąc z nich najjaśniejsze obiekty we Wszechświecie.

Ze względu na tak olbrzymie ilości wyzwalanej energii, jest oczywiste, iż pochodzenie błysków musi się wiązać z zachodzeniem eksplozji z udziałem obiektów zwartych, takich jak czarne dziury lub gwiazdy neutronowe. Postulowane modele teoretyczne obejmują wybuch tzw. „hipernowej" (masywna, rotująca szybko gwiazda, której żelazne jądro zapada się do czarnej dziury), zlewanie się czarnej dziury z gwiazdą neutronową lub dwóch gwiazd neutronowych czy też powstanie szybko rotującej i namagnesowanej gwiazdy neutronowej.

Ze względu na różne długości tych zjawisk, jak również obserwowane istnienie co najmniej dwóch klas błysków o znacząco różnych czasach trwania, uzasadnione jest podejrzenie, że nie jeden, a kilka z tych mechanizmów może być realizowanych w naturze.

Najkrótsze ze znanych błysków gamma mają czasy trwania poniżej 100 milisekund. Ogólnie biorąc, błyski krótsze cechują się twardszym widmem promieniowania od błysków długich, a błyski bardzo krótkie mają szczególnie twarde widma fotonowe (średnia energia fotonu jest większa od 90 keV, a wszystkie błyski z tej grupy wykazują znaczącą emisję powyżej 1 MeV).

Istnieją pewne przesłanki obserwacyjne przemawiające za tym, że ta odrębna grupa bardzo krótkich błysków ma pochodzenie lokalne. Ponieważ nie zarejestrowano poświat tych błysków w zakresie optycznym, nie znamy ich ewentualnych przesunięć ku czerwieni. Ponadto ich rozkład $<V/V_{max}>$ (patrz ramka) ma wartość bliską 0,5: błyski te zatem powinny pochodzić z bardzo niewielkich odleg-łości, d < 100 pc, tak aby znajdowały się wewnątrz sfery o promieniu mniejszym od grubości dysku Galaktyki.

Ultrakrótkie błyski wykazują pewną anizotropię rozkładu w Galaktyce, grupując się w jednym z kwadrantów w kierunku antycentrum. Warto ponadto zauważyć, iż w tym samym kierunku stwierdzono również występowanie nadwyżki w emisji kosmicznego promieniowania tła.

Jedna z możliwych hipotez jest taka, że mechanizmem mogącym odpowiadać za powstawanie ultrakrótkich błysków jest parowanie mikrodziur.

Promieniowanie gamma powstaje wówczas w wyniku eksplozji, w której masa czarnej dziury (ok. 7×10^{13} g, co odpowiada energii 10^{34} erg/s), zostaje zamieniona na ekspandującą „kulę ognistą" (*ang. fireball*) zbudowaną z ciężkich hadronów. Kula ta, po osiągnięciu krytycznego promienia fotosfery (okolo 100 cm), staje się przezroczysta dla fotonów; ponadto emitowane mogą być pary elektronowo-pozytronowe, protony, antyprotony i neutrina. Dokładne widmo emitowanych cząstek zależy silnie od założeń modelu (równania stanu).

Za powyższą hipotezą przemawiają charakterystyczne cechy błysków ultrakrótkich, takie jak: bardzo krótki czas trwania, twarde widmo fotonowe,

wzajemne podobieństwo profili poszczególnych błysków. Ze względu na niewielkie jasności absolutne, możliwe byłoby zarejestrowanie jedynie bliskich błysków produkowanych w ten sposób (do kilkudziesięciu parseków).

Powinny one również być rozłożone nieizotropowo we współrzędnych galaktycznych, ze względu na położenie Układu Słonecznego w znacznej odległości od centrum Galaktyki.

Literatura:

1. B. Carr, *Primordial Black Holes: do they exist and are they useful?*, astroph/0511743.
2. M. Jaroszyński, *Galaktyki i budowa Wszechświata*, PWN, 1993.
3. J. Sikorski, *Czarne dziury z ładunkiem elektrycznym*, strony internetowe „Uranii–PA", http://postepy.camk.edu.pl/jkscz_ dziury11.html
4. F. Halzen, E. Zas, J.H. MacGibbon, T.C. Weekes, *Gamma rays and energetic particles from primordial black holes*, Nature, 1991, t. 353, s. 807.
5. D.B. Cline i W. Hong, *Possibility of unique detection of primordial black hole gammaray bursts*, 1992, Astrophysical Journal Letters, t. 401, s. 57; D.B. Cline i in., *Study of Very Short GammaRay Bursts*, 1999, Astrophysical Journal, t. 527, s. 827; D.B. Cline i in. *Study of Very Short GammaRay bursts: New Results from BATSE and KONUS*, 2005, Astrophysical Journal Letters, t. 633, s. 73.
6. T. Wibig i Wolfendale, *Foreground contributions to the Cosmic Microwave background*, 2005, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, t. 360, s. 236.

Autorka jest absolwentką Uniwersytetu Warszawskiego i studiów doktoranckich w Centrum Astronomicznym PAN w Warszawie. Zajmuje się dyskami akrecyjnymi aktywnych jąder galaktyk i rentgenowskich układów podwójnych oraz błyskami gamma

rozmaitości

O jedną planetę mniej

Rok temu odkryto planetoidę 2003 UB313, która okazała się mieć średnicę większą od Plutona. Czy powinna być uznana za kolejną planetę czy raczej Pluton powinien przestać nią być?

Pluton został odkryty w 1930 r. przez Amerykanina Clyde'a Tombaugha, ma zaledwie 2,3 tys. km średnicy, a jego bardzo wydłużona orbita jest nachylona do ekliptyki pod kątem 18°, co powoduje, że co jakiś czas Pluton przecina trasę, po której krąży Neptun.

Już od kilku lat astronomowie spierali się o status Plutona i jego przynależność jednocześnie do dwóch grup — planet i planetoid, z pasa których Pluton prawdopodobnie pochodzi. Rozwiązanie podała Międzynarodowa Unia Astronomiczna na tegorocznym, sierpniowym sympozjum w Pradze, ustalając ostateczną (?) definicję planety. Po ośmiu dniach dyskusji postanowiono, że planeta to ciało niebieskie, które krąży dookoła Słońca, posiada wystarczającą masę, aby dzięki własnej grawitacji osiągnąć kształt kulisty (lub prawie kulisty) i równowagę hydrostatyczną oraz „wyczyściło" swą orbitę z innych obiektów.

Unia podzieliła obiekty Układu Słonecznego na trzy kategorie. Do pierwszej należy osiem znanych planet: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran i Neptun. Drugą stanowią planety karłowate, w tym Pluton i inne ciała o kulistym (lub prawie kulistym) kształcie, które nie są księżycami i obiegają Słońce po orbitach wspólnych z innymi ciałami. Trzecia kategoria to małe ciała Układu Słonecznego, czyli wszystkie niekuliste planetoidy i głazy, które krążą dookoła naszej gwiazdy.

Artystyczna wizja Eris i Dysnomii źr. universetoday.com

(*kw*)

Xena, czyli Eris

Międzynarodowa Unia Astronomiczna zatwierdziła nowe nazwy dla planety karłowatej 2003UB313 i jej księżyca S/2005 (2003 UB313)1. Dotychczas potocznie nazywana Xeną (za bohaterką serialu „Xena-wojownicza księżniczka") planeta nosi teraz nazwę Eris, a jej księżyc, dotychczas nazywany Gabrielle (za przyjaciółką serialowej Xeny) — Dysnomia.

Planeta Eris, należąca do tej samej grupy obiektów karłowatych co Pluton, została odkryta w Obserwatorium Palomarskim 5 stycznia 2005 r. przez M. E. Browna, C. A. Trujillo oraz D. Rabinowitza. Położona dalej niż Pluton potrzebuje aż 560 lat na dokonanie pełnego obiegu dookoła Słońca. Księżyc jest około 60 razy słabszy od Eris, jego średnicę szacuje się na około 450 km a okres obiegu na 14 dni.

Ze względu na rolę, jaką planeta odegrała w degradacji Plutona, nowa nazwa idealnie do niej pasuje. Eris bowiem w mitologii greckiej jest imieniem bogini niezgody, chaosu i nieporządku. Przybyła ona nieproszona na wesele Peleusa i Tetydy, rzuciła między boginie jabłko z napisem „Dla najpiękniejszej", wywołując spór między Ateną, Afrodytą i Herą, co w konsekwencji doprowadziło do wojny trojańskiej. Dysnomia to imię córki bogini Eris i oznacza dosłownie „bez porządku".

(*kw*)

Włodzimierz Nawrocki
Elżbieta Nawrocka

Arystotelesowska Strageria — miejsce narodzin fizyki

Północna część Półwyspu Chalcydyckiego jest spokojna i pełna uroku. Turyści spieszący na plaże południa na ogół nie zatrzymują się w tym rejonie. Warto jednak poświęcić mu trochę uwagi, choćby po to, by zobaczyć Stragerię — miejsce urodzenia Arystotelesa. Na wzgórzu, koło wioski, skąd roztaczają się wspaniale widoki okolicy, znajduje się okazały marmurowy pomnik filozofa i kilka dużych stanowisk prezentujących znane doświadczenia fizyczne

Autorzy przy pomniku Arystotelesa

Samodzielnie wytworzony wir

Arystoteles urodził się w 384 r. p.n.e. w Stragerii na Półwyspie Chalkidiki, dzisiejsza Grecja, jako syn lekarza. Wcześnie stracił rodziców. W wieku 17 lat przybył do Aten, gdzie na dwadzieścia lat przyłączył się do Akademii Platona.

Po śmierci Platona przeniósł się do księcia Hermiasa z Aterneusu do Assos w Małej Azji, gdzie poślubił jego bratanicę i jednocześnie adoptowaną córkę.

Od roku 342 na dworze króla Filipa Macedońskiego przejął wychowanie 14-letniego Aleksandra.

Około 335 roku p.n.e. powrócił do Aten, nauczał początkowo w Lykeionie (liceum), a następnie założył prawdopodobnie własną szkołę Peripatos. Możliwe też, że powstała ona dopiero po śmierci Arystotelesa i została nazwana tak przez studentów. Z pewnością jednak założył on muzeum historii, przyrody z biblioteką map i manuskryptów, a także jego własnych pism. Po śmierci Aleksandra (w roku 323 p.n.e.) Ateńczycy zarzucali mu bezbożność. Arystoteles zbiegł do Chalkis na wyspie Eubei, gdzie w 322 r. p.n.e. w wieku 62 lat osamotniony zmarł.

Arystoteles był znanym badaczem przyrody oraz zajmował się etyką. Był nauczycielem sztuki i wiedzy o państwie. Obok swoich popularnych dzieł Arystoteles napisał liczne publikacje naukowe, m.in. osiem ksiąg „O fizyce", cztery księgi „O niebie", dwie księgi „O powstaniu i przemijaniu", cztery księgi „O meteorologii" i dziesięciotomową „Wielką historię zwierząt".

Arystoteles do przyrody zaliczał wszystko, co nosi w „sobie samym", co jest podstawą zmiany swych stanów.

Fizykę ujmował jako naukę o ruchach albo o zmianach. Te zmiany mogą być trojakiego rodzaju: przestrzenne albo miejscowe, jakościowe albo materialne i ilościowe. W ten sposób Arystoteles stworzył podstawy podziału nauk przyrodniczych na mechanikę, chemię i biologię. Świat traktował jako istniejący od wiecznych czasów. Jego najdoskonalszą część stanowiła dla niego wypełniona eterem przestrzeń nieba. Potem dla Arystotelesa następowały sfery planet i niedoskonały przemijający świat oraz kula ziemska, w której jednocześnie upatrywał centrum Wszechświata.

Na podstawie cienia przy zaćmieniu Księżyca wnioskował o kulistej formie Ziemi. Wprowadził literowe oznaczenia wielkości matematycznych. Zajmował się teorią funkcji nośnej dźwięku w powietrzu, przyspieszeniem spadających swobodnie ciał, rozgrzewaniem przez tarcie, procesem topnienia i różnorodnością punktów topnienia poszczególnych metali. Znał proces oczyszczania żelaza otrzymywanego z rudy, poprzez wielokrotne stapianie. Opisał przekładnię zębatą.

Jest nie do podważenia, że IV stulecie p.n.e. w starożytnej Grecji charakteryzowało się intensywnymi pracami badawczymi i interpretacją teorii

naukowych. W III stuleciu prace te osiągnęły najwyższy poziom. Pierwszymi przedstawicielami nauk przyrodniczych byli filozofowie Platon i Arystoteles, a ich następcy to już specjaliści w określonej dziedzinie nauki.

W bardzo dużym stopniu do rozkwitu nauki i techniki przyczynił się Arystoteles. Jego badania, pisma i wykłady zapoczątkowały rozwój nauki trwający całe stulecia. Z drugiej strony uważa się, że opisane przez Arystotelesa idee — uważane za pierwsze dzieło o fizyce (ok. 330 r. p.n.e.) — zaciążyły niekorzystnie na jej rozwoju przez ponad 1600 lat. W 1209 r. synod paryski zakazał rozpowszechniania nauk Arystotelesa.

Obecnie uważa się, iż większość odkryć i ówczesnych osiągnięć w starożytnej Grecji dały efekt tylko w postaci zabawek, jednak została otwarta droga do rozwoju nauk przyrodniczych i późniejszego praktycznego wykorzystania tej wiedzy.

Dzisiaj zabawki te triumfują w nauczaniu, czego dowodem jest ogromny, prawie 2-hektarowy plac w arystotelesowskiej Stragerii, gdzie na kilkunastu stanowiskach zlokalizowanych pomiędzy powiedzeniami Arystotelesa wykutymi w płaskich skalnych tablicach umieszczono ich duże repliki. Triumf odniósł też sam Arystoteles, który ze środka placu przygląda się bawiącym, swojej fizyce i ponadczasowym powiedzeniom.

W 2006 r. w jedno z lipcowych popołudni, przebywając w Stragerii, mogliśmy wraz z naszymi synami uczestniczyć w tej zabawie, a jednocześnie wspaniałej nauce na wolnym powietrzu.

Po wejściu na plac zabawę otwierało pięć dużych tarcz pomalowanych w symetryczne wzory o strukturze falistych i kolistych czarnych linii, które po wprawieniu przez nas w ruch były źródłem nowych, niezapomnianych wrażeń wzrokowych.

Obok, przy kolejnym stanowisku, obracając mechanizmem korbowym, można było w specjalnie do tego celu przygotowanej szklanej tubie wypełnionej wodą wytworzyć wspaniały wir. Stanowisko to stało się dla nas znakomitym miejscem do zabawy i rywalizacji, czyj wir będzie bardziej imponujący.

Naszym zmaganiom w tym miejscu towarzyszyły powiedzenia:

Nadzieja jest snem na jawie,

Drogi przyjaciel Plato, ale droższa prawda,

Pańskie oko konia tuczy.

Na kilku następnych stanowiskach mieliśmy do czynienia z ruchem drgającym. Ruch ten był bardzo tu zaakcentowany, gdyż jest rodzajem ruchu często spotykanym w przyrodzie oraz wielu urządzeniach codziennego użytku. Na skonstruowanym wahadle mogliśmy zaobserwować drgania o malejącej amplitudzie, które w fizyce nazywamy drganiami tłumionymi. Natomiast w pobliżu za pomocą połączonych ze sobą wahadeł przedstawione było zjawisko rezonansu mechanicznego. Za pomocą tych samych wahadeł można było w innym przypadku wytłumaczyć kilka podstawowych praw fizyki związanych ze zderzeniami ciał. Przy zderzeniach dochodziło bowiem do elastycznego pchnięcia, przy czym za każdym razem ruch kontynuowała ta sama masa, która go zaczęła.

O tym, że przy tych stanowiskach można było wytłumaczyć dużo praw fizycznych, świadczyły umieszczone opodal powiedzenia Arystotelesa o prawdzie, takie jak:

Prawda leży pośrodku — może dlatego wszystkim zawadza,

Prawdziwa wiedza to znajomość przyczyn,

Nie poznamy prawdy, nie znając przyczyny.

Pomimo że do starożytnej Grecji soczewki do zapalania ognia dotarły z Mezopotamii a następca Arystotelesa, Archimedes, źródła tego użył do spalenia rzymskiej floty za pomocą układu wklęsłych luster, optyka w Stragerii była reprezentowana przez imponujących rozmiarów pryzmat i soczewkę.

Oglądając pryzmat, można było przyjrzeć się jego geometrii oraz zaobserwować zjawisko rozszczepienia światła białego na barwy widmowe.

W pobliżu zamocowano w specjalnym uchwycie dużą soczewkę skupiającą dwuwypukłą. Po skierowaniu tej soczewki do światła słonecznego bez trudu syn mój zaobserwował miejsce poza soczewką, w którym wiązka promieni uległa skupieniu i wyznaczyła ognisko. Następnie po wstawieniu w tym miejscu kawałka leżącej nieopodal kory po kilkunastu sekundach zaczynała się ona tlić, o czym wszyscy wiedzieliśmy, a o czym wcześniej wiedział Archimedes, któremu nieobce były też powiedzenia jego nauczyciela znajdujące się w tym miejscu.

Mniejsze rzeczy trzeba poświęcać dla większych,

Nie ma geniuszu bez ziarna szaleństwa,

Nieszczęście ludzi brata.

Akustykę, czyli naukę o dźwiękach, mogliśmy poznać na wielkich cymbałkach, gdzie każdy z pojedynczych elementów miał długość 1 m. Uderzenie w takie cymbałki sprawiało, że dźwięki rozchodziły się bardzo donośnie po całej okolicy, a prostą zabawą mogliśmy zmieniać wysokość dźwięku.

Dyskretne sekrety każdy z nas przekazywał jeden drugiemu w ustawionych naprzeciwko siebie dwóch parabolicznych muszlach, w których następowało odbicie dźwięku, a słyszały go tylko wtajemniczone osoby.

Natomiast o doznaniach zmysłowych, jakie w tym miejscu można było zasmakować, mówiły umieszczone tablice z powiedzeniami:

Nie ma nic w umyśle, czego by przedtem nie było w zmysłach,

Jedna jaskółka nie czyni wiosny.

O przemijaniu i o tym, że w Stragerii spędziliśmy prawie 2 godziny na zabawie połączonej z nauką, przypominał wspaniały, duży zegar słoneczny oraz ciągle aktualne powiedzenia Arystotelesa:

Świat nie miał początku i nie będzie miał końca,

Starość nie jest niczym innym, jak tylko powtórzeniem wieku dziecięcego,

Wdzięczność szybko się starzeje,

Ruch jest wieczny, tak jak i czas, który go mierzy; pojęcie teraźniejszości zawiera pojęcie przeszłości i przyszłości.

Ostatni cytat mówiący o ruchu i o czasie uświadomił nam, że Arystoteles to ojciec fizyki, ponieważ ujmował ją jako naukę o ruchach, która przetrwała w czasie.

Dla nas pobyt w Stragerii to nie tylko wspomniane już wcześniej 2 godziny zabawy, ale niezapomniane wrażenia, które na długo pozostaną w naszej pamięci, ponieważ mogliśmy przebywać w miejscu, w którym narodziła się fizyka.

***Włodzimierz Nawrocki** jest doradcą metodycznym fizyki w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego. W zakresie doradztwa metodycznego podlegają Mu wszystkie szkoły gimnazjalne i ponadgimnazjalne w Łodzi*

Andrzej Woszczyk

Z kart historii astronomii polskiej

Jan GADOMSKI, 1889–1966

W roku 2006 mijają dwie rocznice dotyczące ważnych postaci astronomii polskiej: 40-lecie śmierci Jana Gadomskiego i setna rocznica urodzin Macieja Bielickiego. Z tej okazji pragniemy przypomnieć tych dwóch astronomów XX w.

Urodził się w Czatkowicach pod Krakowem. Od najmłodszych lat był zafascynowany gwiazdami, za co, jak mówił, „odpowiedzialny jest Kamil Flamarion". Mając 15 lat, zbudował na dachu (strychu?) rodzinnego domu obserwatorium astronomiczno-meteorologiczne i dokonywał regularnych obserwacji przy pomocy własnoręcznie zbudowanej lunety.

W roku 1908 ukończył gimnazjum, a w latach 1908–1914 odbył studia astronomiczne, wszystko w Krakowie. Asystentem Obserwatorium Krakowskiego został dopiero w 1919 r., gdy kierownictwo Obserwatorium objął Tadeusz Banachiewicz. To on zainicjował i regularnie prowadził obserwacje gwiazd zmiennych zaćmieniowych, których Obserwatorium Krakowskie stało się później międzynarodowym centrum. W roku 1922, z ramienia Obserwatorium Krakowskiego, założył stację astronomiczną na Łysinie (obecnie Lubomir) i przez 2 lata tam pracował (wraz z żoną Marią). W roku 1927 Jan Gadomski objął stanowisko adiunkta w Obserwatorium Warszawskim i na tym stanowisku pozostał do końca swej kariery naukowej. Był bardzo aktywny przy budowie stacji obserwacyjnej UW na Pop Iwanie w Czarnohorze (w Karpatach Wschodnich, obecnie na Ukrainie). Okupację niemiecką przeżył w Warszawie, a po wojnie został mianowany kierownikiem Obserwatorium Warszawskiego. Obok odbudowy całkowicie zrujnowanego (spalonego) gmachu Obserwatorium, Gadomski założył filię Obserwatorium Warszawskiego w Ostrowiku, gdzie ulokował uratowane z pożogi wojennej instrumenty z obserwatorium UW na Pop Iwanie.

Dorobek naukowy Jana Gadomskiego obejmuje ok. 20 prac naukowych i ok. 200 doniesień, dotyczących głównie obserwacji gwiazd zaćmieniowych. Niezwykle bogata była działalność popularyzatorska Jana Gadomskiego: opublikował kilka książek (np. cieszące się wielkim zainteresowaniem *Obrazy nieba*) i broszur o tematyce astronomicznej oraz wygłosił bardzo wiele pogadanek radiowych i innych dla dużej liczby słuchaczy. W roku 1948 doprowadził do wskrzeszenia zakazanego przez okupantów Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii i został jego pierwszym powojennym prezesem. W latach 1946–1950 był redaktorem wznowionej przez siebie „Uranii".

Jego nazwisko nosi jeden z kraterów na niewidocznej z Ziemi stronie Księżyca.

A oto wspomnienie o Ojcu i Dziadku, jakie napisały dla „Uranii" Córka Ewa Gadomska-Szczepankowska i Wnuczka Barbara Scudder.

WSPOMNIENIA O DR. JANIE ROLA GADOMSKIM

Pochodził z bogatej mieszczańskiej rodziny, miał czworo rodzeństwa: dwóch

braci i dwie siostry. Rodzice postanowili bezpiecznie ulokować majątek i wybudowali dwie kamienice w Krakowie. Nawet do głowy im nie przyszło, że po II wojnie budynki zabierze państwo, a rodzina zostanie sprowadzona wyłącznie do roli administratora zbierającego czynsz dla władz dzielnicy! Gdy budowano te domy, rodzina oszczędzała na wszystkim. Dzieci jadły byle co, niczym biedota, a Jan Gadomski miał ze swym o rok starszym bratem Tadeuszem wspólne spodnie na „wielkie wyjścia" z domu. Wychodzili więc na zmianę. W dzieciństwie Jan zachorował na szkarlatynę tak poważnie, iż lekarze rozkładali ręce, nie wierzyli, że przeżyje. Ojciec zabrał go ze szpitala i uratował starymi ludowymi sposobami. Jedynym śladem po niemal śmiertelnej chorobie była całkowita utrata wzroku w jednym oku.

