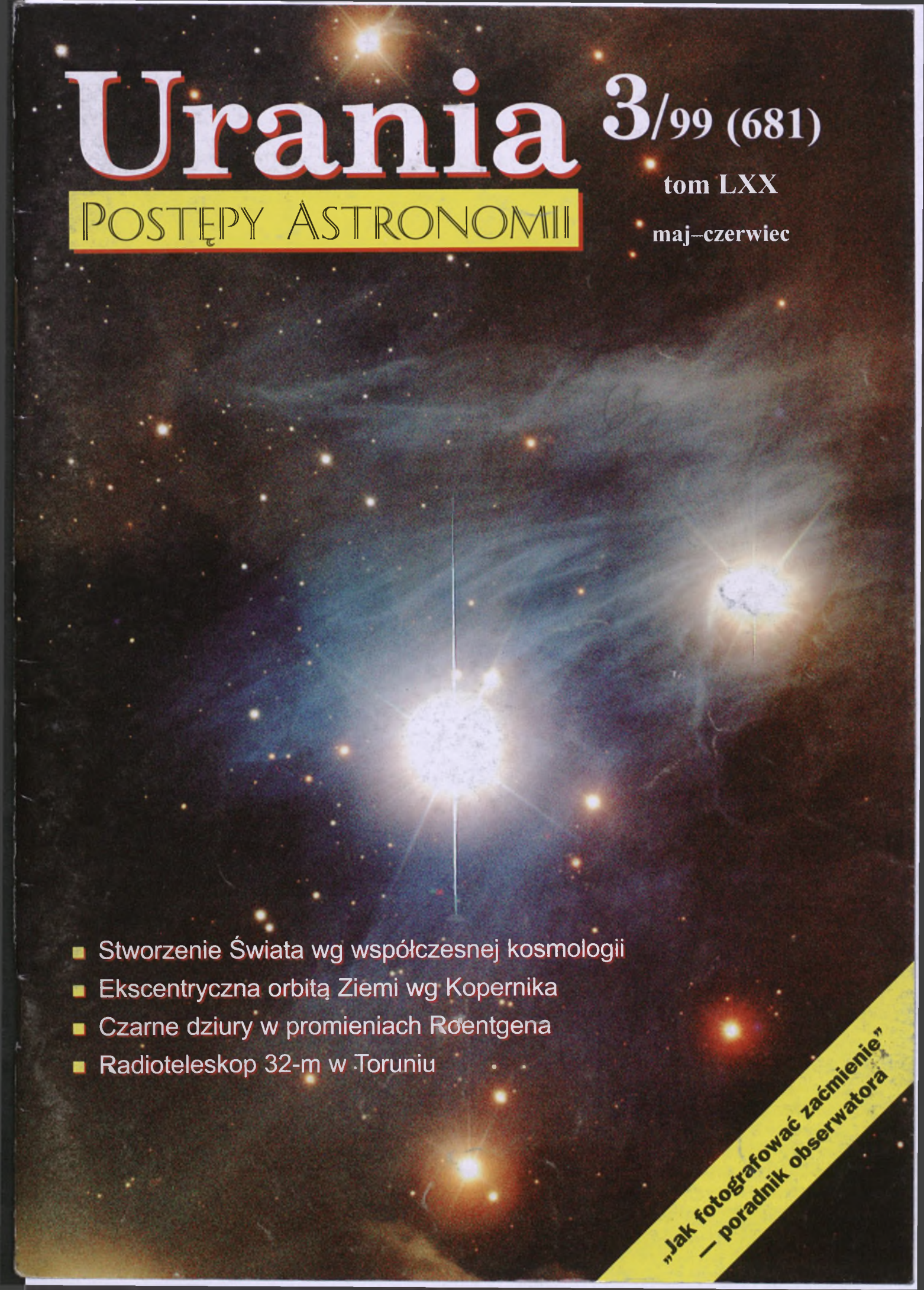
Urania

Postępy Astronomii

3/99 (681)

tom LXX

maj–czerwiec



- Stworzenie Świata wg współczesnej kosmologii
- Ekscentryczna orbitą Ziemi wg Kopernika
- Czarne dziury w promieniach Roentgena
- Radioteleskop 32-m w Toruniu

„Jak fotografować zaćmienie" — poradnik obserwatora

NGC 2997

Galaktyka spiralna NGC 2997 znajduje się na południowym niebie w gwiazdozbiorze Pompa (Antlia). Prezentowane tu zdjęcie zostało uzyskane teleskopem nr 1 (obecnie ANTU) zespołu VLT na Cerro Paranal w Chile rankiem 5 marca 1999, czyli w dniu „chrztu" (nadania nazw) teleskopom VLT (patrz str. 131). Jest to kompozycja 3 oddzielnych ekspozycji w barwach: zielonej V, czerwonej R i w bliskiej podczerwieni I, których rozdzielczość kątowa obrazu oceniana jest na ok. 0.3 sekundy łuku. Pole tu prezentowanego obrazu ma rozmiar ok. 3.4×3.4 (minuty łuku)^2, czyli, biorąc pod uwagę odległość do tej galaktyki równą 55 min lat światła, 55×55 tysięcy lat światła. (fot. ESO)

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

*„**Stworzenie świata według współczesnej kosmologii**" to tytuł artykułu otwierającego ten zeszyt „Uranii". Jego autorem jest ksiądz profesor Michał Heller, znakomity kosmolog i filozof. Jest to jeden z rozdziałów książki Księdza Profesora pt. „Czy fizyka jest nauką humanistyczną?" Autor analizuje w nim samo pojęcie stworzenia świata zarówno z punktu widzenia filozofii i teologii, jak i współczesnej kosmologii relatywistycznej i kwantowej. Jesteśmy przekonani, że ten piękny i jasny wykład historii Wszechświata odpowie na pytania dotyczące początków Kosmosu, stawiane przez wielu naszych Czytelników.*

*Promienie X pozwoliły astronomom przeniknąć w najbliższe sąsiedztwo **czarnej dziury** i zajrzeć do obszarów, gdzie grawitacja jest miażdżąca, temperatury niewyobrażalne, a wyzwalane energie iście piekielne. Te najbardziej niezwykłe obiekty Wszechświata, jakie mogą badać współcześni astronomowie, czarne dziury, są przedmiotem kolejnego artykułu mgr Marka Gierlińskiego i profesora Andrzeja Zdziarskiego. Jest to kontynuacja artykułu z poprzedniego zeszytu.*

*Profesor Antoni Opolski prowadzi nas po kolejnych rozdziałach Kopernikowskiego „De Revolutionibus". Śledzimy razem z Profesorem drogę rozumowania — obliczenia, przy pomocy których Mikołaj Kopernik udowodnił, że obserwowany ruch Słońca po ekliptyce jest ruchem pozornym i że „ruch ciał niebieskich jest jednostajny, kolisty lub z ruchów kolistych złożony". Jak poradził sobie Kopernik z **ekscentrycznością orbity ziemskiej** i czy dobrze wyjaśnił obserwowany ruch Słońca? Na to pytanie Czytelnicy znajdą odpowiedź w artykule Profesora Opolskiego na str. 118.*

*Wielu Czytelników pytało nas ostatnio o największy polski **32-metrowy radioteleskop**. Dziś jeden z jego twórców, mgr Eugeniusz Pazderski, przedstawia nam wiele tajników jego konstrukcji, jego wyposażenia i problemów eksploatacji. Jest to dobrej klasy europejskiej, „żywy", ciągle udoskonalany i pracujący 24 godziny na dobę, instrument badawczy. Wkrótce napiszemy więcej o astronomii uprawianej tym instrumentem.*

*Bieżące **Rozmaitości** bogate są w doniesienia o nowych odkryciach astronomicznych, nowych teleskopach oddawanych w ręce astronomów i nowych obrazach odległych galaktyk. Dużo miejsca poświęcamy sierpniowemu **zaćmieniu Słońca**. Pragniemy w ten sposób dać jak najwięcej informacji, aby nasi Czytelnicy mogli dobrze przygotować się do tego największego w tym wieku w Europie spektaklu astronomicznego. W naszej **Galerii Mgławic Messiera** przedstawiamy kilka mniej znanych gromad oraz jedną z najsłynniejszych mgławic planetarnych M27. Obecna jest rubryka **Astronomia w Szkole,** choć w polskiej szkole jest coraz mniej astronomii. Relacjonujemy miłośnicze obserwacje gwiazd zmiennych w roku 1998 i, jak zwykle, publikujemy **Kalendarz astronomiczny**.*

*W **In memoriam** przypominamy sylwetkę niedawno zmarłego w USA znanego fizyka, **profesora Stanisława Mrozowskiego**. Odszedł jeden z twórców polskiego ruchu miłośników astronomii, założyciel międzyszkolnego Koła Miłośników Astronomii w Gimnazjum im. Mikołaja Reja w Warszawie w roku 1919, z którego wyrosło w roku 1921 ogólnopolskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Ten „platoniczny miłośnik astronomii", członek honorowy PTMA, znakomity, światowej sławy Uczony, był też wielkiego formatu człowiekiem i polskim patriotą całym sercem oddanym Nauce i Ojczyźnie.*

Życzę Państwu przyjemnej lektury

Andrzej Woszczyk

Toruń, w kwietniu 1999 roku

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA

Red.: *Pan inżynier Stefan Heise z Bydgoszczy przeprowadził bardzo wnikliwą korektę merytoryczną ostatnich dwóch roczników naszego pisma. Zwrócił nam uwagę na szereg m.in. literowych potknięć w cytowanych wzorach czy na poprawność niektórych naszych porównań czy sformułowań. Jesteśmy Mu za to ogromnie wdzięczni. Wiele poruszonych przez Pana Inżyniera spraw wyjaśnialiśmy sobie w bezpośredniej korespondencji. Dziś chcemy zacytować fragment Jego listu w sprawie, która może nurtować też i innych czytelników i przedstawić nasze wyjaśnienie.*

(...) W „Uranii-PA" nr 1/99 str.44 jest: 4^d 13^h Złączenie Merkurego z Jowiszem w odległości 4° (chodzi o marzec). W dniu 4 marca 1999 r. nie nastąpiło złączenie (czyli, o ile wiem, zrównanie w rektascensji) Merkurego z Jowiszem. Wynika to m.in. z książki „Efemerydy planet 1920–2020", która jest co prawda przeznaczona dla astrologów, ale efemeryda jest efemerydą. Z podanych tam współrzędnych ekliptycznych oraz deklinacji można łatwo wyliczyć rektascensję, która dla Merkurego wynosi 0°.74, a dla Jowisza 4°.55, a więc do złączenia dużo brakuje.

Wynika to zresztą również z „Rocznika astronomicznego" na 1999 r. Co więcej, w miesiącu marcu Merkury w ogóle z Jowiszem się nie „złączy", ponieważ ten drugi zwiększa systematycznie rektascensję, a Merkury zmniejsza (ruch wsteczny od 10 III). A swoją drogą, szkoda, że na mapce zamieszczanej od kilku miesięcy w kalendarzu astronomicznym pokazuje się tylko Merkurego i Wenus, a brakuje Jowisza, który plasuje się gdzieś między tymi planetami.

Stefan Heise
Bydgoszcz

Szanowny Panie,
Oczywiście, ma Pan rację, że w dniu 4 marca 1999 nie nastąpiło złączenie (koniunkcja) Merkurego z Jowiszem, jeżeli zdefiniujemy to zjawisko jako zrównanie w rektascensji. Rzeczywiście, taka jest definicja koniunkcji. Inna definicja podaje, że koniunkcja występuje wtedy, gdy następuje zrównanie planet w długości ekliptycznej. Jednak przecież można sobie z łatwością wyobrazić sytuację, gdy np. Merkury „podchodzi" ruchem prostym na odległość np. 1' od Jowisza, a potem się cofa ruchem wstecznym, a złączenie w rektascensji nie następuje. Czy taki układ dwóch planet w odległości 1' nie jest wart uwzględnienia? Czy wyłącznie ze względu na „biurokrację astronomiczną" nie można tego uznać za złączenie? Przecież te planety naprawdę są „złączone"! I jest to nadal zjawisko godne zaobserwowania. Dlatego też w przypadku złączeń planetarnych podaję te tzw. „prawdziwe koniunkcje", co zostało zresztą opisane w moim książkowym „Kalendarzu Astronomicznym".

Nieco odmiennie sprawa wygląda dla koniunkcji planet z Księżycem. Przede wszystkim Księżyc jest położony blisko Ziemi i zjawisko paralaksy sprawia, że dla różnych miejsc na Ziemi złączenie ma różną wielkość i występuje w różnych momentach. Dlatego właśnie dla Księżyca podaje się momenty ***geocentrycznych*** *złączeń w rektascensji. Geocentrycznych, czyli dla teoretycznego obserwatora umieszczonego w środku Ziemi. To, oraz fakt, że podano złączenie w rektascensji, umożliwia zainteresowanemu obserwatorowi obliczenie parametrów złączenia w miejscu obserwacji.*

Obydwie powyższe uwagi powinny chyba być rzeczywiście zamieszczone w notce pod koniec każdego Kalendarza.

Natomiast rzeczywiście, na załączanych mapkach wyglądu horyzontu powinny być też inne planety, a nie tylko Merkury i Wenus, jeżeli tylko znajdują się w okolicy. Zostanie to uwzględnione na kolejnych mapkach.

Za wszelkie uwagi dziękuję.

Tomasz Ściężor

***

Red.: *Pan Kazimierz Bielecki z Kielc, emerytowany matematyk i miłośnik astronomii od prawie 50 lat (były wiceprezes Oddziału Kieleckiego PTMA), w długim liście do Redakcji pozytywnie ocenia nasze pismo i przedstawia swoje propozycje tematyki przyszłych artykułów pisząc:*

Chętnie przeczytałbym artykuły na następujące tematy:

1. Prądy elektryczne i wyładowania w atmosferach Ziemi, Wenus, Jowisza i innych planet... O roli pola elektrycznego, prądów wirowych i konwekcyjnych w oceanie jowiszowym...
2. Obłoki srebrzyste.
3. Plamy na gwiazdach — ich związek z konwekcją i polem magnetycznym. Jak plamy mogą wyglądać na gwiazdach ciągu głównego? Czy gwiazdy neutronowe mają plamy?
4. Czarne dziury a neutrina. Jak reaguje strumień neutrin z czarną dziurą?
5. Prędkość inflacji Wszechświata od osobliwości.

I każdą z tych propozycji krótko uzasadnia.

Szanowny Panie Profesorze, Dziękujemy pięknie za miłe słowa i życzenia. Pański list jest cenną wskazówką dla programu naszej pracy i wyboru interesujących naszych Czytelników tematów przyszłych publikacji. Pragnęlibyśmy otrzymywać wiele takich listów! Jak Pan zapewne zauważył, w tegorocznych numerach U-PA poruszyliśmy już niektóre z interesujących Pana zagadnień, a do innych będziemy nawiązywali w kolejnych zeszytach, bo zapewne interesują wielu naszych Czytelników.

***

*Wiele listów, które Czytelnicy nasi mają zamiar skierować do Redakcji U-PA, jest adresowanych wprost do Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Uniwersytet to m.in. zespół przeszło 30 obiektów ulokowanych w różnych miejscach miasta Torunia. Aby taki list trafił do nas, ktoś musi go najpierw przeczytać i domyśleć się, gdzie go skierować. Prosimy więc o jasne określenie swoich intencji i pisanie na kopercie „**Redakcja Uranii-Postępów Astronomii**" itd. Niektórzy nasi korespondenci zapominają też podać swoje nazwisko i adres. Jest to szczególnie kłopotliwe, gdy chodzi o rozwiązania któregoś z naszych konkursów, bo do kogo mamy wysłać ewentualną nagrodę?*

Redakcja

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 str.: 300.00 zł; 1/4 str.: 200.00 zł; 1/8 str.: 100.00 zł
— ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł".
Podobnie jest ze stroną kolorową.
Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

O B S E R W A T O R Z Y N I E B A !

W najbliższych dniach ukaże się w sprzedaży wysyłkowej największy polski

ATLAS NIEBA

format A4, ponad 1 000 000 gwiazd do 12^m, ponad 1000 obiektów NGC/IC
592 mapy szczegółowe 10°×8° + 32 mapy poglądowe 50°×40°
100 stron bogatych i precyzyjnych tabel opisujących blisko 10 000 obiektów

Wszystkich zainteresowanych proszę o wysłanie kartki pocztowej z własnym adresem i dopiskiem „ATLAS" na adres: Piotr Brych, ul. Stalowa 26 m.20, 03-426 Warszawa. Wkrótce zostanie Wam przesłana dokładna informacja o zawartości atlasu i sposobie jego zakupu. Planowana cena atlasu — ok. 60 zł.

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

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

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

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK W-wa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet M.Kopernika
ul.Chopina 12/18
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52, 611 34 50
fax. (0-56) 62 19 381

Poczta elektroniczna (E-mail adress):
aw@astri.uni.torun.pl

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

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

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

Prenumerata w roku 1999 kosztuje 36 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 7.50 zł.

Numer zamknięto w kwietniu 1999

*** 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 ***Stworzenie świata według współczesnej kosmologii***
Michał Heller

Jednym z największych osiągnięć nauki drugiej połowy naszego stulecia jest zrekonstruowanie historii Wszechświata wstecz, aż do jej najwcześniejszych momentów. Prezentowany tekst jest analizą samego pojęcia stwarzania towarzyszącego modelom opisującym początek Wszechświata.

106 ***Czarne dziury w promieniach Roentgena cz.II***
Marek Gierliński, Andrzej A. Zdziarski

Odkrycie silnych źródeł promieniowania rentgenowskiego uzmysłowiło astronomom konieczność stworzenia całkiem nowych teorii. Rychło zdano sobie sprawę, że jedynym rozsądnym mechanizmem tłumaczącym obserwacje jest akrecja materii na zwarty obiekt — gwiazdę neutronową bądź czarną dziurę.

111 ***Ekscentryczna orbita Ziemi w układzie planetarnym Kopernika***
Antoni Opolski

W swoim modelu układu planetarnego Kopernik uznał, że w przypadku Ziemi wystarczy przyjąć najprostszy przypadek — ruch po jednym okręgu. Ale wtedy powstaje problem wyjaśnienia niejednostajnego przesuwania się Słońca w swym pozornym ruchu po ekliptyce.

115 ***Sekrety 32-m radioteleskopu w Toruniu***
Eugeniusz Pazderski

Toruński radioteleskop RT-4 jest ważnym instrumentem badawczym w naszej części Europy. Autor, jeden z twórców tego teleskopu, odkrywa nam wiele tajemnic jego budowy, wyposażenia i eksploatacji.

w kolorze: *RT-4 (okł.II); Całkowite zaćmienia Słońca (wkładka); Galeria „Uranii" (okł.III); NGC 2997 (okł. IV)*

rozmaitości: *Porażka masywnej ciemnej materii? (127); Tysięczny pulsar (127); Badania komet in situ (128); Trzęsienia Ziemi — Księżyc niewinny (130); Mokry Wszechświat (130); Największy teleskop świata już pracuje! (131)*

119 **elementarz Uranii:** *W cieniu Księżyca, czyli... czego nie zobaczymy w Polsce*

121 **poradnik obserwatora:** *Zaćmienie w obiektywie*

124 **Galeria Mgławic Messiera:** *Hantle wśród gwiazd (M25–M30)*

132 **astronomia w szkole:** *Kosmiczny piruet*

134 **P.T. Miłośnicy Astronomii obserwują:** *Obserwacje gwiazd zmiennych w 1998 roku, czyli parada supernowych*

136 **in memoriam:** *Stanisław Wojciech Mrozowski (1902–1999)*

139 **kalendarz astronomiczny '99:** *lipiec– sierpień*

143 **ciekawe adresy internetowe...**

144 **krzyżówka i konkurs** *Czy znasz Układ Słoneczny? (cz. VII)*

NA OKŁADCE

Obszar Chamaeleon I — kompleks jasnych mgławic i gorących gwiazd — w gwiazdozbiorze Kameleona, blisko południowego bieguna nieba. Obraz ten został uzyskany przez złożenie 6 zdjęć zrobionych w pierwszych dniach marca 1999 roku teleskopem nr 1 (ANTU) zespołu VLT w Chile w barwach widzialnej V, czerwonej R i podczerwonej I. Prezentowane pole mierzy 6.8 × 11.2 (minuty łuku)^2.

Materiały dotyczące wyników obserwacji teleskopu kosmicznego Hubble'a uzyskano dzięki uprzejmości doktora F. Duccio Macchetto, przedstawiciela Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w *Space Telescope Science Institute* w Baltimore (USA)

Michał Heller

Stworzenie Świata według współczesnej kosmologii

Niniejszy tekst pochodzi z książki Michała Hellera „Czy fizyka jest nauką humanistyczną?" Wydawnictwa Diecezji Tarnowskiej Biblos, 1998.

Wprowadzenie

Jednym z największych osiągnięć nauki drugiej połowy naszego stulecia jest zrekonstruowanie historii Wszechświata wstecz, aż do jej najwcześniejszych momentów. Zostało to osiągnięte przy pomocy następującej metody. Staramy się obserwacyjnie poznać stan Wszechświata w pewnej epoce i pytamy, z jakich stanów wcześniejszych stan ten mógł wyewoluować dzięki znanym prawom fizyki. W istocie obserwacyjnie zbadaliśmy stan Wszechświata w dwu różnych epokach: w tzw. epoce dzisiejszej, tzn. epoce, w której głównymi strukturami Wszechświata są galaktyki i gromady galaktyk i w tzw. epoce ostatniego oddziaływania, w której promieniowanie elektromagnetyczne, wypełniające Wszechświat, po raz ostatni oddziaływało z innymi postaciami materii. Znajomość tych dwóch stanów Wszechświata pozwoliła zrekonstruować historię Wszechświata wstecz aż do chwili (zwanej epoką lub progiem Plancka), odległej od hipotetycznej chwili „t = zero" o niewiarygodnie mały ułamek sekundy, a mianowicie o 10^{-44} s. Oczywiście, im bliżej progu Plancka (idąc wstecz), tym nasza wiedza jest bardziej rozmyta, wymagająca coraz silniejszych dodatkowych założeń. Mamy poważne racje, by przypuszczać, że zrekonstruowanie stanu Wszechświata poza progiem Plancka wymaga „nowej fizyki" opartej na kwantowej teorii grawitacji. Wprawdzie takiej teorii dziś nie posiadamy, istnieje jednak szereg modeli roboczych, dających wyobrażenie, jak taka teoria może wyglądać. Niektóre z tych prób, choć ciągle mają charakter „zabawkowych modeli", idą tak daleko, że starają się wytłumaczyć samo zaistnienie Wszechświata. Modele te często nazywa się *modelami stwarzania*; bardziej ambitni autorzy mówią nawet o *teoriach stwarzania* (*creation theories*). Celem niniejszego rozdziału jest nie tyle przedstawienie tego rodzaju modeli, ile raczej analiza samego pojęcia stwarzania, jakie w tych modelach funkcjonuje. Uczynię to głównie na przykładzie najbardziej znanego modelu tego typu, a mianowicie modelu Hartle'go-Hawkinga. Celem nakreślenia szerszego kontekstu pojęciowego, zacznę od krótkiego naszkicowania ewolucji pojęcia stworzenia w filozofii i teologii; następnie przedstawię wczesne spory dotyczące „początku świata" w kosmologii relatywistycznej (niekwantowej), by wreszcie przejść do analiz „modeli stwarzania" w kosmologii kwantowej, nieco dokładniej rozpatrując kwestię genezy praw przyrody. Próba wniosków dopełni całości przeprowadzonych analiz.