Dr Jan Gadomski wpisuje dedykację do swej książki „Obrazy nieba"

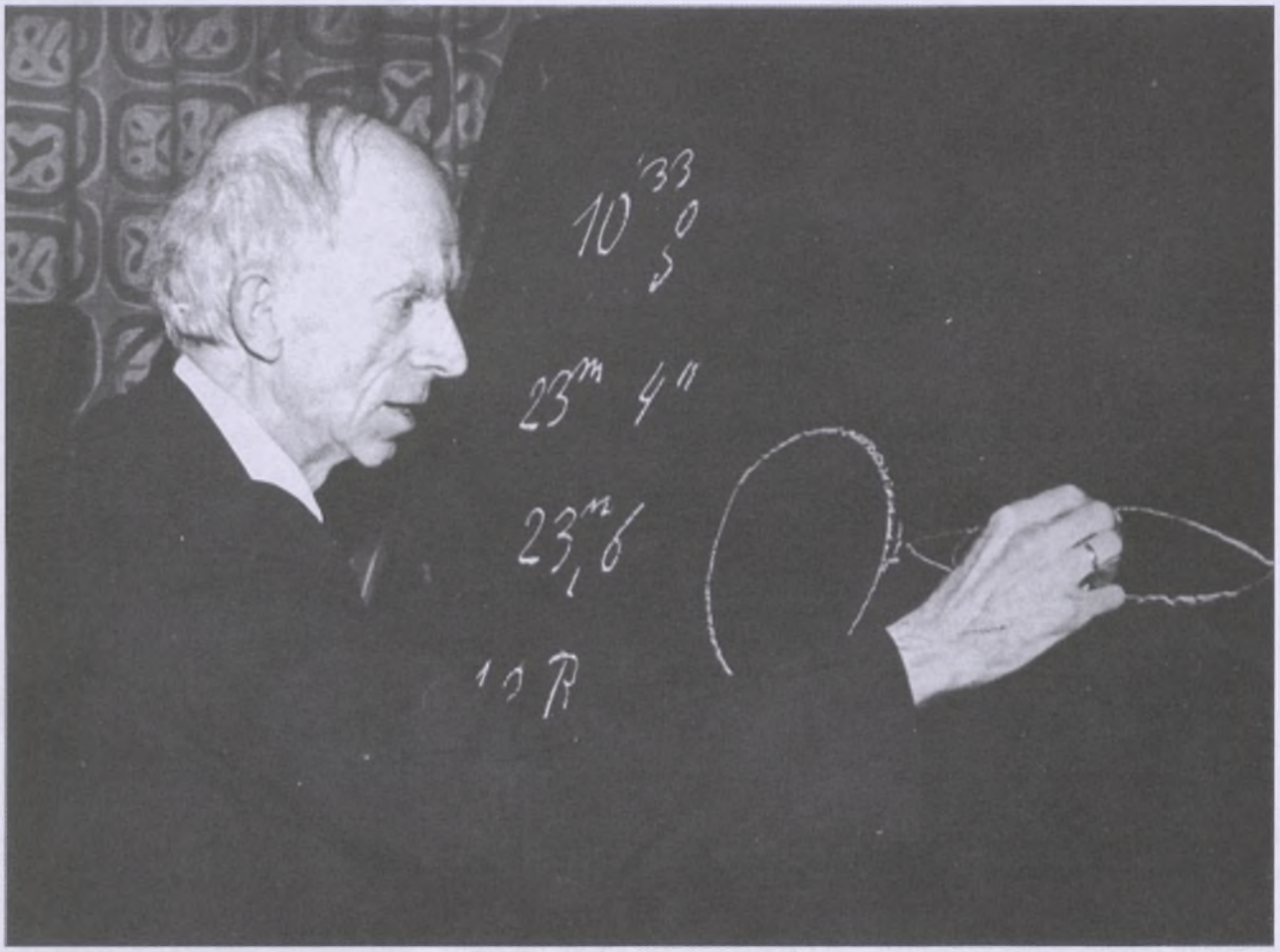
Jan od dzieciństwa nie miał wątpliwości i już jako mały chłopczyk wiedział, że będzie astronomem. Na studiach aktywnie uprawiał sport, kochał wysokogórskie wspinaczki, narciarstwo, był też członkiem klubu kajakarskiego. W klubie poznał swą przyszłą żonę Mariannę, jedną z nielicznych kobiet w gronie studentów filozofii. Dwoje odważnych, obdarzonych fantazją ludzi nie bało się wyzwań. Na początku lat 20. małżonkowie spędzili dwa lata w Beskidzie Makowskim. W maleńkiej, prymitywnej chatce na samym szczycie Łysiny zorganizowali małe obserwatorium astronomiczne, stację obserwacyjną Obserwatorium Krakowskiego (1922 r.). Zimą byli odcięci od świata, musieli wędrować wiele kilometrów do najbliższej wioski po prowiant. Jak wspominała jego żona, pisarka, „sarny zaglądały nam do okien, a domek był tak prymitywny, że zimą, przy zamkniętych oknach wiatr mi włosy rozwiewał". W 1929 r. razem z małą córeczką małżonkowie Gadomscy przeprowadzili się do Warszawy i zamieszkali wraz z rodzinami innych astronomów w Obserwatorium Astronomicznym usytuowanym w Ogrodzie Botanicznym, Al. Ujazdowskie 4. Na kilka lat przed wojną Jan i Marianna postanowili kupić posiadłość nad jeziorem Narocz (tereny obecnej Białorusi). Jan osobiście angażował się w budowę domu, pomagał przewozić cały materiał — m.in. drewniane bale i wielkie kamienie na podmurówkę — saniami, po zamarzniętym jeziorze. Dom został wybudowany wiosną w 1939 r., rodzina spędziła tam jedne wakacje.

Jan Gadomski odpina narty przed budynkiem Stacji Obserwacyjnej na Łysinie (dzisiaj Lubomir) — rok 1922

Bodaj w 1931 r. Jan wybrał się w podróż balonem ze słynnym Franciszkiem Żwirką, miał obserwować zaćmienie Księżyca. Niewiele brakowało, a lot skończyłby się dramatycznie. Zachmurzenie uniemożliwiło obserwacje, a silny wiatr spychał balon w pobliże granicy sowieckiej.

Czasy okupacji

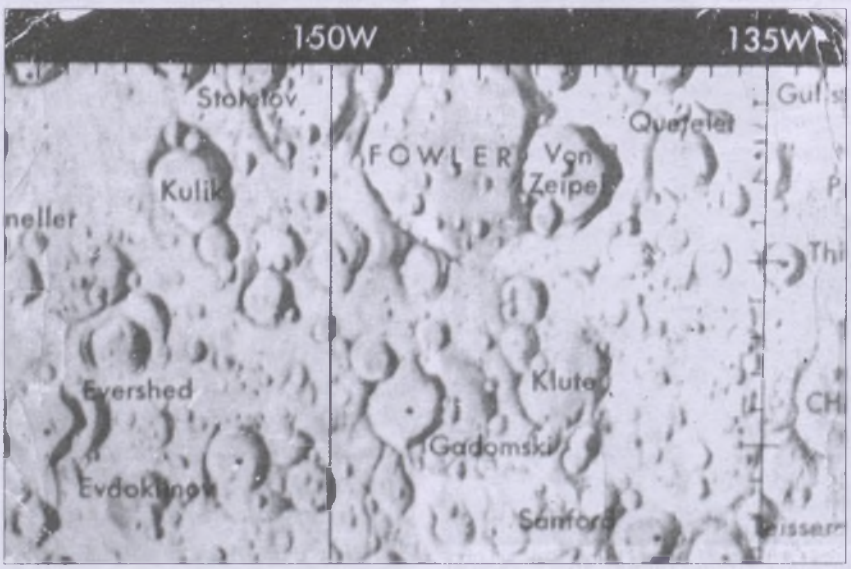
Małżonkowie Gadomscy pracowali w konspiracji, w ich mieszkaniu odbywały się zebrania. Jan opracowywał prognozy meteorologiczne dla zrzutów. W dniu wybuchu Powstania Warszawskiego Niemcy wkroczyli do Obserwatorium, wypędzili wszystkich na podwórze i zaczęli przeszukiwać budynek. Szukali broni dla powstańców. Wszyscy stali przez 5 godzin, patrząc w wycelowane w nich lufy karabinów. Wiedzieli, że zginą, ponieważ w Obserwatorium ukryto mnóstwo broni. Niemcy jednak nic nie znaleźli. Rodziny astronomów ocalały i aż do 12 sierpnia koczowały w piwnicy. Potem Niemcy kazali wszystkim pieszo wędrować do obozu pod Warszawą. Rodzinie Gadomskich udało się uciec i do końca powstania ukrywali się na Okęciu. Gdy powstanie zostało stłumione, Jan, który znał doskonale niemiecki, poprosił oficera Wehrmachtu ze stacjonującej tam jednostki,



Dr Jan Gadomski w czasie wykładu (ok. 1957 r.)

by pozwolił mu pojechać do Warszawy. Chciał sprawdzić, czy ocalały jakieś książki z biblioteki Obserwatorium. Niemiec zgodził się, wypożyczył nawet ciężarówkę z kierowcą. Zrujnowane ulice Warszawy przypominały wielki sklep z perskimi dywanami i innymi dobrami porzuconymi przez uciekających mieszkańców. Kierowca namawiał Jana, by coś sobie wziął, ale on się nie zgodził. Biblioteka nie ocalała z pożogi, Jan zabrał tylko z własnego mieszkania żelazko ze spaloną rączką, nadpaloną kołdrę puchową i maszynę do szycia dla żony.

Jeszcze podczas wojny rodzina Gadomskich powróciła do Krakowa. Po wojnie Janowi udało się załatwić mieszkania dla wielu bezdomnych astronomów w kamienicy na św. Tomasza, jednocześnie zorganizował też bibliotekę astronomiczną. I zbierał ocalałe elementy obserwatorium na Pop Iwanie. Po paru latach rodzina Gadomskich przeniosła się do Ostrowika koło Kołbieli, by tam urządzić kolejne obserwatorium.



Fragment mapy Księżyca z zaznaczonym kraterem Gadomskiego

Ojciec i naukowiec

Jan Gadomski był wspaniałym człowiekiem, opiekuńczym i odpowiedzialnym mężem, ojcem i dziadkiem. Opiekował się także młodymi astronomami, chętnie im pomagał w karierze zawodowej. Miał wiele osiągnięć naukowych. W roku 1953 został członkiem Komisji Gwiazd Zmiennych Międzynarodowej Unii Astronomicznej, a od 1963 r. również Komisji Badań Fizyki Planet. Gwiazdy zmienne pasjonowały go od wczesnych zainteresowań astronomicznych. A później interesowały go możliwości życia we Wszechświecie i badał warunki, w jakich mogą istnieć wokół gwiazd planety, na których mogłoby rozwinąć się życie. Był znakomitym popularyzatorem astronomii, pisał książki, wygłaszał pogadanki i wykłady radiowe. Międzynarodowa Unia Astronomiczna nazwała Jego imieniem krater na niewidocznej z Ziemi stronie Księżyca.

Maciej BIELICKI, 1906–1988

Urodził się w Warszawie 18 września 1906 r. i całe dorosłe życie był związany z Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego. Zmarł w Warszawie 27 listopada 1988 r. Od 1922 r. aż do śmierci, przez 66 lat był członkiem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

Studia astronomiczne Maciej Bielicki rozpoczął po zdaniu matury w 1925 r. Jako student III roku, od września 1928 r. zaczął pracować w Obserwatorium jako asystent wolontariusz, by następnie awansować na kolejne etatowe stanowiska — asystenta, st. asystenta, wreszcie adiunkta i docenta. Jego opiekunem naukowym i kierownikiem przed II wojną światową był prof. Michał Kamieński. On też wyznaczył jego orientację naukową na prace instrumentalne i teoretyczno-rachunkowe. Ustawiał i regulował Maciej Bielicki różne narzędzia i instrumenty, głównie astrometryczne, oraz zegary i chronometry niezbędne do ówcześnie prowadzonych w Obserwatorium prac badawczych. Obserwował zakrycia gwiazd przez Księżyc, zaćmienia Słońca i Księżyca, wyznaczał pozycje różnych obiektów. Największe jednak znaczenie miały jego prace teoretyczne i rachunkowe. Uczestniczył w obliczeniach orbit i efemeryd wielu komet — rezultaty publikował głównie we współpracy z prof. Kamieńskim. Prowadził prace teoretyczne dotyczące tzw. rachunku wyrównawczego. Po wojnie, w 1956 r., uzyskuje doktorat (wtedy nazywany na wzór sowiecki kandydaturą nauk) w dziedzinie mechaniki nieba, a w 1966 r. przeprowadza przewód habilitacyjny — wszystko na Uniwersytecie Warszawskim. Od tego momentu zostaje mianowany docentem i na tym stanowisku pozostaje do przejścia na emeryturę w 1976 r. Po uwolnieniu się od obowiązków w Uniwersytecie Warszawskim, przez kilka lat prowadzi wykłady w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Olsztynie oraz jest konsultantem w Zakładzie Mechaniki Nieba Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie.

W roku 1957, po pojawieniu się na niebie pierwszego sztucznego satelity, Maciej Bielicki błyskawicznie zorganizował obserwacje pozycyjne tego obiektu (Stacja Obserwacji Sztucznych Satelitów Ziemi nr 1155, jest oceniana jako jedna z najlepszych na świecie) i wokół niego, na dachu gmachu Obserwatorium, gromadzili się młodzi obserwatorzy, którzy stali się później zaczynem Sekcji Obserwacyjnej PTMA w Warszawie. W roku 1974/1975 Maciej Bielicki zorganizował kampanię obserwacyjną planetoidy Eros, która w lutym 1975 r. zbliżała sie do Ziemi na odległość zaledwie 23 mln km.

Maciej Bielicki był sercem i duszą całkowicie oddany astronomii. Porywał słuchaczy, czy to studentów, czy uczestników jego wykładów popularnonaukowych, swoim zaangażowaniem w wykładany przedmiot, choćby najbardziej nudny i niewdzięczny, swą opowieścią i towarzyszącymi wykładowi komentarzami. Przez całe życie bardzo aktywnie współpracował z miłośnikami astronomii, którzy licznie gromadzili się wokół Niego, słuchali jego seminariów, pytali o rady. Znajdował zawsze czas, aby każdego wysłuchać, z każdym, kto przyszedł do Niego ze swymi astronomicznymi wątpliwościami czy pytaniami, życzliwie porozmawiać i poszukiwać z nim odpowiedzi na postawiony problem. Z inicjatywy Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii w 1979 r. został odznaczony Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski.

W stulecie urodzin Macieja Bielickiego Oddział Warszawski PTMA zorganizował specjalne posiedzenie związane z tą rocznicą. Wspominano Docenta, przypominano sobie, jak to dawniej w Jego pracowni bywało, słuchano, z archiwalnych taśm magnetofonowych, jednego z Jego wykładów.

Zdjęcie wykonane podczas obserwacji częściowego zaćmienia Słońca w Warszawie 29 kwietnia 1976 r. Fot. Roman Fangor

Relację z tej uroczystości można znaleźć na stronie **http://www.astrojawil.pl**. Więcej o życiu i działalności doc. dr. hab. Macieja Bielickiego można znaleźć w „Uranii" nr 10 z roku 1989, s. 299–306.

Bielicki zaznacza w atlasie pozycje Erosa (wg efemeryd Marsdena). Fot. Roman Fangor

Wspomnienie o Docencie Macieju BIELICKIM Jego ucznia i wieloletniego współpracownika Romana FANGORA

Docenta Macieja Bielickiego znałem ponad 25 lat. Z Jego nazwiskiem zetknąłem się po raz pierwszy we wrześniowym numerze „Uranii" z 1956 r., który otrzymałem po wstąpieniu do PTMA. Doc. M. Bielicki był bowiem przez wiele lat autorem kalendarzyka astronomicznego w „Uranii". W przedwojennych numerach „Uranii" można było przeczytać m.in. o wykonywanych przez Niego (a także prof. Eugeniusza Rybkę i innych astronomów) obserwacjach zakryć gwiazd przez Księżyc. Znalazłem też w „Uranii" z 1923 r. informację, że wśród nowo przyjętych członków PTMA (wówczas była inna nazwa Towarzystwa) jest Maciej Bielicki. Wstąpił do PTMA w 1922 r. — a więc w wieku 16 lat!

Koniec lat 50. i początek 60. — to początek ery lotów w Kosmos zarówno satelitów bezzałogowych, jak i lotów człowieka. Był to czas wielkiego zainteresowania astronautyką i astronomią, także w Polsce. Na odczyty, które w Warszawie oprócz doc. Bielickiego wygłaszali prof. Włodzimierz Zonn oraz prof. Jan Gadomski, przychodziły dosłownie setki osób. Także pokazy nieba, organizowane przez Zarząd Oddziału Warszawskiego PTMA w pawilonie obserwacyjnym przy Obserwatorium Astronomicznym UW, a nazywanym „tymczasowym" Ludowym Obserwatorium Astronomicznym, przyciągały dziesiątki, a nawet setki osób każdego pogodnego wieczoru. Miałem wówczas bliższy kontakt z doc. Bielickim na studiach astronomicznych.

Stopniowo zainteresowanie obserwacjami (i pokazami) w Oddziale PTMA w Warszawie zaczęło maleć, Sekcje Obserwacyjne Oddziału po odejściu od nich znanych astronomów przestały działać, sytuacja samego Oddziału Warszawskiego była coraz trudniejsza, aż wreszcie szczególnym wydarzeniem w Warszawie było „uczczenie" 500 rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika przez... usunięcie Oddziału Warszawskiego PTMA z Obserwatorium Astronomicznego UW, gdzie Oddział miał siedzibę od 1950 r.

Niemal w tym samym czasie, gdy maszyny i narzędzia będące wyposażeniem Sekcji Instrumentalnej PTMA znalazły się przed Obserwatorium na dworze i śniegu, dzięki pomocy doc. M. Bielickiego (oraz życzliwości prof. W. Zonna) udało się zorganizować obserwacje zakrycia Saturna przez Księżyc w nocy 10/11 grudnia 1973 r. Ta obserwacja zapoczątkowała nowy okres w działalności Sekcji Obserwacyjnej Oddziału. Wykonywanie obserwacji zakryć gwiazd i planet przez Księżyc wymagało odpowiedniego przystosowania do tego celu istniejących teleskopów oraz zorganizowania od podstaw służby czasu. Dzięki radom doc. Bielickiego oraz pracy dwóch członków Oddziału, po kilku miesiącach można było prowadzić obserwacje zakryciowe przez kilku obserwatorów jednocześnie i pomiarze czasu z dokładnością ok. ±0,03 s.

Pod koniec 1974 r. doc. M. Bielicki zwrócił się do mnie z propozycją wzięcia udziału w obserwacjach pozycyjnych planetoidy Eros, która w lutym 1975 r. miała się zbliżyć do Ziemi na odległość zaledwie 23 mln km. Tak zaczęła się moja wieloletnia współpraca obserwacyjna z doc. Bielickim.

Obserwacje pozycyjne Erosa były wielką próbą — przede wszystkim sprzętu. Lucjan Newelski — wówczas kierownik Sekcji Instrumentalnej Oddziału Warszawskiego — zajmował się przygotowaniem sprzętu do obserwacji; wykonał także oryginalny mikro-

metr do obserwacji pozycyjnych wykonywanych przez doc. Bielickiego. Aby wyniki miały wartość naukową, obserwacje musiały być wykonane z dokładnością lepszą niż 1". Obserwacje były także próbą obserwatorów — oprócz autora artykułu oraz L. Newelskiego, obserwacje wykonywali kol. P. Grzędzielski, A. Królikowski i N. Wikliński. Warunki, w jakich prowadziliśmy obserwacje, były trudne, zwłaszcza podczas mrozów — bowiem obserwatorzy byli często wypraszani z Obserwatorium, gdzie chcieliśmy się ogrzać po kilku godzinach pobytu na mrozie. Wówczas korzystaliśmy z gościnności doc. Bielickiego i grzejąc się w Stacji Obserwacyjnej, słuchaliśmy wielu rad i wskazówek dotyczących prowadzenia obserwacji oraz analiz błędów, popełnianych przez obserwatorów. Doc. Bielicki poświęcił nam wówczas wiele godzin podczas takich seminariów, a część z nich była przez nas nagrywana jako materiał szkoleniowy. Analizy pierwszych wyników obserwacji pozycyjnych Erosa wypadły pozytywnie, możliwe więc było kontynuowanie tego typu obserwacji. Kolejną propozycją doc. Bielickiego było rozszerzenie działalności Sekcji na całe nasze Towarzystwo — w 1976 r. powstała Sekcja Obserwacji Pozycyjnych PTMA. Niestety, część obserwatorów zrezygnowała z prowadzenia obserwacji i kiedy wiosną 1976 r. Sekcja otrzymała od doc. Bielickiego efemerydy komety Westa, byłem praktycznie jedynym, który przez prawie trzy miesiące wykonywał obserwacje tej wspaniałej komety. Głównym utrudnieniem była pora obserwacji — krótko przed wschodem Słońca. Aby wykonywać obserwacje, musiałem każdorazowo umawiać się z doc. Bielickim, który o określonej godzinie (np. o 3 w nocy) wychodził z Obserwatorium, otwierał mi bramę wejściową do Obserwatorium, następnie niezależnie ode mnie wykonywał także obserwacje pozycyjne komety teleskopem Cassegraina PTMA (o średnicy 150 mm), na koniec ponownie otwierał bramę i umożliwiał powrót do domu o świcie.

Następne obserwacje były wykonywane coraz wcześniej i w połowie maja 1976 r. trzeba było przyjeżdżać do Obserwatorium już wieczorem i spędzać pół nocy na obserwacjach. Takich nocy obserwacyjnych było ponad 20. Mimo swojego wieku doc. Bielicki potrafił wykonać w ciągu jednej nocy ponad 100 obserwacji pozycyjnych, a wspaniały wzrok umożliwiał Mu prowadzenie obserwacji teleskopem 150 mm nawet wtedy, gdy kometa była widoczna z trudem przez teleskop 350 mm, którym najczęściej wykonywałem obserwacje pozycyjne. W następnych latach w PTMA w Warszawie wykonywano mniej obserwacji, a zwrot „czego?", z jakim stykali się członkowie PTMA, przychodząc do Obserwatorium Astronomicznego, ja traktowałem jako uprzejmy, ale pozostali obserwatorzy naszego Oddziału zostali tym traktowaniem zniechęceni do astronomii.

Nowe możliwości powstały pod koniec 1978 r. Po moim spotkaniu z dr. Markiem Zawilskim, który koordynował obserwacje zakryć gwiazd przez Księżyc w PTMA oraz rozmowach z doc. Bielickim, powstała nowa Sekcja Obserwacyjna, a właściwie rozszerzono działalność dotychczasowej o obserwacje zakryciowe.

W dniu 29 IV 1979 r. w Warszawie oficjalnie utworzono Sekcję Obserwacji Pozycji i Zakryć PTMA z siedzibą przy Oddziale Warszawskim. Współzałożycielem oraz kierownikiem naukowym Sekcji został doc. M. Bielicki. W latach 1978–1980 było kilka wydarzeń istotnych dla działalności SOPiZ w Warszawie: przeniesienie Oddziału Warszawskiego PTMA do Centrum Astronomicznego PAN przy ul. Bartyckiej 18, otwarcie wystawy astronomicznej w Muzeum Techniki NOT, której autorami byli kierownicy Sekcji Obserwacyjnej i Sekcji Instrumentalnej Oddziału oraz otwarcie nowego obserwatorium w Liceum PAX z wypożyczonym teleskopem Oddziału Warszawskiego o średnicy 350 mm. Doc. Bielicki był konsultantem naukowym budowanego obserwatorium; kilkakrotnie wygłaszał tam prelekcje dla uczniów i nauczycieli.

Do 1984 r. obserwatorzy Oddziału Warszawskiego PTMA działający w SOPiZ wykonywali prawie 40% wszystkich obserwacji zakryciowych w PTMA. Niestety choroba, która była następstwem wypadku, uniemożliwiła później doc. Bielickiemu prowadzenie obserwacji; sam nie życzył sobie odwiedzin, a informacje o Jego zdrowiu przekazywał mi tylko dr Tomasz Kwast z Obserwatorium Astronomicznego UW

Docent dr hab. Maciej Bielicki zmarł w Warszawie 27 listopada 1988 r. Na pogrzebie, podczas ulewnego deszczu, żegnali Go głównie astronomowie zawodowi i członkowie Oddziału PTMA w Warszawie. Był członkiem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii od 1922 r., a więc przez 66 lat. Dłużej członkiem naszego Towarzystwa był tylko prof. E. Rybka, zmarły kilkanaście dni później po Macieju Bielickim. Doc. M. Bielicki w rozmowach z nami często podkreślał, że astronom zawodowy powinien też być Miłośnikiem Astronomii i nie wstydził się tego, że będąc wybitnym astronomom był także członkiem PTMA. Przez wiele lat był wiceprezesem Oddziału Warszawskiego PTMA oraz przewodniczącym Głównej Rady Naukowej PTMA. Poświęcił dziesiątki godzin nam, obserwatorom Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć, aby nauczyć nas wykonywania obserwacji astronomicznych o wartościach naukowych. Sekcja Obserwacji Pozycji i Zakryć PTMA straciła w 1988 r. swojego opiekuna naukowego. Dziś jedynie 2 członków PTMA, których szkolił 30 lat temu w wykonywaniu obserwacji, nadal prowadzi obserwacje zakryciowe...

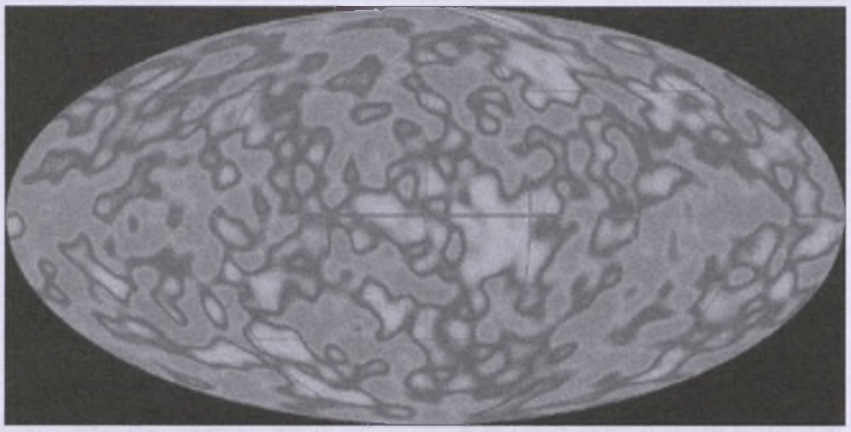
Doc. M. Bielicki nie doczekał tytułu profesora — zatem szczególną wymowę ma fakt przyznania Mu w 1979 r. Krzyża Kawalerskiego Orderu Odrodzenia Polski, właśnie na wniosek Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

Przedstawiam 2 zdjęcia spośród tych, które udało mi się wykonać podczas spotkań i obserwacji z udziałem doc. Bielickiego (niezbyt lubił się fotografować).

Nasze spotkania szkoleniowe były nagrywane. Niedawno znalazłem taśmy magnetofonowe z tymi nagraniami. Mały fragment innego, wyjątkowego nagrania, z 8 września 1976 r. (a więc 30 lat temu!), kiedy podczas Walnego Zebrania Oddziału PTMA w Warszawie doc. Maciej Bielicki wygłosił (trwający 40 minut) odczyt pt. „Astronomiczne datowania wykopalisk Palmyry" (oraz więcej zdjęć) zostały umieszczone na stronie internetowej Janusza Wilanda, w Kronice (http://www.astrojawil.pl/bielicki.htm) Całe nagranie zostało odtworzone 18 września 2006 r. w Oddziale PTMA, podczas specjalnego spotkania poświęconego doc. Maciejowi Bielickiemu.

Nagroda Nobla w dziedzinie fizyki 2006 dla astronomów

John C.Mather z Centrum Godarda NASA i George F. Smoot z Uniwersytetu w Berkeley w USA zostali tegorocznymi laureatami Nagrody Nobla. Królewska Szwedzka Akademia Nauk uhonorowała ich „za odkrycie formy i anizotropii reliktowego mikrofalowego promieniowania tła Kosmosu". Inaczej mówiąc, za to, że dokonali oni pomiarów promieniowania niemowlęcej fazy istnienia Wszechświata i próbowali zrozumieć pochodzenie galaktyk i gwiazd, opierając się na pomiarach wykonanych przy pomocy satelity COBE. Satelita ten został umieszczony na orbicie okołoziemskiej przez NASA w listopadzie 1989 r. Jego rezultaty, już w kilka minut po uruchomieniu aparatury odbiorczej, w sposób kategoryczny potwierdziły teorię Big Bangu, która była jedynym scenariuszem początku Wszechświata, przewidującym istnienie tego rodzaju reliktowego mikrofalowego kosmicznego promieniowania tła. Od tego momentu kosmologia stała się nauką ścisłą. Wkrótce po odkryciach satelity COBE, mikrofalowy obraz Wszechświata został „wyostrzony" przez rezultaty satelity WMAP, a już niedługo będzie dalej i szczegółowiej badany przez przygotowywanego do startu europejskiego satelitę Planck.



Mapa anizotropii reliktowego promieniowania mikrofalowego tła nieba uzyskana po 2 latach pracy instrumentów satelity COBE i po usunięciu promieniowania Drogi Mlecznej. Obserwowane różnice jasności odpowiadają rożnicom temperatury rzędu stutysięcznych części kelwina

John C. Mather

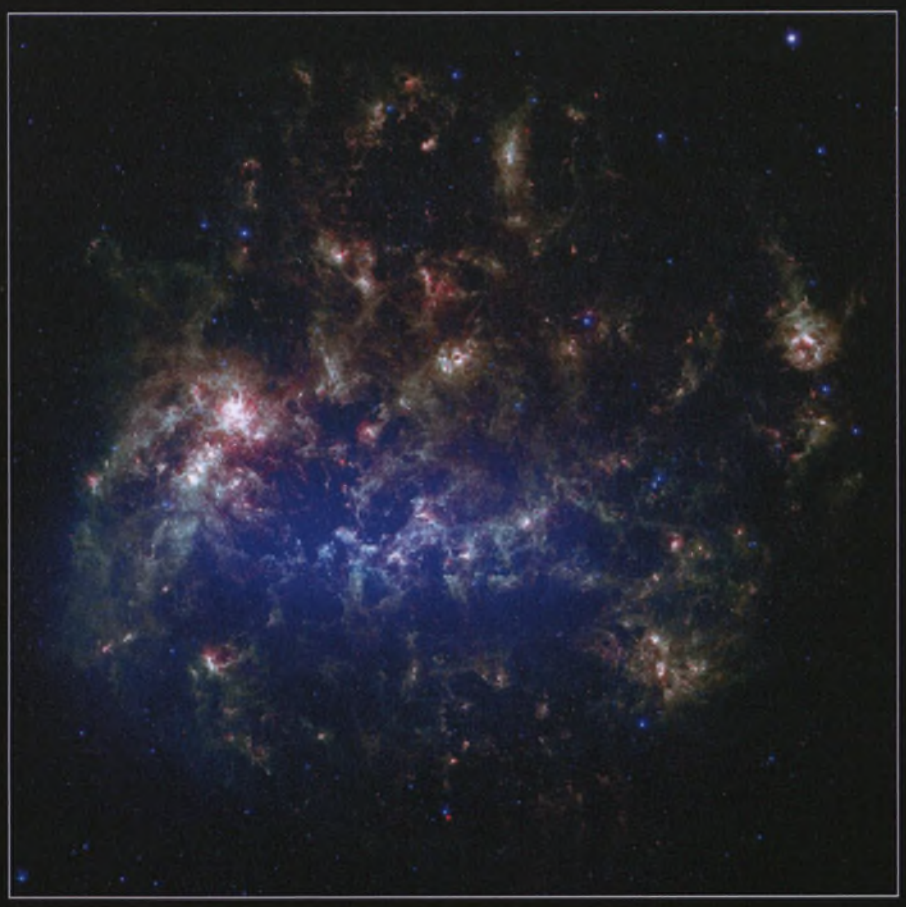
George F. Smoot

Mather i Smoot analizowali charakter promieniowania pochodzącego z pierwszych chwil istnienia Wszechświata. W roku 1992 ekipa COBE ogłosiła, że uzyskali mapę reliktowego mikrofalowego promieniowania nieba, na której są „plamy" świadczące o niższej i wyższej temperaturze tego promieniowania. Te „plamy" uznali za związane z polem grawitacyjnym we wczesnym Wszechświecie i za zalążki olbrzymich gromad galaktyk, które rozciągają się na przestrzeni milionów lat światła. Ekipa COBE wykazała też, że obserwowane promieniowanie ma widmo dokładnie zgadzające sie z teoretycznymi przewidywaniami Big Bangu i że jest widmem promieniowania ciała doskonale czarnego, którego rozkład z długością fali jest zależny tylko od temperatury. W chwili emisji temperatura Wszechświata wynosiła 3000°. Od tego momentu, na skutek rozszerzania się Wszechświata, jego temperatura malała, a obecnie wynosi średnio 2,7° w skali bezwzględnej, co Laureaci też zmierzyli. Wspomniane wyżej „plamy" stanowią małe różnice temperatury obserwowane w różnych kierunkach na niebie i mówimy o tym zjawisku jako o anizotropii promieniowania reliktowego. Mierzone różnice wynoszą zaledwie stutysięczne części stopnia, ale stanowią istotny klucz do zrozumienia procesów narodzin galaktyk i gwiazd. Bez nich Wszechświat rozwijałby się zupełnie inaczej i nie jest wykluczone, że nie powstałoby życie takie jak nasze.

John C.Mather kierował budową satelity COBE i jego aparatury koordynując pracę prawie tysiąca osób oraz był odpowiedzialny za eksperyment, który wykazał, że promieniowanie tła ma charakter promieniowania ciała doskonale czarnego. George F. Smoot był odpowiedzialny za pomiary małych różnic temperatury promieniowania. J.C.Mather urodził się w 1946 r. Doktorat uzyskał na Uniwersytecie w Berkeley w 1974 r., pracuje na stanowisku „starszego astrofizyka" w Centrum Lotów Kosmicznych im. Goddarda w Greenbelt MD, USA. G.F. Smoot urodził się w 1945 r. Doktorat uzyskał w 1970 r. na MIT w Cambridge, MA. Jest profesorem fizyki na Uniwersytecie Kaliformijskim w Berkeley, USA.

(aw)

Wielki Obłok Magellana widziany przez teleskop kosmiczny Spitzera



Mozaika złożona z 300 tys. indywidualnych „kafelków" uzyskanych w 3 podczerwonych barwach o długościach fal 3,6, 8 i 24 μm zakodowanych jako barwa niebieska, zielona i czerwona. Kolor niebieski, dominujący na zdjęciu i znaczący centralną „belkę", reprezentuje światło starszych gwiazd. Chaotyczne jasne obszary po obu stronach belki są przepełnione gorącymi, masywnymi gwiazdami zatopionymi w grubych pokładach pyłu. Czerwone obszary w tych regionach pochodzą od pyłu rozgrzanego przez gwiazdy. Czerwone, punktowe źródła to bogate w pył stare gwiazdy lub bardziej odległe galaktyki. Zielonkawe chmury to gaz i pył oświetlony przez pobliskie gwiazdy.

Takie obrazy pozwalają astronomom lepiej poznawać procesy zachodzące w pyłowej materii galaktyk.

Wielki Obłok Magellana jest satelitarną galaktyką naszej Drogi Mlecznej. Jego odległość od Ziemi wynosi tylko 160 tys. lat św., a rozmiary sięgają 1/3 rozmiarów naszej Galaktyki.

Fot.NASA/Spitzer

Pozostałości po supernowej w Małym Obłoku Magellana

Pozostałości po wybuchu supernowej w Małym Obłoku Magellana to mgławica świecąca trochę poniżej środka prezentowanego obrazu. Znajduje się w odległości ok. 50 lat św. od dominującego na tym zdjęciu masywnego obszaru formowania się gwiazd.

Wiek pozostałości po supernowej jest oceniany na 2 tys. lat, co znaczy, że jest to młoda formacja, dopiero zaczynająca swe oddziaływanie z okoliczną materią międzygwiazdową.

Dla astronomów pozostałości po wybuchu supernowej stanowią okazję do badań materii pochodzącej bezpośrednio z jądra masywnej gwiazdy i narzędzie do badania ewolucji gwiazd i procesów fizyczno-chemicznych w nich zachodzących.

Prezentowane zdjęcie zostało uzyskane przy pomocy teleskopu Hubble'a przez zespół „Hubble Heritage Team" w 2003 r.

Nowy podział Układu Słonecznego

Urania
Postępy Astronomii

Galeria Uranii

Po prawej bieszczadzkie niebo. Fotografia wykonana w ramach obozu OSOP 2006 w nocy z 28 na 29 lipca 2006 r., przy pomocy aparatu Canon 300D, ISO-800, ekspozycja 10 min z obiektywem typu „rybie oko" Peleng 8/3,5. Fot. Janusz Pleszka

Poniższe dwa zdjęcia nie zostały wykonane z pokładu statku kosmicznego czy jakiejś sondy kosmicznej, lecz z amatorskiego balonu stratosferycznego na wysokości prawie 29 km (patrz s. 242). Aparat cyfrowy Aiptek PenCam w trybie VGA. Fot. Leszek Urbański

Po lewej zachód Słońca nad Zatoką Gdańską 6 lipca 2006 r. Widoczny słup świetlny spowodowany załamaniem światła słonecznego w zorientowanych poziomo kryształkach lodu, tworzących widoczne nad horyzontem chmury. Aparat cyfrowy Kodak DX 7590 (38–380 mm), ISO 200, czas eksp. 1/250 s. Fot. Marcin Chwała

Częstochowa ma planetarium

Cudownym zbiegiem okoliczności oraz wielkim wysiłkiem zaangażowanych osób we wrześniu tego roku Częstochowa doczekała się uruchomienia dawno wyczekiwanego planetarium. W ośmiometrowej kopule planetaryjnej na gmachu Instytutu Fizyki Akademii Jana Długosza uruchomiono cyfrowy system projekcyjny DIGISTAR III SP firmy Evans&Sutherland Computer Corporation z Salt Lake City. System pozwala na wyświetlanie barwnych obrazów w reżimie trójwymiarowym na ekran sferyczny. Obrazy mogą być statyczne albo dynamiczne. DIGISTAR III posiada wszystkie walory tradycyjnych mechaniczno-optycznych projektorów planetaryjnych. Walory te jednakże stanowią zaledwie skromny ułamek wszystkich jego możliwości.

W planetarium można zobaczyć nie tylko częstochowskie rozgwieżdżone niebo wolne od skażenia miejskim oświetleniem. Można oglądać niebo z dowolnego miejsca na Ziemi i z dowolnego miejsca w Układzie Słonecznym i w Galaktyce. Cała wiedza o Wszechświecie, jaką dzisiaj posiada ludzkość, może być udostępniana widzom w przyjemny i najbardziej przystępny sposób. Daje się zobaczyć ciała niebieskie „oczami" sond kosmicznych i obserwatoriów orbitalnych. Można oglądać Wszechświat w ultrafiolecie, w podczerwieni, w zakresie radiowym i w promieniowaniu rentgenowskim.

Kopuła planetarium na budynku Instytutu Fizyki AJD

Idea budowy planetarium w Częstochowie zrodziła się z potrzeby udostępnienia częstochowianom i mieszkańcom regionu nowoczesnych zdobyczy nauki i techniki w zakresie podboju Kosmosu i astronomii. Planetarium, będące na wyposażeniu Zakładu Dydaktyki Fizyki i Astronomii, ma spełniać ważną rolę w astronomicznym przygotowaniu studentów do późniejszej pracy pedagogicznej oraz w sposób bezpośredni oddziaływać na młodzież szkolną poprzez otwarte seanse.

Budowę obiektu na potrzeby Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego uczelni wraz z lokalem przeznaczonym dla planetarium zapoczątkowano w 1990 r. Oficjalne zakończenie prac związanych z budową nastąpiło w 1999 r. Otwarcie pomieszczeń planetarium miało miejsce 6 października 2000 r. Ze względu jednak na brak pieniędzy nie udało się wtedy wyposażyć planetarium w konieczną, acz kosztowną aparaturę projekcyjną. Przez wiele lat zabiegi o pozyskanie i zakup sprzętu czynione przez pracowników Instytutu Fizyki, m. in. w Ministerstwie Edukacji, nie przynosiły oczekiwanego rezultatu. Ostatecznie w pomieszczeniach planetarium zorganizowano awaryjną salę dydaktyczną, gdzie prowadzono zajęcia ze studentami. Właściwie pogodzono się z tym, że ze szczytnych planów uruchomienia planetarium w Częstochowie pozostanie tylko wzbogacenie panoramy miasta o odmienny fragment architektury.

Podczas uroczystości otwarcia planetarium. Od lewej: rektor AJD Janusz Berdowski, ks. arcybiskup częstochowski Stanisław Nowak, prezydent Częstochowy Tadeusz Wrona, wicewojewoda śląski Artur Warzocha, przewodniczący Rady Miasta Ryszard Szczuka i autor. Fot. Marek Makowski

W drugiej połowie roku 2004 postanowiłem, nie zważając na żadne przeciwności, sprawę uruchomienia planetarium wziąć w swoje ręce. Utraciłem bowiem wszelkie nadzieje, że czynione przez uczelnię oficjalne zabiegi przyniosą pożądany skutek. Wyszedłem z założenia, że uczelnia tonąca w długach nigdy nie znajdzie choćby najmniejszych środków dla sfinansowania planetaryjnego systemu projekcyjnego. Nowy system mechaniczno-optyczny firmy Zeiss miał kosztować około 1,5 mln złotych. Nowoczesne systemy cyfrowe są 2-3 razy droższe. Nie pozostawało nic innego, jak rozglądać się za systemami projekcyjnymi z tzw. „drugiej

ręki". Początkowo działałem po cichu, wymieniając ponad 200 e-maili z różnymi osobami w Europie i USA. Kiedy już wypracowałem bardzo korzystne warunki nabycia systemu planetaryjnego, wynikami swoich zabiegów podzieliłem się z kierownictwem zakładu oraz z władzami miasta. Oferta była nad podziw atrakcyjna. W połowie 2005 r. rozpoczął się długotrwały proces, który zakończył się uruchomieniem planetarium.

Nie należy sobie wyobrażać, że wyróżnienie, jakie spotyka Częstochowę w związku z otwarciem planetarium, jest przypadkowe albo że odzwierciedla świadomość hierarchii potrzeb jej mieszkańców. Na sukces trzeba było ciężko zapracować. Sama jednak praca, choćby najcięższa, nie zawsze prowadzi do szczęśliwego finału. W przypadku planetarium częstochowskiego bardzo dużo zawdzięczamy Panu Prezydentowi Miasta, dr. Tadeuszowi Wronie, który w porę — choć nie bez poważnych problemów, którym sam musiał stawić czoła — wykroił z budżetu miasta środki konieczne na okazyjny zakup systemu projekcyjnego. Firmie E&S też jesteśmy winni dużą wdzięczność za zastosowanie ogromnego upustu w cenie na swój wyrób z tej racji, że Częstochowa, jako pierwsza w Polsce, zdecydowała się na cyfrowy system planetaryjny.

Praktycznie transakcji można było dokonać już w marcu tego roku, a planetarium uruchomić w maju. Poważną przeszkodą okazały się ustawy o zamówieniach publicznych. Były okresy, kiedy wydawało się, że po prostu do transakcji nie dojdzie i uczelnia będzie zmuszona oddać pieniądze miastu. Na szczęście, dzięki operatywności i emocjonalnemu zaangażowaniu w sprawę pań: Marioli Ptaszek i Agnieszki Małolepszej, zakupu udało się dokonać. W środę 23 sierpnia cztery skrzynie zawierające aparaturę planetaryjną przybyły do Instytutu Fizyki AJD. Aparatura zdążyła przybyć do Częstochowy akurat w przededniu jej podwójnego jubileuszu (650-lecia nadania lokacji i 50-lecia Jasnogórskich Ślubów Narodu) i jakby w świątecznym podarunku Matce Boskiej Częstochowskiej, którą lud szczególnie czci w dniu 26 sierpnia.

W dniach 18–23 września dokonano instalacji systemu planetaryjnego. Instalacji dokonał specjalista z Salt Lake City, Stanford Pitcher, w towarzystwie moim oraz dwóch specjalistów technicznych: mgr Marka Orkisza i mgr inż. Marka Nowaka. Równolegle do instalacji i w okresie bezpośrednio ją poprzedzającym wykonano siłami własnymi AJD wiele prac remontowych i zakupiono szereg elementów wyposażenia planetarium.

Przy samym „sercu" planetarium. Od lewej: autor, wicewojewoda śląski Artur Warzocha, prezydent Częstochowy Tadeusz Wrona, rektor AJD Janusz Berdowski i ks. arcybiskup Stanisław Nowak

W dniu 3 października 2006 r., w 25 rocznicę powołania do życia Instytutu Fizyki, dokonano oficjalnego otwarcia planetarium. W otwarciu uczestniczyły osoby zaproszone przez rektora AJD Prof. Janusza Berdowskiego i Prezydenta Miasta dr. Tadeusza Wronę. Uroczystość rozpoczęto pod gołym niebem, na tarasie Instytutu Fizyki przylegającym do kopuły planetarium. Po uroczystych przemówieniach, w których padło wiele ciepłych słów pod adresem astronomii, Jego Ekscelencja arcybiskup częstochowski Stanisław Nowak dokonał obrządku poświęcenia planetarium przez pokropienie kopuły. Wcześniej odmówił modlitwę:

Panie, Boże Wszechmogący, wysłuchaj łaskawie nasze modlitwy i spraw, niech w tym planetarium, przeznaczonym do zdobywania wiedzy oraz rozwoju nauki, uczniowie i nauczyciele, przeniknięci słowami prawdy, dają świadectwo życia chrześcijańskiego i całym sercem trwają w jedności z Chrystusem, Nauczycielem.

Następnie uczestnicy uroczystości zebrali się we wnętrzu kopuły, gdzie dokonano symbolicznego otwarcia poprzez zdjęcie białego płótna, które zakrywało projektor. Po tej ceremonii uruchomiłem system i dokonałem prezentacji możliwości planetarium. Po pokazie nastąpił poczęstunek połączony z dyskusjami i wywiadami dla mediów. Wypito szampana za planetarium i uznano je za otwarte!

Firma udzieliła rocznej gwarancji i preferencji, jeśli chodzi o dostęp do nowych produktów ekspozycyjnych. Cyfrowe systemy planetaryjne mają bowiem to do siebie, że można je wciąż wzbogacać o nowe możliwości na poziomie oprogramowania i komputerowych baz danych. Bliższe szczegóły na temat systemu Digistar III i jego możliwości można znaleźć na stronie internetowej: www.es.com/dt

Sam system, choćby najwspanialszy, nie gwarantuje jakości prezentacji i jej dydaktycznego przekazu. System działa w sposób interaktywny. Od obsługi zależy, jakie treści zostaną wyeksponowane i w jakim kontekście. Z chwilą uruchomienia planetarium zaistniała potrzeba stworzenia należytego „ładu zewnętrznego" gwarantującego właściwą pracę tej placówki dydaktycznej. Radością napawa świadomość, że przed mieszkańcami Częstochowy otwierają się nowe czasy. Czasy te będą naznaczone bliższym obcowaniem ze światem, jaki przybliża nam astronomia. To obcowanie powinno wydać szlachetne owoce.

Bogdan Wszołek

Konferencja astronomiczna

„Stacja astronomiczna na Lubomirze — 70-lecie odkrycia komety Lisa" w Szkole Podstawowej św. Józefa w Węglówce 14-17 lipca 2006 r.

Wieś Węglówka jest położona w malowniczej dolinie Beskidu Wyspowego pomiędzy górami Lubomir i Lubogoszcz, w gminie Wiśniowa w województwie małopolskim.

Na konferencję przyjechało nadspodziewanie wielu astronomów z różnych ośrodków w Polsce, a wszystkich bardzo gościnnie podejmował Ryszard Leśniak, dyrektor Szkoły Podstawowej i Gimnazjum św. Józefa oraz Roman Gaweł, komendant Ochotniczej Straży Pożarnej w Węglówce.

Referaty wygłosili: Konrad Rudnicki, Andrzej Kus, Andrzej Sołtan, Henryk Brancewicz, Adam Michalec, Ireneusz Włodarczyk, Janusz Kosiński, Paweł Maksym, Grzegorz Sęk i Mieczysław Jagła. Bardzo licznie zebrani uczestnicy i goście dowiedzieli się wielu ciekawych rzeczy z dziedziny radioastronomii jako nowoczesnej metody badań Słońca i Kosmosu, usłyszeli dużo informacji o obserwacjach planetoid i komet, o zakryciach gwiazd, o aktualnych polskich badaniach meteorytowych i o teleskopie Faulkesa. Ponadto było trochę historii z dziedziny budowy i zastosowania przyrządów astronomicznych oraz wiele wspomnień o założeniu stacji na Lubomirze, o ludziach, którzy tam prowadzili obserwacje i o odkrywcach pierwszych polskich komet: Lucjanie Orkiszu (1925) i Władysławie Lisie (1936).

Szkoła w Węglówce jest w posiadaniu pamiątkowego medalu przyznawanego każdemu odkrywcy komety przez Astronomical Society of the Pacific. Młodzież biorąca udział w konferencji mogła go wziąć do ręki, a ponadto miała okazję oglądać prawdziwy, ponad 2-kilogramowy meteoryt przywieziony z Omanu, oraz zobaczyć zdjęcia i filmy z wypraw na zaćmienia Słońca i tym samym przekonać się, że wszystkiego można doświadczyć osobiście, a droga do odkrywania świata i Wszechświata stoi przed nią otworem.

Projekt Obserwatorium na Lubomirze

Kamień węgielny i akt erekcyjny. Fot. A. Ślusarz

Punktem kulminacyjnym było poświęcenie i wmurowanie kamienia węgielnego odbudowywanego Obserwatorium Astronomicznego na Lubomirze (905 m n.p.m.). Na tę uroczystość oprócz uczestników konferencji przybyło wielu znakomitych gości, z Marszałkiem Województwa Małopolskiego Januszem Sepiołem i z senatorem Rzeczpospolitej Polskiej prof. Andrzejem Gołasiem na czele. Uroczystość uświetnili swoją obecnością siostrzenica Lucjana Orkisza oraz syn i wnuk Władysława Lisa. Okolicznościowe przemówienia wygłosili: Marszałek Janusz Sepioł, prof. Janusz Ziółkowski z CAMK, prof. Andrzej Kus, Dyrektor Centrum Astronomii UMK w Toruniu, prof. Michał Ostrowski z UJ, prof. Jerzy Kreiner z Akademii Pedagogiczej w Krakowie, dr Henryk Brancewicz Prezes PTMA oraz wójt gminy Wiśniowa Julian Murzyn. Prezes PTA, prof. Andrzej Woszczyk z Torunia też nadesłał okolicznościowe życzenia i pozdrowienia dla zebranych. Akt erekcyjny odczytał jeden z członków Komitetu Budowy Obserwatorium. Następnie proboszcz parafii w Węglówce, w asyście Kapelana Ludzi Gór z Myślenic, dokonali poświęcenia kamienia węgielnego. Na zakończenie uczniowie miejscowej szkoły, w strojach ludowych, dali krótki występ, opisując w lokalnej gwarze historię działania Stacji Obserwacyjnej na Lubomirze i tamtejszych odkryć komet.

Uroczystość odbywała się dokładnie w dniu odkrycia komety przez Władysława Lisa, tj. 17 lipca, tyle że 70 lat później.