Z dziejów pojęcia stworzenia

Grecka starożytność nie znała idei „stwarzania z nicości". Najbliżej jej był Platon, gdy w *Timajosie* przedstawiał stworzenie świata jako porządkowanie przez Demiurga pierwotnej, chaotycznej materii. Zwłaszcza gdy uświadomimy sobie, że dla Platona chaos oznaczał nie tyle (czy też nie

tylko) bałagan, lecz coś w rodzaju otchłani graniczącej z pustką. Nic więc dziwnego, że gdy pierwsi pisarze chrześcijańscy stanęli przed zadaniem myślowego opracowania biblijnej idei stwarzania (w Starym Testamencie przeżywanej raczej niż poddawanej systematycznej refleksji), po prostu sięgnęli do Platona. Dla Justyna Męczennika, Ireneusza, Klemensa Aleksandryjskiego stwarzanie jest ciągle jeszcze porządkowaniem przez Boga pierwotnego chaosu. Koncepcja stworzenia jako przejścia od nieistnienia do istnienia pojawia się już w *Pasterzu Hermasa*, ale jej pełne opracowanie teologia (i filozofia) zawdzięcza Orygenesowi i św. Augustynowi. Zwłaszcza u tego ostatniego „filozofia stworzenia" została uzupełniona głębokimi rozważaniami na temat czasu i wieczności.[1]

Neoplatońsko-augustiańskie podejście zdominowało teologię (nie wyodrębnioną jeszcze jasno z filozofii) pierwszej części średniowiecza. Istotną nowością w ewolucji pojęcia stworzenia była konfrontacja teologii średniowiecznej z nowo odkrytą w XIII w. myślą Arystotelesa[2]. Jeden z głównych powodów oporu autorytetów kościelnych wobec tej myśli stanowiło przekonanie Arystotelesa o wieczności świata. Natury rzeczy są niezmienne i wieczne; nie istnieje żadna racja przemawiająca za tym, że mogłyby one rozpocząć swoje istnienie w czasie. Recepcję arystotelizmu Europa zawdzięcza w dużej mierze Tomaszowi z Akwinu, któremu udało się zneutralizować opór wobec arystotelesowskiej filozofii przyrody przez wprowadzenie rozróżnienia pomiędzy początkiem świata a jego stworzeniem.

Stworzenie jest ciągłą zależnością bytu przygodnego (czyli świata) od Bytu Koniecznego (czyli Boga) i nic nie stoi na przeszkodzie, by ta zależność rozciągała się od „minus czasowej nieskończoności" do „plus czasowej nieskończoności". A zatem pojęcie świata „wiecznego, ale stworzonego" nie mieści w sobie sprzeczności. Co więcej, Tomasz uważał, iż to, że świat musi być stworzony, można udowodnić przy pomocy filozoficznych argumentów, natomiast to, iż świat miał początek, może być tylko prawdą wiary[3].

Następny ważny etap w rozwoju refleksji nad stworzeniem był ściśle związany z „odkryciem" przestrzeni na początku czasów nowożytnych[4]. W starożytności i średniowieczu nie pojawiła się potrzeba wprowadzenia przestrzeni; całkowicie zastępowało ją pojęcie miejsca. Wszechświat „zajmował miejsce" ograniczone sferą gwiazd stałych, poza którą nie było nic, nawet próżni. Usunięcie sfery gwiazd stałych, jakie dokonało się w wyniku rewolucji kopernikowskiej, zamieniło „miejsce Wszechświata" na rozciągającą się do nieskończoności przestrzeń Euklidesową. Centralnymi postaciami w ciągu tych przemian byli Kartezjusz ze swoją ideą geometryzacji fizyki i Newton, którego autorytet na długo zapewnił miejsce idei absolutnej przestrzeni w klasycznej wizji świata. Zagadnienie stworzenia pojawiło się wprost w polemice Leibniza z Samuelem Clarkiem, wyrazicielem poglądów Newtona. Clarke utrzymywał (za Newtonem), że stworzenie świata nastąpiło *w czasie i w przestrzeni*, tzn. w pewnej chwili absolutnego czasu i w pewnym obszarze absolutnej przestrzeni Bóg powołał świat do bytu. Leibniz natomiast twierdził, że Bóg stworzył świat *z czasem i z przestrzenią*; ponieważ czas i przestrzeń sprowadzają się do relacji porządkujących zdarzenia, przed stworzeniem nie mogło być ani czasu, ani przestrzeni. U Leibniza odżyła więc starożytna idea (której wyrazicielem był św. Augustyn), że nie ma sensu mówić o czasie przed powstaniem materialnego świata.

Pojęcie absolutnego czasu odgrywało wprawdzie ważną rolę w obrazie świata klasycznej fizyki, ale czynnik czasu nie miał w tym obrazie charakteru twórczego. Świat był deterministyczny i, ściśle rzecz biorąc, mogło w nim powstać tylko to, co było zakodowane w jego warunkach początkowych. Idea ewolucji dojrzewała stopniowo. Proces ten zaczął się jeszcze na długo przed Darwinem i z geologii stopniowo przechodził do nauk o życiu. Ślady przeszłości zachowane w skamienielinach ukazywały Ziemię inną niż jest obecnie. Teoria Darwina stała się etapem przełomowym. Po niej już wszędzie zaczęto dostrzegać dynamizm procesów zachodzących w czasie[5]. Gdy pełne nieporozumień (i wzajemnych niezrozumień po obydwu stronach) spory stopniowo ustępowały miejsca trzeźwym analizom, idee ewolucyjne zaczęły wywierać wpływ także na teologię.[6] Coraz częściej Tomaszową definicję stworzenia jako „dawania istnienia" zaczęto rozumieć dynamicznie: ewolucja — już nie tylko biologiczna, lecz wręcz kosmologiczna — nie jest czymś różnym od stworzenia. Stworzenie i ewolucja to dwa aspekty tego samego.[7] Znaczną rolę w tym przejściu od „statycznego" do „dynamicznego" rozumienia stwarzania odegrała wizja świata propagowana przez Teilharda de Chardin.

W pierwszej połowie XX w. termin „stworzenie" pojawił się także w dyskusjach wokół modeli Wszechświata zaproponowanych przez kosmologię relatywistyczną. Chociaż termin ten był teraz używany w całkiem nowym kontekście, często (podświadomie) łączono z nim stare znaczenia. Nierzadko prowadziło to do poważnych nieporozumień. Z drugiej jednak strony trzeba również pamiętać i o tym, że zmiana znaczenia terminu „stworzenie" po przejściu od filozofii i teologii do kosmologii nie jest ostra i jasno określona. Aby nie wplątać się w kolejne labirynty językowo-znaczeniowe, należy ustalić sytuację problemową w kosmologii relatywistycznej, w jakiej pojawił się problem „stworzenie".

[1] Na temat ewolucji pojęcia stworzenia we wczesnym chrześcijaństwie por. mój art.: „Teologia a nauki w okresie Ojców Kościoła", *Tarnowskie Studia Teologiczne* 11 (1992) s. 133-144, oraz: O. Petersen, *Konflikt czy symbioza?* Biblos, Tarnów 1997, s. 119-136.

[2] Na temat „rewolucji Arystotelesowskiej" w XIII w. pisałem obszerniej w: *Nowa fizyka i nowa teologia*, Biblos. Tarnów 1992. s. 38-45.

[3] Por. dziełko św. Tomasza *De aeternitate mundi*, polski przekład w: Św. Tomasz z Akwinu, *Dzieła wybrane*, W Drodze. Poznań 1944. s. 275-281.

[4] Por. O. Pedersen. dz. cyt. s. 251-255.

[5] Por. O. Pedersen, dz. cyt.. s. 262-306.

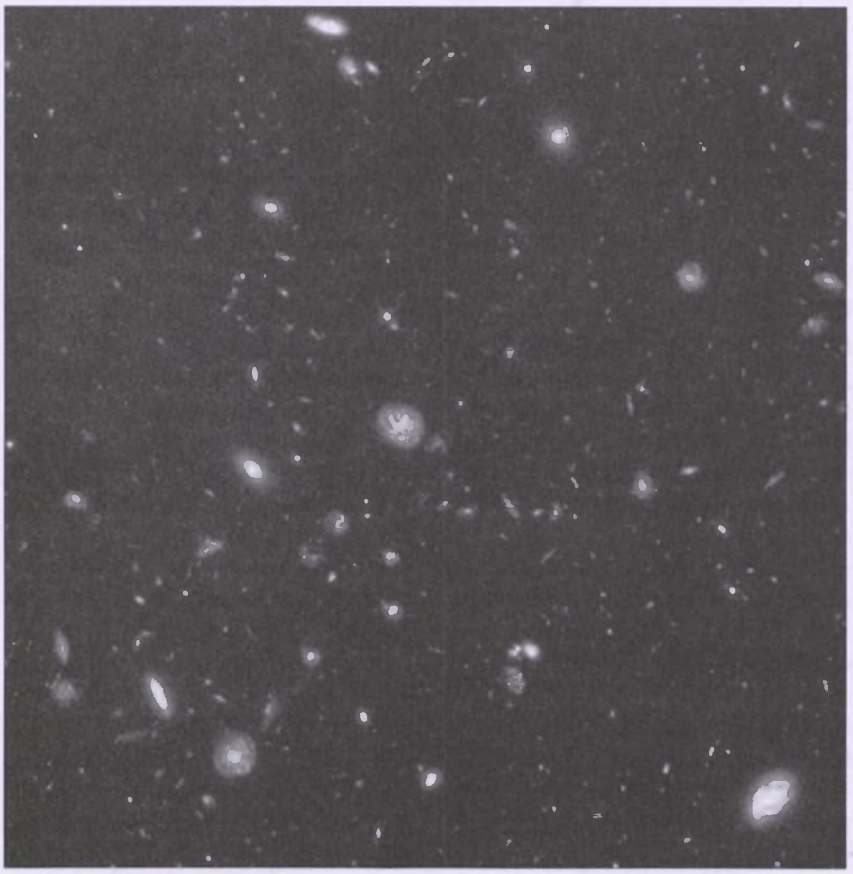
[6] Por. *Nowa fizyka i nowa teologia*, s. 97-123.

[7] Por. tamże.

Początek świata i stworzenie w kosmologii relatywistycznej

Zagadnienie początku świata pojawiło się w kosmologii relatywistycznej bardzo wcześnie. Wprawdzie w swoim pierwszym modelu Wszechświata Einstein[8] uniknął początku przez wprowadzenie dodatkowego członu do równań pola, ale już w klasycznej pracy Friedmana[9] początek pojawił się jako „startowy punkt" kosmicznej ekspansji, a sam Friedman w związku z tym mówił o „okresie czasu, jaki upłynął od stworzenia świata". Potem na określenie „początku" w kosmologii relatywistycznej przyjęło się bardziej techniczne określenie „początkowa osobliwość" lub bardziej popularne „Wielki Wybuch" („Big Bang"). Podobne osobliwości pojawiają się również jako koniec niektórych modeli kosmologicznych (osobliwości końcowe) i jako finał procesu zapadania się masywnych gwiazd pod wpływem własnego pola ciążenia (kolaps grawitacyjny).

Początkowo sam Einstein sądził (a potem za nim wielu innych), że osobliwości w kosmologii są ubocznym produktem nadmiernie upraszczających założeń — w miarę urealistyczniania założeń, osobliwości powinny zniknąć. Z czasem jednak stawało się coraz jaśniejszym, że osobliwości nie da się usunąć z kosmologii żadnym prostym zabiegiem. Kosmologia ze swej istoty pobudza do ogólnofilozoficznych refleksji, w takiej sytuacji nie mogło więc nie dojść do sporów na temat natury początku. Niektórzy (Jeans, Whittaker, Milne) utożsamiali osobliwość z momentem stworzenia świata przez Boga; inni (Bonnor, Tolman) utrzymywali, że Wszechświat nie wymaga stworzenia, gdyż w swojej historii przechodzi przez nieskończoną serię oscylacji, a osobliwości są tylko supergęstymi stanami, pojawiającymi się przy przejściu od jednego cyklu oscylacji do drugiego.



Obraz najdalszych głębin Wszechświata „Głębokie Południowe Pole Hubble'a" (Hubble Deep Field — South, HDF-S) w pobliżu południowego bieguna nieba. Zdjęcie to zostało uzyskane w czasie 10-dniowej ekspozycji teleskopem kosmicznym Hubble'a w październiku 1998 roku. HST pokazuje nam tutaj historię naszego Wszechświata w obrazach tysięcy nigdy przedtem nie widzianych galaktyk, z których najdalsze znajdują się w odległości 12 miliardów lat światła od nas i mają jasność 30 magnitudo.

Obydwie te interpretacje (oraz rozmaite ich odmiany) sprowadzały się w gruncie rzeczy do narzucania kosmologii obcych jej założeń filozoficznych. Metody kosmologii jako nauki empirycznej nie pozwalają jej rozstrzygać zagadnień takich jak działanie Boga przejawiające się w stwarzaniu.[10] Co więcej, utożsamianie stworzenia (w sensie teologicznym) z osobliwością początkową jest błędem teologicznym; sprowadza się ono do redukowania Boga do rangi hipotezy wypełniającej luki w naszej obecnej wiedzy, jest więc powrotem do skompromitowanej doktryny zwanej „God of the gaps theology".

W latach sześćdziesiątych R. Penrose, S.W. Hawking i inni udowodnili szereg tzw. twierdzeń o istnieniu osobliwości, z których wynikało, że osobliwość początkowa (podobnie jak i inne osobliwości) nie jest produktem upraszczających założeń, lecz tkwi głęboko w strukturze klasycznej (tzn. niekwantowej) teorii grawitacji.[11] W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych wykonano szereg fundamentalnych prac obserwacyjnych i teoretycznych, w wyniku których ustalił się tzw. standardowy model kosmologiczny, rekonstruujący — jak się sądzi — z dużym stopniem wiarygodności historię naszego Wszechświata wstecz aż do progu Plancka. Istnieją poważne racje przemawiające za tym, że aby sięgnąć poza próg Plancka, musimy dysponować kwantową teorią grawitacji i jej zastosowaniem do najwcześniejszych etapów kosmicznej ewolucji, czyli kosmologią kwantową. Czy kwantowa kosmologia usunie osobliwość początkową (łamiąc któreś z założeń twierdzeń o istnieniu osobliwości), czy też ją zachowa? Sprawa do dziś nie jest jasna, ale pojawiła się jeszcze inna możliwość, której dotychczasowa kosmologia nie była w stanie przewidzieć.

[8] A. Einstein, „Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitatstheorie". *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss* 1 (1917) s. 142-152.

[9] A. Friedman. „Uber der Krümmung des Raumes", *Zeitschr. für Phys.* 10 (1922) s. 377-383.

[10] Analizę tego zagadnienia por. w moim art. „Cises and Abuses of Cosmological Arrgumentation", *Theoria et Historia Scientiarum* 3 (1993) s. 37-44.

[11] Por. na ten temat moją książkę: *Osobliwy Wszechświat*. PWN Warszawa 1991.

Modele kwantowej kreacji

Każda dobra teoria fizyczna musi być *zupełna* (*self complete*), tzn. musi stosować się do wszystkich zjawisk, do wyjaśnienia których została stworzona. W tym sensie ogólna teoria względności nie jest zupełna, gdyż nie wyjaśnia osobliwości i właśnie dlatego musi być uzupełniona przez kwantową teorię grawitacji. Dobra teoria kosmologiczna powinna być nadto *samozwarta* (*self contained*), tzn. powinna sama określać swoje warunki początkowe. W „zwykłych" teoriach fizycznych równania różniczkowe określają prawa fizyki, natomiast warunki początkowe opisują przypadkowe okoliczności ich działania. Na przykład równania ruchu Newtona określają prawo rządzące ruchem rzuconego kamienia, a warunki początkowe dla tego równania ustalają miejsce i prędkość, z jaką kamień został wyrzucony. Ustalenie warunków początkowych (lub brzegowych) dla teorii kosmologicznej nazywa się niekiedy obrazowo „problemem Pierwszej Przyczyny". Teoria kosmologiczna jest samozwarta, jeżeli likwiduje ten problem.[12] Celem kwantowych modeli stwarzania (kreacji) świata jest uczynienie z kosmologii teorii samozwartej.

Jednym z pierwszych modeli tego typu był model zaproponowany w 1973 r. przez E. P. Tryona.[13] Model ten zakładał istnienie próżni kwantowej; z jej fluktuacji, na skutek działania praw fizyki kwantowej, miał powstać świat (przy całkowitym spełnieniu zasad zachowania). Późniejsze modele[14] usunęły z tego scenariusza próżnię kwantową, sprawiając tym samym, że określenie „stworzenie z nicości" stało się bardziej dosłowne. W dalszym ciągu omówię nieco bliżej najbardziej znany model kwantowej grawitacji, pochodzący od J. Hartle'go i S.W. Hawkinga (będę go skrótowo nazywać modelem H-H).[15]

Celem tych dwu autorów było stworzenie samozwartej kosmologii kwantowej. Aby to osiągnąć, wykorzystali oni znaną w kwantowych teoriach pola metodę Feynmana całkowania po drogach. Zgodnie z tą metodą, chcąc obliczyć prawdopodobieństwo przejścia układu kwantowego od stanu A do stanu B, należy wykonać odpowiednie całkowania wzdłuż wszystkich możliwych dróg łączących stany A i B. Przeniesienie tej metody do kosmologii kwantowej nastręczało poważne trudności, ale Hartle'emu i Hawkingowi udało się je przezwyciężyć. Przede wszystkim w kosmologii stany A i B są stanami Wszechświata w dwu różnych chwilach, powiedzmy w chwili t_A, i t_B, i pojęcie wszystkich możliwych dróg, jakie łączą te stany, staje się wyrafinowanym pojęciem geometrycznym. Chcąc zbudować samozwartą kosmologię, należy odpowiedzieć na pytanie: jakie jest prawdopodobieństwo zaistnienia stanu B, gdy stan A nie istnieje? Okazuje się, że na to pytanie można odpowiedzieć, i to bez przyjmowania żadnych warunków początkowych lub brzegowych, jeżeli założyć, że:

Po pierwsze, rozważany model kosmologiczny jest przestrzennie zamknięty (podróżując w takim świecie ciągle przed siebie, wróciłoby się do punktu wyjścia) — tylko w takim wypadku można uniknąć warunków brzegowych w nieskończoności przestrzennej (jest ona zlikwidowana dzięki założeniu zamkniętości przestrzeni).

Po drugie, przechodząc przez próg Plancka, należy zmienną czasową t pomnożyć przez $\sqrt{-1}$ (jednostka urojona). Dzięki tej transformacji czasu poza progiem Plancka czas przestaje płynąć, staje się dodatkowym (czwartym) kierunkiem w przestrzeni. Zabieg ten likwiduje „chwilę początkową", a wraz z nią konieczność przyjmowania jakichkolwiek warunków początkowych.

Warto nadmienić, że żadne z tych dwu założeń nie wynika z jakichkolwiek „ogólnych zasad". Są to założenia *ad hoc*, ale dzięki ich przyjęciu udało się uzyskać samozwarty model kosmologiczny. Jest to ciągle nadmiernie uproszczony „model zabawkowy", ale niewątpliwie stanowi on ważne osiągnięcie teoretycznej myśli kosmologicznej.

Analiza modelu Hartle'go-Hawkinga

Celem modelu Hartle'go-Hawkinga było rozwiązanie „problemu Pierwszej Przyczyny", tzn. zbudowanie samozwartego modelu kosmologicznego[16]. Cel ten, jak widzieliśmy, został osiągnięty kosztem dwu założeń *ad hoc*, które nie wynikają z żadnych podstawowych zasad fizyki. Można by więc wątpić, czy w ogóle problem ten został rozwiązany; można by bowiem dyskutować, co bardziej narusza samozwartość modelu: przyjmowanie warunków brzegowych lub początkowych, wymaganych przez prawa fizyki, czy też postulowanie założeń *ad hoc*, nieusprawiedliwionych żadnymi prawami fizyki? Model H-H jest wszakże interesujący, gdyż ukazuje i taką, nie rozważaną dotychczas, możliwość.

Model H-H jest również interesujący z filozoficznego punktu widzenia. Ukazuje on bowiem, jak daleko sięga metoda stosowana współcześnie w fizyce. Fizyka klasyczna była w stanie badać jedynie *już istniejące* układy; fizyka kwantowa — jak tego dowód dali Hartle i Hawking — potrafi poddawać naukowej analizie sam proces powstawania Wszechświata. Jest to postęp, który trudno przecenić. Ale nie

---

[12] Por. Wu Zhong Chao, *No-Boundary Universe*, Human Science and Technology Press Changscha 1993, s. 97.

[13] E.P. Tryon, „Is the Universe a Vacuum Fluctuation?" *Nature* 246 (1973) s. 396-397.

[14] Np. A. Vilenkin „Boundary Conditions in Quantum Cosmology". *Phys. Rev.* D 33 (1982) s. 3560-3569: Tenże, „Quantum Cosmology and the Initial State of the Universe", *Phys. Rev.* D 37 (1988) s. 888 nast.

[15] „The Wave Function of the Universe", *Phys. Rev.* D 28 (1993) s. 2960-2975. Hawking spopularyzował potem ten model w książce: *Krótka historia czasu*, Alfa, Warszawa 1990.

[16] Doskonałą analizę „kwantowych modeli stwarzania" z filozoficznego i teologicznego punktu widzenia przeprowadził C.J. Isham w następujących dwu artykułach: „Creation of the Universe as a Quantum Process" w *Physics, Philosophy and Theology*, red. R.J. Russell, W.R. Stoeger, G. Goyne, Vatican City State: Vatican Observatory Berkeley 1988, s: 373-403; „Quantum Theories of the Creation of the Universe", w *Quantum Cosmology and the Laws of Nature*, red. R.J. Rossell, N. Murphy, C.J. Isham, Vatican City State: Vatican Observatory Barkeley: The Center for Theology and the Natural Sciences, 1993, s. 49-89.

można również pozwolić sobie na uproszczenia w jego rozumieniu. Następujące uwagi wydają się istotne:

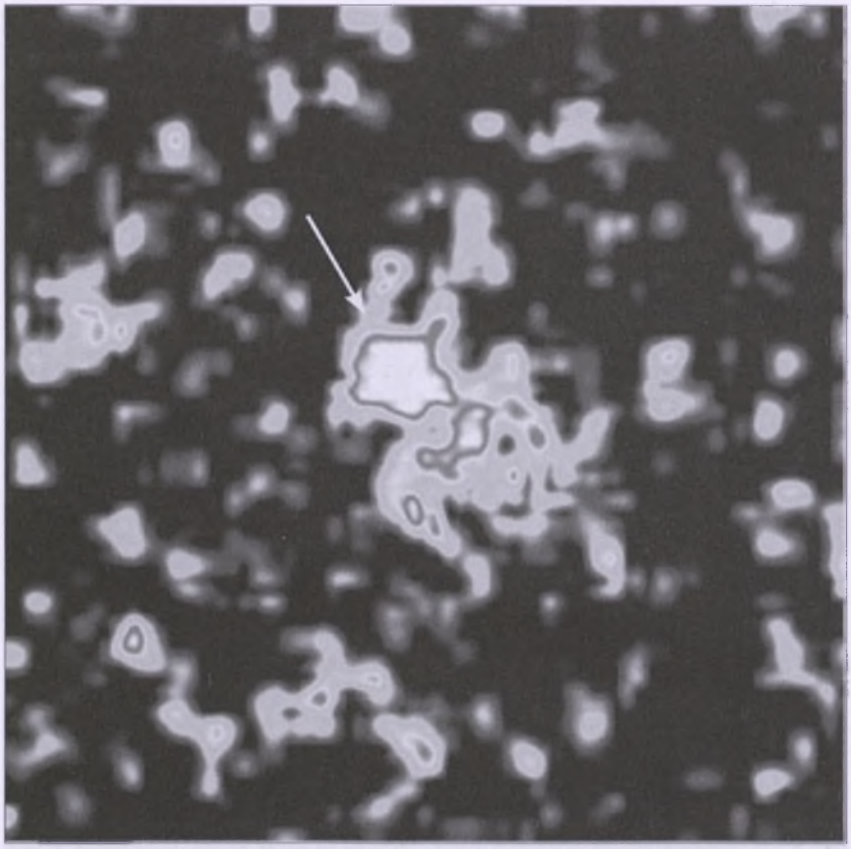
1. Pochodzenie Wszechświata w modelu H-H jest aczasowe. Ażeby pochodzenie to wyjaśnić przy pomocy praw fizyki kwantowej, należało dokonać przekształcenia czasu w zmienną przestrzenną. W ten sposób czas faktycznie został wyeliminowany z fizycznej analizy pochodzenia świata.