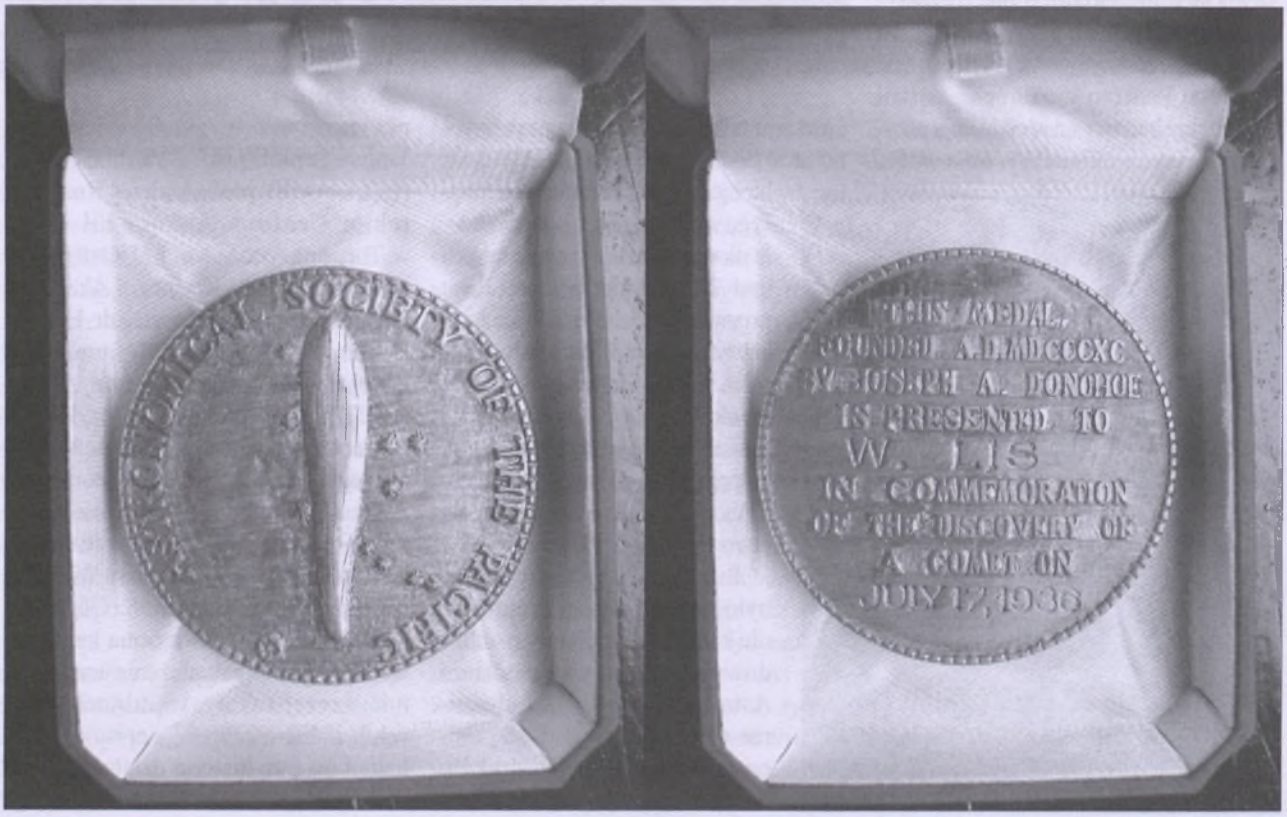
Dla całego regionu odkrycia Orkisza i Lisa na Lubomirze były i są wielkim wydarzeniem oraz powodem do dumy tak dalece, że obydwie komety znalazły się w herbie i na fladze gminy Wiśniowa. Na wieczną pamiątkę i zapewne dla zachęty dla potencjalnych nowych odkrywców komet, gmina podjęła ogromne, jak na dzisiejsze czasy, wyzwanie i trud odbudowy spalonego przez Niemców w 1944 r. obserwatorium, w nowoczesnej i okazalszej postaci. Zakończenie budowy zaplanowano na koniec 2007 r.

Sala konferencyjna. Fot. A.Trębacz

Po części oficjalnej, na przełęczy poniżej szczytu Lubomira (polana Podoły), przy kiełbaskach i wędlinach, które są specjalnością tego regionu, przy piwie, herbacie i kawie oraz drożdżowych ciastach z czarnymi jagodami (dzieło miejscowych gospodyń), dyskutowano z wielkim zaangażowaniem w gronie ludzi uczestniczących w realizacji budowy. Wójt gminy Wiśniowa Julian Murzyn swoją energią i pomysłowością oraz Prezes PTMA Henryk Brancewicz potrafili zachęcić pozostałe osoby do żywej dyskusji, wysuwania sugestii i pomysłów rozwiązań problemów nowego obiektu. Spotkanie zamieniło się w prawdziwie roboczą panelową dyskusję.

Dziękując za wspaniałą gościnność gospodarzom Węglówki i Wiśniowej oraz wszystkim, którzy uczynili nasz pobyt w górach przyjemnym i niezapomnianym przeżyciem, usłyszeliśmy, że oni również są zaszczyceni przychylnością i chęcią współpracy ze strony uczelni: z pobliskiego Krakowa, z Warszawy i z dalekiego Torunia. Wójt zażartował nawet, zauważając, że przyjechało tylu profesorów, iż „można by nową uczelnię w Węglówce otworzyć" — dobra to wróżba dla przyszłego Obserwatorium.

Aleksandra Gödel-Lannoy



Medal Władysława Lisa. Fot. K. Kaczmarczyk

Szósty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA

Już od pięciu lat Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii organizuje w okresie wakacyjnym Obozy Szkoleniowo-Obserwacyjne PTMA (OSOP) dla miłośników astronomii. Jako miejsca odbywania obozów zawsze są wybierane położone w górach schroniska: w latach 2001–2002 na polanie Kudłacze w paśmie Lubomira i Łysiny w Beskidzie Makowskim, w 2003 r. na Hali Łabowskiej w paśmie Jaworzyny Krynickiej w Beskidzie Sądeckim oraz w 2004 r. na Hali Krupowej w paśmie Policy w Beskidzie Żywieckim. W 2005 r. po raz pierwszy OSOP został zorganizowany w znanych z ciemnego nieba Bieszczadach, w schronisku „Cicha Dolina" w Roztokach Górnych, na południe od Cisnej. Warunki, zarówno lokalowe, jak i obserwacyjne sprawiły, że także i tegoroczny, szósty już z kolei Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA „OSOP 2006", odbył się właśnie w Roztokach Górnych. Aby w pełni wykorzystać ciemność górskiego nieba, termin obozu jest wyznaczany zawsze w pobliżu wakacyjnego nowiu Księżyca. W roku bieżącym nów przypadał 25 lipca, toteż okres trwania obozu ustalono na 20–31 lipca.

W obozie wzięło udział 35 uczestników, w tym 8 instruktorów PTMA. Podstawowym sprzętem obserwacyjnym zapewnionym przez organizatorów był teleskop systemu Schmidt-Cassegrain o średnicy lustra 20 cm f/10 oraz para lornet typu Binar 25×100. Wielu uczestników obozu udostępniało także swoje teleskopy, z których używane do obserwacji były najczęściej trzy teleskopy systemu Newtona: 30 cm f/6, 25 cm f/5 oraz 15 cm f/5. Do obserwacji Słońca używany był teleobiektyw MTO-11CA oraz teleskop Coronado.

Zgodnie z wcześniej ustalonym planem, codziennie do godz. 14 (niekiedy do 15) każdy z uczestników wykorzystywał „czas wolny", poświęcany najczęściej na wycieczki po Bieszczadach. Po obiedzie, o godz. 16, rozpoczynały się prelekcje prowadzone przez instruktorów PTMA (2–3 dziennie), które, z przerwą na kolację, trwały do godz. 21. Od godz. 22 rozpoczynały się obserwacje, trwające zwykle do godz. 1–2 w nocy.

Tematy popołudniowych prelekcji obejmowały praktycznie wszystkie zakresy amatorskiej astronomii obserwacyjnej oraz wybrane zagadnienia kosmologiczne. Dr Sławomir Stachniewicz, jak co roku, mówił o układach współrzędnych astronomicznych, czasie w astronomii oraz korzystaniu z kalendarzy astronomicznych. Wygłosił również wykłady popularnonaukowe z dziedziny kosmologii. Wykłady popularnonaukowe, tym razem dotyczące obiektów zwartych, tj. gwiazd neutronowych i czarnych dziur, wygłosił też dr Marcin Kolonko.

Dr Tomasz Ściężor omówił szczegółowo zagadnienia obserwacji ciał Układu Słonecznego, poczynając od Słońca, poprzez planety i planetoidy, a na kometach i meteorach kończąc. Przedstawił również współczesny podział i pochodzenie meteorytów. W odrębnym referacie prelegent opisał także problem zanieczyszczenia świetlnego w Europie, a szczególnie w Polsce, dowodząc, że jednym z najlepszych do prowadzenia obserwacji astronomicznych miejsc w naszym kraju są właśnie Bieszczady. Wspominał także zorganizowaną w marcu br. przez Oddział Krakowski PTMA wyprawę na zaćmienie Słońca do Turcji, ilustrując ją licznymi (ponad 3000!) zdjęciami wykonanymi w jej

Uczestnicy OSOP 2006 przed schroniskiem w Roztokach Górnych. Fot. Anna Ściężor

trakcie. Inż. Jacek Burda opisał zasady działania różnych typów teleskopów, a dr Marek Kubala omówił kilka rodzajów montażów paralaktycznych. Drugi z wymienionych prelegentów opisał także zasady budowy zegarów słonecznych, omawiając ponadto w innym referacie problematykę złożonych orbit małych ciał w Układzie Słonecznym. Mgr Marcin Filipek omówił zasady obserwacji zjawisk zakryciowych oraz problem obserwacji gwiazd zmiennych, a następnie przedstawił metody wizualnej oceny jasności tych obiektów. Mgr inż. Lucyna Gut omówiła zdalne obserwacje ciał niebieskich przeprowadzane przez dostępne za pośrednictwem Internetu teleskopy i perspektywy tego rodzaju obserwacji, prowadzonych w szkolnych pracowniach komputerowych. Senior i weteran obozów astronomicznych, p. Tadeusz Szufa, opowiadał o ruchach dziennych ciał niebieskich, gwiazdozbiorach i astrofotografii, a na koniec zorganizował konkurs astronomiczny, skierowany głównie (choć nie tylko) dla młodszych uczestników obozu.

Obserwacje Słońca przed schroniskiem w Roztokach Górnych. Fot. Tomasz Ściężor

Oczywiście głównym celem organizacji obozu astronomicznego w Bieszczadach było wykorzystanie jednych z najlepszych w Polsce warunków obserwacyjnych. Tym razem pogoda dopisała wyjątkowo — wszystkie 11 nocy było pogodnych, w tym większość wręcz idealnych, co pozwoliło na przeprowadzenie wielu interesujących obserwacji. Spośród obiektów Układu Słonecznego obserwowano Urana i Neptuna — duże teleskopy pozwoliły na dostrzeżenie tarcz tych planet. Udało się też kilkakrotnie zaobserwować Plutona, wystarczał do tego teleskop o średnicy zwierciadła 20 cm. Przez prawie cały okres trwania obozu obserwowano kometę 177P/Barnard, wykonując oceny jej parametrów: jasności, średnicy i stopnia kondensacji. Prowadzono również, chociaż niezbyt systematycznie, zliczenia meteorów. Wykonano wiele obserwacji gwiazd zmiennych zaćmieniowych, na podstawie których udało się potem odtworzyć krzywe zmian ich jasności.

Oczywiście, wspaniałe niebo i posiadany dobry sprzęt obserwacyjny pozwalały na podziwianie wielu obiektów z katalogu Messiera, co pozwoliło każdemu zobaczyć m.in., czym się różni gromada otwarta gwiazd od gromady kulistej czy też mgławica planetarna od galaktyki bądź mgławicy emisyjnej.

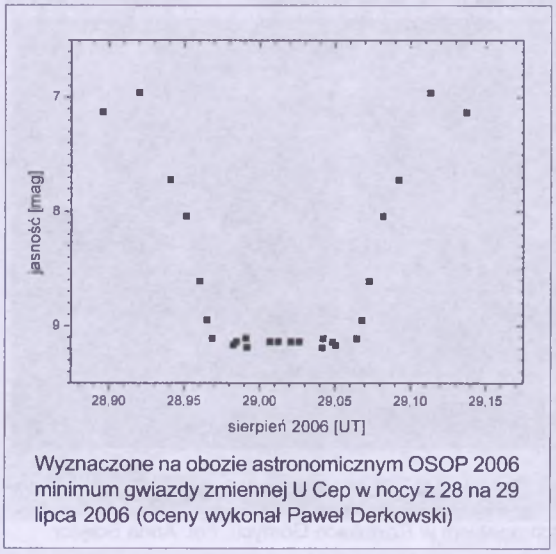
Za pewnego rodzaju efektowne „przerywniki" w obserwacjach służyły błyski satelitów Iridium, z których najjaśniejszy osiągnął jasność aż -8^m!

Warto też wspomnieć o tym, że wyraźnie do astronomii amatorskiej wkroczyła nowoczesna technika cyfrowa — na polu obserwacyjnym stało kilka komputerów typu laptop, podpiętych do sprzężonych z teleskopami kamer internetowych.

W ciągu dnia prowadzono obserwacje, zbliżającego się do minimum aktywności, Słońca, natomiast wieczorem 27 lipca udało się zaobserwować zjawisko odkrycia planety Mars przez jasny brzeg zbliżającego się ku zachodowi Księżyca.

Podsumowując, trzeba stwierdzić, że tegoroczny obóz obserwacyjny był najbardziej udany ze wszystkich dotąd zorganizowanych. Wspaniała pogoda sprawiła, że można było w 100% zrealizować wcześniejsze plany. Po raz kolejny okazało się, że pod wieloma względami trudno sobie wyobrazić lepsze miejsce na organizowanie tego rodzaju spotkań miłośników astronomii. W związku z tym postanowiliśmy w przyszłym, 2007 r., zorganizować kolejny, siódmy już Obóz Obserwacyjny PTMA „OSOP 2007" w tym samym miejscu, w Roztokach Górnych. Tym razem nów Księżyca, przypadający 12 sierpnia, zobligował nas do ustalenia czasu trwania obozu na okres 9–20 sierpnia 2007 r. Pozwoli nam to obserwować meteory z roju Perseidów w okresie ich największej aktywności, a ponadto zobaczyć jeszcze ciemniejsze, sierpniowe bieszczadzkie niebo. Wszystkich zainteresowanych już dzisiaj zapraszamy!

Kierownik OSOP 2006
Tomasz Ściężor



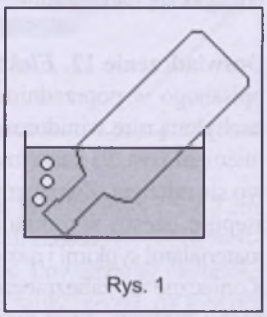
Wyznaczone na obozie astronomicznym OSOP 2006 minimum gwiazdy zmiennej U Cep w nocy z 28 na 29 lipca 2006 (oceny wykonał Paweł Derkowski)

XIII Seminarium dla nauczycieli Centrum Astronomii PAN

Tym razem pokaz doświadczeń rozpocząłem od wyświetlenia fragmentu filmu fabularnego „The Gods must be crazy". Oto krótkie streszczenie. Nad Afryką leci niewielki samolot. Pilot sięga po butelkę coca-coli, pije. Stwierdza, że butelka jest już pusta i wyrzuca ją za burtę. Butelka spada przy osadzie Buszmenów. Nie widzieli nigdy takiego przedmiotu i zastanawiają się, po co bogowie im go podarowali. Po pewnym czasie odkrywają mnóstwo zastosowań butelki. Świetnie nadaje się do wałkowania ciasta, tłuczenia patatów, wyprawiania skór węży. Można w niej przenosić płyny, a nawet może być instrumentem muzycznym. I wiele, wiele innych. Jednak wkrótce zaczynają się niesnaski. Butelka jest jedna, a wszyscy pilnie jej potrzebują. Rada szczepu postanawia oddać butelkę bogom.

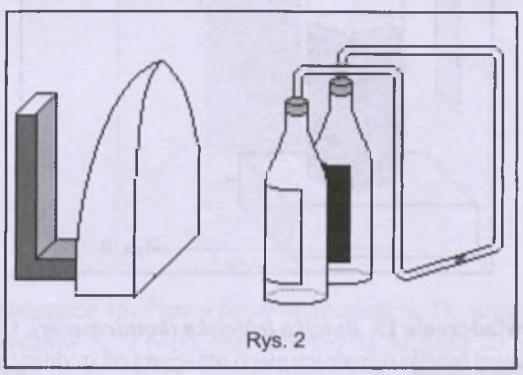
Ja też przyjechałem z butelką. I nieco unowocześniając przygodę, dodałem puszkę po napojach.

Doświadczenie 1. ***Rozszerzalność cieplna gazów.*** Otwartą butelkę odwracamy szyjką w dół i wstawiamy do dowolnego naczynia (rys. 1) z wodą. Ustawiamy na nasłonecznionym parapecie okna. Jeśli słońce jest zbyt słabe, umieszczamy w pobliżu dowolne źródło ciepła (nagrzane żelazko, spiralę grzejną itp.). Po chwili butelkę opuszczają pęcherzyki powietrza. Ogrzewanie powietrza w butelce będzie skuteczniejsze, jeśli nakleimy na nią kawałek czarnego papieru (jak w doświadczeniu następnym).



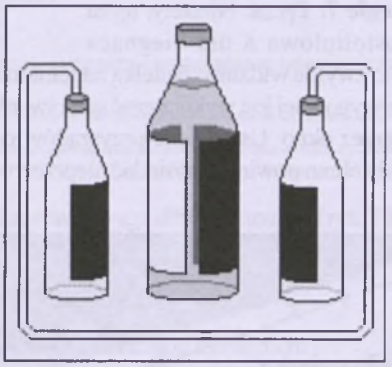
Rys. 1

Doświadczenie 2. ***Zdolność absorbcyjna.*** Potrzebne są niestety dwie butelki. Jedną owijamy czarnym papierem, drugą białym. W nakrętkach wykonujemy otwory i wklejamy w nie krótkie odcinki rurek o średnicach dostosowanych do średnicy posiadanego cienkiego, przezroczystego wężyka. W wężyku umieszczamy kroplę zabarwionej cieczy (rys. 2). Ogrzewamy jak w doświadczeniu 1. Kierunek przesuwania się kropli wskazuje, która butelka ma większą zdolność absorpcyjną.



Rys. 2

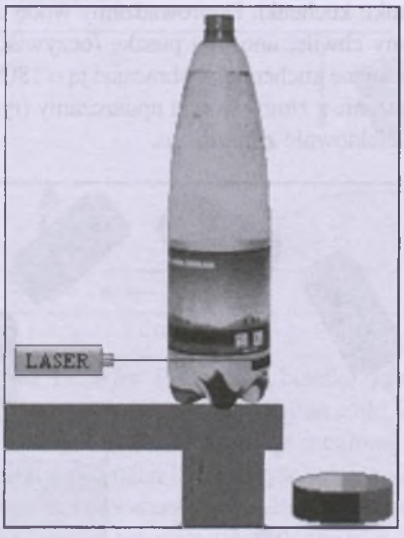
Doświadczenie 3. ***Zdolność emisyjna.*** Musimy postarać się o trzecią butelkę. Oklejamy ją w połowie czarnym, a w połowie białym papierem (rys. 3). Pozostałe dwie, jak w poprzednim doświadczeniu, służą jako termometr różnicowy.



Rys. 3

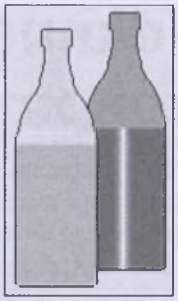
Doświadczenie 4. ***Nurek Kartezjusza.*** Kawałek plastykowej, przezroczystej rurki zamkniętej na jednym końcu (np. z wypisanego, jednorazowego długopisu) o dł. ok. 6 cm obciążamy na otwartym końcu paskiem ołowiu tak, aby pływała prawie całkowicie zanurzona. Wkładamy do butelki całkowicie napełnionej wodą i zakręcamy. Lekkim ściskaniem butelki powodujemy pływanie nurka na dowolnej głębokości.

Doświadczenie 5. ***Światłowód.*** W dolnej części butelki wykonujemy niewielki, kołowy otwór (najlepiej wytopić go rozgrzanym w palniku drutem). Otwór zaklejamy kawałkiem samoprzylepnej taśmy izolacyjnej. Wiązkę lasera kierujemy przez butelkę na zaklejony otwór (rys. 4). Starając się nie poruszyć butelki, odrywamy taśmę. Wypływająca struga wody mieni się na różowo, a na dnie naczynia pojawia się czerwona plama światła lasera.

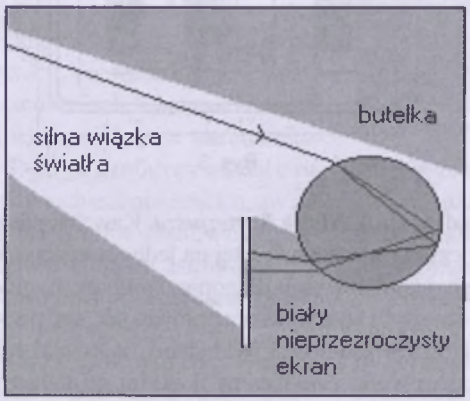


Rys. 4

Doświadczenie 6. ***Soczewka cylindryczna.*** Butelkę napełniamy wodą. Zbliżamy do ściany naprzeciw jasnego okna. Na ścianie pojawia się cień butelki z jasną smugą biegnącą przez środek cienia (rys. 5). Taka soczewka doskonale nadaje się do zmieszania barw uzyskanych po rozszczepieniu światła w pryzmacie.


Rys. 5

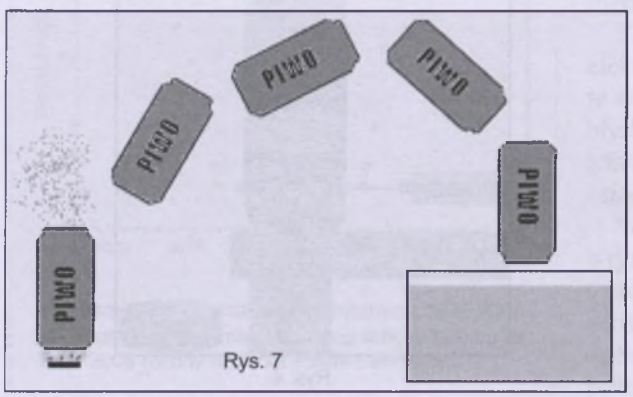
Doświadczenie 7. ***Tęcza.*** Niestety, tęcza będzie prostoliniowa a nie biegnąca łukiem, jak to zwykle widzimy. Butelka napełniona wodą i zamknięta. Najwygodniej jest wykorzystać silne światło słoneczne wpadające przez okno. Ustawienie przyrządów pokazuje rysunek 6. Biały ekran powinien posiadać nieprzezroczystą podkładkę.



Rys. 6

Doświadczenie 8. ***Nieważkość.*** Butelka z otworem napełniona wodą jak w doświadczeniu 5. Doświadczenie najlepiej wykonać na boisku szkolnym. Butelkę trzymamy dość wysoko (na wysokości głowy). Woda wypływa wyraźną strugą. Upuszczamy swobodnie butelkę. W czasie swobodnego spadku woda nie wypływa.

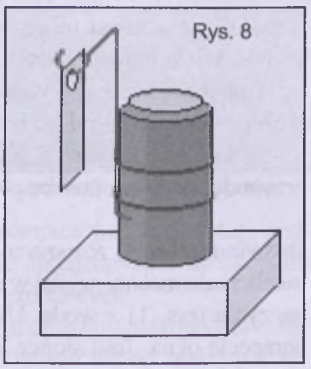
Doświadczenie 9. ***Ciśnienie atmosferyczne.*** Do puszki po coca-coli (piwie, Fancie itp.) wlewamy nieco wody i stawiamy na palniku kuchenki. Doprowadzamy wodę do wrzenia, odczekujemy chwilę, unosimy puszkę (oczywiście ujmując ją przez rękawicę kuchenną), i obracając ją o 180°, przenosimy nad naczynie z zimną wodą i upuszczamy (rys. 7). Puszka zostaje efektownie zmiażdżona.



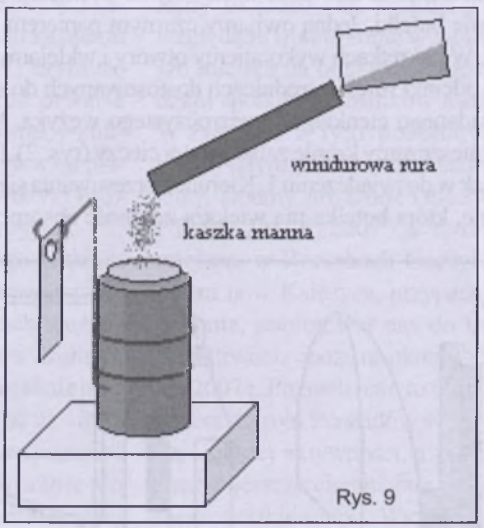
Rys. 7

Doświadczenie 10. ***Elektryzowanie cial.*** Puszkę po coca-coli kładziemy na stole. Butelkę po wodzie mineralnej (czystą i suchą) pocieramy dłonią. Zbliżamy do puszki. Puszka toczy się w stronę butelki. Toczenie możemy wydłużyć, oddalając puszkę w odpowiednim tempie. Doświadczenie jest bardziej atrakcyjne od pokazywanego przeważnie przyciągania skrawków papieru przez pałeczkę ebonitową. Ponadto, gdy demonstrujemy je w klasie, jest lepiej widoczne.

Doświadczenie 11. ***Najprostszy elektroskop. Indukcja elektrostatyczna.*** Od puszki po coca-coli odcinamy wieczko. Ostry brzeg zabezpieczamy przez oklejenie taśmą izolacyjną. Z drutu formujemy wieszaczek i mocujemy do puszki za pomocą dwóch gumek-recepturek (rys. 8). Zawieszamy listek z folii aluminiowej. Stawiamy na podstawce ze styropianu. Elektroskop gotowy. Rurkę winidurową (doskonale nadaje się rura od odkurzacza) elektryzujemy przez pocieranie papierową ściereczką. Wkładamy do wnętrza puszki. Listek odchyla się. Uziemiamy puszkę — listek opada. Wyjmujemy rurę, listek odchyla się bardzo silnie.


Rys. 8

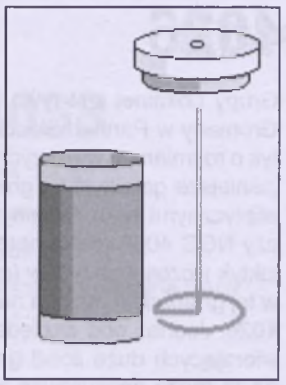
Doświadczenie 12. ***Elektryzowanie kaszy.*** Do elektroskopu opisanego w poprzednim doświadczeniu wsypujemy przez nachyloną rurę winidurową (czystą i suchą) niewielkim strumieniem (rys. 9) kaszę mannę. Wskazówka (listek) stopniowo się odchyla. Zwracamy uwagę, że podobne zjawisko występuje często w zakładach przemysłowych operujących materiałami sypkimi i może prowadzić do groźnych następstw. Konieczne są zabezpieczenia — uziemianie odpowiednich części maszyn. Nasz elektroskop pełnił tu dodatkowo rolę puszki Faradaya.



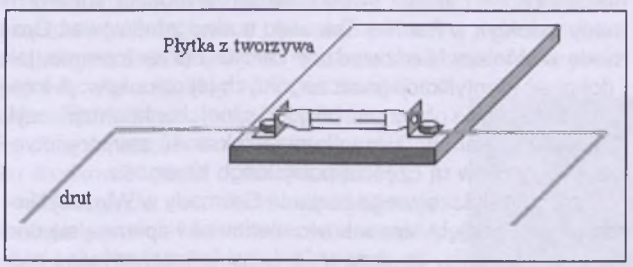
Rys. 9

Doświadczenie 13. ***Butelka lejdejska (kondensator).*** Od plastykowej butelki o średnicy nieco mniejszej od średnicy puszki

po coca-coli odcinamy górną część. Dolna część powinna mieć wysokość ok. 10 cm. Od puszki po coca-coli odcinamy górną i dolną część. Pozostała część powinna mieć wysokość 9 cm. Rozcinamy ją wzdłuż i wkładamy do przygotowanej butelki (będzie to wewnętrzna okładka). Butelkę z zewnątrz oklejamy folią aluminiową. Kondensator gotowy. Wygodne jest uzupełnienie kondensatora o elektrodę połączoną z wewnętrzną okładką. Można ją wykonać z grubszego drutu (rys. 10). Wzmocnieniem konstrukcji może być przykrywka wycięta ze styropianu. Ładujemy kondensator (najlepiej za pomocą elektroforu). Dotykamy palcem (uziemiamy) zewnętrza okładkę a następnie wewnętrzną. Zwieramy okładki przez neonówkę (rys. 11). Neonówka błyska. Problem dla uczniów: dlaczego kondensator nie został rozładowany przez uziemianie okładek?

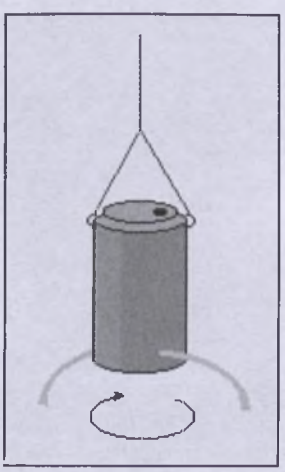


Rys. 10



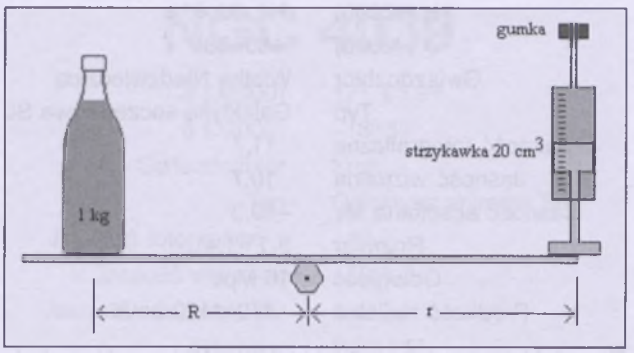
Rys. 11

Doświadczenie 14. ***Młynek Segnera.*** W odległości 1,5—2 cm od dna wbijamy w puszkę po coca-coli zaostrzony pręt o średnicy 5—6 mm i odginamy go w bok. Powtarzamy czynność po obróceniu puszki o 180°. Zawieszamy puszkę na mocnej nici. Napełniamy wodą. Po zwolnieniu puszka zaczyna szybko wirować w kierunku przeciwnym do wypływających strumieni wody (rys. 12).



Rys. 12

Doświadczenie 15. ***Prawo Boyle'a-Mariotte'a.*** Do wykonania pomiarów będą potrzebne: strzykawka lekarska 20 cm^3, listewka o dł. ok. 70 cm, gumka ołówkowa, ołówek, litrowa butelka wody mineralnej (jako masa 1 kg). Na listewkę naklejamy pasek papieru milimetrowego (podziałkę).



Rys. 13

Z warunku równowagi dźwigni mamy (rys. 13)

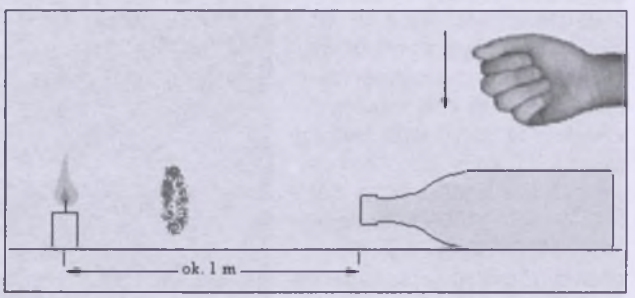
$$m \cdot g \cdot R = F \cdot r \Rightarrow F = \frac{m \cdot g \cdot R}{r}$$

Gaz w strzykawce jest pod ciśnieniem

$$p = p_0 + \frac{m \cdot g \cdot R}{r \cdot S} = p_0 + \frac{B}{r} \qquad \text{gdzie} \qquad B = \frac{m \cdot g \cdot R}{S}$$

W strzykawce zamykamy 20 cm^3 powietrza. Zamykamy strzykawkę gumką. Dobrze jest wcześniej wprowadzić do strzykawki nieco wody (warstewka o grubości 1 mm), uszczelnia ona tłok, zmniejsza nieco tarcie oraz sygnalizuje ew. nieszczelność tłoka). Zmieniamy długość ramienia r, za każdym razem równoważąc dźwignię i notując wartości r i V. Dokonujemy obliczeń i wykonujemy wykres funkcji p(V). Dla sprawdzenia wykonujemy drugi wykres p(1/V).

Doświadczenie 16. ***Skacząca piłeczka.*** To doświadczenie jest mutacją doświadczenia z dwoma piłkami (demonstrowałem na X Seminarium w 2003 r.). Niewielkie naczynie (może być odcięta dolna część butelki) napełniamy wodą. Wkładamy piłeczkę od tenisa stołowego. Naczynie z piłeczką upuszczamy z wysokości ok. 1,5 m. Piłeczka zostaje wyrzucona na wysokość kilku metrów.



Rys. 14

Doświadczenie 17. ***Wiry.*** Plastykową butelkę o pojemności 1,5—2 l napełniamy dymem. Kładziemy na stole. Dokładnie na wprost wylotu butelki ustawiamy zapaloną świeczkę (rys 14). Płomień powinien być na wysokości wylotu szyjki butelki. Silnie uderzamy w bok butelki. Poruszający się szybko wir (widoczny dzięki zadymieniu) gasi świeczkę.

Juliusz Domański

NGC 4026

α (J2000)	11^h, $59{,}4^m$
δ (J2000)	$+50^\circ 58'$
Gwiazdozbiór	Wielka Niedźwiedzica
Typ	Galaktyka soczewkowa S0
Jasność fotograficzna	11,7
Jasność wizualna	10,7
Jasność absolutna Mv	–19,3
Rozmiar	5,1'×1,4'
Odległość	16 Mpc
Prędkość radialna	+870÷1170 km/s

Ta galaktyka została odkryta przez Williama Herschela w 1789 r. i oznaczona jako H I.223. Opis w katalogu Dreyera wygląda następująco: „bardzo jasna, duża, mocno wydłużona, nagle bardzo silnie jaśniejąca w kierunku gwiazdopodobnego jądra". Galaktyka posiada stosunkowo jasne zgrubienie centralne, dlatego może być dostrzeżona już przez 8-10 cm teleskop w postaci małej, owalnej plamki z gwiazdopodobnym jądrem. Większy instrument o średnicy 15-cm i więcej pozwala dostrzec wydłużenie galaktyki w kierunku północno-południowym, co nadaje jej wygląd nieco podobny do galaktyki spiralnej widzianej dokładnie z boku. Jednak nie widać żadnego pasma pyłu, a oba końce dysku są wąskie i ostre.

Galaktyka ta posiada dość wyraźny dysk o nachyleniu około 80° do kierunku widzenia. Nie zawiera ona prawie wcale neutralnego wodoru, chociaż mapy HI okolic tej galaktyki sugerują, że NGC 4026 jest obecnie na etapie wysysania go z pobliskich galaktyk karłowatych. Świadczą o tym obserwacje radiowe wydłużonych struktur emisji HI, które wychodzą z karłowatych sąsiadów i zakrzywiają się w jej kierunku. Dysk zawiera trochę rozproszonego pyłu, gdyż wschodnia część zgrubienia centralnego jest nieco słabsza i ma bardziej czerwone kolory niż część zachodnia, co interpretuje się jako efekt selektywnej ekstynkcji materii międzygwiazdowej w galaktyce. Jedną z ciekawostek związanych z tą galaktyką jest fakt dużej rozbieżności pomiędzy podawanymi w literaturze wartościami prędkości radialnej galaktyki. W zakresie optycznym jest to około +900 km/s, ale obserwacje radiowe wskazują na wartość około +1150 km/s. Jądro NGC 4026 identyfikuje się ze słabym radioźródłem, którego cechy przypominają mało aktywny AGN (aktywne jądro galaktyki).

NGC 4026 znajduje się w pobliżu środka bardzo rozległej gromady galaktyk w Wielkiej Niedźwiedzicy, leżącej częściowo w Psach Gończych. To bliska gromada a jej odległość od Grupy Lokalnej jest tylko trochę większa niż odległość do Gromady w Pannie. Składa się z ona kilkudziesięciu galaktyk o rozmiarach większych niż Wielki Obłok Magellana. Najjaśniejsze galaktyki tej gromady nie są jednak galaktykami eliptycznymi tylko spiralnymi, takimi jak na przykład M109 czy NGC 4088 (patrz następny odcinek Galerii NGC). Galaktyk wczesnych typów (eliptycznych i soczewkowych) jest w tej gromadzie mało, a największą z nich jest właśnie NGC 4026. Jednak pod względem liczby galaktyk spiralnych zawierających duże ilości gazu międzygwiazdowego gromada ta może konkurować z Gromadą w Pannie. Łączna jej masa wynosi około 4×10^{13} $M_\odot$, co stanowi około 1/20 masy Gromady w Pannie. W odróżnieniu od typowych gromad nie wykazuje ona koncentracji ku środkowi, stanowiąc dość luźną i wydłużoną strukturę. Stanowi to jeden z trzech głównych powodów, że pomimo bliskości i wielkości tej gromady jest ona mało znana i poświęca się jej niewiele uwagi. Drugi powód to swego rodzaju „pech", gdyż gromada ta znajduje się **za** włóknem galaktyk ciągnących się od Warkocza Bereniki poprzez naszą Grupę Lokalną do grupy galaktyk w Rzeźbiarzu. Włókno to jest swego rodzaju wypustką supergromady galaktyk w Pannie. Tak więc trudno zdefiniować Gromadę w Wielkiej Niedźwiedzicy zarówno przestrzennie, jak i dokonać identyfikacji poszczególnych jej członków. A trzeci to niewątpliwie obecność bliskiej i silnej „konkurencji", czyli Gromady w Pannie, która skupia większość zainteresowania astronomów tą częścią pobliskiego Kosmosu.

Próby kompleksowego badania Gromady w Wielkiej Niedźwiedzicy podjęto stosunkowo niedawno i opierają się one na spostrzeżeniu, że dyspersja (czyli inaczej mówiąc rozrzut) prędkości radialnych jej galaktyk jest niewielka. Pozwala to w połączeniu ze współrzędnymi danej galaktyki dokonać w miarę udanej identyfikacji członków gromady.

Zdjęcie galaktyki soczewkowej NGC 4026 uzyskane w ramach projektu Sloan Digital Sky Survey. Pole widzenia 5'×7', północ jest u góry

Anteny:

NGC 4038

α (J2000)	12^h, $01{,}9^m$
δ (J2000)	$-18^o\,53'$
Gwiazdozbiór	Kruk
Typ	Galaktyka spiralna SAp?
Jasność fotograficzna	11,1
Jasność wizualna	10,5
Jasność absolutna Mv	
Rozmiar	3,2'×2,2'
Odległość	14÷20 Mpc
Prędkość radialna	+1641 km/s

NGC 4039

α (J2000)	12^h, $01{,}9^m$
δ (J2000)	$-18^o\,52'$
Gwiazdozbiór	Kruk
Typ	Galaktyka spiralna Scp
Jasność fotograficzna	10,9
Jasność wizualna	10,3
Jasność absolutna Mv	
Rozmiar	2,6'×1,8'
Odległość	14÷20 Mpc
Prędkość radialna	+1642 km/s

Galaktyki tworzące tę parę ze względu na posiadanie bardzo wydłużonych ramion nazywa się Antenami i stanowią one jeden z najbardziej spektakularnych przykładów oddziaływania pomiędzy galaktykami, jakie znamy. Układ ten odkrył William Herschel 5 lutego 1785 r. i zaklasyfikował początkowo jako mgławicę planetarną. Później jego syn John skatalogował galaktyki jako dwa osobne obiekty i jako takie pojawiły się w katalogu NGC z takimi oto odpowiednimi opisami: „dość jasna, rozległa, okrągła, stopniowo znacznie jaśniejąca ku środkowi" i „dość duża i jasna".

Ze względu na południową deklinację i stosunkowo niewielką jasność całkowitą obiekt ten jest w Polsce dość wymagającym celem obserwacji wizualnych. Jako dolną granicę średnicy teleskopu pozwalającą dostrzec Anteny przyjmuje się 20-cm, choć przy sprzyjających warunkach w niskich szerokościach geograficznych może to być nawet 12-cm. Rysunek wykonany przez 25-cm teleskop jest załączony niżej. Taki teleskop pozwala dostrzec dwie słabe poświaty, z których północna (NGC 4038) wydaje się nieco większa i jaśniejsza. Aby dostrzec charakterystyczne wydłużone ramiona, konieczne jest użycie teleskopu o średnicy co najmniej 30-cm, stosując technikę zerkania. Południowe ramię, wychodzące z NGC 4038 jest jaśniejsze i daje się zauważyć, natomiast północne, wychodzące z NGC 4039, jest słabsze i bardzo trudne do zaobserwowania w teleskopach o średnicach mniejszych niż 0,5 m! Przestrzeń między galaktykami jest nieco ciemniejsza, a oba jądra galaktyk nie są bezpośrednio widoczne. W obrębie obu galaktyk przez 50-cm instrument można dostrzec jaśniejsze łuki odpowiadające nowo powstałym gromadom gwiazd i trochę innych detali. Więcej szczegółów ujawniają zdjęcia: na tych wykonanych

Rysunek układu NGC 4038-9 wykonany za pomocą 25-cm teleskopu Newtona przy powiększeniu 120 razy

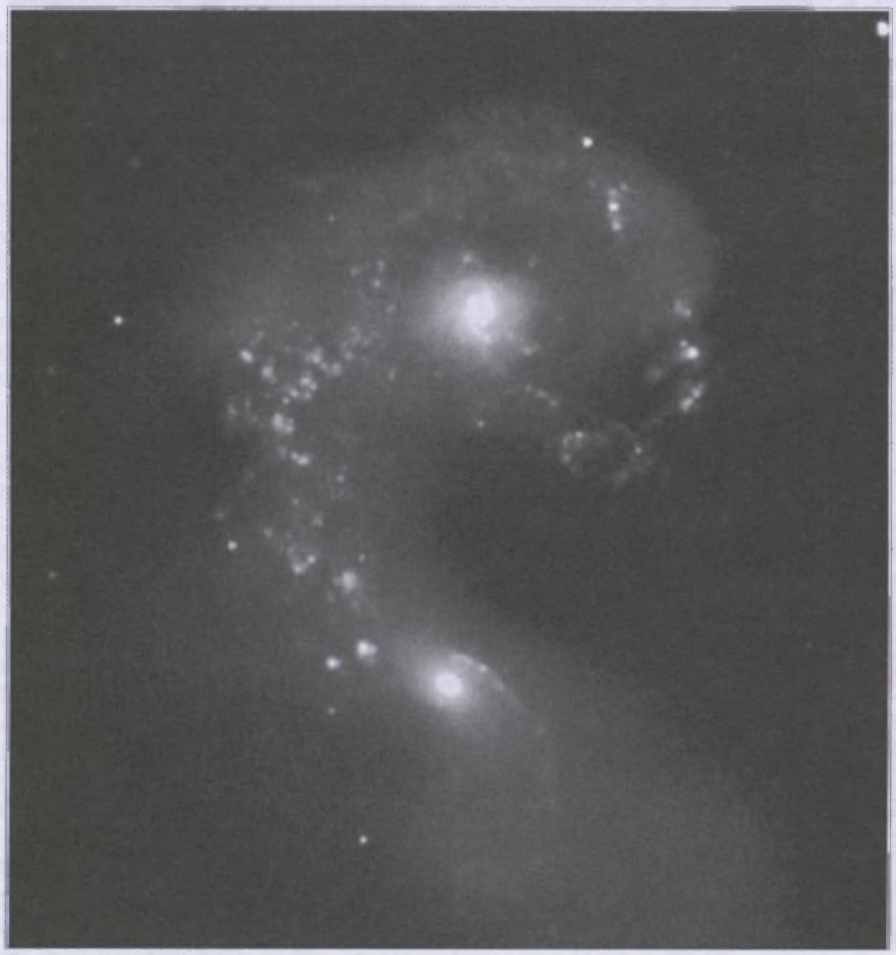
Zdjęcie układu Anten wykonane 50-cm teleskopem w systemie Ritchey-Cretien. U góry NGC 4038 a bezpośrednio pod nią NGC 4039. Złożenie dwóch 20-minutowych ekspozycji w każdym z filtrów RGB. Pole widzenia około 20'×15'. Północ jest u góry

średniej wielkości teleskopami galaktyki te przypominają kształtem kijanki o jeszcze stosunkowo prostej strukturze, ale ich centralne obszary fotografowane przez duże teleskopy zapierają już dech w piersiach swą złożonością i dynamiką.

Anteny uważa się za archetypowy przykład dwóch galaktyk oddziaływujących ze sobą grawitacyjnie. Przyjmuje się obecnie, że jakieś 500 mln lat temu przeszły one bardzo blisko siebie, na tyle blisko, że pomimo posiadania względem siebie prędkości parabolicznej (czyli takiej, która po zbliżeniu dwóch ciał pozwala im oddalić się na dowolnie dużą odległość) znalazły się na wspólnej i coraz ciaśniejszej orbicie. Jest to możliwe, dlatego że galaktyka nie zachowuje się jak bryła sztywna, lecz jak zbiór miliardów niezależnych punktów materialnych — gwiazd — i rozciągłego, plastycznego kontinuum: gazu i pyłu międzygwiazdowego. Spośród niezliczonej ilości oddziałujących ze sobą galaktyk Anteny są w najmniejszej od odległości. Ponadto skala zjawiska jest imponująca: długość wyciągniętych ramion anten wynosi około 35 i 60 kpc, odpowiednio dla anteny północnej i południowej. Z tych powodów poświęca się bardzo wiele uwagi dynamice tego układu i określeniu początkowego stanu obu galaktyk, procesowi formowania się gwiazd, zmianom w budowie galaktyk i temu, co stanie się z nimi w przyszłości.

Już w roku 1923 r. pojawia się nazwa „anteny" w odniesieniu do wydłużonych ramion. W roku 1940 Holmberg wysuwa hipotezę, że „anteny" to świecący materiał wyrzucony z galaktyk w wyniku ich bliskiego przejścia i działania sił pływowych. Pod koniec lat 50. zidentyfikowano układ jako jedno z pierwszych radiowych źródeł pozagalaktycznych. Obserwacje optyczne ustaliły, że w istocie układ ma zbyt skomplikowaną dynamikę, aby była to pojedyncza galaktyka, i że najprawdopodobniej galaktyki układu zderzyły się ze sobą w przeszłości. Wkrótce okazało się, że radioźródło leży dokładnie pomiędzy jądrami obu galaktyk. Wtedy też pojawił się pierwszy dość prosty model symulujący zderzenie tych galaktyk i formowanie się charakterystycznych anten. Współczesne modele są o wiele bardziej złożone; oparte są o rozwiązania numeryczne zagadnienia N-ciał (z reguły w symulacjach liczba N jest rzędu kilkudziesięciu tysięcy na galaktykę) z uwzględnieniem początkowej struktury galaktyki: dysku, zgrubienia centralnego, halo i dynamiki gazu międzygwiazdowego. Modele pokazują, co pozostaje w zgodzie z przewidywaniami Fritza Zwicky z połowy lat 50. ubiegłego wieku, że gaz wyrzucany z galaktyk w czasie ich kolizji formuje obłoki, przekształcające się z czasem w karłowate galaktyki, w których zachodzą intensywne procesy gwiazdotwórcze. W przypadku układu Anten tego typu galaktyka powstała na samym końcu południowego ramienia w odległości około 30 kpc od układu NGC 4038-9.

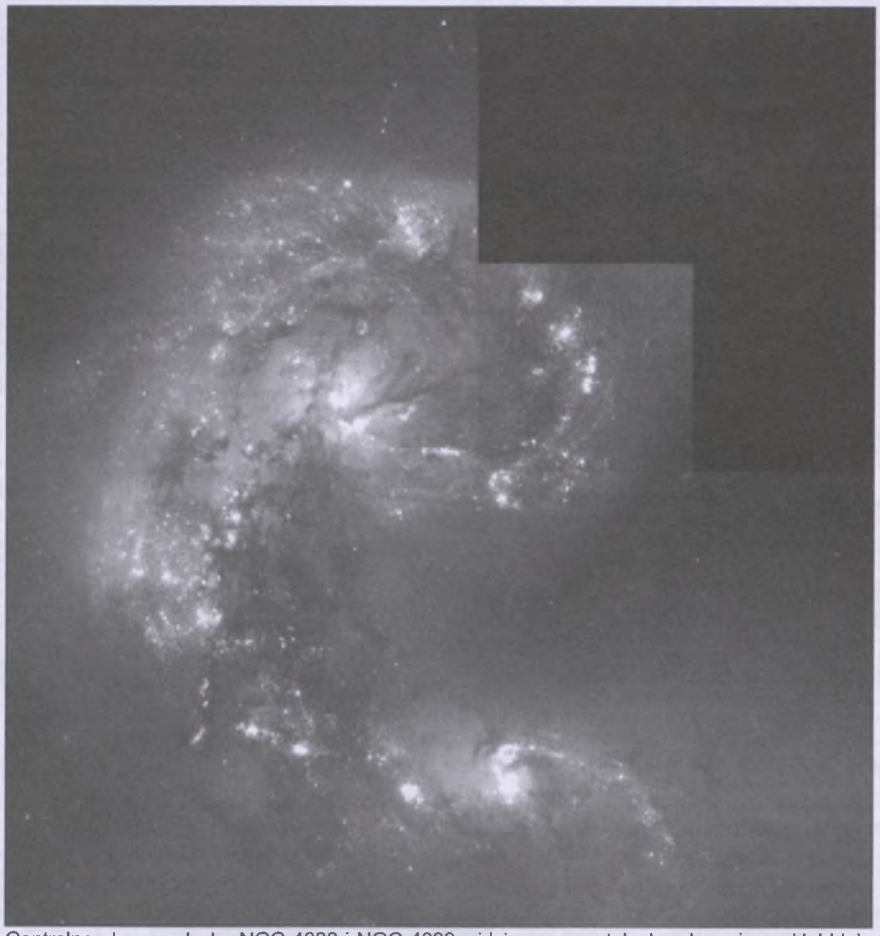
Osobnym problemem są zmiany w strukturze galaktyk NGC 4038-9, jakie zachodzą w ciągu kolejnych zbliżeń między nimi. Według teorii wypracowanej w latach 70. Anteny stanowią początkową fazę procesu zlewania się galaktyk, który doprowadza do powstawania galaktyk wczesnych typów, tj. eliptycznych i soczewkowych. Proces taki, jeśli w istocie zachodzi, jest niezmiernie skomplikowany, gdyż z dwóch (lub więcej) galaktyk, które mają określoną strukturę, bogatych w gaz i pył międzygwiazdowy, mających z reguły niezbyt wiele gromad kulistych, powstać by miał jeden obiekt (nie licząc karzełków — patrz wyżej) pozbawiony gazu i pyłu, bez struktury spiralnej z liczną rodziną gromad kulistych. Teoria ta próbuje też wyjaśnić następujący paradoks: jeśli galaktyki eliptyczne powstają z galaktyk spiralnych, to generalnie są od nich młodsze. Jak to więc się dzieje, że gwiazdy w galaktykach eliptycznych są, średnio biorąc, starsze i bardziej zaawansowane ewolucyjnie niż gwiazdy w galaktykach spiralnych? Na to i inne pytania próbują odpowiedzieć bardzo liczne obserwacje Anten prowadzone w całym zakresie widma elektromagnetycznego i poświęcone formowaniu się w nich gwiazd oraz gromad gwiazd.