2. Niekiedy (zwłaszcza w popularnych opracowaniach) czyta się, że w modelu H-H osobliwość początkowa została wyeliminowana; a więc świat istnieje wiecznie. Należy to rozumieć w odpowiedni sposób. Prawdą jest, że osobliwość początkowa w modelu H-H została wyeliminowana i można się zgodzić z tym, że świat w tym modelu istnieje wiecznie, ale pod warunkiem, że wieczność rozumie się po augustiańsku, jako istnienie poza czasem, a nie tak, jak się wieczność rozumie dziś w języku potocznym, tzn. jako istnienie od minus czasowej nieskończoności do plus czasowej nieskończoności.

3. Z innego punktu widzenia w modelu H-H można mówić o początku świata. Zgodnie bowiem z tym modelem można mówić o prawdopodobieństwie wyłonienia się z nicości (zaistnienia) danego stanu Wszechświata. Mimo to nie ma takiej chwili, w której świat by nie istniał. Wynika to stąd, że w przedplanckowskiej erze w ogóle nie ma żadnych chwil (czas ma własności przestrzenne); czas pojawia się dopiero po przekroczeniu ery Plancka.

4. Porównując powyższe punkty (2) i (3), widzimy, że w modelu H-H zaciera się dychotomia pomiędzy wiecznością świata a jego początkiem. Pod pewnym względem świat można uważać za wieczny (w sensie augustiańskim), pod innym względem można sensownie mówić o jego początku (o prawdopodobieństwie pojawienia się z nicości określonego stanu Wszechświata).

5. Również pojęcie „stwarzania" w modelu H-H nabiera specyficznego (niemal technicznego) znaczenia. Stwarzanie rozumie się tu jako różne od zera prawdopodobieństwo zaistnienia (z nicości) określonego stanu Wszechświata.



W odległych od nas galaktykach dzieją się rzeczy „niepojęte". Oto obraz wielkiego rozbłysku stowarzyszonego z wybuchem w promieniowaniu gamma GRB 970228. Teleskop kosmiczny Hubble'a uzyskał ten obraz w świetle widzialnym w kilka tygodni po zaobserwowanym rozbłysku gamma w lutym 1997 roku. Był to pierwszy dowód na istnienie niezwykle wysokoenergetycznych zjawisk w głębinach Wszechświata.

6. Także pojęcie „z nicości" jest tu zrelatywizowane do modelu. Idzie nie o „nicość w sensie absolutnym", lecz o nicość tak jak może być ona rozumiana w fizyce kwantowej. Model H-H nie zakłada istnienia kwantowej próżni (jak czynił to model Tryona); co więcej; nie zakłada on istnienia niczego za wyjątkiem praw fizyki, w szczególności praw fizyki kwantowej.

W związku z powyższą analizą modelu H-H nasuwają się dwie uwagi o charakterze ontologicznym.

Po pierwsze, należy odpowiedzieć na pytanie: jaki jest ontologiczny status praw fizyki (w szczególności praw fizyki kwantowej, które — jak sądzimy — dotyczą najbardziej fundamentalnego poziomu fizycznego)? Najpowszechniejszą doktryną (także wśród fizyków) jest przekonanie, że prawa fizyki są po prostu częścią, czy raczej aspektem, struktury świata i nie ma sensu mówić o prawach fizyki poza tą strukturą. Jednakże powszechna praktyka fizyków zakłada co innego. Wszystkie wyjaśnienia fizyczne zakładają mianowicie istnienie *a priori* praw fizyki i dopiero przy ich pomocy dokonują zabiegów wyjaśniających. Zagadnienie to rozpatrzymy dokładniej w następnym podrozdziale.

Po drugie, gdyby nawet udało się nam zbudować w pełni konsystentną fizyczną „teorię wszystkiego", tzn. wyjaśniającą wszystko, co fizyka ma do wyjaśnienia, łącznie z zaistnieniem świata (pamiętajmy, że model H-H jest tylko modelem roboczym czy wręcz „zabawkowym" (*toy model*), pozostałby problem: jak od matematycznych wzorów, wyrażających tę teorię, przejść do *rzeczywiście istniejącego świata*? Fizycy niekiedy pytają: skąd wziąć „zapłon istnienia"? Jest to nowa wersja starego problemu związanego ze słynnym ontologicznym dowodem św. Anzelma na istnienie Boga: jak od porządku formalnego przejść do porządku ontologicznego? Moim zdaniem, stanowi to jedną z największych tajemnic, przed jakimi stoi nasze pragnienie zrozumienia Wszechświata.

Prawa przyrody

Wróćmy jeszcze do problemu praw przyrody. Od początku istnienia nowożytnej fizyki natura praw przyrody

była przedmiotem spekulacji zarówno wielu fizyków, jak i filozofów. Zagadnienie jest tym bardziej aktualne, że fizyka dociera już do tych warstw struktury świata, w których różnica pomiędzy fizyką a matematyką zdaje się zacierać i problem natury praw przyrody wiąże się ściśle z zagadnieniem natury formalnych zależności matematycznych. Wśród współczesnych spekulacji na ten temat daje się zauważyć dwie grupy poglądów. Pojawiają się one zwykle w kontekście pytania o warunki początkowe Wszechświata.

Myśliciele zaliczający się do pierwszej grupy często nawiązują do poglądów Einsteina i — odwołując się do jego rozumowania — stawiają pytanie: Czy Pan Bóg mógłby stworzyć świat inny niż ten, w którym żyjemy? I na to pytanie odpowiadają przecząco. Istnieje tylko jeden zestaw matematycznych związków, które mogą stać się prawami przyrody. A więc Wszechświat jest, jaki jest, na mocy logicznej konieczności. Najdrobniejsze szczegóły jego struktury, łącznie z wartościami wszystkich podstawowych stałych fizycznych, muszą być takie, jakie są, gdyż najmniejsza ich modyfikacja wprowadzałaby sprzeczność do całego systemu i wykluczałaby go z możliwości zaistnienia.

Druga grupa wyznaje wręcz przeciwną filozofię. Istnieje nieskończenie wiele możliwych „matematycznych wszechświatów" i wszystkie one (w jakiś sposób) istnieją. Wszechświaty te różnią się między sobą nie tylko wartościami stałych fizycznych, ale również nawet najbardziej fundamentalnymi prawami fizyki. Istnieje tyle różnych fizyk, ile różnych wszechświatów. My żyjemy w tym, a nie innym Wszechświecie, gdyż nasz Wszechświat należy do tego bardzo nielicznego podzbioru wszechświatów (może nawet składającego się tylko z jednego elementu), w którym ewolucja biologiczna jest możliwa.

Ponieważ trudno przytoczyć rozstrzygające argumenty na rzecz którejkolwiek z tych filozofii, na ogół rozpatruje się je raczej jako dwie różne możliwości niż jako dwie zwalczające się nawzajem strony.[17]

Inny problem związany z naturą praw fizyki można zawrzeć w pytaniu: Czy prawa fizyki są *a priori* w stosunku do Wszechświata, czy są raczej zakodowane w jego strukturze, tak że nie ma sensu mówić o prawach przyrody poza Wszechświatem? Tu panuje zgoda zarówno wśród fizyków, jak i filozofów, że druga możliwość jest bardziej atrakcyjna. Co więcej, dwie grupy poglądów wspomniane powyżej zdają się zakładać, że prawa fizyki są po prostu strukturą świata i że mogłyby się one realizować na jeden z dwu sposobów: albo istnieje tylko jedna możliwa struktura świata — w tym sensie świat byłby logicznie konieczny, albo możliwych struktur jest nieskończenie wiele — i wówczas logiczną koniecznością byłaby nieskończona proliferacja wszechświatów.

Są to jednak mniej lub bardziej filozoficznie atrakcyjne spekulacje. Praktyka fizyków teoretyków zakłada zupełnie inną filozofię. W praktyce fizycy muszą zakładać istnienie *a priori* praw fizyki. Jeśli nie przyjęliby ich już w punkcie wyjścia, nie byliby w stanie uczynić następnego kroku, wiecznie staliby w miejscu. Fizyka nie mogłaby powstać. Dobrą ilustracją tego faktu są modele tzw. kwantowej kreacji Wszechświata z nicości, w szczególności rozpatrywany powyżej model kwantowej kreacji w wersji Hartle'go i Hawkinga. Jak widzieliśmy, zaproponowany przez tych autorów mechanizm kreacji sprawia wrażenie, jakby był „ostatecznym wyjaśnieniem". Ale nim nie jest, gdyż cały schemat funkcjonuje tylko przy założeniu, że fizyk od początku (jeszcze przed wyprodukowaniem Wszechświata) ma do dyspozycji prawa fizyki, w szczególności prawa fizyki grawitacji i teorii kwantów. Jest to więc w istocie nie tyle stworzenie Wszechświata z niczego, ile raczej stworzenie z uprzednio (w sensie logicznym, niekoniecznie czasowym) istniejących praw fizyki.

Uwagi na zakończenie

1. Jesteśmy świadkami ogromnego wyostrzania się metody stosowanej w fizyce. Podczas gdy w fizyce klasycznej uchodziło za pewnik, że początek świata można tylko zadekretować przez postulowanie odpowiednich warunków początkowych (jak to czynił sam Newton), w fizyce współczesnej konstruuje się już modele powstawania świata (przy założeniu istnienia praw fizyki kwantowej). Model H-H jest jednym z takich modeli.

2. Wprawdzie historia nauki uczy, że w nauce nigdy nie należy mówić „nigdy", ale wszystko wskazuje na to, że w metodzie naukowej istnieje pewien „asymptotyczny horyzont", do którego nauka nieustannie zbliża się, ale od którego jest ciągle jeszcze równie odległa. Należy sądzić, że to właśnie w tym horyzoncie znajdują się założenia, na których opiera się naukowa metoda, np. założenia istnienia, badalności świata, funkcjonowania praw przyrody, itp.

3. Współczesne modele „kwantowego stwarzania świata z nicości" (takie jak model H-H) są wyrazem poszukiwania przez fizyków „ostatecznego zrozumienia". Jest rzeczą oczywistą (aby się o tym przekonać, wystarczy przekartkować pisane przez fizyków popularnonaukowe książki na temat tych modeli), że inspiracje do tego rodzaju poszukiwań płyną z doktryn teologicznych. Ma to miejsce nawet wówczas, gdy dany fizyk buduje swój „model stwarzania" w celu zwalczania wyjaśnień teologicznych. Jest to naoczny przykład wpływu teologii na współczesną naukę.

4. Patrząc na naukę z perspektywy teologicznej, wydaje się, że najwyraźniejszym „śladem stworzenia" (w sensie teologicznym) jest *racjonalność świata*, czyli ta jego własność, dzięki której świat daje się racjonalnie badać. Z teologicznego punktu widzenia należałoby stwierdzić, że stworzenie świata przez Boga było aktem rozumnym. Nauka nie czyni nic innego, jak tylko krok po kroku rozszyfrowuje pewne elementy rozumnego zamysłu, wedle którego świat został stworzony.

[17] Za przykład toczących się na te tematy dyskusji mogą posłużyć książki: P. Davies, *Plan Stwórcy*, Znak, Kraków 1996; J. Banow, *Teorie wszystkiego*, Znak, Kraków 1995.

Ksiądz Profesor Michał Heller jest kosmologiem, autorem wielu książek o narodzinach i rozwoju Wszechświata, wykładowcą na Wydziale Filozofii Papieskiej Akademii Teologicznej w Krakowie oraz członkiem Papieskiej Akademii Nauk.

Marek Gierliński
Andrzej A. Zdziarski

Czarne dziury w promieniach Roentgena cz. II

Obserwacje podczerwone, optyczne i ultrafioletowe dały nam do ręki przekonujące argumenty o istnieniu czarnych dziur zarówno w gwiazdowych układach podwójnych, jak i w aktywnych jądrach galaktyk. Jednak zjawiska obserwowane w tych zakresach widma zachodzą zwykle z dala od przedmiotu naszego zainteresowania, w odległościach co najmniej dziesiątków tysięcy promieni Schwarzschilda. W układach podwójnych widzimy gwiazdę–towarzysza, emisję obszarów dysku akrecyjnego odległych od centrum albo jedno i drugie. Z kolei w jądrach galaktyk najczęściej widzimy gaz odległy o łata świetlne od centrum. Dopiero promienie X pozwoliły nam przeniknąć w najbliższe sąsiedztwo czarnej dziury i zajrzeć do obszaru, gdzie grawitacja jest miażdżąca, temperatury piekielne, a wyzwalane energie iście kosmicznej miary. Satelity rentgenowskie faktycznie dostrzegły silną emisję z obiektów podejrzanych o posiadanie czarnej dziury. W zarejestrowanych widmach rentgenowskich uczeni dostrzegli szereg fenomenów charakterystycznych właśnie dla czarnych dziur, swego rodzaju „odciski palców" pozwalające zidentyfikować podejrzanego. Przyjrzyjmy się bliżej kilku z nich.

Optycznie gruby dysk akrecyjny

Odkrycie silnych źródeł promieniowania rentgenowskiego uzmysłowiło astronomom konieczność stworzenia całkiem nowych teorii, wyjaśniających powstawanie w kosmosie fal elektromagnetycznych o tak dużej energii. Rychło zdano sobie sprawę, że jedynym rozsądnym mechanizmem tłumaczącym obserwacje jest akrecja materii na zwarty obiekt — gwiazdę neutronową bądź czarną dziurę. Wspomnieliśmy już, że akrecja może być niezwykle wydajnym źródłem energii. Teoria dysków akrecyjnych poczęła się intensywnie rozwijać w latach siedemdziesiątych naszego stulecia, prowadząc do powstania dwóch podstawowych modeli: optycznie grubego (czyli nieprzezroczystego) i optycznie cienkiego (czyli przezroczystego). Oba modele w rozmaitych wariacjach wykorzystywane są po dziś dzień.

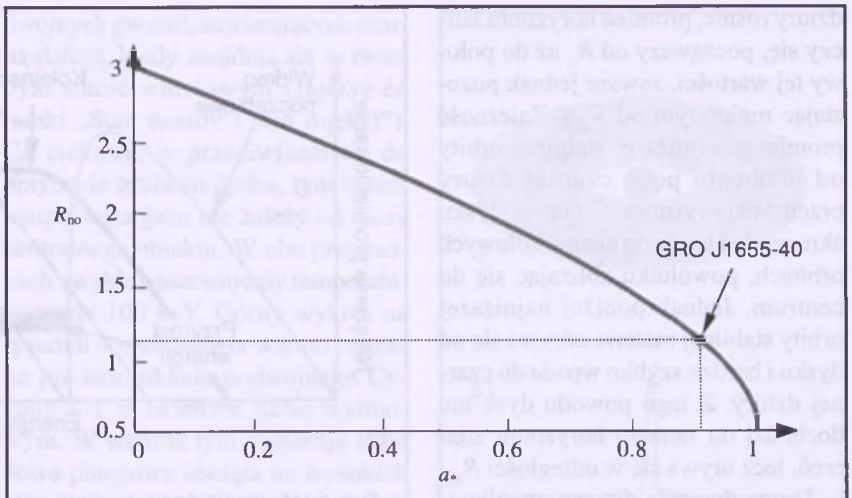
Pierwszy z nich rozwinęli w 1973 roku Rosjanie Nikołaj Szakura i Raszid Suniajew. W ich koncepcji gaz formuje cienki, płaski dysk akrecyjny. Materia w dysku krąży po niemal kołowych orbitach, jednak za każdym obiegiem nieco przybliża się do centrum. W trakcie tego ruchu tarcie lepkie (którego natura, notabene, do dziś nie jest jasna) zamienia część energii grawitacyjnej w ciepło. Gaz silnie rozgrzewa się, osiągając w pobliżu czarnej dziury o masie kilku słońc temperaturę nawet 10^7 K. Według astrofizyków rentgenowskich, którzy uwielbiają podawać temperaturę w jednostkach energii, jest to około 1 keV. Co ciekawe, temperatura dysku jest *mniejsza* dla *większej* masy obiektu centralnego. Na pierwszy rzut oka jest to niezgodne z intuicją, jednak bardzo elementarne obliczenia prowadzą do zależności temperatury od masy $T \propto M^{-1/4}$. Dysk wokół gigantycznej czarnej dziury o masie $10^8\ M_\odot$ ma temperaturę rzędu „zaledwie" 10^5 K, czyli 10 eV.

Stan twardy i stan miękki

Układy podwójne z czarnymi dziurami obserwujemy zwykle w jednym z dwóch charakterystycznych stanów widma rentgenowskiego. Jeden z nich, zwany „miękkim", charakteryzuje się silną emisją w zakresie miękkich promieni rentgenowskich (o energiach kilku keV), pochodzącą z grubego optycznie dysku akrecyjnego (dobrze opisywanego modelem Szakury-Suniajewa). Drugi stan zwany jest „twardym". Widmo zdominowane jest wówczas przez emisję w twardych promieniach X (o energiach rzędu 100 keV), której już nie da się wytłumaczyć modelem Szakury-Suniajewa. Jej źródłem jest optycznie cienka i gorąca plazma, promieniująca dzięki odwrotnemu efektowi Comptona, którego mechanizm wyjaśnia rysunek 6. Przykładowe obserwacje układu z czarną dziurą w obu stanach widmowych przedstawia rysunek 4.

Dysk Szakury-Suniajewa jest optycznie gruby, więc każda jego część świeci jak ciało doskonale czarne, emitując widmo Plancka. Wypadkowe spektrum całego dysku jest złożeniem wielu widm planckowskich o różnych temperaturach. Jest ono jednak zdominowane przez emisję z centralnej, najgorętszej części dysku. W efekcie zobaczymy widmo zbliżone do promieniowania ciała doskonale czarnego o temperaturze takiej, jaką ma wewnętrzna krawędź dysku.

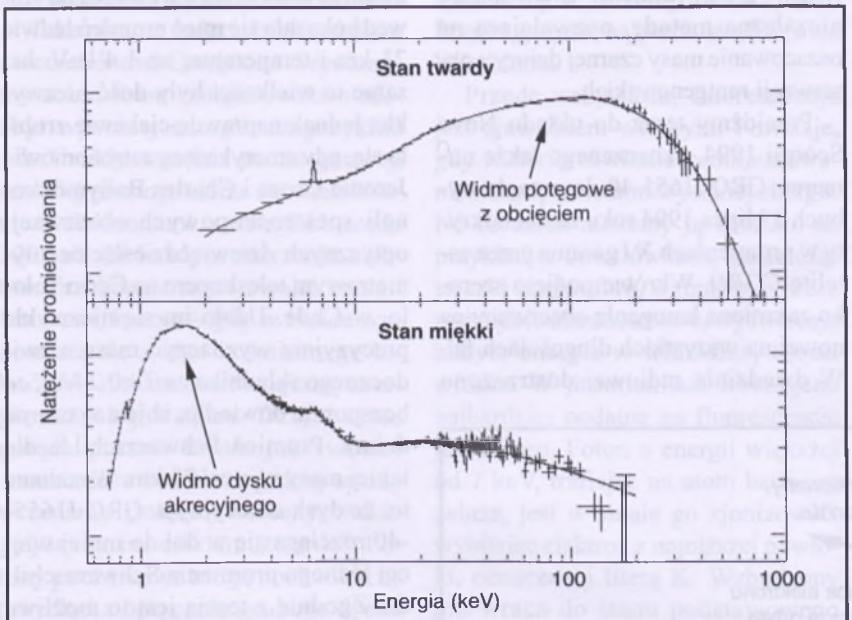
Takie właśnie widma zaobserwowano w wielu układach podwójnych z czarnymi dziurami. Szczególnie wyraźnie są one widoczne, gdy źródło znajduje się w miękkim stanie widmowym (o stanach widmowych piszemy w ramce „Stan twardy i stan miękki"). Dobrym przykładem może być Nova Muscae 1991 (inaczej oznaczana jako GS 1124-68), która rozbłysła w styczniu 1991 roku. W ciągu paru następnych miesięcy, zanim źródło zupełnie zamilkło, nowa była uważnie śledzona przez japońskiego satelitę *Ginga* i rosyjskiego *GRANAT*. W kilka dni po wybuchu dysk akrecyjny osiągnął temperaturę niemal 1 keV. Następnie, gdy jasność nowej stopniowo spadała, temperatura dysku obniżała się, aż w maju 1991 osiągnęła mniej więcej 0.5 keV. Później kształt widma diametralnie się zmienił i obiekt przeszedł w stan twardy. Z kolei przykładem źródła nie wybuchającego, o stałej emisji rentgenowskiej, może być Cygnus X-1. Większość swego życia spędza on w twardym stanie widmowym, kiedy emisja z grubego optycznie dysku jest słabo widoczna. Co jakiś czas przeskakuje jednak do stanu miękkiego. Znakomicie widać wtedy widmo dysku o temperaturze około 0.4 keV (dolny wykres na rysunku 4).



Rys. 5. Położenie najniższej orbity stabilnej w zależności od momentu pędu czarnej dziury. Promień najniższej orbity (R_{no}) wyrażony jest w jednostkach $R_S = 2GM/c^2$, a moment pędu (a.) w jednostkach GM^2/c. Na wykresie zaznaczono zaobserwowaną wartość promienia wewnętrznej krawędzi dysku dla mikrokwazara GRO J1655-40, równą $1.1R_S$, i wynikający z tego moment pędu czarnej dziury, $a_* = 0.93$.

Niezwykle frapujące rezultaty dały obserwacje układu podwójnego Nova Scorpii 1994. Nim jednak do nich przejdziemy, niezbędna jest pewna dygresja. Otóż po pierwsze, dysk akrecyjny wokół czarnej dziury nie dochodzi do samego horyzontu zdarzeń, lecz urywa się w pewnej od niego odległości. A po drugie, promień wewnętrznej krawędzi dysku możemy zmierzyć i na podstawie tego wysnuwać wnioski co do masy i momentu pędu czarnej dziury. Ale po kolei.

Ogólna teoria względności przewiduje, że materia może obiegać czarną dziurę po stabilnych orbitach tylko w pewnym od niej oddaleniu. Jeżeli krążące ciało zanadto obniży swój lot, zostaje gwałtownie wytrącone z orbity i dość szybko niknie pod horyzontem zdarzeń. Promień najniższej stabilnej orbity (oznaczmy go R_{no}) zależy od momentu pędu czarnej dziury, zmieniając się od $3R_S$ dla dziury nie rotującej, do $0.5R_S$ dla czarnej dziury o maksymalnym momencie pędu dopuszczalnym przez teorię, a równym GM^2/c (nawiasem mówiąc, promień orbity mniejszy od R_S wcale nie oznacza, że materia krąży pod horyzontem zdarzeń — otóż gdy rotacja czarnej



Rys. 4. Dwa widma rentgenowskie układu podwójnego z czarną dziurą Cygnus X-1. Wykres u góry przedstawia widmo zaobserwowane przez satelity *Ginga* i *CGRO* 6 czerwca 1991 roku, kiedy obiekt był w twardym stanie widmowym. Na dole znajduje się widmo stanu miękkiego, z 30 maja 1996 roku, otrzymane dzięki satelitom *ASCA* i *RXTE*. W stanie twardym większość mocy wyświecana jest w postaci widma potęgowego, obciętego powyżej około 100 keV. Takie widmo tworzone jest w odwrotnym procesie Comptona, w gorącej plazmie (porównaj z rysunkiem 6). Z kolei stan miękki zdominowany jest przez widmo chłodniejszego dysku akrecyjnego. Czym są stany widmowe, objaśniamy w ramce „Stan twardy i stan miękki".

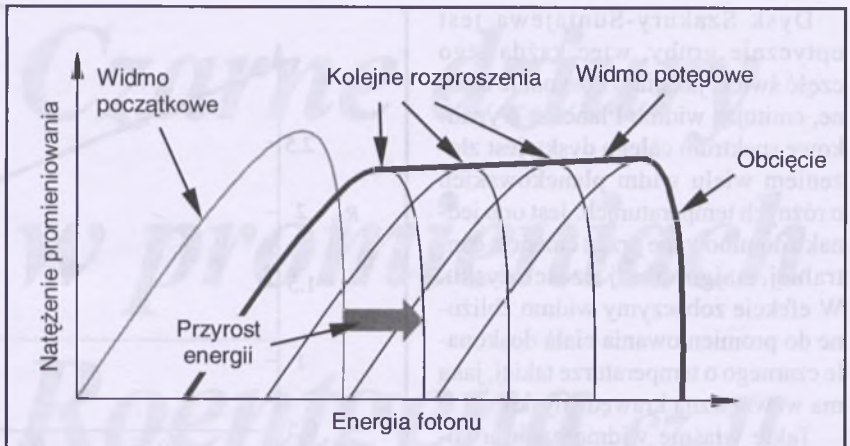
dziury rośnie, promień horyzontu kurczy się, począwszy od R_S aż do połowy tej wartości, zawsze jednak pozostając mniejszym od R_{no}). Zależność promienia najniższej stabilnej orbity od momentu pędu czarnej dziury przedstawia rysunek 5. Gaz w dysku akrecyjnym krąży po niemal kołowych orbitach, powolutku zbliżając się do centrum. Jednak poniżej najniższej orbity stabilnej materia odrywa się od dysku i bardzo szybko wpada do czarnej dziury. Z tego powodu dysk nie dochodzi do samego horyzontu zdarzeń, lecz urywa się w odległości R_{no}.

Druga dygresja dotyczy możliwości zmierzenia wewnętrznego promienia dysku akrecyjnego. Można sobie policzyć, że strumień energii docierający do obserwatora z dysku Szakury-Suniajewa wynosi w przybliżeniu

$$F \approx \frac{2\cos i}{D^2} R^2 \sigma T^4,$$

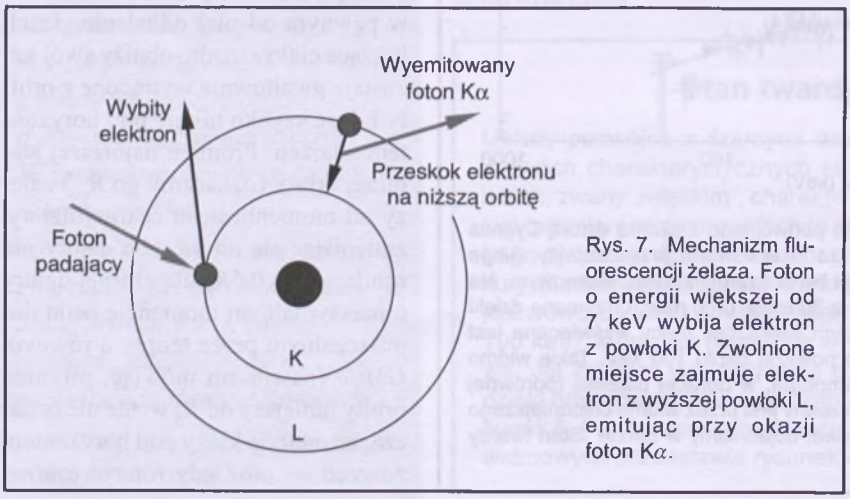
gdzie D jest odległością do źródła, i — kątem nachylenia dysku do obserwatora ($i = 0$ odpowiada płaszczyźnie dysku prostopadłej do kierunku patrzenia), R — promieniem wewnętrznej krawędzi dysku, a T — temperaturą w pobliżu tejże krawędzi. Strumień F obserwujemy bezpośrednio. Temperaturę potrafimy wyznaczyć z obserwowanego kształtu widma. Jeżeli przy pomocy innych metod (przede wszystkim obserwacji optycznych) uda nam się ustalić odległość i kąt nachylenia dysku, to z powyższego wzoru możemy obliczyć promień wewnętrznej krawędzi dysku.

Rozważmy przykład wspomnianego wcześniej układu Cygnus X-1. Analizując widmo dysku akrecyjnego, można policzyć, że wewnętrzna krawędź dysku ma promień około 150 km. Jeżeli założymy, że czarna dziura nie rotuje, wielkość ta odpowiada trzem promieniom Schwarzschilda, zatem $R_S = 50$ km. To natychmiast przekłada się na masę czarnej dziury równą 17 $M_\odot$ (wzór 1). Otrzymujemy w ten sposób niezależną metodę, pozwalającą na oszacowanie masy czarnej dziury z obserwacji rentgenowskich.



Rys. 6. Mechanizm powstawania rentgenowskiego widma potęgowego w odwrotnym procesie Comptona. W gorącej, przezroczystej plazmie początkowe fotony podlegają wielokrotnym rozproszeniom, za każdym razem zyskując energię kosztem elektronów. Widmo początkowe zostaje jakby rozciągnięte w kierunku wysokich energii, tworząc w efekcie widmo, w przybliżeniu opisywane funkcją potęgową $F(E) \propto E^{-\alpha}$. To rozciąganie nie może jednak sięgnąć poza przeciętną energię elektronu w plazmie, gdyż powyżej niej foton nic już od elektronów nie uzyska. Dlatego widmo jest w pewnym miejscu obcięte. Rysunek przedstawia widmo w skali logarytmicznej na obu osiach. Na takim wykresie funkcja potęgowa ma kształt linii prostej.

Przejdźmy teraz do układu Nova Scorpii 1994, oznaczanego także numerem GRO J1655-40. Jego nagły wybuch 27 lipca 1994 roku został odkryty w promieniach X i gamma przez satelitę *CGRO*. Wkrótce podjęto szeroko zakrojoną kampanię obserwacyjną nowej na wszystkich długościach fal. W dziedzinie radiowej dostrzeżono strugi materii wystrzeliwane z układu, bardzo podobne do dżetów wyrzucanych przez aktywne jądra galaktyk. Z tego powodu źródło ochrzczono mianem mikrokwazara. Teleskopy satelity *ASCA* zmierzyły parametry dysku akrecyjnego. Jego wewnętrzna krawędź okazała się mieć promień ledwie 23 km i temperaturę aż 1.4 keV. Już same te wielkości były dość niezwykłe, jednak naprawdę ciekawie zrobiło się, gdy amerykańscy astronomowie Jerome Orosz i Charles Bailyn dokonali spektroskopowych obserwacji optycznych dziewięćdziesięciocentymetrowym teleskopem na Cerro Tololo, w Chile. Udało im się niezwykle precyzyjnie wyznaczyć masę niewidocznego składnika na 7 ± 0.2 $M_\odot$, co bezspornie dowiodło, iż jest to czarna dziura. Promień Schwarzschilda dla takiej masy wynosi 21 km. Wyszło na to, że dysk akrecyjny w GRO J1655-40 rozciąga się w dół do mniej więcej jednego promienia Schwarzschilda. Zgodnie z teorią jest to możliwe jedynie wtedy, gdy czarna dziura rotuje z momentem pędu bliskim maksymalnemu (rysunek 5). Jeżeli prawidłowo interpretujemy powyższe obserwacje, to jest to pierwszy przypadek, gdy zmierzono dokładnie dwie fundamentalne wielkości charakteryzujące czarną dziurę: masę i moment pędu.



Rys. 7. Mechanizm fluorescencji żelaza. Foton o energii większej od 7 keV wybija elektron z powłoki K. Zwolnione miejsce zajmuje elektron z wyższej powłoki L, emitując przy okazji foton Kα.

Gorąca plazma

W połowie lat siedemdziesiątych Amerykanie: Alan Lightman, Douglas Eardley i Stuart Shapiro pokazali, że w pewnych warunkach dysk Szakury-Suniajewa staje się niestabilny. Kiedy zbyt dużo energii grawitacyjnej przekształcane jest w ciepło, ciśnienie wywierane przez promieniowanie może przewyższyć ciśnienie gazu. Fotony potrafią wtedy rozdmuchać dysk we wszystkich kierunkach. Robi się on coraz grubszy i coraz rzadszy, aż w pewnym momencie staje się przezroczysty dla promieniowania, które od tej chwili może uciekać swobodnie, nie rozpychając dalej materii. Akreujący gaz formuje wówczas coś na kształt grubego torusa, otaczającego czarną dziurę. Tworzy go optycznie cienka plazma o bardzo wysokiej temperaturze rzędu 10^9 K, czyli 100 keV. Dalej od czarnej dziury, gdzie wyzwalane są znacznie mniejsze energie, nadal rozciąga się chłodniejszy, optycznie gruby dysk akrecyjny. W innej możliwej konfiguracji „chłodny" dysk rozciąga się do najniższej stabilnej orbity, natomiast gorąca plazma otacza go z obu stron, tworząc coś, co astrofizycy nazywają koroną.

Taka plazma świeci dzięki odwrotnemu efektowi Comptona. Wyobraźmy sobie foton rentgenowski o niezbyt wysokiej energii, na przykład 1 keV. Gdy wpadnie on do gorącej, rzadkiej plazmy, zderza się wielokrotnie z elektronami o energiach rzędu 100 keV. W każdym zderzeniu elektron przekazuje część swojej energii fotonowi, który — gdy w końcu wydostanie się z tego kosmicznego bilardu — ma znacznie większą energię niż na początku. Dzięki temu gorąca plazma działa jak swoisty wzmacniacz światła: z jednej strony wrzucamy „miękkie" fotony, z drugiej są one już całkiem „twarde". Fotony początkowe mogą pochodzić na przykład z optycznie grubego dysku akrecyjnego. Widmo wychodzącego promieniowania ma kształt potęgowy, z charakterystycznym obcięciem w wysokich energiach. Mechanizm tworzenia się takiego widma przedstawiony jest na rysunku 6.

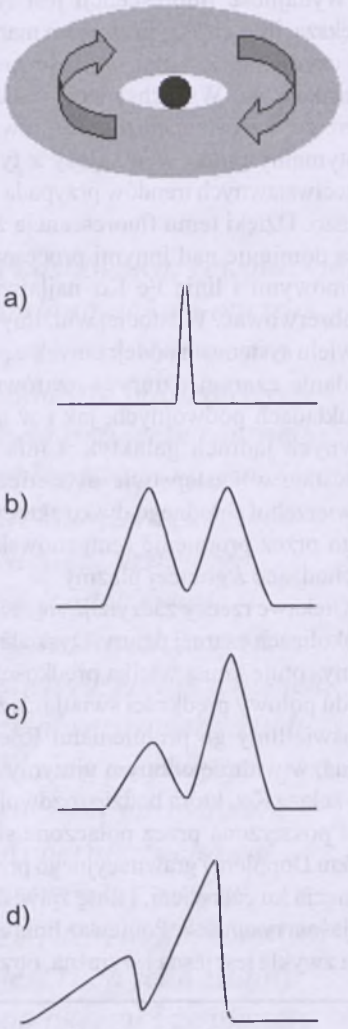
Promieniowanie gorącej plazmy widzimy zarówno w jądrach aktywnych galaktyk, jak i w układach podwójnych gwiazd, zawierających czarną dziurę, kiedy znajdują się w twardym stanie widmowym (zajrzyj do ramki „Stan twardy i stan miękki"). Co ciekawe, w przeciwieństwie do optycznie grubego dysku, tym razem temperatura gazu nie zależy od masy centralnego obiektu. W obu przypadkach zwykle obserwujemy temperatury rzędu 100 keV. Górny wykres na rysunku 4 przedstawia widmo znanego już nam układu podwójnego Cygnus X-1 w twardym stanie widmowym. W widmie tym dominuje składowa potęgowa obcięta na wysokich energiach, dokładnie tak, jak przewiduje teoria. Nieznaczne zagięcie widma na niskich energiach spowodowane jest absorpcją przez materią międzygwiezdną.

*Linia emisyjna żelaza**

Charakterystycznym elementem obecnym w widmach rentgenowskich wielu obiektów zwartych jest fluorescencyjna linia żelaza. Z pewnych względów, o których powiemy za chwilę, nadaje się ona świetnie do sondowania najbliższego sąsiedztwa czarnej dziury i badania efektów wywołanych silnym polem grawitacyjnym. Przyjrzyjmy się najpierw, skąd się owa linia bierze.

Przede wszystkim, fluorescencja jest zjawiskiem wtórnym. Powstaje, gdy materię oświetlić promieniowaniem o odpowiednio wysokiej energii. Na co dzień możemy ją dostrzec na przykład w świetlówkach, gdzie cząsteczki luminoforu, wzbudzone przez promienie ultrafioletowe, wyświecają nabytą energię w widzialnej części widma. W promieniach Roentgena najbardziej podatne na fluorescencję jest żelazo. Foton o energii większej od 7 keV, trafiając na atom bądź jon żelaza, jest w stanie go zjonizować, wybijając elektron z najniższej powłoki, oznaczanej literą K. Wzbudzony jon wraca do stanu podstawowego poprzez przeskok elektronu z wyższej powłoki L na zwolnione miejsce w powłoce K, czemu towarzyszy emisja fotonu o energii między 6.4 a 6.9 keV, w zależności od stopnia jonizacji atomu (rysunek 7). Linię widmową

* Linii żelaza poświęciła swój artykuł Bożena Czerny w PA 3/1991.



Rys. 8. Schemat powstawania szerokiej, rozdwojonej linii widmowej Kα w widmie odbitym od rotującego dysku akrecyjnego wokół czarnej dziury. W układzie współporuszającym się z materią linia jest wąska (a). Jako że dysk nachylony jest do obserwatora pod pewnym kątem, a przy tym szybko rotuje, jedna jego część przybliża się do nas, a druga oddala. Efekt Dopplera spowoduje poszerzenie i rozdwojenie linii na skrzydło „błękitne", od materii przybliżającej się i „czerwone", od materii oddalającej się (b). Ponieważ dysk obraca się z prędkością sięgającą nawet 0.5 c, skrzydło błękitne ulegnie relatywistycznemu wzmocnieniu, a czerwone osłabieniu (c). Dodatkowo masywna czarna dziura spowoduje grawitacyjne przesunięcie ku czerwieni, które przemieści i rozciągnie linie ku niższym energiom. Ostatecznym efektem będzie charakterystyczny, podwójny, niesymetryczny profil linii.

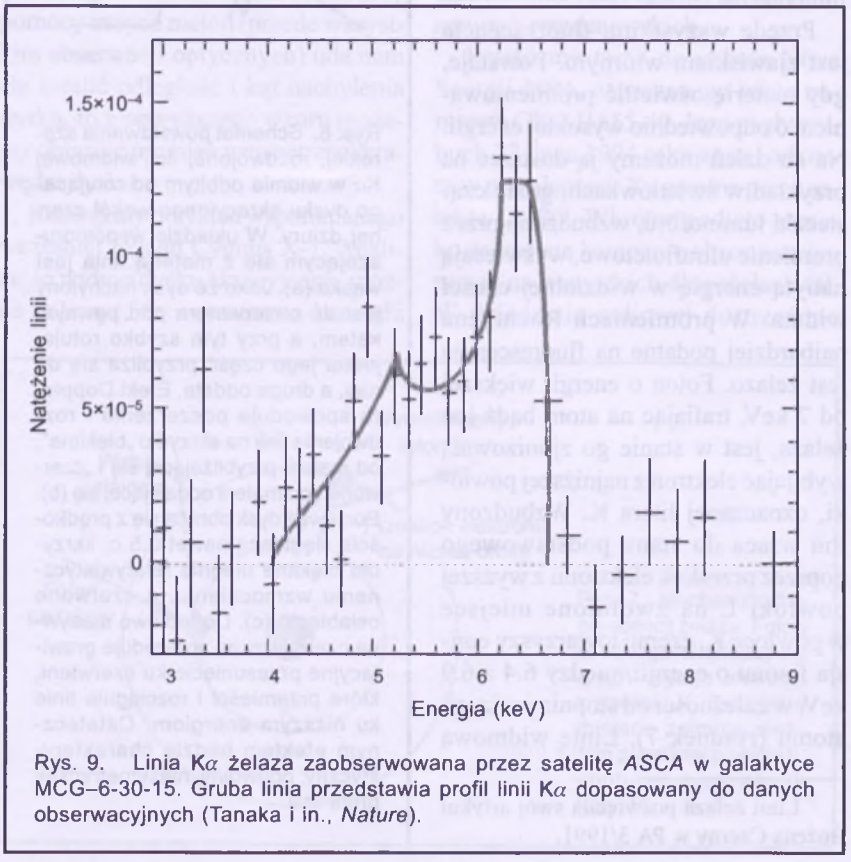
otrzymaną w tym procesie nazywamy linią Kα.

Wydajność fluorescencji jest tym większa, im z cięższym atomem mamy do czynienia. Z kolei obfitość pierwiastków we Wszechświecie maleje wraz ze wzrostem liczby atomowej. Optymalny punkt wynikający z tych przeciwstawnych trendów przypada na żelazo. Dzięki temu fluorescencja żelaza dominuje nad innymi procesami atomowymi i linię Fe Kα najłatwiej zaobserwować. W istocie, widzimy ją w wielu systemach podejrzanych o posiadanie czarnej dziury — zarówno w układach podwójnych, jak i w aktywnych jądrach galaktyk. Linia ta powstaje w następstwie oświetlenia powierzchni chłodnego dysku akrecyjnego przez promienie rentgenowskie pochodzące z gorącej plazmy.

Ciekawe rzeczy zaczynają się dziać w okolicach czarnej dziury. Dysk akrecyjny rotuje tam z wielką prędkością, rzędu połowy prędkości światła. Jeżeli oświetlimy go promieniami Roentgena, w widmie odbitym ujrzymy linię żelaza Kα, która będzie rozdwojona i poszerzona przez połączone siły efektu Dopplera i grawitacyjnego przesunięcia ku czerwieni. Istotę zjawiska wyjaśnia rysunek 8. Ponieważ linia żelaza zwykle jest jasna i wyraźna, otrzymujemy w ten sposób doskonałe narzędzie do badania pola grawitacyjnego w pobliżu czarnej dziury.

23 lipca 1994 japońscy astronomowie, kierowani przez Yasuo Tanakę, skierowali teleskopy satelity *ASCA* na jądro galaktyki MCG–6-30-15. W jego widmie dostrzegli linię Kα żelaza, której duża szerokość wskazuje na prędkości materii rzędu 100 000 km/s. Profil linii jest asymetryczny, z wyraźnym „ogonem" ciągnącym się w kierunku niskich energii (rysunek 9), co doskonale zgadza się z przewidywaniami teoretycznymi. Wydaje się to świadczyć nie tylko o istnieniu w jądrze galaktyki MCG–6-30-15 czarnej dziury, ale i o tym, że otacza ją chłodny dysk akrecyjny, rozciągający się aż do najniższej orbity stabilnej.

Niestety, ograniczona jakość danych rentgenowskich nie pozwala nam, jak na razie, na wysnuwanie ostatecznych wniosków. Wystarczy spojrzeć na rysunek 9, by przekonać się, że dokładność obserwacji pozostawia jeszcze bardzo wiele do życzenia. Oznaczone krzyżykami błędy pomiarowe są na tyle duże, że nie dają nam absolutnej pewności co do słuszności wybranego modelu. Aby można było rzetelnie potwierdzić charakterystyczny kształt linii pochodzącej z dysku akrecyjnego, trzeba by wydatnie zwiększyć rozdzielczość widmową (czyli zmniejszyć poziome kreski błędów i zagęścić punkty obserwacyjne) i czułość instrumentu (skrócić pionowe kreski błędów). Na szczęście już całkiem niedługo stanie się to możliwe, a to dzięki nowym, doskonalszym teleskopom rentgenowskim. Na początek roku 2000 przewidziany jest start japońskiego satelity o roboczej nazwie Astro-E (litera E numeruje kolejnego, piątego już satelitę — jego poprzednik, Astro-D, po wystrzeleniu ochrzczony został mianem *ASCA*). Na jego pokładzie znajdzie się między innymi spektrometr wyposażony w kalorymetr rentgenowski. Jest to urządzenie o nowatorskiej konstrukcji, zapewniającej świetną rozdzielczość widmową, dziesięciokrotnie lepszą niż *ASCA*. Dzięki niemu będziemy w stanie precyzyjnie wyznaczyć kształt linii żelaza. Również w roku 2000 wystartuje europejski satelita *XMM*, którego główną zaletą będzie bardzo duża czułość. Pozwoli on na znaczną poprawę jakości otrzymywanych danych. Mamy nadzieję, że nowe techniki obserwacyjne, dostępne już w najbliższej przyszłości, pozwolą nam jeszcze lepiej poznać i zrozumieć czarne dziury — chyba najbardziej niezwykłe obiekty, jakie przyszło nam kiedykolwiek badać.



Rys. 9. Linia Kα żelaza zaobserwowana przez satelitę *ASCA* w galaktyce MCG–6-30-15. Gruba linia przedstawia profil linii Kα dopasowany do danych obserwacyjnych (Tanaka i in., *Nature*).

Jądro galaktyki NGC4261. Wewnątrz znajduje się czarna dziura (fot. HST)

Marek Gierliński jest astrofizykiem krakowskim pracującym w CAMK w Warszawie. Na co dzień zajmuje się promieniowaniem rentgenowskim czarnych dziur.

Andrzej Zdziarski jest profesorem w CAMK w Warszawie. Głównym tematem jego badań są procesy promieniste wokół czarnych dziur.