Zdjęcie centralnej części układu Anten wykonane w bliskiej podczerwieni przez 5-m teleskop na Mount Palomar. Widać wyraźnie jądra obu galaktyk

Obserwacje w zakresie optycznym i podczerwieni wskazują, że aktywność gwiazdotwórcza ograniczona jest do dysków obu galaktyk i nie zachodzi w obrębie wydłużonych ramion. Z kolei w obrębie dysków jest ona szczególnie silna w obszarze nakładania się dysków tam, gdzie w zakresie optycznym obserwujemy gęste pasma pyłu — patrz

zdjęcie obok wykonane teleskopem Hubble'a. Tam powstają, jak się sądzi, młode, potężne supergromady młodych, masywnych gwiazd, które w przyszłości wyewoluują w populację jasnych gromad kulistych. Masa gazu i pyłu, jaka znajduje się w obrębie dysków NGC 4038-9, wynosi około 15 mld mas Słońca. Przy obecnym tempie formowania się gwiazd (szacowanym z natężenie emisji w linii Hα) równym około 20 mas Słońca/rok gazu wystarczy więc na około 700 mln lat. W typowej galaktyce spiralnej procesy formowania się gwiazd konsumują cały, dostępny w galaktyce materiał w czasie około 4 mld lat, co wydaje się wskazywać, że rzeczywiście zderzenie obu galaktyk wzmogło ich intensywność. Procesy te trwają już od dłuższego czasu, gdyż astronomom udało się zidentyfikować liczne gromady gwiazd młodsze niż 5 mln lat oraz wiele takich, których wiek wynosi kilkadziesiąt czy kilkaset milionów lat. Niektóre z tych gromad mają wprost fantastyczne jasności absolutne osiągające w zakresie wizualnym — 15,5 mag! To jest jedna trzecia jasności całego Małego Obłoku Magellana! Z drugiej strony szacunki ich jasności mogą być zawyżone, gdyż do tej pory nie udało się jednoznacznie ustalić odległości do Anten. Na ogół w literaturze podaje się odległość 19-20 Mpc (około 63 mln lat świetlnych), jednak całkiem niedawno z pomocą nowej kamery na teleskopie kosmicznym udało się rozdzielić obraz karłowatej galaktyki w południowym ramieniu na pojedyncze gwiazdy. Korzystając z metody wyznaczania odległości opartej o pewne cechy czerwonych olbrzymów, wyznaczono odległość równą 13,7 Mpc. Jeśli ta odległość się potwierdzi, zmieni się wiele szacowań dotyczących tempa i skali procesów zachodzących w układzie NGC 4038-9.



Centralne obszary dysku NGC 4038 i NGC 4039 widziane przez teleskop kosmiczny Hubble'a w zakresie widzialnym. Widać wyraźnie jasne, nowo powstałe supergromady gwiazd ułożone w kształt łuku

W obrębie Anten, korzystając z obserwatorium rentgenowskiego Chandra, udało się zidentyfikować 9 źródeł ULX (czyli ekstremalnie jasnych źródeł promieniowania rentgenowskiego). Na ogół przyjmuje się, że są one układami podwójnymi zawierającymi gwiazdę neutronową lub małomasywną czarną dziurę. Próby identyfikacji tych źródeł zarówno w zakresie optycznym, jak i podczerwonym na ogół nie przynosi oczekiwanych rezultatów. Na zdjęciach z teleskopu Hubble'a z powodu bardzo dużego zagęszczenia gwiazd o obrębie dysku i mniejszej zdolności rozdzielczej Chandra nie udaje się jednoznacznie przypisać określonego źródła do konkretnej gwiazdy. Na ogół jest to jakaś gromada gwiazd. Co więcej, jeżeli udaje się identyfikacja z konkretnym obiektem widzianym w zakresie optycznym, to okazuje się, że jest to kwazar (dodam, że znamy prawdopodobnie tylko dwa wyjątki NGC 1313 X-1 i X-2)! Nie inaczej było w przypadku źródła w NGC 4038 oznaczonego X-37. Początkowo uważano, że jest to jakiś rentgenowski układ podwójny, który został wyrzucony ze swojej macierzystej gromady gwiazd (np. poprzez wybuch supernowej w układzie). Powstały szybko nawet prace teoretyczne, które analizowały przebieg takiego procesu i możliwe warunki w otoczeniu czarnej dziury ściągającej materię z sąsiedniej gwiazdy. Jednak rok temu okazało się, na podstawie bardziej kompleksowej analizy obiektu w podczerwieni, że źródłem tym jest... kwazar o poczerwienieniu $z = 0{,}26$! Tu pojawia się wątpliwość dotycząca metodologii dzisiejszej nauki. Jaki jest sens przygotowywania zaawansowanych teoretycznie prac w oparciu o niepewne przesłanki obserwacyjne? Co ma z tego wynikać? Moim zdaniem tego typu prace to częściowo efekt presji, jaka jest wywierana na astronomów (i w ogóle uczonych) do publikowania określonej liczby prac naukowych rocznie (im więcej, tym lepiej). Uczony lub ich zespół zamiast solidnie i rzetelnie opracować jakiś problem (na to prawie zawsze potrzeba czasu), w pośpiechu przygotowuje całe serie publikacji pisanych mało oryginalnie i twórczo, gdzie problem jest poruszany jedynie z jakiegoś jednego punktu widzenia. A to często prowadzi do powstawania w zasadzie bezwartościowych prac tak jak w przypadku X-37.

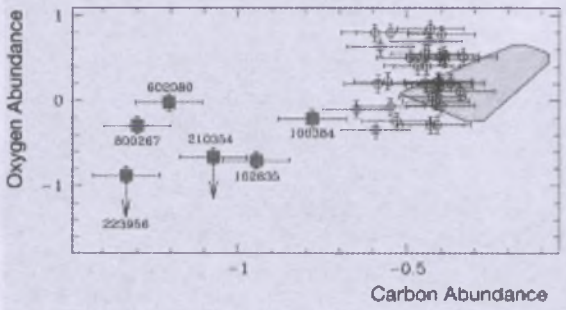
Na koniec dodam, że w 2004 r. w obszarze jasnego łuku gwiazd w NGC 4038 pojawiła się gwiazda supernowa oznaczona 2004gt. W zakresie optycznym osiągnęła ona jasność około 15 mag. Przypisano jej typ Ic, co oznacza, że eksplozja była prawdopodobnie spowodowana implozją pozbawionej wodoru gwiazdy W-R o początkowej masie około 40 mas Słońca.

Dariusz Graczyk

Błękitne wampiry

Niektóre gorące, jasne i wyglądające na młode gwiazdy gromady kulistej 47 Tucanae okazały się wampirami wysysającymi węgiel i tlen z wnętrz innych gwiazd.

Za pomocą teleskopu VLT udało się zarejestrować niewielkie różnice w zawartości tych pierwiastków u kilku błękitnych maruderów gromady nieba południowego 47 Tucanae. Gwiazdy te są dość szczególne, gdyż występują głównie w gromadach kulistych, w towarzystwie bardzo wiekowych gwiazd. Ich ewolucję starano się przewidzieć modelami opartymi albo na zderzeniach gwiazd, albo na przepływie masy w układach podwójnych. W tym ostatnim jeden z obiektów przekazuje materię swojemu towarzyszowi, tym samym go „odmładzając". Dotychczas ani jeden, ani drugi scenariusz nie znalazł potwierdzenia w obserwacjach.



Rys. Zawartość tlenu (oś pionowa) do zawartości węgla (oś pozioma) błękitnych maruderów w gromadzie 47 Tuc

Dzięki danym z VLT astronomowie wyznaczyli zawartość pierwiastków chemicznych występujących na powierzchni 43 wybranych błękitnych maruderów gromady kulistej. Okazało się, że 6 z nich posiada znacznie mniej węgla i tlenu niż większość takich gwiazd. Anomalia ta może wskazywać, że materia na powierzchni tych 6 obiektów pochodzi z wnętrz innych gwiazd. Zagęszczenie gwiazd w centrum gromady kulistej w gwiazdozbiorze Tukana jest bardzo duże: ponad 4000 obiektów w sześcianie o boku jednego roku świetlnego. W takim środowisku prawdopodobieństwo gwiezdych kolizji oraz występowanie układów podwójnych, w których składniki przekazują sobie materię, jest bardzo duże, a co za tym idzie, również powstawania błękitnych wampirów.

(*kw*)

Wnętrze kwazara

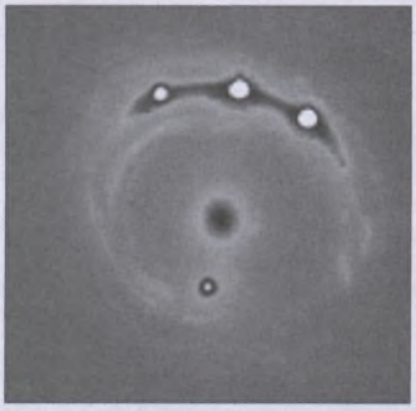
Astronomom udało się „zajrzeć" do wnętrza przedstawiciela najjaśniejszych obiektów we Wszechświecie – kwazara i uzyskać dowód na obecność w nim czarnej dziury.

Podejrzewano, że kwazary składają się z położonych w centrum supermasywnych czarnych dziur i otaczających je dysków gorącej materii. Obserwacje tych obiektów wskazują na ich bardzo zaawansowany wiek – uformowały się miliardy lat temu. Czarnych dziur nie da się zaobserwować bezpośrednio, gdyż nawet światło nie może przezwyciężyć ich ogromnej siły grawitacji, ale ich obecność można wnioskować z efektów, jakie wokół siebie wywołują. Materia tzw. dysków akrecyjnych wirujących dookoła czarnych dziur opada na nie i świeci z niewiarygodną mocą w bardzo szerokim zakresie widmowym: od fal radiowych, poprzez zakres optyczny aż do promieni rentgenowskich.

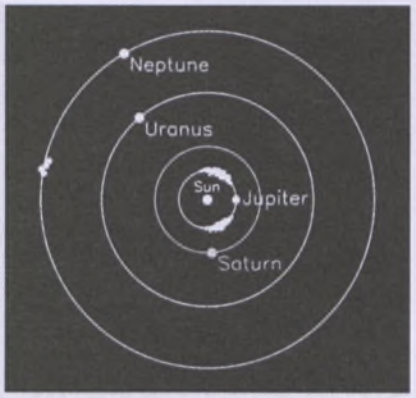
Obserwowane przez astronomów z Uniwersytetu Stanowego w Ohio obiekty znajdują się dokładnie za bardzo masywną galaktyką. Zgodnie z teorią Einsteina o zachowywaniu się masywnych obiektów jak soczewki, galaktyka wzmocniła i zniekształciła obraz kwazarów na tyle skutecznie, że naukowcy byli w stanie potwierdzić obecność czarnych dziur w ich wnętrzach. Udało się również zmierzyć wirujące dyski i zaobserwować bardzo niewielki obszar emitujący promieniowanie X — to tam rozgrzana materia opada na czarną dziurę

Do programu obserwacji zostało już włączonych kolejnych 20 obiektów widocznych dzięki soczewkowaniu grawitacyjnemu.

(*kw*)



Zniekształcony obraz optyczny jednego z obserwowanych kwazarów. Plama w centrum to soczewkująca galaktyka, cztery jasne plamy to obrazy tego samego obiektu



Na tym schemacie zewnętrznych obszarów Układu Słonecznego planetki „Trojańczyków" można zobaczyć zarówno na orbicie Jowisza, jak i Neptuna (ilustracja ze strony internetowej Scotta Sheppparda)

Trzej nowi Trojańczycy na orbicie Neptuna

Odnaleziono trzy nowe obiekty poruszające się z grubsza po tej samej orbicie co Neptun. Ciała te, zwane „planetoidami trojańskimi", zostały odkryte przez badaczy z Carnegie Institution's Department of Terrestial Magnetism (DTM) oraz Obserwatorium Gemini. Odkrycie to dowodzi, że Neptun, podobnie jak jego większy kuzyn Jowisz, gości na swojej orbicie spory zastęp Trojańczyków i asteroidy te mają prawdopodobnie to samo źródło. Odkrycie podnosi także znaną liczbę planetoid trojańskich na orbicie Neptuna do czterech.

Obiekty te mogą być ostatnimi pozostałościami po małych ciałach utworzonych w regionie wielkich planet, których to większość skończyła jako części tychże planet lub została wyrzucona poza obszar Układu Słonecznego.

Świeżo odkryte ciała stanowią dopiero czwartą stabilną grupę planetoid krążących wokół Słońca. Pozostałe to oczywiście Pas Kuipera znajdujący się tuż za orbitą Neptuna, planetoidy trojańskie na orbicie Jowisza oraz główny pas planetoid pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza. Istnieją pewne przesłanki świadczące o tym, że planetoid dzielących orbitę z Neptunem może być nawet więcej niż Trojańczyków na orbicie Jowisza, jednak są one trudne do zaobserwowania z powodu zbyt dużej odległości od Słońca. Żeby je odkryć, astronomowie będą potrzebowali największych teleskopów wyposażonych w czułe kamery cyfrowe.

Badacze już jakiś czas temu twierdzili, że teoretycznie planetoidy trojańskie mogą towarzyszyć nie tylko Jowiszowi, jednak dowody na to pojawiły się dopiero niedawno.

Joanna Drążkowska

ASTROKRAK

F.P.U.H. **ASTROKRAK**, ul. Mogilska 51, 31-545 Kraków
e-mail: astrokrak@astrokrak.pl - **www.astrokrak.pl**
tel.: **(12) 413 55 26**, fax: (12) 417 31 81
sklep czynny: pon. - pt. 9-17, sob. 10-15

Zobacz również nowe forum miłośników astronomii - *www.astromaniak.pl*

BRESSER

Absolutna nowość na rynku!!!

SERIA MESSIER
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z najbogatszym wyposażeniem dodatkowym)

Refraktor R-90 ..... 1299.00
Refraktor R-102 ..... 1999.00
Refraktor R-127L 2899.00
Refraktor R-127S 2999.00
Refraktor R-152 ..... 3799.00
Newton N-130 ..... 1299.00
Newton N-150 ..... 1799.00
Newton N-203 ..... 2499.00

ORION

SERIA SKYVIEW PRO
(Teleskopy na montażu paralaktycznym SkyView Pro z opcjonalnym napędem lub Intelliscope)

Refraktor 80mm ED APO ..... od 3750.00
Refraktor 100mm ED APO ..... od 5750.00
Refraktor 120mm ..... od 3350.00
Maksutow 127mm ..... od 3350.00
Maksutow 150mm ..... od 4650.00
Newton 203mm ..... od 3650.00

SOLIGOR

Digital • Photo • Optic • Video

LORNETKI ASFERYCZNE NIGHT VISION
7x50 ..... 485.00
10x50 ..... 495.00

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA
Plössl (4-40mm/1,25") ..... od 95.00
RKE (26-40mm/2") ..... od 195.00
Barlow 2x/1,25" 95.00
Barlow 2x/2" 250.00

SERIA MT
(Teleskopy Newtona na montażu paralaktycznym)

MT-910 114mm 1099.00
MT-750 152mm 1650.00
MT-800 200mm 2250.00

Sky-Watcher

TELESKOPY

Dobson 203mm (pyrex) 1830.00
Dobson 252mm (pyrex) 2850.00
Refraktor 102mm EQ3 ..... 2030.00
Maksutow 102mm EQ2 ..... 1820.00
Maksutow 127mm EQ3 ..... 2860.00

ANTARES

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA

Plössl (6-40mm/1,25") ..... od 105.00
Ortoskop. (6-12,5mm/1,25") ..... od 250.00
Erfla (30-52mm/2") ..... od 315.00
Szerokokątne (67°/5,7-25mm) ... od 299.00
Szerokokątne (82°/7,5-18mm) ... od 499.00
Barlow 2x/1,25 ..... 105.00
Barlow 1,6x/2" 350.00
Plössl podświetlany (10mm/1,25") .. 525.00

NASADKI KĄTOWE

45° 1,25"/1,25" 105.00
90° 1,25"/1,25" 125.00
45° M42x1/1,25" 125.00
90° M42x1/1,25" 145.00
90° 2"/2" 98% 395.00
Prowadząca 90° 2"/T2 z podgl. 625.00

FILTRY

ALP 1,25" 225.00
ALP 2" 415.00
ND 13 1,25" (szary) 45.00
ND 13 2" (szary) 105.00
Kolorowe 7 szt. 1,25" ... 285.00
Kolorowe 7 szt. 2" 475.00

MEADE

SERIA LX200GPS
(Teleskopy Schmidta-Cassegraina na montażu widłowym z pełną automatyką naprowadzania GO-TO)

8" (203mm) 13500.00
10" (254mm) 16900.00
12" (305mm) 23900.00
14" (356mm) 30900.00
16" (406mm) 59900.00

SERIA LDX-75
(Teleskopy na montażu paralaktycznym z systemem GO-TO)

5" (127mm refraktor) 5150.00
6" (152mm refraktor) 6150.00
6" (152mm Schmidt-Newton) 5250.00
8" (203mm Schmidt-Newton) 6150.00
8" (203mm Schmidt-Cassegrain) 8390.00
10" (254mm Schmidt-Newton) 7490.00

SERIA ETX
(Teleskopy Maksutowa na montażu widłowym z systemem GO-TO)

90AT (90mm) 3125.00
90PE (90mm) 3895.00
105AT (105mm) 4150.00
105PE (105mm) 4950.00
125AT (125mm) 5450.00
125PE (125mm) 6250.00

SERIA LIGHTBRIDGE
(Teleskopy trussowe na montażu Dobsona)

Newton 203mm ..... od 1699.00
Newton 254mm ..... od 2350.00
Newton 305mm ..... od 3899.00

Akcesoria MEADE

OKULARY Z SERII 5000

Plössl (60°/5,5-40mm) .... od 499.00
SWA (68°/16-40mm) ..... od 899.00
UWA (82°/4,7-30mm) .. od 1050.00

KAMERY CCD
(Z oprogramowaniem Autostar Suite)

LP Imager 550.00
DS Imager 1525.00
DS Imager Pro 1950.00
Reduktor/korektor CCD f/3,3 ..... 799.00

CORONADO

TELESKOPY I FILTRY SŁONECZNE Hα

Już od 2825.00

LUMICON

OKULARY PODŚWIETLANE
(Z krzyżem nitek)

12,5mm ortoskop. 585.00
25mm Kellner 275.00

FILTRY MGŁAWICOWE

Deep Sky 1,25" 375.00
Deep Sky 2" 730.00
UHC 1,25" 375.00
UHC 2" 730.00
OIII 1,25" 375.00
OIII 2" 730.00
H-Beta 1,25" 375.00
H-Beta 2" 730.00
Comet 1,25" 375.00
Comet 2" 730.00

NASADKI KĄTOWE

Enhanced 1,25" 365.00
Enhanced 2" 695.00
LumiBrite 1,25" 98% 550.00
LumiBrite 2" 98% 875.00

KSIĄŻKI I ATLASY

Night Sky Observer's Guide tom I i II 135.00
Uranometria tom I i II 179.00
Uranometria tom III 195.00
Sky Atlas 2000.0 wersja deluxe 179.00
Atlas of the Moon 135.00

MAPY I GLOBUSY

Karta Messiera 13.00
Karta Caldwella 13.00
Mapa Księżyca 13.00
Globus nieba 330.00
Globus Księżyca 225.00

OPROGRAMOWANIE

RedShift 5 ..... 425.00
Starry Night Pro 625.00
Starry Night Enth. 335.00
CoolSky 2.0 ..... 39.00
Maxim DL 1250.00
SkyMap Pro 375.00
SkyChart III 169.00
Desktop Universe 825.00
SkyTools 2 CD 425.00

SKY PUBLISHING

ASTROKRAK

TELESKOPY I AKCESORIA

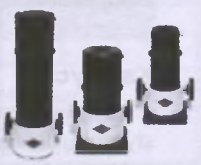
Jesteśmy producentem wysokiej klasy teleskopów i akcesoriów astronomicznych. Wykonujemy teleskopy o aperturze od 250 do 600mm. Zbudowaliśmy największy amatorski teleskop w Polsce! Ponadto oferujemy usługi projektowe, naprawcze i regulacyjne w zakresie optyki i mechaniki a także wykonujemy sprzęt na indywidualne zamówienie klienta.

ZŁĄCZKI I REDUKCJE

M42/Canon EOS 49.00
M42/Nikon 49.00
M42/T2 ..... 45.00
1,25"/M42 ..... 35.00
2"/M42 ..... 45.00
M42/web kamera 45.00
L-adapter mały 20.00
L-adapter duży 25.00

WYCIĄGI OKULAROWE
(Do refraktora, Newtona lub Cassegraina)

Obrotowy 1,25" 115.00
Przesuwny 1,25" 195.00
Przesuwny 2" 275.00



Niniejszy cennik jest jedynie niewielkim fragmentem oferty. Sprawdź wszystkie nasze produkty na *www.astrokrak.pl*

Rok 2007

W roku 2007 wystąpią dwa częściowe zaćmienia Słońca, możliwe do obserwacji jedynie w obszarach podbiegunowych Ziemi. Dojdzie także do dwóch całkowitych zaćmień Księżyca, z których pierwsze (3 marca) widoczne będzie w Polsce wysoko na nocnym niebie.

W 2007 r. kilkakrotnie dojdzie do zakryć znanej gromady otwartej Plejady przez Księżyc. Z Polski można będzie te zjawiska obserwować w dniach: 27 stycznia, 23 lutego, 7 sierpnia, 28 października oraz 21 grudnia. Można będzie także obserwować zakrycia planet przez Księżyc: 2 marca oraz 22 maja zakrycie Saturna, 18 czerwca zakrycie Wenus, natomiast 24 grudnia zakrycie Marsa.

W 2007 r. do Słońca zbliży się 30 znanych komet, jednak do obserwacji nawet najjaśniejszych z nich niezbędny będzie większy sprzęt amatorski.