Ekscentryczna orbita Ziemi w układzie planetarnym Kopernika

Antoni Opolski

Jak widać na rys.1, pozorne przesuwanie się Słońca po ekliptyce mierzone jego ruchem dziennym u zależy od odległości od Ziemi d i od jej prędkości liniowej v:

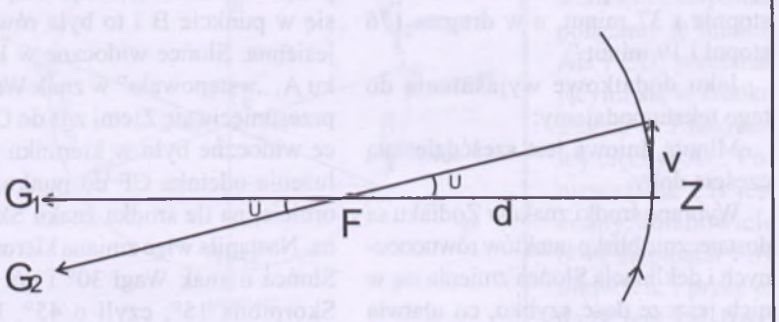
$$u = \frac{v}{d}$$

Gdyby słońce było w środku kołowej orbity ziemskiej, jego pozorny ruch naśladowałby ruch orbitalny Ziemi. Przy stałych wielkościach v i d, także ruch dzienny Słońca byłby stały i równy ruchowi dziennemu Ziemi $u = 59'8''11'''22^{IV}$. Natomiast obserwowana zmienność ruchu dziennego Słońca może być wyjaśniona zmianami odległości d między Słońcem a Ziemią. A to znaczy, że orbita Ziemi jest okręgiem ekscentrycznym i jej środek nie znajduje się w Słońcu. Przy stałej wielkości v pozorny ruch dzienny Słońca jest odwrotnie proporcjonalny do zmieniającej się odległości d. Kopernik przedstawił ten problem na rys.2 i opisał we fragmencie tekstu, który zacytujemy, zmieniając małe litery występujące na rysunku na duże, zgodnie z polskim tłumaczeniem z 1976 r., str. 150:

„Niech mianowicie ABCD będzie kołem ekscentrycznym na płaszczyźnie zodiaku, którego środek E niech leży w niezbyt małej odległości poza środkiem Słońca czy świata, znajdującym się w F, a średnicą jego przechodzącą przez oba środki AEFD, i niech w A będzie apogeum, które autorzy łacińscy nazywają najwyższą absydą, to jest najbardziej oddalone od środka świata miejsce, w D natomiast perigeum, które jest najbliższym miejscem, a więc najniższą absydą. Gdy zatem Ziemia będzie krążyć równomiernie po swoim kole ABCD dookoła środka E, jak zostało już powiedziane, ruch jej dookoła F pokaże się zmiennym".

Dalej Kopernik powołuje się na twierdzenia geometryczne, z których wynika, że przy równych łukach AB i CD kąt CFD jest większy od kąta AEB.

Zwraca uwagę podane przez Kopernika określenie apogeum i perygeum Słońca. Są to punkty orbity Ziemi wyznaczone przez jej średnicę przechodzącą przez Słońce. My oczekiwalibyśmy tutaj nazw aphelium i peryhelium, ale te terminy jeszcze nie istniały. Ko-



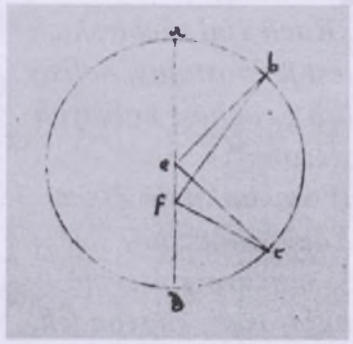
Rys.1. Ruch Ziemi Z po orbicie z prędkością liniową v powoduje pozorne przesunięcie się Słońca F od gwiazdy G_1 do G_2 z prędkością kątową określoną ruchem dziennym u = v/d, gdzie d jest odległością Ziemi od Słońca.

Podstawową, rewolucyjną zmianą, jaką Kopernik wprowadził w swoim układzie planetarnym, było przyjęcie rocznego obiegowego ruchu Ziemi wokół nieruchomego Słońca, uznanego za środek świata. Konsekwencją tych stwierdzeń był wniosek, że obserwowany ruch Słońca po ekliptyce jest ruchem pozornym. Kopernik zachował starożytny pogląd, że ruchem doskonałym jest ruch jednostajny po okręgu i że planety tak właśnie obiegają nieruchome Słońce. Wyraził to następująco (według polskiego tłumaczenia „O obrotach" z 1976 r.): „Ruch ciał niebieskich jest jednostajny, kolisty lub z ruchów kolistych złożony". W stosunku do Ziemi Kopernik uznał, że wystarczy przyjąć najprostszy przypadek, ruch po jednym okręgu. Ale wtedy powstaje problem wyjaśnienia niejednostajnego przesuwania się Słońca.

pernik przeniósł do swego układu nazwy, które powstały przy opisie układu geocentrycznego, gdy nieruchoma Ziemia stanowiła centrum, od którego wyznaczano odległości i kierunki. Dlatego w układzie Kopernika Ziemia przechodzi przez apogeum Słońca A.

Przyjęcie ekscentryczności orbity Ziemi spowodowało konieczność wyznaczenia odległości środka orbity od Słońca i położenia apogeum A. Problemy te Kopernik rozwiązał, a my postaramy się przedstawić jego tok rozumowania. Musimy jednak poznać aparat matematyczny, jakim Kopernik dysponował.

W I księdze „O obrotach" znajduje się rozdział „O bokach i kątach trójkątów płaskich prostolinijnych", w którym Kopernik przedstawił różne przypadki rozwiązywania takich trójkątów. W tekście często odwołuje się do twierdzeń zawartych w Elementach Euklidesa. Korzysta również z „Tablicy cięciw w kole", znajdującej się w I księdze. Wielkości zawarte w tej tablicy zastępują nieznaną jeszcze funkcję trygonometryczną sinus, co wyjaśnimy przy pomocy rys. 3. W okręgu o środku O i promieniu R cięciwa AB opiera się na łuku, którego miara stopniowa wynosi 2α i jest równa mierze stopniowej odpowiadającego mu kąta środkowego AOB. Natomiast każdy kąt wpisany, czyli posiadający wierzchołek na okręgu, oparty na tym samym łuku, np. kąt ADB, jest dwa razy mniejszy od kąta środkowego AOB. W szczególnym przypadku, gdy cięciwa jest średnicą, kąty wpisane są proste, $\alpha = 90°$. Linia CO połowi łuk



Rys. 2. Rysunek Kopernika znajdujący się na marginesie strony „O obrotach", przedstawiający ekscentryczną orbitę Ziemi: *e* – środek orbity, *f* – Słońce, *a* – apogeum, *d* – perygeum.

i cięciwę AB i jedną jej połowę oznaczamy *a*. Dla nas związek między kątem α a odcinkiem *a* wynika z trójkąta prostokątnego:

$$a = R \sin\alpha,$$

więc cała cięciwa $AB = 2a = 2R\sin\alpha$.

W tabeli podanej przez Kopernika odcinek *a* nazywa się „połową cięciwy podwójnego łuku" i obliczona została dla promienia $R = 100\,000$ i dla kątów α od 0° do 90° w odstępach 10'. Są to wielkości całkowite, pięciocyfrowe. Przykład podajemy obok. Kopernik w ten sposób uniknął wprowadzenia wielkości ułamkowych, co było istotne przy ówczesnej nieznajomości ułamków dziesiętnych. W zastosowaniach łuki 2α są zwykle częściami kołowych orbit, a cięciwy AB elementami konstrukcji geometrycznych tworzonych przy rozwiązywaniu zagadnień.

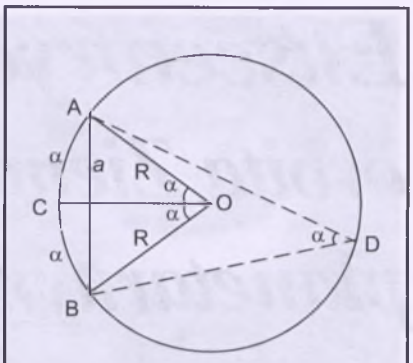
Po tych przygotowaniach zacytujemy fragment „O obrotach" (str.153):

„Od dziesięciu bowiem i więcej lat, w ciągu których skierowałem swe myśli ku zbadaniu tych rzeczy, a zwłaszcza w 1515 roku Chrystusa, stwierdziłem, że od równonocy wiosennej do jesiennej upływa pełnych 186 dni oraz 5 i pół minut dniowych i aby tym mniej się pomylić w oznaczeniu przesileń, co, jak niektórzy podejrzewają, zdarzało się czasami poprzednikom, wziąłem sobie przy tym zadaniu pewne inne miejsce Słońca, które by także jak równonoce nie były wcale trudne do obserwacji, a jakimi są środki znaków Byka, Panny, Lwa, Skorpiona i Wodnika. Otóż od równonocy jesiennej do środka Skorpiona doliczyłem się 45 dni i 16 minut dniowych, a do równonocy wiosennej 178 dni i 53 i pół minut dniowych. Ruch zaś równomierny wynosił w pierwszym okresie 44 stopnie i 37 minut, a w drugim 176 stopni i 19 minut."

Jako dodatkowe wyjaśnienia do tego tekstu podajemy:

Minuta dniowa jest sześćdziesiątą częścią doby.

Wybrane środki znaków Zodiaku są dostatecznie blisko punktów równonocnych i deklinacja Słońca zmienia się w nich jeszcze dość szybko, co ułatwia ustalenie ich przy pomocy obserwacji. Ale stwierdzenie, że to „nie jest wcale trudne", świadczy o dużych umiejętnościach Kopernika jako obserwatora.



Rys. 3. Cięciwa AB okręgu o środku O i promieniu R oparta jest na łuku 2α. Jej połowa $a = R \sin\alpha$. Kąt środkowy $AOB = 2\alpha$, kąt wpisany $ADB = \alpha$.

Z faktu, że okres wiosny i lata jest dłuższy od okresu jesieni i zimy, już można wywnioskować, że w pierwszym okresie Słońce przesuwa się wolniej, a więc jest dalej od Ziemi niż w drugim. Obliczone ruchy Ziemi wynikają z pomnożenia podanego poprzednio ruchu dziennego *u* przez odpowiednie ilości dni między obserwacjami.

W dalszym ciągu dzieła Kopernika znajdujemy obliczenie elementów ekscentryczności orbity Ziemi. Pozwalamy sobie jednak, jako ułatwienie dla przyszłych Czytelników, przedstawić „własnymi słowami" rozumowanie Kopernika, a potem dopiero zacytować oryginalny tekst. Przy tym zachowujemy oznaczenia literowe oryginału, zmieniając litery małe na duże.

Rys. 4 przedstawia kołową orbitę Ziemi o promieniu R i środku E. Słońce znajduje się w punkcie F. Średnica przechodząca przez F wyznacza na orbicie apogeum L i perygeum G. Punkt A oznacza położenie Ziemi w czasie równonocy wiosennej. Wtedy Słońce F widoczne było w kierunku punktu B, na początku znaku Barana ♈. Po ponad 186 dniach Ziemia znajdowała się w punkcie B i to była równonoc jesienna. Słońce widoczne w kierunku A, „wstępowało" w znak Wagi. Po przesunięciu się Ziemi z B do C Słońce widoczne było w kierunku przedłużenia odcinka CF do punktu D na orbicie, na tle środka znaku Skorpiona. Nastąpiła więc zmiana kierunku do Słońca o znak Wagi 30° i pół znaku Skorpiona 15°, czyli o 45°. Dzięki temu punkt F stał się wierzchołkiem dwóch kątów po 45°. Ze znanych łuków BC = 44°37' i BA = 176°19' wynika łuk

CA = BA – BC = 131°42'.

Po połączeniu punktów CA cięciwą powstał trójkąt ACF, w którym możemy wyznaczyć wszystkie elementy, przyjmując promień okręgu R = 100 000.

Bok CA, jako cięciwa oparta na łuku 131°42', wynosi 182 494. Odpowiednie dane liczbowe są w podanym przykładowo fragmencie tabeli cięciw w kole.

Kąt przy wierzchołku A, jako kąt wpisany CAB oparty na łuku 44°37' ma miarę dwa razy mniejszą, równą 22°18',5.

Kąt przy wierzchołku C, ACD, jako różnica kąta zewnętrznego CFB i kąta CAB ma miarę

45° – 22°18',5 = 22°41',5.

Bok CF obliczony przy pomocy znanych już elementów ze wzorów sinusów wynosi 97967.

Łuk AD, na którym opiera się znany już kąt wpisany ACD, jest od niego dwa razy większy:

łuk AD = 2 × 22°41',5 = 45°23'.

Teraz przeprowadzimy średnicę z C przez E do H. Ponieważ suma łuków od C przez A do D wynosi 177°5', więc reszta do połowy okręgu równa jest DH = 180° – 177°5' = 2°55'. (Kopernik podaje 2°54'). Cięciwa oparta na tym łuku wynosi 5068.

Ze środka orbity E prowadzimy EK prostopadle do cięciwy CD opartej na łuku 177°5'. Długość jej wynosi 199 934, a ponieważ K dzieli ją na połowy, więc CK = 99 917.

Teraz zajmiemy się małym trójkątem prostokątnym FKE. Jego bok FK = CK – CF = 1950, co Kopernik zaokrągla do 2000. Drugą przyprostokątną obliczymy z podobieństwa trójkątów CDH i CKE, którego boki są odpowiednio dwa razy krótsze od boków trójkąta CDH. Dlatego

$$KE = \frac{1}{2} DH = 2534$$

Teraz Kopernik zmienił skalę. Przyjął R = 10 000, więc FK = 200, KE = 253 i jako przeciwprostokątną uzyskał EF = 323. A to jest właśnie szukana odległość środka orbity Ziemi od Słońca, czyli środka świata.

Z tego małego trójkąta prostokątnego znajdujemy również kąt EFK, który wynosi 51°40'. Kąt ten, po przedłużeniu ramion staje się kątem LFD. Dodajemy do niego kąt DFA = 45° i otrzymujemy kąt

LFA = 51°40' + 45° = 96°40'.

W ten sposób Kopernik uzyskał wielkość określającą położenie apogeum L w stosunku do punktu A, w którym Ziemia znajdowała się w czasie równonocy wiosennej. Ponieważ punkt przesilenia letniego znajduje się na orbicie w odległości 90° od punktu A, więc wynik Kopernika oznacza, że apogeum L jest 6°40' po przesileniu letnim.

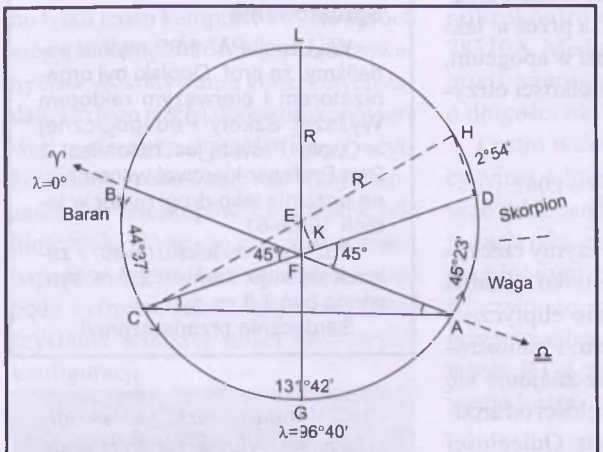
A teraz fragment oryginalnego tekstu z dzieła „O obrotach" przedstawiający to samo rozumowanie, wraz z rysunkiem Kopernika, rys. 5.

„Z tak przygotowanymi naprzód danymi powtórzmy koło ABCD. I niech A będzie punktem, z którego Słońce pokazało się w czasie równonocy wiosennej, B miejscem, skąd widziana była równonoc jesienna, C zaś środkiem Skorpiona: połączmy je liniami AB i CD, przecinającymi się w środku Słońca F, i nakreślmy cięciwę AC. Ponieważ łuk CB jest znany, mianowicie o 44 stopniach i 37 minutach, i przez to dany jest kąt BAC podług tego, że 360 to dwa kąty proste, a kąt ruchu widomego BFC wynosi 45 stopni, jakich w czterech kątach prostych jest 360, lecz gdy tyleż stopni będą miały dwa kąty proste, to kąt BFC będzie zawierał 90 stopni: stąd pozostały kąt ACD, który opiera się na łuku AD, wynosi 45 stopni i 23 minuty. Lecz cały odcinek ACB ma 176 stopni i 19 minut, a po odjęciu BC pozostaje łuk AC o 131 stopniach i 42 minutach, który razem z łukiem AD daje w sumie łuk CAD 177 stopni i 5 minut.

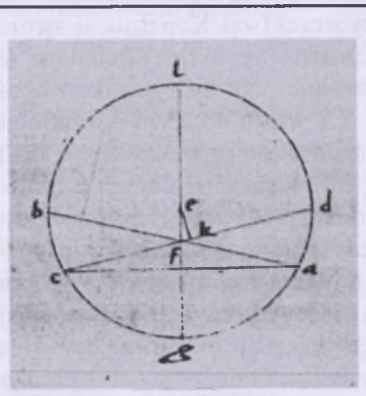
Ponieważ każdy z obu odcinków ACB i CAD mniejszy jest od półkola, jasne więc jest, że w pozostałym odcinku BD znajduje się środek koła; i niech nim będzie E, a przez F poprowadzimy średnicę LFEG i niech L będzie apogeum, G zaś perigeum, a do CFD wystawmy prostopadłą EK. Otóż dla danych łuków dane są również z tabeli ich cięciwy: AC o 182 494 częściach i CFD o 199 934 częściach, jakich dla średnicy przyjmuje się 200 000. W trójkącie więc ACF o danych kątach będzie również dany

Tabela cięciw w kole (wyciąg)

Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnice
65°	0'	90631	123
	10	753	2
	20	875	1
	30	996	1
	40	91116	120
	50	235	119
66	0	354	8



Rys.4. Wyznaczanie ekscentryczności orbity Ziemi. E –środek orbity, F – Słońce, A, B, C – pozycje Ziemi podczas ustalania położenia Słońca na ekliptyce, L – apogeum, G – perygeum.



Rys. 5. Rysunek Kopernika znajdujący się na marginesie strony "O obrotach", wyjaśniający wyznaczanie ekscentryczności orbity Ziemi. Porównaj z rys. 4.

na mocy pierwszego twierdzenia o trójkątach płaskich stosunek boków oraz bok CF o 97 967 częściach, jakich w AC było 182 494, a przez to i połowa nadwyżki na FD, to jest FK, wynoszących takichże części 2000. A ponieważ odcinkowi CAD brakuje do półokręgu 2 stopni i 54 minut, których połowa cięciwy, równa linii EK, wynosi 2534 części, przeto w trójkącie EFK, gdzie dwa dane boki FK i KE obejmują kąt prosty, spośród danych boków i kątów bok EF będzie zawierać 323 części, jakich w EL jest 10 000, a kąt EFK 51 i dwie trzecie stopnia, jakich cztery kąty proste mają 360. Cały więc kąt AFL wynosi 96 i dwie trzecie stopnia, a pozostały kąt BFL 83 i jedną trzecią stopnia, takich zaś części, jakich w EL będzie 60, w EF będzie jedna i prawie 56 sześćdziesiątych części. Taka była odległość Słońca od środka koła, która już stała się zaledwie trzydziestą jedną częścią promienia, a Ptolemeuszowi przedstawiała się jeszcze jako część dwudziesta czwarta. A apogeum, które wówczas było przed przesileniem letnim o 24 i pół stopnia w precedencji, znajduje się teraz za nim o 6 i dwie trzecie stopnia w sekwencji."

Przytoczony fragment dzieła „O obrotach" jest dobrym przykładem przedstawiania i rozwiązywania problemów przez Kopernika. Tekst jest krótki, zwięzły i wykazuje dużą swobodę autora w posługiwaniu się pojęciami astronomicznymi i matematycznymi, co umożliwia Mu sprowadzenie trudnego zadania do rozwiązywania trójkątów. Równocześnie możemy ocenić, jakiego przygotowania i zasobu wiedzy oczekiwał Kopernik u swoich szesnastowiecznych czytelników. (Ja dla siebie i moich Czytelników z końca XX wieku dodałem jednak objaśnienia tekstu i rysunku Kopernika.)

Zaskakującym jest użycie przez Kopernika, prócz zwykłych stopni, również „półstopni", których jest 360 w dwóch kątach prostych. Widoczna jest jednak korzyść z zastosowania tego zabiegu. Kopernik znajdował prosty związek między kątem wpisanym a łukiem, na którym ten kąt się opierał. Obecnie związek ten możemy sformułować następująco: Półstopniowa miara kąta wpisanego równa się stopniowej mierze łuku, na którym ten kąt się opiera. Teraz jednak z półstopni nie korzystamy i dlatego koniecznym było obliczenie kątów wewnętrznych trójkąta, CAB i ACD, które Kopernikowi nie były potrzebne. Wystarczyła zmiana 45° na 90 półstopni.

Spróbujemy jeszcze ocenić dokładność wyników Kopernika. Jeżeli wrócimy do rys. 4, stwierdzimy, że kąt BFG, jako wierzchołkowy względem kąta LFA wynosi również 96°40'. A to jest kąt między kierunkami do punktu Barana i do punktu G na orbicie. Punkt ten obecnie należy nazwać peryhelium Ziemi, a nie perygeum Słońca. Kąt liczony od punktu Barana do peryhelium Ziemi jest jego długością $\lambda = 96°40'$. Długości peryheliów Ziemi i innych planet ciągle wzrastają i dlatego ich wielkości podawane są w odpowiednich zbiorach na określoną epokę wraz z szybkością zmian. Dla Ziemi znajdujemy długość peryhelium na 1900 rok 101°13' i przyrost 1°43' na 100 lat. Z tych danych wynika, że w czasie obserwacji Kopernika, 1515 rok, długość peryhelium Ziemi wynosiła 94°36'. Kopernik pomylił się tylko o 2° w wyznaczeniu kierunku ekstremalnych odległości Ziemi do Słońca.

Drugą wielkością uzyskaną przez Kopernika była odległość środka orbity Ziemi od Słońca, wynosząca $s = 323$ przy promieniu orbity $R = 10\,000$. Z tych danych wynika, że w perygeum odległość Słońca od Ziemi wynosiła $R - s = 9677$, a w apogeum $R + s = 10323$. Przy stałej prędkości Ziemi na orbicie, pozorne ruchy dzienne Słońca są odwrotnie proporcjonalne do odległości. Jeżeli przez u_p oznaczymy ruch dzienny Słońca, gdy Ziemia przechodzi przez perygeum, a przez u_a taki sam ruch, gdy Ziemia jest w apogeum, to jako stosunek tych wielkości otrzymamy:

$$\frac{u_p}{u_a} = \frac{R+s}{R-s} = \frac{10323}{9677} = 1{,}067.$$

Dla porównania obliczymy rzeczywistą wartość tego stosunku. Ziemia obiega Słońce po orbicie eliptycznej o półosi dużej $a = 1$ j.astr. i mimośrodzie $e = 0.0168$. Słońce znajduje się w ognisku elipsy w odległości od środka $c = a \cdot e = 0.0168$ j.astr. Odległości Ziemi od Słońca zmieniają się od $a - e = 0.9832$ w peryhelium do $a + c = 1.0168$ w aphelium. Również prędkości liniowe Ziemi ulegają zmianom, od największej v_p w peryhelium do najmniejszej v_a w aphelium. Stosunek tych prędkości wynosi:

$$\frac{v_p}{v_a} = \frac{a+c}{a-c},$$

są one bowiem również odwrotnie proporcjonalne do odległości. Prędkości kątowe Słońca wyrażone przez jego ruchy dzienne wynoszą: w peryhelium $u_p = \frac{v_p}{a-c}$, w aphelium $u_a = \frac{v_a}{a+c}$.

Stosunek tych wielkości równa się:

$$\frac{u_p}{u_a} = \frac{v_p}{v_a} * \frac{a+c}{a-c} = \left(\frac{a+c}{a-c}\right)^2 = \left(\frac{1{,}0168}{0{,}9832}\right)^2 = 1{,}070.$$

Wielkość ta jest zgodna z uzyskaną poprzednio z danych Kopernika. Średni ruch dzienny przyjęty przez Niego jest również poprawny, więc możemy stwierdzić, że obliczona ekscentryczność orbity ziemskiej dobrze wyjaśniała obserwowany ruch Słońca przy ówczesnej dokładności pomiarów.

Przedstawione rezultaty uzyskał Kopernik, korzystając z własnych obserwacji, wykonywanych przy użyciu prymitywnych przyrządów, bez optyki i bez zegara do wyznaczania momentów obserwacji. Był więc nie tylko teoretykiem obdarzonym inwencją twórczą, ale też rachmistrzem i uzdolnionym obserwatorem.

Literatura:

Polska Akademia Nauk, *Mikołaj Kopernik*, Dzieła Wszystkie I i II, PWN, Warszawa 1976.

Allen C.W., *Astrophysical Quantities*, University of London, The Athlone Press 1955.

Sprostowanie

W „Uranii-PA" 1/99 mylnie podaliśmy, że prof. Opolski był organizatorem i pierwszym rektorem Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Opolu. Prawdą jest natomiast iż Pan Profesor kierował wspomnianą uczelnią jako drugi rektor w latach 1959–61.

Poza tym, do tekstu na str. 7 zakradł się błąd: zamiast 2.6 m. syn. winno być 7.6 m. syn.

Serdecznie przepraszamy!

Prof. Antoni Opolski jest astrofizykiem, emerytowanym dyrektorem Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego i byłym prezesem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego.

Sekrety 32-m radioteleskopu w Toruniu

Eugeniusz Pazderski

Radioteleskop o średnicy 32 m, określany mianem RT-4 lub czasem RT-32, jest ważnym instrumentem badawczym w naszej części Europy. Jego parametry (rozmiary, precyzja wykonania, czułość systemów odbiorczych, wyposażenie) pozwalają ocenić go jako instrument średniej klasy, a w wypadku wyposażenia go w systemy odbiorcze pracujące na częstotliwościach powyżej 20 GHz — jako instrument lepszy niż średni. RT-4 był budowany na przełomie epok politycznych i ten fakt jest łatwo dostrzegalny, nawet dla niefachowca, jako pewna dwoistość w jakości jego wykonania. Z całą pewnością projekt teleskopu jest znakomity, bowiem uwzględnia bardzo istotną ideę konstrukcji homologicznej, pozwalającą zachować paraboloidalny kształt lustra głównego w całym zakresie odległości zenitalnych.

Jakość wykonania części mechanicznej jest całkiem przyzwoita. Awaryjność spowodowana błędami w konstrukcji mechanicznej jest bardzo mała. Np. okresowo blokują się hamulce przeciwburzowe w osi elewacji. Przyczyna tkwi w dużych oporach toczenia spowodowanych faktem, że przy ciągłej pracy teleskopu hamulce te nie są używane. Od pewnego czasu funkcjonuje program komputerowy pozwalający nieustannie włączać i wyłączać te hamulce w godzinach serwisowych, co pozwala utrzymać je w stanie sprawności.

Sterowanie

Mieliśmy spory bagaż doświadczeń z teleskopem RT-3 (radioteleskopem o średnicy 15 m pracującym w Toruniu od roku 1978), gdy przyszło nam uzgadniać koncepcję systemu sterowania RT-4 z firmą, która podjęła się tego zadania. Chcieliśmy uniknąć wielkiej ilości styczników, bezpieczników i termików. Chcieliśmy, by sterowanie wykonywały znane nam i niezawodne komputery personalne. Zależało nam też na zastosowaniu napędów Apena, bo znaliśmy je i wydawały się nam one dostatecznie dobre do tego zadania. W rezultacie prawie nic z tych naszych oczekiwań nie ma odbicia w ostatecznym rozwiązaniu.

Ostateczna koncepcja systemu sterowania RT-4 została zaproponowana przez inżynierów z firmy Panda-Tor z Torunia. Nie dało się uniknąć systemu logiki sterującej opartej o styczniki. Wynikało to z norm, które wymagały sprzętowego zabezpieczenia pracy każdego urządzenia elektrycznego. W sterowaniu na teleskopie zastosowano tylko jeden komputer PC, ale oprócz niego 16 komputerów wyspecjalizowanych w wykonywaniu konkretnych zadań. Do tego trzeba dodać unixowy serwer w sterowni, umożliwiający użytkownikowi panowanie nad wszystkimi zasobami teleskopów i systemów odbiorczych. Wreszcie nie zastosowano napędów Apena, lecz nowoczesne napędy cyfrowe, pozwalające na wykorzystanie wielkiej ilości możliwych konfiguracji.

Odczyt współrzędnych

Bazowymi współrzędnymi na RT-4 są odległość zenitalna z i azymut A. Zakresy możliwych wartości tych współrzędnych wynoszą: $-3° \leq z \leq 89°$ i $-265° \leq A \leq 265°$. Do odczytu współrzędnych zastosowano 19-bitowe przetworniki kąta, umieszczone bezpośrednio na osi elewacji i osi azymutów, z mikrokontrolerem zbudowanym na bazie procesora PD 78310A. Dokładność odczytu wynosi 2.5" (0°.0007).

Fizycznym medium łączącym zestawy przetwornik kąta — kontroler z komputerem PC jest światłowód. Na jego końcach zostały zastosowane modemy światłowodowe firmy Lenze. Specyfika pracy tych modemów jest taka, że pomiędzy transmisją a odbiorem musi wystąpić przerwa 0.7 ms. Nieuwzględnienie tego faktu spowodowało, że na początku eksploatacji RT-4 odczyt pozycji odbywał z ilością błędów przekraczającą 50%. Po zmianie oprogramowania nastąpiła wyraźna poprawa i obecnie jeden błędny odczyt występuje raz na tydzień przy 10-ciu odczytach na sekundę i tempie transmisji 38400 kbodów.

Odczyt pozycji lustra wtórnego odbywa się przy użyciu czterech 12-bitowych przetworników kąta i jednego mikrokontrolera z procesorem PD 78310A. Medium fizycznym dla transmisji szeregowej jest światłowód o długości ok. 100 m.

Lustro wtórne wymaga bardzo precyzyjnej adjustacji, aby dało się uzyskać zakładaną sprawność anteny. Adjustacja taka jest bardzo złożonym i pracochłonnym procesem. Dwukrotnie zdarzyło się, że niefrasobliwość osób przeprowadzających testy oprogramowania RT-4 spowodowała rozregulowanie lustra.

Napędy Lenze

Zastosowanie napędów cyfrowych firmy Lenze łamało pewien stereotyp, jaki obowiązywał w technice sterowa-

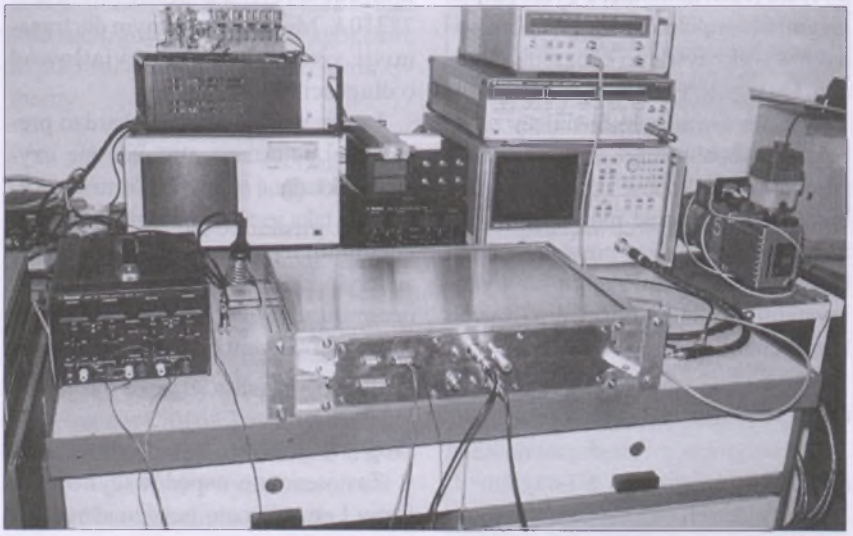
nia radioteleskopów. Mieliśmy duże opory, by porzucić sprawdzoną technologię opartą o silniki prądu stałego na rzecz nowoczesnych, lecz praktycznie nigdzie nie stosowanych w radioteleskopach napędów cyfrowych. Każdy taki napęd składa się z silnika trójfazowego prądu zmiennego o częstotliwości 16 lub 8 kHz oraz sterownika składającego się z tranzystorowego falownika i komputera z 16-bitowym procesorem. Sterownik ten, podłączony poprzez łącze szeregowe z komputerem PC, może obracać silnikiem w sposób określony konfiguracją, na którą składa się ok. 250 różnych parametrów. Sterowniki dają się łączyć w zespoły składające się z jednego sterownika „master" i kilku sterowników „slave". Transmisja pomiędzy sterownikami i PC odbywa się siecią RS-485. Teleskop w osi azymutów jest obracany przez cztery zespoły napędowe. W każdym zespole są dwa silniki. W zamiarze projektanta było takie ich zastosowanie, by dla danego kierunku obrotu jeden silnik napędzał, a drugi hamował ruch teleskopu ze stałym momentem obrotowym będącym pewnym niedużym procentem maksymalnego momentu obrotowego. Przy zmianie kierunku ruchu role silników zmieniały się. Pozwalało to zredukować do zera luzy przekładni w zespołach napędowych. Przełożenie przekładni w osi azymutów wynosi 1:40000, a w osi elewacji 1:70000, z czego wynika konieczność zastosowania wielu kół zębatych. Początkowo idea, by w każdym zespole napędowym jeden silnik napędzał, a drugi hamował, została w pełni zrealizowana. Okazało się jednak, że prowadzi to do bardzo niestabilnej pracy napędów: oscylacje wywołane mechanicznymi sprzężeniami mogły zdegradować jakość ruchów teleskopu. Znacznie lepiej funkcjonowało hamowanie tylko jednym silnikiem, przy czym nie prowadziło to do pogorszenia jakości sterowania.

Inny problem pojawił się przy bardzo małej prędkości obrotowej silników w osi azymutów. Są takie obszary na niebie, którym odpowiada bliska zeru prędkość obrotowa w osi azymutów, jeśli prowadzimy obserwacje. Napędy cyfrowe połączone w taki sposób, że jeden wybrany napęd (master) przekazuje swoją prędkość i maksymalny moment obrotowy trzem pozostałym napędom (slave), funkcjonują źle, jeśli często zmienia się kierunek obrotów, a to właśnie następuje przy zerowej prędkości. Efektem jest pojawienie się bardzo dużych momentów obrotowych, prowadzących do przeciążeń silnika i w efekcie do wyłączenia napędu. Po ponad roku różnych prób problem ten udało się rozwiązać, wykorzystując fakt, że pojedynczy napęd ma przy małych prędkościach dostatecznie dużo mocy, by zakręcić teleskopem w osi azymutów. Zatem obecnie przy małych prędkościach azymutalnych teleskop jest poruszany przez jeden silnik. Podobną regułę zastosowano w osi elewacji. Teoretycznie przewidziano ręczną kontrolę ruchu RT-4. Sprowadza się jednak ona do przeprogramowania ręcznego sterowników Lenze do pewnej szczególnej konfiguracji, co jest zadaniem trudnym, a nawet niebezpiecznym. Przeprowadzono jednak (jeden raz) taką operację, z pozytywnym skutkiem.

Sterownik Festo

Duża liczba styczników, termików i innych urządzeń elektrotechnicznych zastosowana w sterowaniu RT-4, wynika z konieczności sprzętowego zabezpieczenia ruchu teleskopu. Chodzi tu o to, by przy awarii komputerów teleskop nie przekroczył swoich skrajnych położeń, by nie zostały przekroczone maksymalne prądy płynące do silników, by wreszcie dawało się załączać określone urządzenia, których sterowanie odbywa się tylko w trybie załącz/wyłącz. Stany tych wszystkich urządzeń, także stany niektórych sygnałów sterowników Lenze, są kontrolowane przez przemysłowy sterownik firmy Festo. Sterownik ten, to dwuprocesorowy (Z-80) komputer z systemem operacyjnym czasu rzeczywistego, pozwalający na uruchomienie wielu współbieżnych i wzajemnie powiązanych programów. Programy te w zasadzie czytają stany jednobitowych wejść komputera i wypracowują stany wyjść cyfrowych. Bezpieczeństwo i diagnostyka radioteleskopu zależą w dużej mierze od jakości oprogramowania tego komputera. Do niego są podłączone sygnały z wyłączników krańcowych, ten właśnie komputer sprawdza wzajemne powiązania między defektami sterowania RT-4 i decyduje, czy umożliwić jego sterowanie, czy też nie. Sterownik Festo na bieżąco generuje komunikaty o awariach i pozwala na ich czytanie przez komputer główny (PC). Trzeba przyznać, że lista komunikatów o awariach nigdy w historii funkcjonowania RT-4 nie była pusta.

Przetworniki kąta w azymucie pozwalają na bezpośredni pomiar kątów w zakresie jedynie ±180°. By móc funkcjonować w zakresie ±265°, system sterowania musi być poinformowany o tym, w jakim kierunku poruszał się teleskop w momencie, gdy azymut wynosił 0°. Źródłem tej informacji jest detektor kierunku ruchu, podłączony do sterownika Festo. Urządzenie to spisuje się dobrze, poza nielicznymi wypadkami wyłączeń prądu. Przegapienie tego faktu przez operatora może doprowadzić do poważnej awarii teleskopu, polegającej na tym, że teleskopem da się kręcić aż do zafałszowanych pozycji krańcowych ±450°. W efekcie wiele kabli ułożonych na osi teleskopu może ulec uszkodzeniu.



Fot. 1. Odbiornik na pasmo L (18–21 cm) w laboratorium.

Lustro wtórne

Lustro to jest wyposażone w pięć napędów, z których jeden (ruch lustra równolegle do płaszczyzny horyzontu i płaszczyzny lustra głównego) został tylko raz użyty do dokładnej adjustacji lustra i wyłączony. Pozostałe napędy są wyposażone w 12-bitowe przetworniki kąta, odczytywane przez pojedynczy kontroler połączony z Festo światłowodem.

Jeden z napędów służy do zmiany odległości lustra wtórnego od lustra głównego (ogniskowanie), inny przesuwa lustro wtórne wzdłuż linii góra-dół przy teleskopie zwróconym na horyzont (z=90°), a dwa ostatnie pozwalają skręcać oś symetrii lustra tak. by można było w ten sposób wybierać jeden z oświetlaczy umieszczonych w dachu kabiny ogniska wtórnego. Ta ostatnia funkcja nie jest w tej chwili wykorzystywana. Powodem jest zła komunikacja pomiędzy Festo i kontrolerem odczytującym współrzędne lustra, oraz zbyt długi czas zmiany pozycji lustra wtórnego (zbyt wolne obroty silników). Obecnie zmiana systemu odbiorczego odbywa się przez skręcenie całej czaszy i wprowadzenie stałego dla danego odbiornika przesunięcia we współrzędnych A i z. Do obsługi mechanizmu lustra wtórnego służy bardzo masywny i skomplikowany podnośnik. Jego użycie wymaga skrajnej ostrożności i odpowiedzialności ze względu na wymagane wyjątkowo precyzyjne ustawienie teleskopu do takiej operacji.

Komputer główny

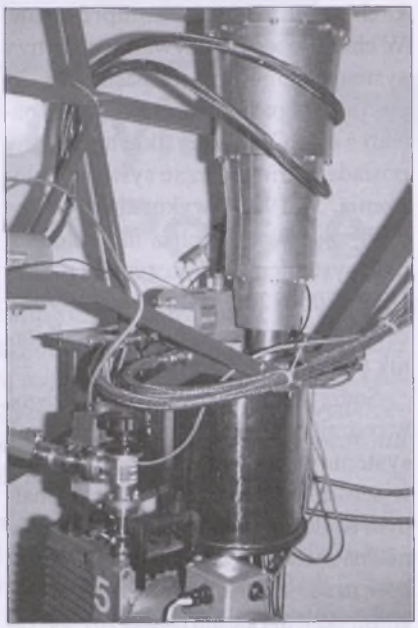
Jest to przemysłowa wersja personalnego komputera klasy 486/66 MHz, 4 MB RAM. Komputer ten pracuje w systemie operacyjnym DOS. Jego zadaniem jest komunikowanie się z podległymi mu sterownikami i kontrolerami za pośrednictwem światłowodowej wersji łącza RS-232 oraz z operatorem za pomocą sieci komputerowej Ethernet, także światłowodowej. Oprogramowanie tego komputera zapewnia rodzaj autonomii teleskopowi. Jest ono napisane w języku C++ i w szerokim zakresie wykorzystuje obiektowość tego języka. Po uzyskaniu komendy od operatora (ze sterowni lub z własnej klawiatury) program wykonuje ją niezależnie od tego, czy połączenie ze sterownią trwa nadal. Są jednak komendy serwisowe, które wymagają reakcji operatora lub zawierzenia niezawodności wyłączników krańcowych, nie są one jednak używane przez zwykłych operatorów.

Użytkownik teleskopu ma do dyspozycji komendy pozwalające na wykonywanie śledzenia radioźródeł, ich skanowania, wykonywania przejazdów offsetowych w stosunku do obserwowanego źródła, w układach współrzędnych równikowych i horyzontalnych, ustawiania teleskopu w dowolnym położeniu A-z. Może też skorzystać z 10 katalogów zawierających po 65000 pozycji każdy. Ma możliwość wyboru odbiornika i tabeli poprawek.

Specjalnego omówienia wymaga problem czasu jako parametru podstawowego potrzebnego w sterowaniu. Obecnie zagadnienie to nie jest dobrze rozwiązane. W momencie startu systemu sterowania podstawą pomiaru czasu jest zegar systemowy komputera głównego. Praktyka pokazuje, że różnica między tym czasem a UT może przekraczać kilka godzin. Operator może albo ustawić czas zegara rzeczywistego w komputerze głównym (co wymaga wycieczki na teleskop) lub też ustawiać czas systemowy, przesuwając go o określoną liczbę sekund. Tę ostatnią czynność wykonuje też automatycznie komputer TRAO2 raz na 10 minut. Niejednoznaczność (czytaj: niedokładność) czasu UT w komputerze głównym może osiągać 2 sekundy, co wpływa na precyzję sterowania. Do teleskopu, także do komputera głównego zostały dociągnięte sygnały 10 MHz i 1 min, co pozwala na stosunkowo prostą poprawę tej sytuacji.

Komputer główny wysyła komendy do sterowników Lenze ok. 10 razy na sekundę, informując je o nowych wartościach prędkości i momentów maksymalnych silników. Dzieje się to w miarę równomiernie do momentu, gdy ze sterowni przychodzi żądanie przysłania informacji o stanie teleskopu, ewentualnie żądanie wykonania komendy. Przygotowanie potrzebnej informacji trwa dość długo i powoduje pojawienie się niestabilności sterowania obniżającej jego dokładność.

Wiele wymienionych wyżej czynników interferuje ze sobą prowadząc do powstania szumu w sterowaniu o amplitudzie ok. 0°.005.



Fot. 2. Odbiornik na pasmo C1 (5 GHz).

Program sterujący w komputerze głównym pozwala stosować wiele tabel poprawek. Tabele te zawierają pary liczb (δA, δz) rozmieszczone co 2° w całej przestrzeni (A, z) dostępnej dla teleskopu. Tabele te uwzględniają także refrakcję atmosferyczną.

Systemy odbiorcze

Jest oczywistym dążenie, by osiągać jak najlepszy stosunek sygnału do szumu w systemach odbiorczych. Realizujemy to przez stosowanie przedwzmacniaczy, w których elementami aktywnymi są tranzystory z gorącymi nośnikami, HEMT, zwykle galowo-arsenowe. Temperatury szumowe takich wzmacniaczy — bez ich chłodzenia — są rzędu 30 K dla zakresu częstotliwości od 1 do 7 GHz. Zwykle jednak chłodzi się te wzmacniacze do temperatury 15 K, co pozwala na osiągnięcie temperatur szumowych 5 K i niższych.

Samo chłodzenie przedwzmacniaczy to mało. Chłodzimy także końcówki falowodów stanowiących przedłużenie oświetlaczy i sprzęgacze, pozwalające wstrzyknąć do toru odbiorczego sygnał o znanej mocy w celu kalibracji systemu.

Stosowanie kriogenicznych temperatur nieodłącznie wiąże się z techniką wysokiej próżni. Wszystko to razem przynosi problemy związane ze szczelnością naczyń próżniowych, z pomiarami skrajnie niskich temperatur i skrajnie niskich ciśnień, wydajnością chłodziarek, czystością i ciśnieniem helu używanego w chłodziar-

kach, awaryjnością kompresorów. W chwili obecnej używamy stale trzy systemy odbiorcze: na pasmo 18–21 cm (L), na pasmo 6 cm (C1) i na pasmo 5 cm (C2). Wszystkie te systemy posiadają kriogeniczne systemy chłodzenia. W 1998 r wykonaliśmy kilka prób obserwacyjnych z nie chłodzonym systemem odbiorczym na pasmo UHF (700–1200 MHz). Na 1999 rok został zaplanowany chłodzony odbiornik na pasmo 1.35 cm.

Sądzę, że dopracowaliśmy się czegoś w rodzaju własnej technologii budowy systemów odbiorczych. Odbiorniki w sensie mechanicznym i funkcjonalnym są do siebie bardzo podobne. Nie można żadnego z istniejących odbiorników uznać za dzieło skończone: część konstrukcji ma kształt ostateczny, ale zawsze jest coś do dodania. Obecnie każdy system otrzyma własny kontroler do jego sterowania i diagnostyki.

Techniki próżniowej i kriogeniki uczymy się na własnych błędach i na doświadczeniach innych. Regułą w naszych systemach jest np. to, że końcowe stopnie falowodów są chłodzone do 70 K. Ostatnio podpatrzyliśmy jednak w Holandii, że w ich systemach ostatnie stopnie falowodów są chłodzone do 20 K. Trzeba to oczywiście naśladować.

Problemy sprawiają krótkotrwałe wyłączenia prądu, co prowadzi do szybkiego podgrzania wnętrza naczyń próżniowych, ulotnienia się skroplonych gazów i utraty izolacji termicznej. Inny efekt polega na tym, że ciepło z folii zamykającej okno falowodowe jest pobierane przez wnętrze dewara (promieniowanie termiczne), a na zimnej folii skrapla się para wodna. Pojawia się wtedy zaskakujący efekt, że bardzo dobrze obserwuje się obiekty na stosunkowo dużych odległościach zenitalnych (woda zlewa się na ścianę falowodu), a szumy systemu są bardzo duże dla z bliskich 0° (woda zakrywa okno). W sytuacji gdy niebo ma temperaturę kilkunastu K, a woda ok. 300 K, efekt jest zupełnie oczywisty. Ostatnio podpatrzyliśmy w Dwingeloo w Holandii, że metodą na zapobieżenie temu efektowi jest zasłonięcie okna dodatkowo specjalną pianką od strony wnętrza dewara. Wzmacnia to mechanicznie folię i chroni wnętrze naczynia próżniowego przed promieniowaniem termicznym okna,. przy czym nie wprowadza istotnych strat w sygnale.

Ciągle eksperymentujemy z takim zamknięciem wlotów naszych oświetlaczy, by nie wprowadzić dodatkowych strat w sygnale i zamknąć oświetlacz dla wilgoci.