Styczeń

Słońce

Ziemia w swym ruchu po orbicie okołosłonecznej znajdzie się najbliżej Słońca 3 stycznia o 20^h, a zatem Słońce będzie wtedy w perygeum w odległości około 147 mln km. Dni stają się coraz dłuższe. W Warszawie 1 stycznia Słońce wschodzi o 6^h45^m, zachodzi o 14^h34^m, a 31 stycznia wschodzi o 6^h19^m, zachodzi o 15^h20^m. W styczniu Słońce wstępuje w znak Wodnika.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2007		P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
I	1	2,23	–2,98	98,74
	3	1,26	–3,21	72,40
	5	0,29	–3,44	46,06
	7	–0,67	–3,66	19,72
	9	–1,64	–3,88	353,38
	11	–2,59	–4,10	327,04
	13	–3,55	–4,31	300,71
	15	–4,49	–4,51	274,37
	17	–5,42	–4,71	248,04
	19	–6,35	–4,91	221,71
	21	–7,26	–5,09	195,37
	23	–8,16	–5,27	169,04
	25	–9,05	–5,45	142,71
	27	–9,91	–5,61	116,37
	29	–10,77	–5,77	90,04
I	31	–11,60	–5,92	63,71

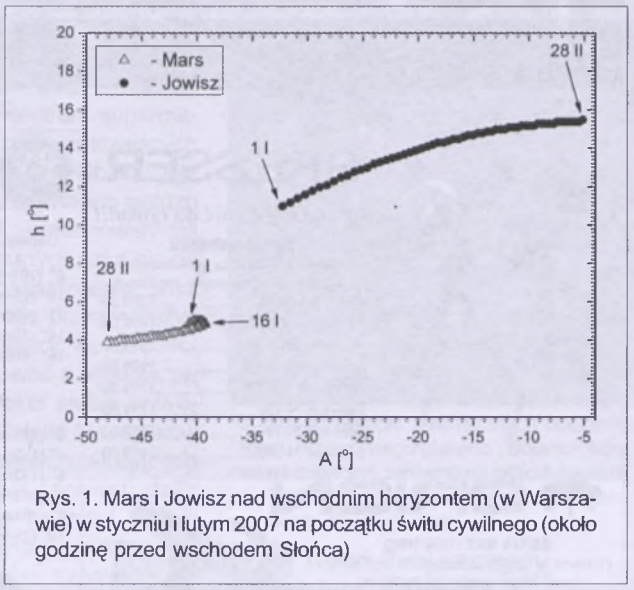
P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$8^d\ 11^h\ 56^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie stycznia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $3^d13^h58^m$, ostatnia kwadra $11^d12^h44^m$, nów $19^d04^h00^m$ i pierwsza kwadra $25^d23^h01^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się w dniu 10 stycznia o 16^h24^m, natomiast w perygeum 22 stycznia o 12^h32^m.



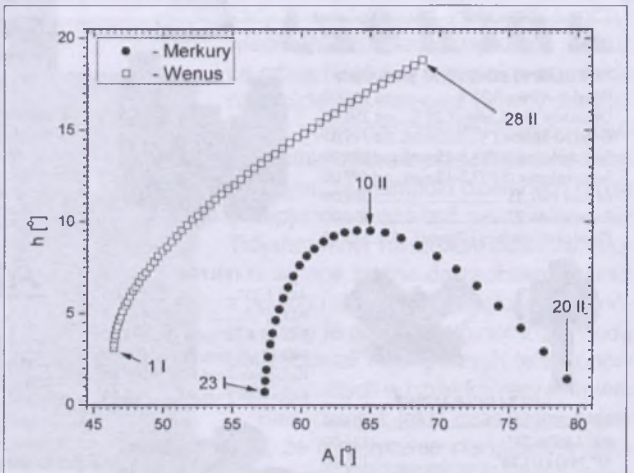
Rys. 1. Mars i Jowisz nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w styczniu i lutym 2007 na początku świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca)

Planety, planety karłowate i planetoidy

Pod koniec stycznia można próbować zaobserwować **Merkurego**, wznoszącego się wieczorem coraz wyżej nad południowo-zachodnim horyzontem. W ostatnim dniu miesiąca, pod koniec zmierzchu cywilnego (tj. ok. godzinę po zachodzie Słońca) planetę, świecącą z jasnością -1^m, będzie można zobaczyć na wysokości ok. 6° nad horyzontem.

Niedaleko Merkurego możemy zobaczyć wznoszącą się coraz wyżej **Wenus**, świecącą jako „Gwiazda Wieczorna" z jasnością -4^m. O ile na początku stycznia w ok. godzinę po zachodzie Słońca można ją zaobserwować na wysokości jedynie 3° nad horyzontem, to pod koniec miesiąca wielkość ta wzrośnie do ok. 11°. Przez teleskop będzie można wtedy zobaczyć tarczę planety o średnicy 11", w fazie zmniejszającej się po pełni.

Nad ranem można próbować odnaleźć **Marsa**, jednak nawet gdy w pierwszych dniach stycznia osiągnie on największą w styczniu wysokość nad horyzontem, to wyniesie ona jedynie 5° (na początku świtu cywilnego), co przy jasno-



Rys. 2. Merkury i Wenus nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w styczniu i lutym 2007 pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca)

ści planety równej zaledwie 1,5^m czyni jej obserwacje, a nawet dostrzeżenie na tle jaśniejącego nieba, praktycznie niemożliwymi.

Także nad ranem można zobaczyć **Jowisza**, którego wysokość nad horyzontem powoli rośnie, osiągając pod koniec miesiąca prawie 15° (ok. godzinę przed wschodem Słońca). W odnalezieniu planety może pomóc jej duża jasność, równa prawie –2^m.

Przez całą noc, w gwiazdozbiorze Lwa, widoczny jest zbliżający się do opozycji **Saturn**, jako „gwiazda" o jasności 0^m. Oczywiście główną „atrakcją" Saturna jest jego system pierścieni, którego główne składowe są widoczne nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie — do dostrzeżenia „Szczeliny Cassiniego" wystarczy teleskop o średnicy lustra 10 cm przy powiększeniu 100×.

Na początku miesiąca można jeszcze wieczorem próbować odnaleźć **Urana**, świecącego w gwiazdozbiorze Wodnika z jasnością 5,9^m, jednak wysokość planety nad horyzontem z dnia na dzień szybko maleje i pod koniec stycznia jej obserwacja staje się praktycznie niemożliwa. **Neptun** znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jego obserwacja jest niemożliwa.

Spośród planet karłowatych pod koniec stycznia możemy nad ranem próbować odnaleźć **(134340) Plutona**, będącego jednocześnie jednym z największych obiektów Pasa Kuipera (do niedawna zresztą uważanego za planetę). Na początku świtu astronomicznego (dwie godziny przed wschodem Słońca) znaleźlibyśmy go na wysokości zaledwie 8° nad południowo-wschodnim horyzontem, świecącego z jasnością 13,9^m, jednak przy tak niskim położeniu jego obserwacja jest przy tej jasności raczej niemożliwa.

W styczniu w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(7) Iris, (jasność 8,2^m). 1 I: 3^{h}01,1^m, +18°21'; 11 I: 3^{h}08,4^m, +18°06'; 21 I: 3^{h}18,6^m, +18°07'; 31 I: 3^{h}31,2^m, +18°22'.

(20) Massalia, (jasność 8,5^m). 1 I: 9^{h}08,5^m, +15°09'; 11 I: 9^{h}02,5^m, +15°32'; 21 I: 8^{h}54,0^m, +16°06'; 31 I: 8^{h}44,1^m, +16°46'.

Meteory

W dniach od 1 do 5 stycznia promieniują **Kwadrantydy** (**QUA**). Maksimum aktywności spodziewane jest 4 stycznia. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne rekt. 15^{h}18^m, dekl.+49°. Nazwa roju pochodzi od nieistniejącego już na dzisiejszych mapach gwiazdozbioru *Quadrans Muralis*, umieszczonego w początkach XIX w. na granicy gwiazdozbiorów Smoka, Herkulesa i Wolarza. Obserwacje Kwadrantydów w tym roku praktycznie uniemożliwi Księżyc w pełni.

* * *

2^{d}18^h Maksymalna libracja Księżyca (8,0°) w kierunku *Mare Australe* (oświetlone).

3^{d}20^h Ziemia w peryhelium na swej okołosłonecznej orbicie w odl. 147 mln km od Słońca.

4^{d}16^{h}08^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003]*.

5^{d}19^{h}13^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003]*.

6^{d}18^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 0,4°.

7^{d}06^h Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.

8^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

9^{d}13^h Minimalna libracja Księżyca (1,5°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione).

9^{d}18^{h}07^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2006]*.

11^{d}04^{h}01^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003]*.

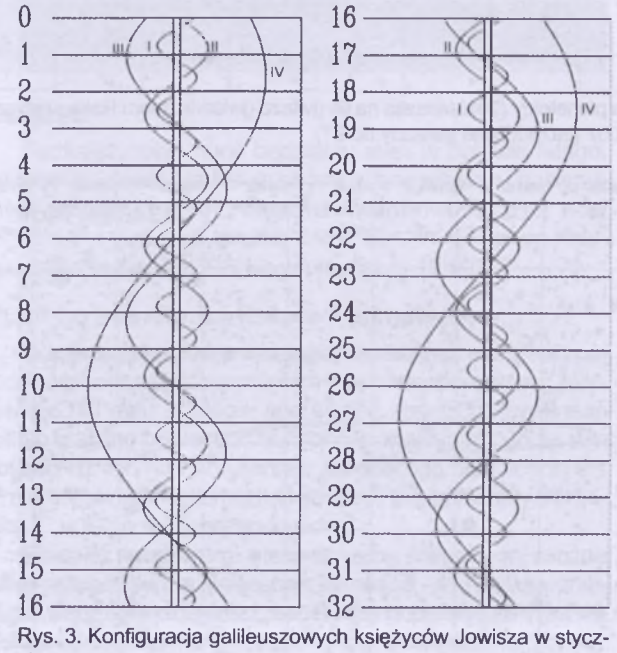
11^{d}20^{h}23^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003]*.

12^d Gwiazda zmienna długookresowa V Cas (miryda) (23^{h}11,6^m, –15°17') osiąga maksimum jasności (7,9^m) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2004]*.

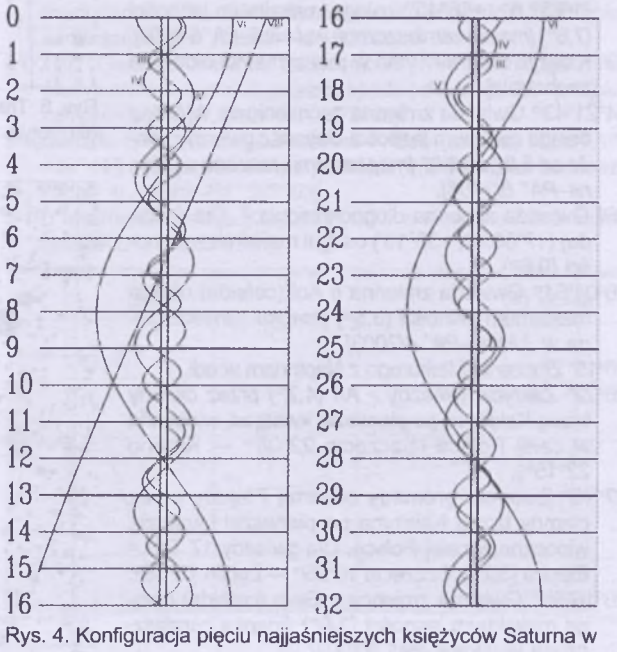
13^{d}01^h Złączenie Marsa z Plutonem w odl. 7°.

13^{d}23^{h}29^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001]*.

14^{d}19^{h}19^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga mini-



Rys. 3. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w styczniu 2007 (I — Io, II — Europa, III — Ganimedes, IV — Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 4. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w styczniu 2007 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Tytan, VIII — Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

mum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}8^m$ do $6{,}6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2006].*

15^d Gwiazda zmienna długookresowa U Cet (miryda) ($2^h33{,}7^m$, –13°09') osiąga maksimum jasności ($7{,}5^m$).

15^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

15^d17^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 6°.

16^d07^h Maksymalna libracja Księżyca (8,7°) w kierunku *Sinus Iridium* (oświetlona).

$16^d20^h18^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2{,}1^m$ do $3{,}4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001].*

17^d00^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 5°.

18^d Gwiazda zmienna długookresowa U Ori (miryda) ($5^h55{,}9^m$, +20°11') osiąga maksimum jasności ($6{,}3^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2004].*

19^d Gwiazda zmienna długookresowa S Vir (miryda) ($13^h33{,}0^m$, –7°12') osiąga maksimum jasności ($7{,}0^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2005].*

$19^d00^h37^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*

19^d03^h Złączenie Wenus z Neptunem w odl. 1°.

19^d20^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 2°.

$19^d20^h31^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}8^m$ do $6{,}6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2006].*

$20^d11^h07^m$ Słońce wstępuje w znak Wodnika, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 300°.

20^d16^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.

20^d19^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 1°.

$21^d21^h35^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*

22^d05^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 0,5°.

22^d19^h Minimalna libracja Księżyca (0,6°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).

23^d Gwiazda zmienna długookresowa R Dra (miryda) ($16^h32{,}6^m$, +66°45') osiąga maksimum jasności ($7{,}6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2002].*

23^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

$24^d21^h43^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}8^m$ do $6{,}6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2006].*

26^d Gwiazda zmienna długookresowa T Dra (miryda) ($17^h56{,}4^m$, +58°13') osiąga maksimum jasności ($9{,}6^m$).

$26^d04^h51^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*

26^d15^h Złączenie Merkurego z Neptunem w odl. 1°.

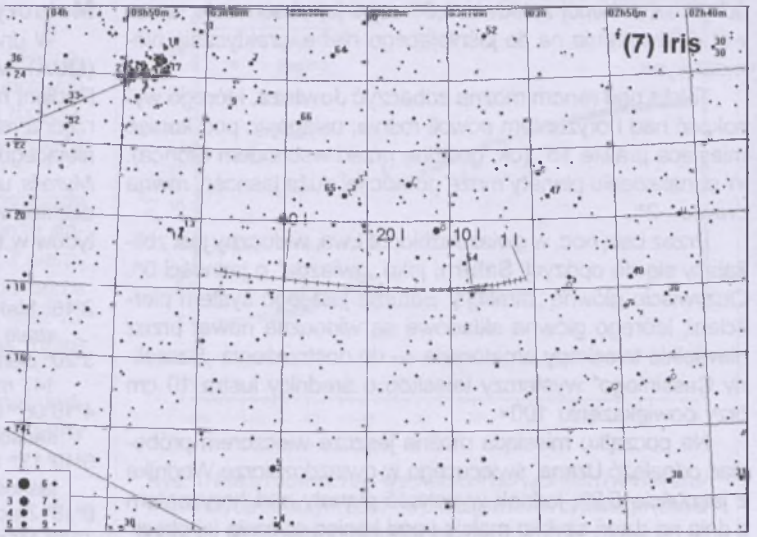
26^d22^h Zakrycie gwiazdy ε Ari ($4{,}7^m$) przez ciemny brzeg Księżyca po pierwszej kwadrze, widoczne w całej Polsce (Szczecin 22^h08^m — Krosno 22^h15^m).

27^d15^h Zakrycie gromady otwartej Plejady przez ciemny brzeg Księżyca po pierwszej kwadrze, widoczne w całej Polsce. Dla gwiazdy 17 Tau = Electra ($3{,}7^m$): Szczecin 15^h25^m — Lublin 15^h38^m.

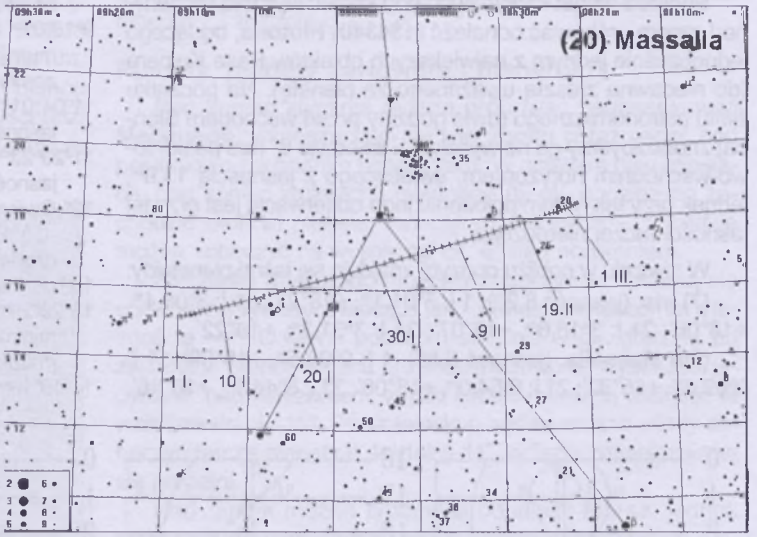
$28^d16^h55^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*

29^d13^h Maksymalna libracja Księżyca (8,3°) w kierunku *Mare Australe* (oświetlone).

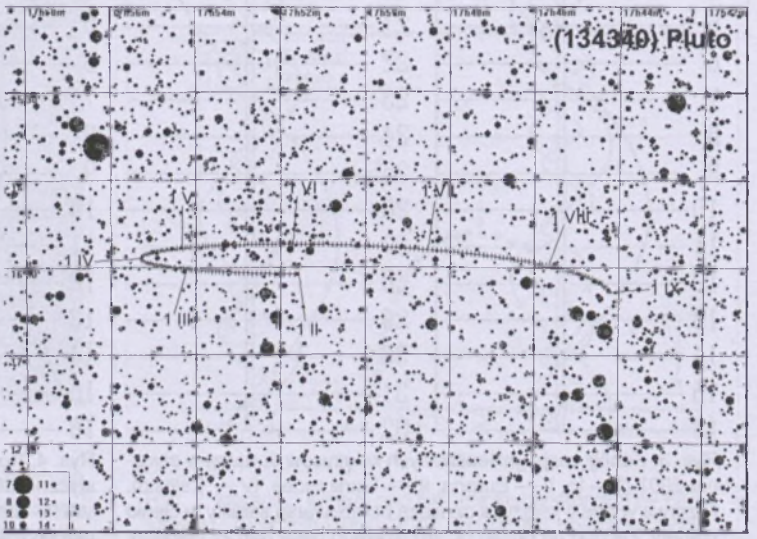
31^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.



Rys. 5. Trasa planetoidy (7) Iris na tle gwiazd gwiazdozbioru Barana w styczniu 2007 (zaznaczone gwiazdy do 9^m)



Rys. 6. Trasa planetoidy (20) Massalia na tle gwiazd gwiazdozbioru Raka w styczniu i lutym 2007 (zaznaczone gwiazdy do 9^m)



Rys. 7. Trasa Plutona na tle gwiazd gwiazdozbioru Węża od lutego do sierpnia 2007 (zaznaczone gwiazdy do $14{,}5^m$)

Luty

Słońce

Dni stają się coraz dłuższe. Słońce wędruje po części ekliptyki położonej pod płaszczyzną równika niebieskiego, ale jego deklinacja wzrasta w ciągu miesiąca od –17° do –8°, w związku z czym dnia przybywa prawie o dwie godziny: w Warszawie 1 lutego Słońce wschodzi o 6^h17^m, zachodzi o 15^h22^m, a 28 lutego wschodzi o 5^h25^m, zachodzi o 16^h13^m. W lutym Słońce wstępuje w znak Ryb.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 2006		P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
II	1	–12,02	–6,00	50,54
	3	–12,83	–6,14	24,21
	5	–13,62	–6,27	357,87
	7	–14,39	–6,39	331,54
	9	–15,14	–6,51	305,21
	11	–15,87	–6,62	278,87
	13	–16,58	–6,72	252,54
	15	–17,27	–6,81	226,20
	17	–17,93	–6,90	199,87
	19	–18,57	–6,97	173,53
	21	–19,19	–7,04	147,19
	23	–19,79	–7,09	120,86
	25	–20,36	–7,14	94,52
	27	–20,91	–7,18	68,17
III	1	–21,43	–7,21	41,83

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$4^d\ 20^h\ 07^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w połowie lutego, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $2^d05^h45^m$, ostatnia kwadra $10^d09^h51^m$, nów $17^d16^h14^m$ i pierwsza kwadra $24^d07^h56^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się $7^d12^h38^m$, a w perygeum $19^d09^h37^m$.

Planety, planety karłowate i planetoidy

W pierwszej połowie miesiąca, wieczorem, nisko nad południowo-zachodnim horyzontem można zaobserwować **Merkurego**. W dniu 9 lutego, pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca), znajdziemy go na wysokości aż 10° nad horyzontem świecącego z jasnością 0^m. Przez teleskop będzie można zobaczyć tarczę planety o średnicy 7" w fazie zbliżonej do kwadry.

Również wieczorem, nieco powyżej Merkurego, można obserwować **Wenus** świecącą z jasnością $–4^m$. W ciągu miesiąca warunki widzialności planety się poprawiają. Przez teleskop będzie można zobaczyć tarczę Wenus o średnicy 12" przy fazie oddalającej się od pełni.

Warunki widzialności **Marsa** w porównaniu do stycznia praktycznie się nie zmieniają, a jego obserwacja nisko nad wschodnim horyzontem jest właściwie nadal niemożliwa.

Warunki obserwacji **Jowisza** i **Saturna** w stosunku do stycznia praktycznie się nie zmieniają, jednak w połowie lutego, w związku z przebywaniem w opozycji, średnica tarczy drugiej z wymienionych planet osiągnie największą w 2007 r. wielkość wynoszącą ponad 20", co ułatwi obserwacje struktury chmur w jej atmosferze oraz szczegółów systemu pierścieni.

Uran i **Neptun** znajdują się na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

W porównaniu ze styczniem poprawiają się nieco warunki porannej widzialności planety karłowatej **(134340) Plutona**, którego pod koniec lutego, na dwie godziny przed wschodem Słońca, można odnaleźć na wysokości 14° nad horyzontem, jednak niezbędny jest do tego teleskop o średnicy lustra przynajmniej 25 cm.

W lutym w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(4) Vesta, (jasność $7,4^m$). 10 II: $15^h57,3^m$, –13°21'; 20 II: $16^h12,0^m$, –13°48'; 2 III: $16^h25,4^m$, –14°05'.

(20) Massalia, (jasność $8,8^m$). 10 II: $8^h34,5^m$, +17°25'; 20 II: $8^h26,7^m$, +17°57'; 2 III: $8^h21,9^m$, +18°19'.

Meteory

W dniach od 15 lutego do 10 marca promieniują, należące do kompleksu Virginidów, δ **Leonidy (DLE)**. Maksimum aktywności tego mało aktywnego roju przypada 25 lutego. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne rekt. 7^h00^m, dekl. +16°. Warunki obserwacji w tym roku są dobre, gdyż obserwacjom meteorów w drugiej połowie nocy nie będzie przeszkadzał Księżyc tuż po pierwszej kwadrze.

* * *

1^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

$1^d21^h20^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2006].*

2^d18^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 0,3°.

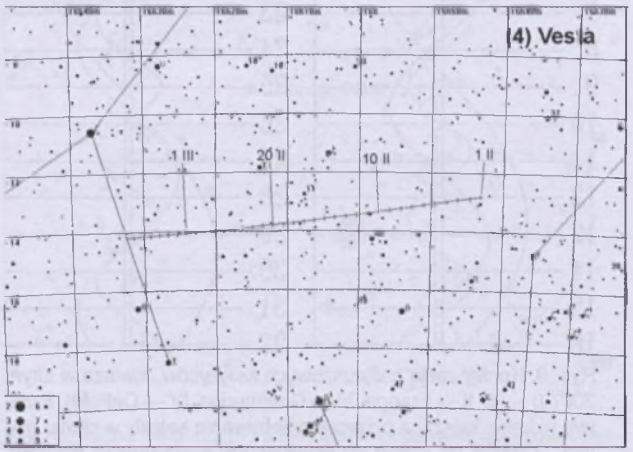
2^d23^h Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 7°.

$3^d22^h42^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2006].*

$4^d00^h07^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2006].*

5^d Gwiazda zmienna długookresowa R Boo (miryda) ($14^h37,1^m$, +26°44') osiąga maksimum jasności ($7,2^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 2/2003].*

5^d16^h Minimalna libracja Księżyca (1,5°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione).



Rys. 8. Trasa planetoidy (4) Vesta na tle gwiazd gwiazdozbioru Skorpiona w lutym 2007 (zaznaczone gwiazdy do 9^m)

$5^d22^h01^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2{,}1^m$ do $3{,}4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001].*
$6^d23^h58^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*
7^d01^h Złączenie Wenus z Uranem w odl. 0,7°.
7^d18^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 18°.
$7^d20^h31^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*
8^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
8^d10^h Neptun w koniunkcji ze Słońcem.
$9^d01^h19^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}8^m$ do $6{,}6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 5/2006].*
$10^d03^h04^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}6^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2002].*
10^d18^h Saturn w opozycji do Słońca.
12^d12^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 7°.
13^d10^h Maksymalna libracja Księżyca (9,6°) w kierunku *Sinus Iridium* (oświetlona).
13^d14^h Merkury nieruchomy w rektascensji.
15^d01^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 4°.
15^d11^h Złączenie Merkurego z Uranem w odl. 5°.
16^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$16^d02^h57^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5{,}9^m$ do $6{,}4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2005].*
$16^d17^h34^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*
17^d Gwiazda zmienna długookresowa X Oph (miryda) ($18^h38{,}3^m$, +8°50') osiąga maksimum jasności ($6{,}8^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 2/2003].*
17^d01^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.
$17^d17^h33^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*
$18^d00^h09^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*
18^d11^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 5°.
18^d18^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 0,1°.
$19^d01^h10^m$ Słońce wstępuje w znak Ryb, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 330°.
19^d07^h Minimalna libracja Księżyca (1,1°) w kierunku krateru *Schickard* (zacieniony).
19^d17^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 2°.
23^d Gwiazda zmienna długookresowa RS Lib (miryda) ($15^h24{,}3^m$, –22°55') osiąga maksimum jasności ($7{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2004].*
$23^d02^h20^m$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 1/2003].*
23^d05^h Merkury w koniunkcji ze Słońcem.
$23^d21^h48^m$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}5^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 4/2003].*
23^d23^h Zakrycie gromady otwartej Plejady przez ciemny brzeg Księżyca przed pierwszą kwadrą, widoczne w całej Polsce. Dla gwiazdy 20 Tau = Maia ($3{,}9^m$): Gdańsk 23^h06^m — Kraków 23^h12^m.
24^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
25^d17^h Maksymalna libracja Księżyca (9,2°) w kierunku *Mare Australe* (oświetlone).
$28^d03^h46^m$ Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3{,}6^m$) *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 3/2003].*
$28^d20^h33^m$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2{,}1^m$ do $3{,}4^m$ *[mapka zamieszczona w „Uranii–PA" 6/2001].*

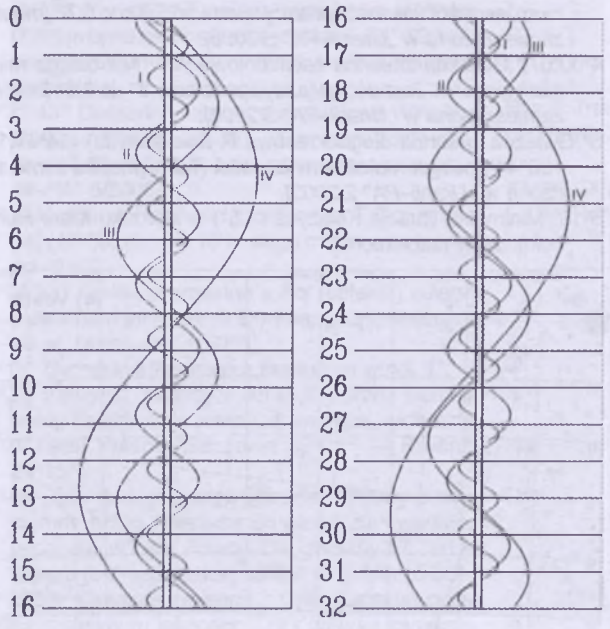
UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby otrzymać datę w obowiązującym w styczniu i lutym w Polsce „czasie zimowym", należy dodać 1 godzinę.