Kabinę ogniska wtórnego łączą ze sterownią cztery wysokiej jakości kable koncentryczne. Pozwalają one na stałe używanie dwóch jedynie systemów odbiorczych. Życzenie podłączenia nowego systemu może być zrealizowane jedynie poprzez wyprawę do kabiny ogniska wtórnego i przełączenie kabli. Prowadzi to do okresowych pomyłek co do polaryzacji podłączonych torów i w przypadku, np. obserwacji VLBI, do rezygnacji z użycia obserwacji z naszego teleskopu do tworzenia końcowego obrazu radiowego obserwowanego obiektu. W stadium końcowym jest budowa specjalnej przełącznicy pozwalającej przełączyć dowolny z 16 wejściowych portów do dowolnego z 4 wyjściowych. Pozwoli to na natychmiastowy wybór 2 z 8 możliwych odbiorników.

Stosowany przez nas terminal VLBI wymaga, by częstości pośrednie sygnałów przesyłanych z anteny mieściły się w zakresie 500–1000 MHz. Zakres ten stał się u nas standardem dla wszystkich odbiorników. Mimo że pomiędzy anteną a sterownią stosujemy koncentryczne kable przesyłowe wysokiej jakości, to jednak własności tych kabli są różne na różnych częstotliwościach. Np. różnica w tłumieniu sygnału na 500 i 1000 MHz wynosi ok. 13 dB, co oznacza bardzo znaczną nierównomierność charakterystyki. Dla wąskopasmowych obserwacji nie ma to znaczenia, lecz dla szerokopasmowych znacząco wpływa na jakość obserwacji.

W kabinie ogniska wtórnego znajduje się komputer personalny w wersji przemysłowej, którego skromnym zadaniem jest w tej chwili sterowanie mocą i częstotliwością lokalnego oscylatora, który jest wspólny dla wszystkich systemów odbiorczych, oraz pomiar temperatur w naczyniach próżniowych i załączanie różnych urządzeń za pośrednictwem kontrolera. Wkrótce komputer ten będzie także pośredniczył w pełnej diagnozie i sterowaniu systemami odbiorczymi.

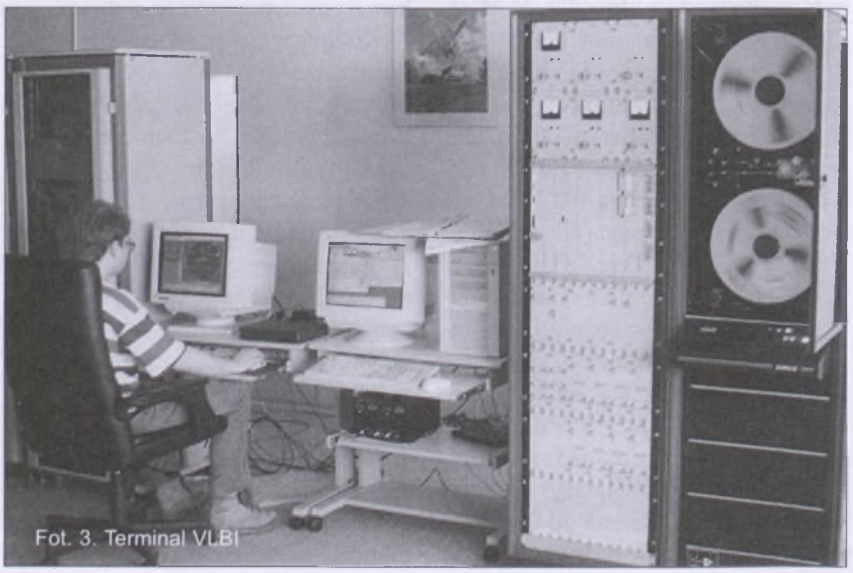
Terminale

Pojęciem tym określamy tę część urządzeń odbiorczych, która dokonuje określonej obróbki sygnałów pośredniej częstotliwości, wychodzących z odbiorników, a sposób tej obróbki zależy od natury obserwowanych obiektów i rodzaju informacji, jaką chcemy uzyskać.

Odbiornik mocy całkowitej

W obecnej formie jest to prosty system dwukanałowy. Pasmo pośredniej częstotliwości (500–1000 MHz) jest dzielone na dwa podzakresy: 500–750 MHz i 750–1000 MHz. Oba podzakresy są poddane detekcji, a opuszczające detektory sygnały niskiej częstotliwości są wzmacniane i uśredniane w układach z regulowaną stałą czasową. Tak przygotowane sygnały są dostarczane do modułu akwizycji danych i dalsza ich obróbka odbywa się w komputerze. Ten typ terminala pozwala mierzyć jasność radioźródeł, jest użyteczny

dokończenie na str. 133



Fot. 3. Terminal VLBI

W cieniu Księżyca, czyli... czego nie zobaczymy w Polsce

Sierpniowe zaćmienie Słońca będzie oglądane nie tylko przez doświadczonych miłośników astronomii, ale również rzesze widzów raczej przypadkowo spoglądających na niebo. Staramy się przygotować wszystkich do świadomej i przemyślanej obserwacji tego niezwykłego zjawiska. Dziś skoncentrujemy się na najbardziej emocjonującym i widowiskowym zaćmieniu całkowitym. Zdajemy sobie sprawę, że nie wszyscy nasi Czytelnicy będą mogli w tym wydarzeniu osobiście uczestniczyć, toteż w następnym numerze „Uranii–PA" zamieścimy porcję informacji i wskazówek dla osób pozostających w kraju, pragnących podziwiać nieczęste w końcu zaćmienie częściowe o głębokiej fazie.

Wyobraźmy sobie, że jest środek nadchodzącego lata — 11 dzień sierpnia, południe. Zdecydowaliśmy się w końcu przejechać te kilkaset kilometrów, by znaleźć się w pobliżu linii, na której ustawiają się właśnie trzy ciała niebieskie — Słońce, Ziemia i Księżyc. Widowisko nabiera dramaturgii: coraz większą część słonecznego dysku przesłania tarcza naszego naturalnego satelity. Czeka nas oszałamiający spektakl natury. Najkrótsza „noc" tego lata, pojedynek światła i cienia, gra barwnych zórz, refleksów, blask słonecznej korony, dwie minuty nagłej ciszy w przyrodzie i okrzyków rozentuzjazmowanego tłumu widzów.

Im bardziej zbliża się cień Księżyca, tym ciemniejsze staje się niebo. Jednocześnie na minutę lub dwie przed fazą zaćmienia całkowitego warto spoglądać na jasną i równą powierzchnię (np. gładko pomalowaną ścianę domu czy... rozłożone na ziemi prześcieradło lub arkusz białego papieru). Przy dobrej pogodzie powinniśmy zauważyć tzw. *pasy cienia* (niektórzy nazywają je „latającymi cieniami"), przypominające smugi wędrujące po dnie wypełnionego wodą basenu w słoneczny dzień, z reguły jednak znacznie słabsze, mało kontrastowe, zmieniające swoją jasność. Na ogół mają formę pasów o szerokości kilkunastu centymetrów, przemieszczających się z prędkością kilku metrów na sekundę. Ciekawostką jest, że ich analityczną teorię opracowano dopiero w poprzedniej dekadzie, choć już wcześniej ich pojawianie się wiązano ze scyntylacją w atmosferze. To turbulencje mas powietrza powodują, że światło wąskiego słonecznego sierpa nie dociera jednorodnym strumieniem, ale jest rozmywane (to samo zjawisko jest przyczyną migotania gwiazd). Można odnotować moment pojawienia się (i zniknięcia) pasów cienia, ich formę, kierunek i prędkość ruchu. Nie warto jednak zbyt długo im się przypatrywać, tymczasem bowiem na niebie dzieją się o wiele ciekawsze rzeczy!

Tuż przed fazą zaćmienia całkowitego zmrok zapada bardzo szybko. Na zachodzie widać już *zbliżający się cień*. Niebo nad głową robi się ciemnogranatowe, dokoła niezwykła zorza, jakby zachód Słońca nad całym horyzontem. Warto nagrać na taśmie magnetofonowej swoje spostrzeżenia (choć trudno znaleźć słowa, by to wszystko opisać, nieprawdaż?).

Księżyc stopniowo odcina słoneczne promienie. Wąski sierp Słońca zamienia się na kilka sekund w sznur świecących korali, gdy ostatnie skrawki fotosfery prześwitują między górami i kraterami na krawędzi księżycowej tarczy. Zjawisko to opisał po raz pierwszy w roku 1836 makler giełdowy i miłośnik astronomii Francis Baily — na jego cześć zjawisko to nazywa się *koralami (perłami) Baily'ego*. Najbardziej efektownie prezentują się one przy krótkich zaćmieniach całkowitych (lub wręcz całkowito-obrączkowych) bądź też przy granicy pasa zaćmienia, gdzie księżycowy dysk „ślizga się" stycznie do tarczy Słońca.

Perły szybko gasną jedna za drugą, po drugiej stronie księżycowej tarczy pojawia się jaśniejąca obwódka, formując pierścień. Ostatni błysk fotosfery i ukazująca się korona to tzw. *pierścień z diamentem* — krótki, przejściowy moment drugiego kontaktu.

Czas zdjąć ochronne okulary, usunąć sprzed obiektywów wszelkie filtry. W ciągu krótkich chwil zaćmienia całkowitego Księżyc znakomicie wywiązuje się z roli przesłony — to jedyne (pomijając wschody i zachody) momenty, gdy możemy (a nawet powinniśmy!) bezkarnie patrzeć na Słońce. Skorzystajmy z lornetki, by podziwiać jego przepiękną *koronę*, rozciągającą się zwykle przynajmniej na odległość jednej średnicy Słońca od krawędzi tarczy. W przypadku obserwacji przez teleskop zadbajmy o dostatecznie duże pole widzenia (ok. 2–3 stopnie), by ogarnąć ją w całości.

Z drugiej strony, obserwując przy większym powiększeniu, powinniśmy dostrzec na krawędzi zaćmionej tarczy Słońca różowe języki ognia — *protuberancje*. Księżyc zasłaniający i odsłaniający stopniowo ich podstawę może powodować złudzenie ich przeobrażenia, choć w rzeczywistości zmiany ich kształtu zachodzą w nieco dłuższych skalach czasowych.

Początek (i koniec) zaćmienia to również dobry moment na dostrzeżenie *chromosfery* — wąskiej, różowej, a niekiedy rubinowoczerwonej wewnętrznej warstwy atmosfery Słońca. Dysponując pryzmatem bądź spektrografem, można w tym czasie zauważyć *widmo rozbłyskowe* Słońca — przejście od widma absorpcyjnego jasnej fotosfery do widma emisyjnego chromosfery i mieszanego widma korony.

A propos korony — warto poświęcić kilka chwil na jej naszkicowanie (na wcześniej przygotowanym arkuszu papieru). Dopiero bowiem, starając się własnoręcznie odtworzyć obserwowany kształt, zwrócimy baczniejszą uwagę na subtelne niejednorodności w jej formie, nierówną jasność, pasy i strumienie materii uwięzionej w polu magne-

tycznym. Ponieważ cykl słonecznej aktywności zbliża się do maksimum, powinniśmy spodziewać się bardziej okrągłego i symetrycznego obrazu korony.

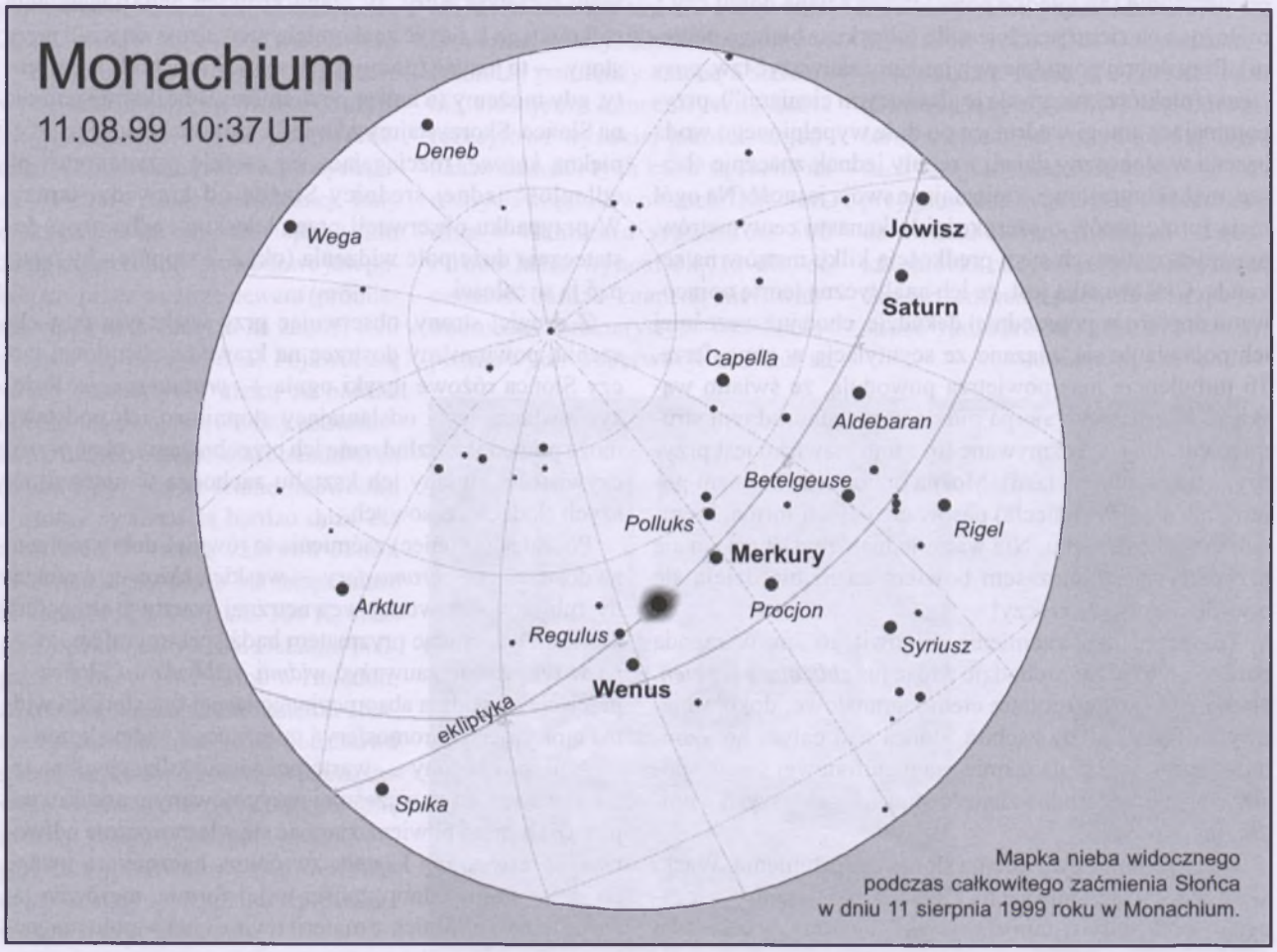
Nie zapomnijmy rozejrzeć się po niebie! Słońce znajdować się będzie w tym dniu na pograniczu gwiazdozbiorów Raka i Lwa (patrz rys.), tak więc na zachód od niego powinniśmy dostrzec najjaśniejsze gwiazdy nieba zimowego (oraz Merkurego, który ustawi się prawie na jednej linii z Kastorem i Polluksem), na wschód — nieba wiosennego (oraz Wenus, którą można próbować zaobserwować przed i po zaćmieniu całkowitym). Z dostrzeżeniem pozostałych planet możemy mieć pewien kłopot. Ci, którzy będą w Anglii czy Francji, mogą jeszcze liczyć na obecność Jowisza i Saturna nad zachodnim horyzontem (w gwiazdozbiorze Barana); jednak w miarę upływu czasu i przesuwania się zjawiska na wschód wysokość obu planet maleje. Obserwując zaćmienie np. z południowych Niemiec, będziemy mieli Jowisza na wysokości zaledwie kilku stopni; Saturn jest co prawda w tym czasie jakieś 10° wyżej, ale problem stanowić może jego niezbyt duża jasność. Gdzie kończyć się będzie zasięg jego widoczności — w Austrii, na Węgrzech czy aż w Rumunii? Sami jesteśmy ciekawi!

Choć najbliższe otoczenie naszej Dziennej Gwiazdy śledzą obecnie satelity (np. SOHO, mający na swym koncie odkrycia m.in. niewidocznych dla nas komet „muskających" Słońce czy też kończących w jego objęciach swój samobójczy lot), warto przypomnieć, że zdarzały się w przeszłości przypadki zauważenia nieoczekiwanego gościa — komety — właśnie w czasie całkowitego zaćmienia. Najbardziej spektakularnym przykładem była jasna kometa z roku 1948, którą nazwano Zaćmieniową; kilka tygodni po zaćmieniu okazała się jedną z najwspanialszych komet XX wieku.

Czy uda nam się zwrócić jeszcze uwagę na otaczającą nas przyrodę, zaobserwować reakcję zwierząt zdezorientowanych niespodziewanie nastającą ciemnością i chłodem? Z pewnością tak, jeśli postaramy się włączyć w ten spektakl, poczuć jego wyjątkowość, napawać się każdą chwilą, którą natura nam podaruje.

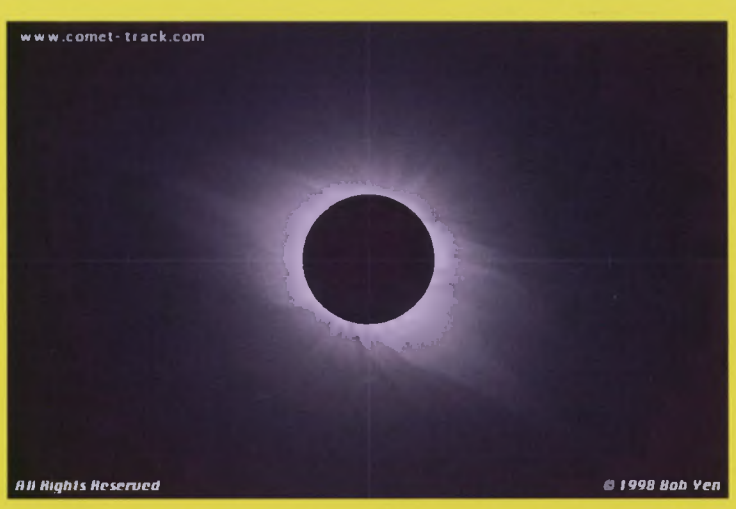
Te 2–3 minuty miną szybciej, niż można by się spodziewać: po drugiej stronie księżycowej tarczy, w gasnącym pierścieniu korony, rozbłyśnie diament — pierwsza z pereł Baily'ego, zmuszając nas do włożenia ochronnych filtrów i okularów. Jeszcze tylko kilka sekund eksplodujących blaskiem korali, uciekająca dalej na wschód krawędź cienia Księżyca, ciągnąca za sobą smugi słabnące w blasku Słońca — pasy cienia.

Jeśli będziemy próbować zrobić w tym czasie zbyt wiele — zaobserwować wszystkie wymienione tu zjawiska, a do tego zajmować się jeszcze ich fotografowaniem, może się okazać, że zaćmienie... przegapimy! Pamiętajmy, że astronomowie od wielu już dziesięcioleci potrafią badać i obserwować Słońce, jego koronę i chromosferę, przejawy aktywności, protuberancje i widmo na co dzień, bez potrzeby uciekania się do zjawisk tak rzadkich jak zaćmienia Słońca. Skonstruowali sztuczne przesłony — księżyce, specjalne teleskopy i obserwatoria również po to, by po prostu rozkoszować się tym fenomenem natury. Niech więc 11 sierpnia będzie dla nas — zgodnie z duchem tego czasu — wakacyjnym, astronomicznym świętem. (*kr*)



Mapka nieba widocznego podczas całkowitego zaćmienia Słońca w dniu 11 sierpnia 1999 roku w Monachium.

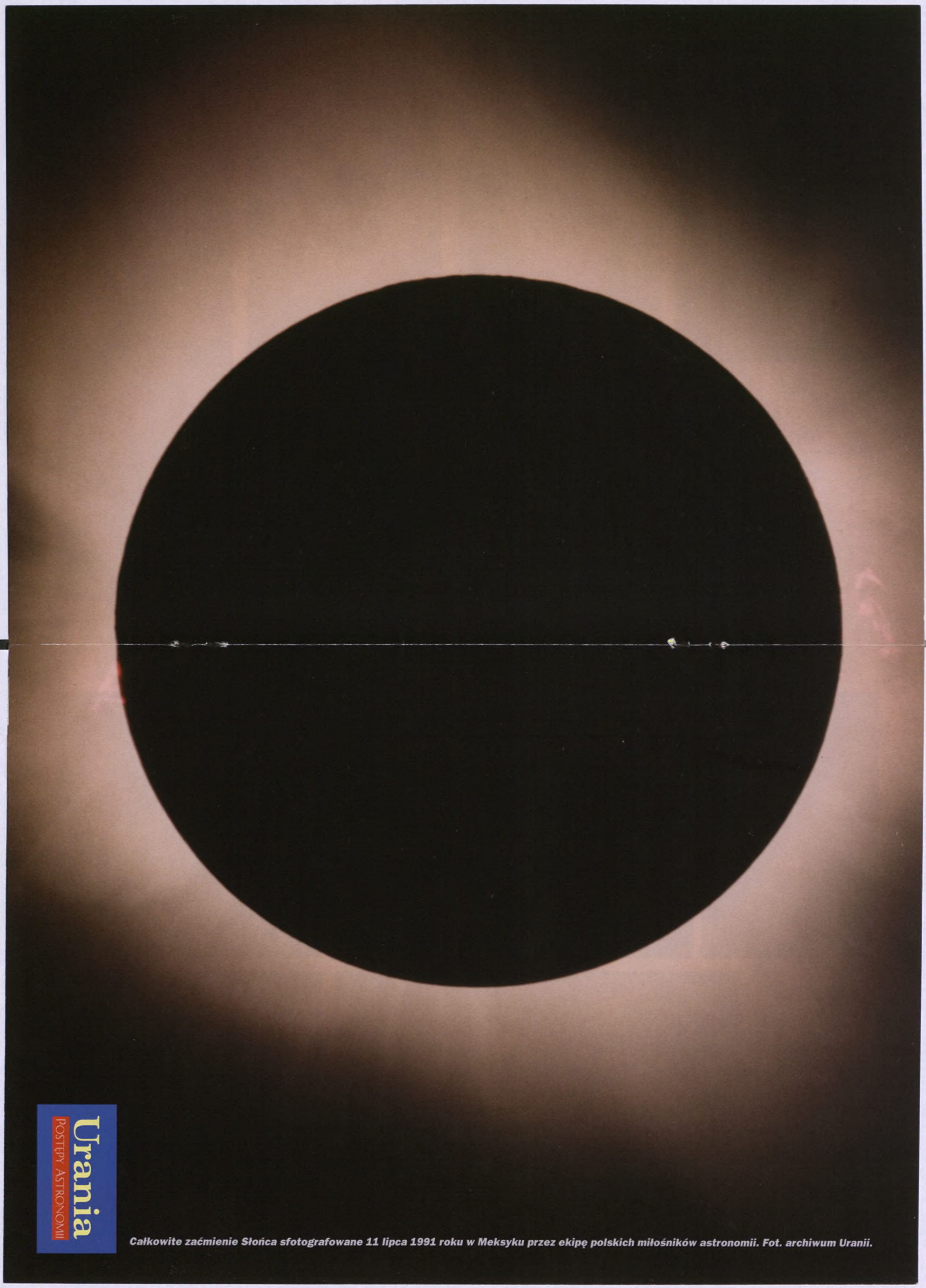
Całkowite zaćmienie Słońca na Karaibach 26.02.1998



Autorem zdjęć na pierwszej i czwartej stronie wkładki jest amerykański miłośnik astronomii i fotografik Bob Yen.