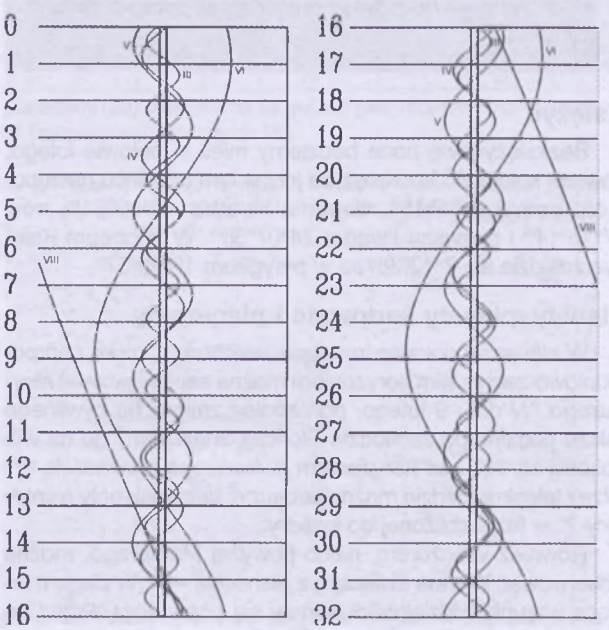
Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opr. T. Ściężor



Rys. 9. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lutym 2007 (I — Io, II — Europa, III — Ganimedes, IV — Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



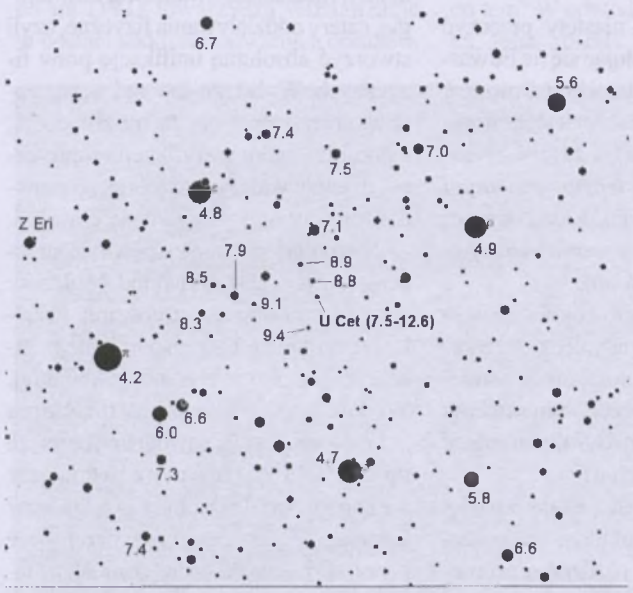
Rys. 10. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w lutym 2007 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Tytan, VIII — Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

Interesujące obiekty: **Ryś, Sekstant**

Obiekt	Rodzaj obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ′ : ″]	V [mag.]	Rozmiary kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] /F[mm]
RYŚ							
NGC 2683	G	08:52:41,3	+33:25:12	9,7	9,3′×2,5′	70–100/40–80×	80/800–1200
NGC 2419	GK	07:38:08,5	+38:52:57	10,3	4,1′	150/80–100×	150/1500–2000
NGC 2549	G	08:18:58,3	+57:48:11	11,2	4,2′×1,5′	170–200/100×	150–200/2000
NGC 2776	G	09:12:14,5	+44:57:17	11,4	2,9′×2,7′		
NGC 2782	G	09:14:05,0	+40:06:49	11,4	3,8′×2,9′		
NGC 2541	G	08:14:40,0	+49:03:43	11,5	6,6′×3,5′		
NGC 2500	G	08:01:53,0	+50:44:12	11,5	2,9′×2,7′		
NGC 2273	G	06:50:06,0	+60:51:00	11,6	3,6′×2,4′		
NGC 2537	G	08:13:14,4	+45:59:29	11,7	1,7′×1,5′	200–250/120×	200–250/2000
NGC 2832	G	09:19:46,8	+33:44:59	11,8	3,3′×2,2′		
NGC 2712	G	08:59:30,6	+44:54:50	11,9	2,9′×1,7′		
NGC 2543	G	08:12:57,8	+36:15:13	11,9	2,7′×1,2′		
NGC 2340	G	07:11:10,7	+50:10:29	11,9	1,8′×1,2′		
SEKSTANT							
NGC 3115	G	10:05:14,1	–7:43:05	9,1	8,3′×3,2′	70–100/40–80×	80/800–1200
NGC 3169	G	10:14:14,7	+3:28:01	10,3	4,8′×3,2′	150/80–100×	150/1500–2000
NGC 3166	G	10:13:45,5	+3:25:33	10,5	5,2′×2,7′		
NGC 3423	G	10:51:14,4	+5:50:24	10,9	3,9′×3,5′	170–200/100×	150–200/2000
NGC 2974	G	09:42:33,2	–3:41:57	10,9	3,4′×2,1′		
UGC 5373	G	10:00:00,0	+5:20:00	11,3	5,1′×3,5′		
PGC 29653	G	10:11:00,0	–4:43:00	11,5	5,9′×4,9′		
NGC 2967	G	09:42:03,3	+0:20:10	11,6	3,0′×2,9′	200–250/120×	200–250/2000
NGC 3044	G	09:53:40,8	+1:34:46	11,8	4,8′×0,9′		
NGC 3055	G	09:55:17,8	+4:16:10	11,9	2,2′×1,4′		

G — galaktyka, GK — gromada kulista

Wiesław Skórzyński



Rys. 11. Mapa gwiazdozbioru Wieloryba do obserwacji gwiazdy zmiennej U Cet ($2^h33^m43{,}7^s$, –13°08′54″). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7°, północ u góry)

Rys. 12. Mapa gwiazdozbioru Smoka do obserwacji gwiazdy zmiennej T Dra ($17^h56^m21{,}9^s$, +58°12′54″). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7°, północ u góry)

Brian Greene: ***PIĘKNO WSZECHŚWIATA. Superstruny, ukryte wymiary i poszukiwanie teorii ostatecznej.*** Przełożyli: Ewa L. Łokas i Bogumił Bieniok. Wyd. Prószyński i S-ka, „Na ścieżkach nauki", s. 432, Warszawa.

Przedstawiana pozycja, określona przez wydawcę jako „światowy bestseller", ma jednak pewien mankament: nie zawiera roku wydania, co ostatnio stało się w Polsce dość powszechnym zwyczajem. Pewne przesłanki wskazują, iż może to być pozycja z roku 2005.

Jak głosi tytuł, autor jest zafascynowany Wszechświatem — zarówno makro-, jak i mikrokosmosem. Zaczyna od teorii strun, która miałaby powiązać ze sobą te dwa odległe światy i dwa modele standardowe: kosmologiczny oraz cząstek elementarnych (zob. np. „Urania–PA" 6/2004), stanowiąc „zunifikowaną teorię wszystkiego". Niemniej jednak jest to dopiero *dzieło w trakcie tworzenia*, a pewni uczeni odnoszą się do niego dość sceptycznie.

Część druga tej pozycji została poświęcona zarówno odwiecznej problematyce przestrzeni i czasu, jak i najnowszej, istniejącej od stu lat — kwantom (wprowadzonych do fizyki przez Maxa Plancka) oraz zasadzie względności (postulowanej przez Alberta Einsteina). Autor rozważa konsekwencje tych nowych pojęć: jedności przestrzeni i czasu, czyli czasoprzestrzeni i jej zakrzywieniu, niezgodności grawitacji Newtona ze szczególną teorią względności Einsteina (a już zwłaszcza z jego ogólną teorią względności), braku (jak dotąd) uzgodnienia mechaniki kwantowej z teorią względności. Na tym tle omawia kwestię Wielkiego Wybuchu i rozszerzania się Kosmosu, istnienie czarnych dziur we Wszechświecie, dualizm korpuskularno-falowy (udowodniony poniekąd przez księcia Louisa de Broglie'a). Kończy ten rozdział nader optymistyczne stwierdzenie: *Wszystko zmieniło się jednak po sformułowaniu teorii superstrun.*

I rzeczywiście, cała następna część (III) jest poświęcona wielkiej teorii superstrun, co do której wielu uczonych (fizyków, astrofizyków, kosmologów) ma wiele zastrzeżeń. Piszący te słowa również ma ambiwalentne odczucia... Nazbyt już ona przypomina „pitagorejską harmonię sfer". Niemniej jednak, *relata refero*, powinienem wyjaśnić ważkie argumenty na korzyść tej teorii. Nie znalazłem ich. Nie przekonał mnie też rozdział pt. *Ukryte wymiary*. Niby co to znaczy? — dobry Pan Bóg również ukrywa przed nami swoje zamiary.

Dalej autor zaczyna, niestety, przeczyć samemu sobie. Powołując się na Edwarda Wittena, pisze m. in., iż on *Dowodzi, że inne zaawansowane cywilizacje we Wszechświecie mogły jako pierwsze odkryć teorię strun, a teoria grawitacji okazała się jej zaskakującą konsekwencją*. A dalej: *Czy teoria strun jest poprawna? Nie wiadomo.*

Nie przeczę, że są to cokolwiek wyrwane z kontekstu cytaty, lecz odzwierciedlają te rozterki autora, tak iż ośmieliłem się napisać o „przeczeniu samemu sobie". Może lepiej byłoby napisać o błądzeniu i zwątpieniu?

Część IV natomiast została poświęcona teorii strun i strukturze czasoprzestrzeni, a otwiera go rozdział o geometrii kwantowej. Jest to też poniekąd dziwne, ponieważ, jak wiadomo, bardzo trudno jest uzgodnić mechanikę kwantową z teorią względności. Czyżby to więc teoria strun, jak to wspominałem na samym początku, miałaby faktycznie doprowadzić do tego upragnionego uzgodnienia?

Dalsze rozważania autora są już nader zawiłe, ale w przypisie stwierdza on: *Czytelnik nie powinien więc czuć się zniechęcony, jeśli ma trudności z prześledzeniem poszczególnych etapów rozumowania — zwłaszcza po jednokrotnym przeczytaniu tych fragmentów.*

No i masz... Czy tak powinna wyglądać p o r z ą d n a pozycja popularnonaukowa? Ale dodajmy, iż w niejakim sensie sytuację ratują *Przypisy*, w których pewne sporne i kontrowersyjne pomysły są dodatkowo wyjaśniane i komentowane, a także *Słownik terminów naukowych*.

W dalszych rozdziałach autor idzie **dalej niż struny**, czyli opisuje poszukiwanie M-teorii — drugą rewolucję superstrunową, która łączy poprzednie pięć teorii superstrun *w jedną wszechobejmującą strukturę*.

Końcowe partie książki stają się nieco nużące, bowiem stanowią jakby powtórzenie części początkowych. Autor popada w niejaki wszystkoizm, próbując za pomocą nie do końca jeszcze akceptowanej (a może nawet błędnej) teorii superstrun wyjaśnić grawitację, strukturę czasoprzestrzeni i teorię względności, Wielki Wybuch, czarne dziury, mechanikę kwantową, kosmologię, cztery oddziaływania fizyczne, czyli stworzyć absolutną unifikację praw fizycznych. Widać, że jest nad wyraz zachwycony i przejęty tą możliwością, a pomimo braku weryfikacji empirycznej dzielnie walczy o tę teorię, co prawdziwemu uczonemu tylko się chwali.

Niemniej jednak mam pewne zastrzeżenia co do relacjonowania poglądów autora i sposobu konstruowania książki, o czym już nieraz wspominałem, pisząc o popularyzacji amerykańskiej. Wydaje mi się ona jakoś niezborna i chropawa (kiedyś nawet napisałem, że rubaszna...). Ale być może to tłumacze nie bardzo poradzili sobie z przekładem? Chociaż — czytałem inne, przełożone przez nich książki i nie odniosłem takiego wrażenia. Niech zatem Czytelnik podejmie właściwą decyzję.

T. Zbigniew Dworak

uśmiechnij się! ;)

Jan Izydor Sztaudynger
Astronomom i kochankom:

Niebo i miłą
Bierze się siłą

Symfonicznie i... kosmicznie

Właśnie ukazał się dawno zapowiadany album z symfonicznymi aranżacjami utworów Jeana Michela Jarre'a — „The Symphonic Jean Michel Jarre". Sam pomysł powstał w głowie producenta muzyki filmowej, Jamesa Fitzpatricka (nb. bliskiego przyjaciela ojca Jeana Michela, Maurice'a Jarre'a). Autorami aranżacji są Nic Raine i Gareth Williams. Praca nad albumem zawierającym 20 kompozycji J.M. Jarre'a zajęła muzykom ponad dwa lata, a w jego tworzeniu wzięło udział przeszło dwustu muzyków i piosenkarzy.

Album został wydany w limitowanej formie pudełkowej zawierającej 2 płyty CD i 1 krążek DVD. Muzyczna zawartość CD i DVD jest identyczna, z tym, że uprzestrzennionemu dźwiękowi na DVD towarzyszą wizualizacje w postaci lekko animowanych obrazów. Animacje są bardzo skromne i w zasadzie ograniczają się do powolnego efektu „zoom". Jak mogą się Szanowni Czytelnicy domyślać, część tych ilustracji to zdjęcia obiektów astronomicznych. I tak, kompozycjom z suity „Chronologie" towarzyszą obrazy pozostałości po supernowej, galaktyki spiralnej i gwiazd zanurzonych w wielobarwnej mgławicy, „Equinoxe 4" zostało połączone z niebanalnym obrazem zachodu (a może wschodu?) Słońca nad oceanem (morzem?), a temat z „Magnetic Fields" został całkiem sensownie stowarzyszony z materią międzygwiazdową „uczesaną" przez nic innego, jak magnetyczne pola właśnie! Dalej jeszcze kilka sympatycznych obrazów Kosmosu, jednak w tym momencie stop! Nie piszę co, bo właśnie mi przyszło do głowy, żeby wykorzystać je w minikonkursie, który zagości w tym numerze „Uranii" zamiast krzyżówki.

No cóż, dotychczasowej autorce krzyżówek, mojej córce Joannie, zachciało się pójść w ślady rodziców i podjęła studia astronomiczne w Toruniu, przez co nie ma jej „pod ręką", a te nasze uranijne krzyżowki wymagają szybkiego przygotowania w momencie, gdy już skład zeszytu jest prawie ukończony, coby słowa pomocnicze i hasła ściśle odpowiadały zawartości numeru. Ale co tam! W odwodzie jeszcze druga córka, Julia, została...

Tak więc, zapraszam do zajrzenia na następną stronę i zmierzenia się z wyzwaniem. Dla zagorzałych miłośników obrazów gwieździstego nieba zapewne nie będzie ono trudne.

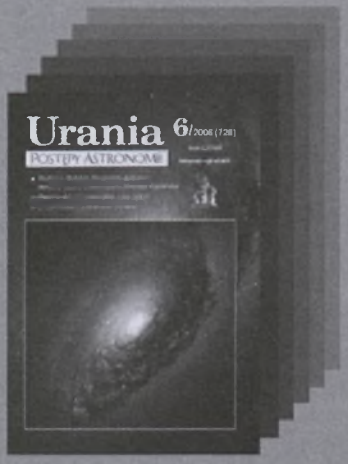
Mgławice magnetycznymi polami czesane... Fot. CFHT/Cuillandre

Wróćmy jednak do muzyki. Napiszę krótko: brzmi świetnie! I niekoniecznie musi to być zaraz dźwięk surround 5.1. Zawartość krążków nawet mnie mile zaskoczyła, bo spodziewałem się — aż wstyd pisać — czegoś miałkiego i banalnego. Niestety, słyszane wcześniej orkiestrowe wersje znanych mi utworów o kosmicznych proweniencjach pozwalały na takie obawy.

Hm... Jeśli kogoś zachęciłem do zakupu „symfonicznego Jarre'a", to od razu uczciwie ostrzegam — w krajowych sklepach, jak na razie, dostępna jest tylko wersja CD bez DVD.

Ale dla samej muzyki warto...

Jacek Drążkowski



INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2006 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 1160220200000000055305241

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii" i „Uranii-PA" udziela:

Karolina Wojtkowska
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: urania@astri.uni.torun.pl
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

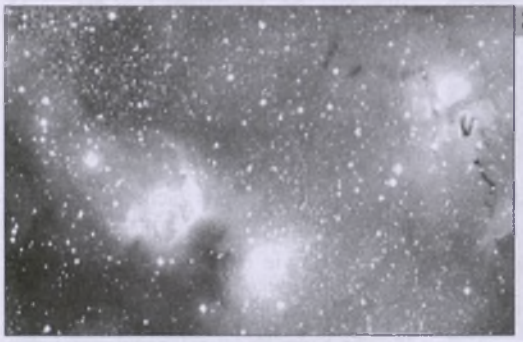
Kupon konkursowy Urania-PA 6/2006

Rozwiązaniem krzyżówki z „Uranii-PA" nr 4/2006 jest hasło: „ZAĆMIENIE W TURCJI".

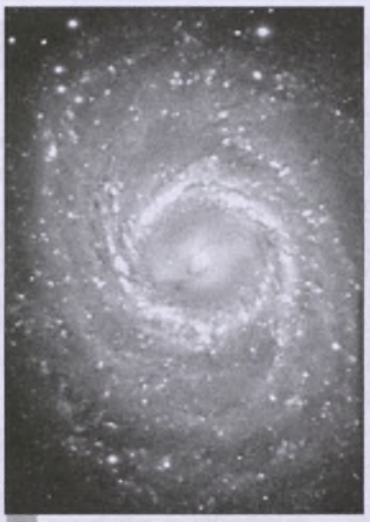
Nagrody w postaci „Wielkich atlasów nieba" Piotra Brycha wylosowali: **Piotr Kowalski** ze Słupska i **Leszek Smiatek** z Wodzisławia Śląskiego. Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą.

Wszystkich zapraszamy do nowej zabawy. Zadanie polega na odgadnięciu, fragmenty jakich obiektów astronomicznych przedstawiają zamieszczone tu ilustracje. (Towarzyszą one muzyce zawartej na krążku DVD „The Symphonic Jean Michel Jarre", o czym można poczytać na poprzedniej stronie).

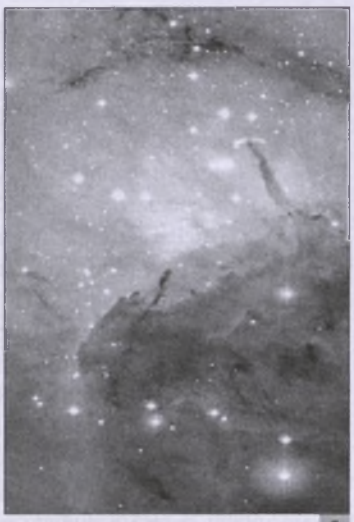
1



2



3

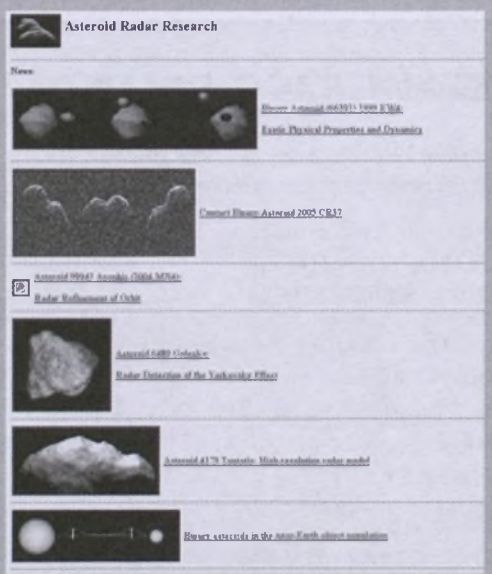


4

5

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwie nagrody książkowe. Na rozwiązania czekamy do końca grudnia br. Osoby nie będące prenumeratorami „Uranii-PA" muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

Słowa kluczowe w krzyżówce z „Uranii-PA" 4/06: 1. Kozaia, 2. Castel Gandolfo, 3. jasność, 4. Geminidy, 5. satelitarne, 6. Enceladus, 7. winda, 8. Baily'ego, 9. Kartezjusz, 10. Inkwizycja, 11. Pustynia, 12. Jozue, 13. Safronova, 14. Wrocław, 15. Lidyjczycy, 16. Macioszek.



Ciekawe strony internetowe...

Dziś proponuję odwiedzić stronę Stevena J. Ostro poświęconą radarowym obserwacjom planetoid (http://echo.jpl.nasa.gov). Strona graficzna nie wygląda zbyt imponująco. Pierwsze wrażenie jest jednak mylące — pod niepozornymi odnośnikami kryje się masa informacji. Na samym początku mamy wykonane w maju 2001 r. obserwacje podwójnej planetoidy 1999 KW4. Znajdowała się ona wtedy około 5 mln km od Ziemi. Obrazy pozwalają na rozróżnienie szczegółów większych od około 15 m — jest to najdokładniejsze z wykonanych dotychczas „zdjęć" radarowych planetoid. Wyniki obserwacji i symulacji komputerowych dynamiki układu zostały opublikowane w „Science" 12 października br. (ściślej w „Science Express", gdzie umieszcza się niektóre artykuły przed oficjalną publikacją). Oczywiście ta jedna sprawa nie wyczerpuje zawartości strony — mamy do dyspozycji omówienie wyników obserwacji szeregu innych obiektów — z niektórymi Czytelnicy już spotkali się na łamach naszego pisma. Na dzień dzisiejszy (13 października) przeprowadzono detekcję radarową 310 planetoid, dla niektórych z nich znajdziemy ciekawe informacje. Cierpliwym polecam wycieczkę po stronach związanych mniej lub bardziej luźno z tematyką badań radarowych Układu Słonecznego — „Other Web Sites". (*rs*)

Biblioteka Główna UMK
300043159089

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu

Oblicza Księżyca

Po prawej młody Księżyc sfotografowany 28 maja br. przez Marcina Chwałę ze Strzegomia (aparat cyfrowy Kodak DX 7590 (38–380 mm), ISO 200, czas eksp. 2 s

Niżej zdjęcia zaćmienia Księżyca z 7 września br., tym razem w formie składanki. Były one wykonywane co ok. 10 min, poczynając od 18:11 UT, przy pomocy aparatu cyfrowego HP Photosmart 735 w projekcji okularowej lornetki 25×100. Fot. Tomasz Ściężor, Kraków

ISSN 0032-5414

Biblioteka Główna UMK
300043159089

„Make Lo War!"

„Kochają się, a nie walczą ze sobą!". Tak spuentowali najnowsze zdjęcia NGC 4038-4039 (Anten) — oddziałujących ze sobą galaktyk w gwiazdozbiorze Kruka na południowej półkuli nieba — jego autorzy z Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA i NASA (J. Long, B.Whitmore). Obraz uzyskany kosmicznym teleskopem Hubble'a w dziedzinie widzialnej jest najbardziej ostrym zdjęciem tych galaktyk, jakie dotychczas otrzymano. U góry obraz uzyskany teleskopem Chandra w rentgenowskim zakresie widma (G.Fabbiano). W czasie gdy obie galaktyki przenikają się wzajemnie (proces ten zaczął się ok. 500 mln lat temu), urodziło się wiele miliardów gwiazd, głównie w grupach i gromadach, a nawet supergromadach, dobrze widocznych na powyższych zdjęciach, oraz wybuchło tysiące supernowych. Galaktyki te leżą w odległości ok. 60 mln lat światła od nas. Więcej piszemy o nich w „Galerii obiektów NGC" na s. 275-277