Do wykonania zdjęć wykorzystane zostały obiektywy o różnych ogniskowych:

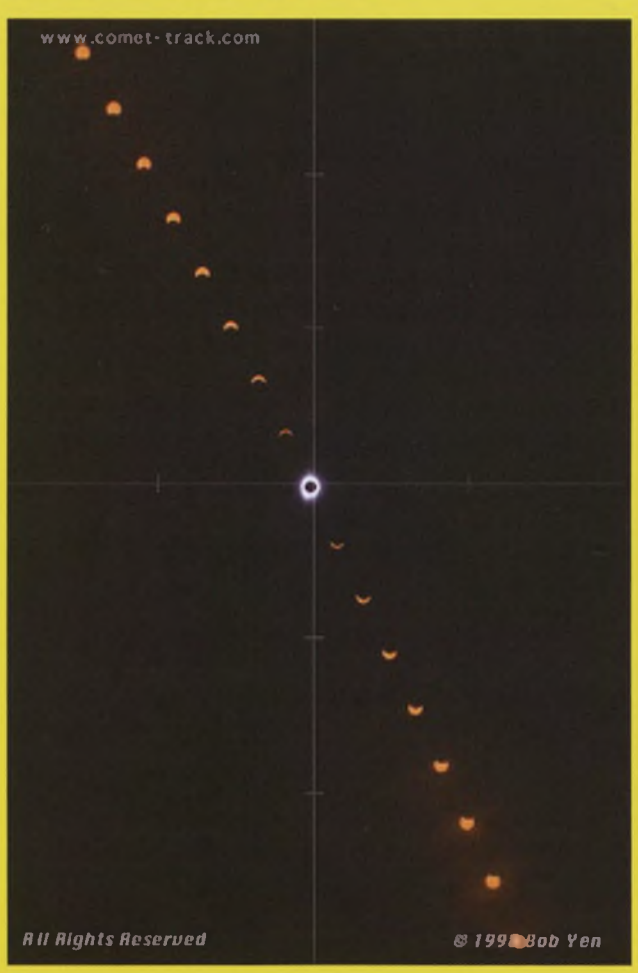
- 20 mm — panorama wokół miejsca obserwacji (u dołu strony), kompozycja 10 kolejnych zdjęć.
- 50 mm — sekwencja przebiegu zaćmienia (strona IV)
- 400 mm + telekonwerter 2× — drugi i trzeci kontakt (strona IV)
- 1000 mm i 1400 mm — korona; obrazy korony zostały dodatkowo wyostrzone dzięki komputerowej obróbce zdjęć (obok).



Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

Całkowite zaćmienie Słońca sfotografowane 11 lipca 1991 roku w Meksyku przez ekipę polskich miłośników astronomii. Fot. archiwum Uranii.

Całkowite zaćmienie Słońca na Karaibach 26.02.1998



ZAĆMIENIE W OBIEKTYWIE

Z pewnością większość osób wybierających się w sierpniu w pas całkowitego zaćmienia Słońca zechce utrwalić to rzadkie zjawisko na kliszy. Dysponując nawet prostym sprzętem fotograficznym, można uzyskać interesujące rezultaty pod warunkiem, że zdajemy sobie sprawę z jego ograniczeń i potrafimy właściwie wykorzystać jego atuty. Wprawdzie w niniejszej notatce ograniczymy się do porad związanych z fotografowaniem całkowitego zaćmienia (tzn. nie będziemy się na razie zajmować przesłonami i filtrami, które są konieczne do osłabienia blasku Słońca nawet wtedy, gdy widoczny jest już tylko wąski sierp jego tarczy), większość uwag ma charakter bardziej uniwersalny — dotyczyć może chociażby zasad fotografowania Księżyca.[1]

Podstawową sprawą jest uświadomienie sobie, jak **mały** obraz zaćmionego Słońca uzyskamy, używając standardowego obiektywu (o ogniskowej 50 czy 58 mm). Pomysł sfotografowania monety, np. 1 zł, z odległości 2.5 m, większość uzna za absurdalny — a takie są mniej więcej rozmiary kątowe tarczy Słońca czy Księżyca na niebie. Duże pole widzenia może być jednak zaletą, gdy chodzi nam o sfotografowanie zbliżającego się cienia, efektów zorzy towarzyszącej zaćmieniu czy też utrwalenie sekwencji przebiegu całego zjawiska — zaćmienia częściowego i całkowitego — na jednej klatce filmu.

Używając zwykłego filmu o szerokości 35 mm (rozmiary klatki to 24×36 mm) oraz obiektywu o ogniskowej f [mm], uzyskamy na kliszy obraz zaćmionej tarczy Słońca o średnicy d [mm] = f/109. Np. dla f = 58 mm będzie to d = 0.5 mm, a dla f = 200 mm uzyskamy d = 1.8 mm itd. (patrz rys. 1). Ogniskowa 300 mm to w zasadzie minimum, o które powinni zadbać ci, którzy chcą mieć na zdjęciu coś więcej niż tylko tajemniczą rozmazaną plamkę.

Najprostszym wyjściem jest zaopatrzenie aparatu fotograficznego w teleobiektyw. Na naszym rynku dostępne są obiektywy o ogniskowej sięgającej 1000 mm (por. np. „Urania-PA" 2/99). Stosując soczewkę Barlowa (popularnie określaną w fotografii jako telekonwerter), można jeszcze bardziej wydłużyć ogniskową; kluczowym problemem staje się wówczas uzyskanie ostrego obrazu (pisaliśmy o tym w „Uranii-PA" 1/99).

Inną metodą jest zastosowanie teleskopu bądź w układzie pozaogniskowym, bądź też do projekcji okularowej (rys. 2). Zanim podamy recepty na sukces w fotografowaniu zaćmienia, parę niezbędnych słów na temat każdej z konfiguracji teleskop — aparat. Wypada w tym miejscu podkreślić, iż w przypadku fotografowania zaćmienia Słońca nie stosuje się na ogół ogniskowych dłuższych niż 2500 mm. Generalnie stosuje się ogniskowe z zakresu 1500–2500 mm, gdyż dają one duże rozmiary tarczy Słońca na negatywie (i w efekcie na odbitce), a zarazem tarcza słoneczna w całości mieści się na klatce negatywu. Tylko jeśli chcemy fotografować protuberancje, powinniśmy użyć ogniskowej co najmniej 4000 mm.

Układ pozaogniskowy pozwala wykorzystać w zasadzie dowolny aparat (w szczególności taki, który nie ma możliwości wykręcenia obiektywu). Światłosiłę A takiego układu określamy według wzoru:

$$A = D / (f' \times p)$$

gdzie f' — ogniskowa obiektywu aparatu

p — powiększenie teleskopu; $p = F/F'$ gdzie F — ogniskowa teleskopu, F' — okularu

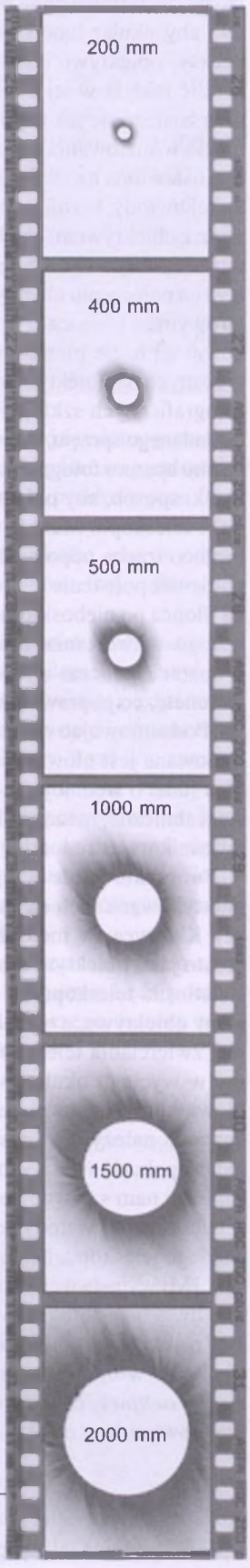
D — średnica obiektywu teleskopu.

Natomiast efektywną ogniskową naszego układu (f) wyznaczymy na podstawie poniższego wzoru:

$$f = (F \cdot f') / F'$$

Stosując np. teleskop o średnicy 10 cm i ogniskowej 1 m, wyposażony w okular o ogniskowej F' = 25 mm oraz aparat z obiektywem o ogniskowej f' = 50 mm będziemy mieli: p = 1000/25 = 40, A = 100/(50×40) = 1/20 (co zapisujemy często jako f/20) oraz f = (1000×50)/25 = 2000 mm.

Przeszkodą przy fotografowaniu w układzie pozaogniskowym jest światło docierа-



Rys. 1. Wielkość obrazu zaćmionego Słońca na kliszy w zależności od ogniskowej obiektywu.

[1] Istotna informacja dla wszystkich pragnących się przygotować do uwiecznienia sierpniowego spektaklu: Księżyc w pełni stwarza zbliżone warunki oświetlenia jak zaćmione Słońce; biorąc pod uwagę prawie identyczne rozmiary kątowe, mamy wspaniały poligon doświadczalny do wcześniejszych prób i testów.

jące do aparatu spoza teleskopu, dlatego należy w jakiś sposób osłonić obiektyw przed niepożądanym światłem rozproszonym. Najprościej można to wykonać, nakręcając na obiektyw osłonę przeciwsłoneczną i ustawić aparat tak, aby okular lunety znalazł się w osłonie przeciwsłonecznej obiektywu aparatu fotograficznego. Należy podkreślić fakt, iż w tej konfiguracji obiektyw aparatu powinien znaleźć się jak najbliżej okularu lunety (w celu uniknięcia winietowania), a odległość na obiektywie powinna być ustawiona na ∞. Pytanie, które nasuwa się w przypadku tej metody, brzmi: jak zamocować aparat fotograficzny wraz z obiektywem, aby osie optyczne naszej lunety i aparatu się pokrywały? Istnieją dwa rozwiązania. Pierwsze polega na połączeniu obiektywu aparatu fot. z wyciągiem okularowym za pomocą tzw. przejściówki, którą możemy wykonać na bazie pierścieni pośrednich oraz pierścieni nakręcanych na obiektyw (otrzymamy je, usuwając z filtrów fotograficznych szkło). Konkretne rozwiązanie zależy od posiadanego sprzętu. Rozwiązanie drugie polega na umieszczeniu aparatu fotograficznego na statywie fotograficznym w taki sposób, aby obiektyw aparatu znalazł się przy okularze teleskopu. Metoda ta jest bardzo uciążliwa, gdyż na bieżąco trzeba odpowiednio ustawiać statyw z aparatem, ponieważ położenie teleskopu się zmienia wraz z wędrówką Słońca po nieboskłonie. Należy jednak podkreślić zaletę tego rozwiązania, a mianowicie drgania występujące w aparacie podczas wyzwolenia migawki nie przenoszą się na lunetę, co poprawia ostrość obrazów.

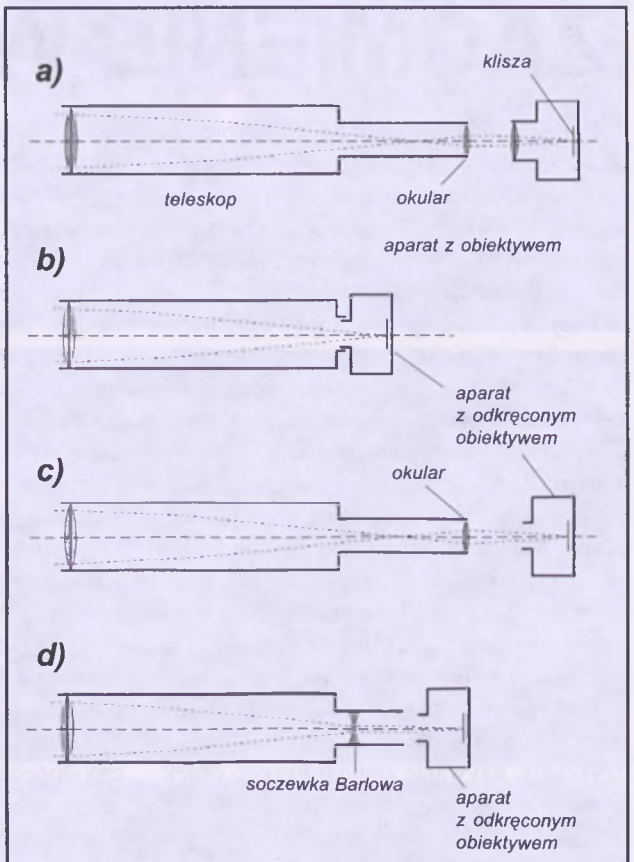
Podsumowując opis tej metody, należy podkreślić, iż stosowana jest głównie przez posiadaczy bardzo niewielkich lunet o średnicy 60–80 mm, a zważywszy na trudności techniczne, można polecić ją bardziej zaawansowanym miłośnikom astronomii.

Fotografowanie w ognisku głównym to najczęściej praktykowana metoda uzyskiwania obrazu tarczy Słońca czy Księżyca; w metodzie tej teleskop używany jest po prostu jako obiektyw aparatu. Przy określaniu ekspozycji światłosiła teleskopu ($A = D/F$) spełnia rolę liczby przesłony obiektywu, a ogniskowa układu jest równa ogniskowej zwierciadła teleskopu. Aparat fotograficzny mocujemy w wyciągu okularowym w taki sposób, aby ognisko główne przypadało w płaszczyźnie kliszy. Sposób zamocowania należy dostosować do własnych potrzeb, warto jednak pokusić się o wykonanie specjalnej „redukcji", która zapewni nam sztywne połączenie aparatu fotograficznego z teleskopem. Metody tej nie zastosujemy w przypadku każdego teleskopu. Na przykład ognisko teleskopów Tał 1 (Tał 1M) wypada wewnątrz wyciągu okularowego, co uniemożliwia nam fotografowanie w ognisku głównym.

Projekcja okularowa jest zalecana przy fotografowaniu detali w obrazie zaćmionego Słońca, np. protuberancji. Tu również, chcąc poprawnie określić czas naświetlania, powinniśmy obliczyć efektywną światłosiłę układu:

$$A_{ukł} = A \times F' / (l - F')$$

gdzie A — światłosiła teleskopu ($A = D/F$)
D — średnica teleskopu



Rys. 2. Różne rodzaje połączeń aparatu z teleskopem: a) pozaogniskowe; b) w ognisku głównym; c) projekcja okularowa; d) obiektyw z telekonwerterem.

F — ogniskowa teleskopu
F' — ogniskowa okularu
l — odległość kliszy od okularu.

Natomiast efektywna ogniskowa (f) układu wynosi:

$$f = F \cdot (l - F') / F'$$

Załóżmy, że posiadamy obiektyw MTO 1000 (ogniskowa 1000 mm; średnica 100 mm, zatem A=1/10) współpracujący z okularem o ogniskowej 10mm, a klisza znajduje się w odległości 50 mm. Światłosiła takiego układu wynosi 1/40, a efektywna ogniskowa 4000 mm. Metoda ta daje bardzo dobre rezultaty, zwłaszcza jeśli użyjemy dobrych okularów. Poprzez zmianę odległości pomiędzy okularem a filmem możemy w łatwy sposób (np. poprzez zamocowanie pomiędzy okularem a aparatem mieszka fotograficznego)zmieniać skalę odwzorowania (ogniskową). W przypadku używania tej metody ważne jest odpowiednie, tzn. sztywne połączenie korpusu aparatu fotograficznego z wyciągiem okularowym teleskopu.

Soczewka Barlowa (telekonwerter) pozwala wydłużyć ogniskową obiektywu — krotność wydłużenia podana jest na obudowie soczewki (np. 2×, 3×). Wzrost ogniskowej pociąga za sobą zmniejszenie światłosiły, np. teleskop o ogniskowej F = 1000 mm i światłosile $A = f/10$ wyposażony w telekonwerter 2× będzie miał ogniskową F_1 = 2000 mm i światłosiłę $A_1 = f/20$. Zaletą tej metody jest łatwość

Czułość filmu		Liczba przesłony — odwrotność światłosiły							
100		2.8	4	5.6	8	11	16	22	32
200		4	5.6	8	11	16	22	32	44
400		5.6	8	11	16	22	32	44	64
Motyw zdjęcia	Q	Czas ekspozycji							
Perły Baily'ego	11	—	—	—	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250
Chromosfera	10	—	—	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125
Protuberancje	9	—	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60
Korona — 0.1 R_S	7	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
Korona — 0.2 R_S	5	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4
Korona — 0.5 R_S	3	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1
Korona — 1.0 R_S	1	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4
Korona — 2.0 R_S	0	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8
Korona — 4.0 R_S	–1	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15

zastosowania oraz stosunkowo dobre rezultaty, zważywszy na niewielki spadek kontrastu obrazu wynikający z użycia soczewki rozpraszającej (soczewka Barlowa). Możemy wydłużyć jeszcze bardziej ogniskową, zwiększając odległość pomiędzy telekonwerterem a aparatem fot., np. poprzez wkręcenie fotograficznego pierścienia pośredniego. Jednak zbyt duże zwiększanie w ten sposób ogniskowej prowadzi do znacznego osłabienia kontrastu obrazu, co znacznie obniża „czytelność" zdjęcia.

Skoro już wiemy jakie układy optyczne możemy zastosować w fotografowaniu zaćmienia Słońca oraz jakie dadzą one efektywne ogniskowe i światłosiły, powinniśmy umieć dobrać odpowiedni czas ekspozycji. Czas ten zależy od tego, co konkretnie fotografujemy, czułości filmu, a także światłosiły A używanego przez nas układu bądź też po prostu liczby przesłony obiektywu c (te dwie wielkości łączy prosta zależność: $c = 1/A$). Zależność czasu ekspozycji t od wymienionych wyżej czynników przedstawia poniższy wzór:

$$t\,[\mathrm{s}] = c^2 / (I \times 2^Q)$$

gdzie I — czułość filmu (ASA), Q — tzw. wykładnik jasności, zależny od motywu zdjęcia (patrz tabelka).

Aby ułatwić Państwu zadanie, przedstawiamy powyżej tabelę naświetlań, z której można odczytać czas ekspozycji (w sekundach) odpowiadający filmowi o danej czułości (100, 200 lub 400 ASA) i układowi o danej światłosile (od $f/2.8$ do $f/64$) lub stosowanej przesłonie obiektywu.

Ponieważ jasność korony maleje stopniowo w miarę oddalania się od tarczy Słońca (R_S oznacza tu promień tarczy Słońca), chcąc wyeksponować jej obszary zewnętrzne, musimy nieco „prześwietlić" obszary wewnętrzne, stosując dłuższe czasy otwarcia migawki. Z drugiej strony, stosując krótkie czasy, wyeksponujemy najjaśniejsze warstwy atmosfery Słońca. Dlatego też dla każdego filmu i aparatu istnieje dość szeroki zakres możliwych do użycia czasów ekspozycji, odpowiednich do ukazania różnych szczegółów w obrazie zaćmionego Słońca. Właściwe naświetlenie nabiera szczególnego znaczenia dopiero wówczas, gdy zależy nam na uchwyceniu zjawisk rozgrywających się w pobliżu kontaktów, w szczególności pierścienia z diamentem. Są to najdramatyczniej przebiegające fazy zaćmienia, ponadto należy wówczas zachować daleko idącą ostrożność przy spoglądaniu na Słońce oraz w odpowiednim momencie zdjąć, a przy końcu fazy całkowitej założyć odpowiednie osłony i filtry.

Na zakończenie należy dodać, iż do fotografowania zaćmienia Słońca (zresztą nie tylko) najlepiej jest użyć lustrzanki małoobrazkowej (np. Zenit, Praktica), gdyż w takim aparacie możemy łatwo określić ostrość obrazu tworzonego przez układ optyczny na kliszy. Poza tym aparaty tego typu oferują nam możliwość wykręcenia obiektywu, a także ręczne ustawianie czasów ekspozycji, co jest bardzo istotne, gdyż nie istnieje program do fotografowania zaćmień Słońca! Tzw. kompakty nie nadają się w ogóle do fotografowania zaćmienia Słońca lub do fotografowania innych obiektów astronomicznych.

Może dla wielu osób pierwsze zdjęcia astronomiczne wykonane podczas tegorocznego zaćmienia będą początkiem nowej pasji — astrofotografii, czego autorzy tego artykułu serdecznie Państwu życzą.

Krzysztof Rochowicz
Wiesław Skórzyński

ASTRO-BIT
Oprogramowanie i materiały astronomiczne

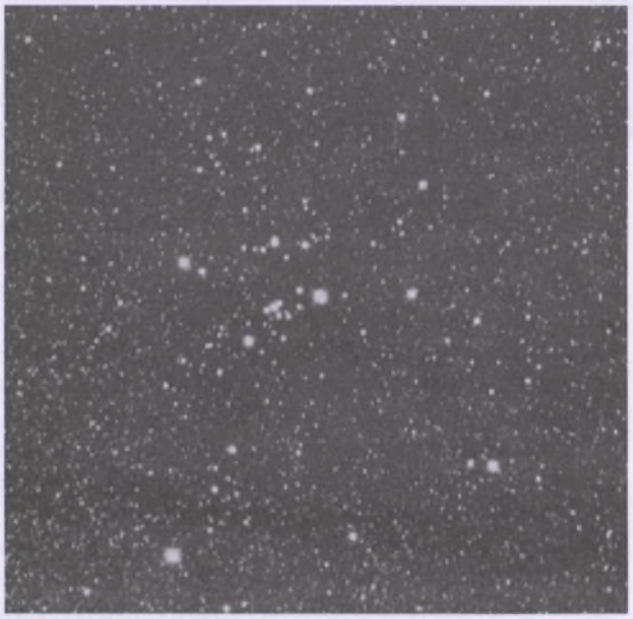
Ireneusz Włodarczyk
ul. Rewolucjonistow 15/13
42-500 Będzin

tel.:(0-32) 761-29-46 e-mail: astrobit@ka.onet.pl

Przedstawiamy dziś kilka mniej znanych gromad otwartych i kulistych oraz jedną z najsłynniejszych mgławic planetarnych.

Hantle wśród gwiazd

M 25 (IC 4725) w Strzelcu



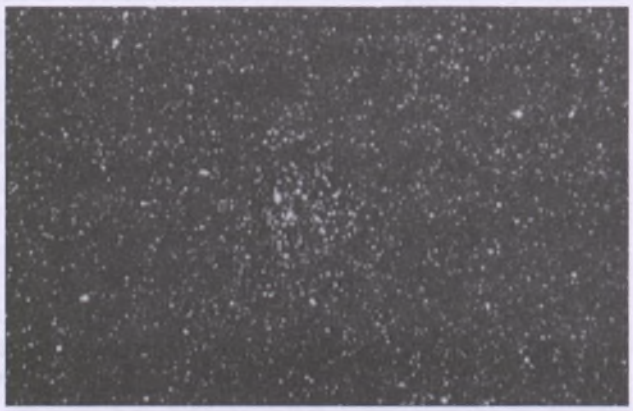
Choć ta gromada otwarta gwiazd jest wyraźnie widoczna nawet przez lornetkę, nie została umieszczona w katalogu NGC. John Herschel z nieznanej przyczyny pominął ją, sporządzając swój *General Catalog*, pomimo że obiekt obserwowali m.in. de Cheseaux w latach 1745-46, Messier w r. 1764, Bode (1774-77) i Smyth (1836). W końcu „odkrył" ją raz jeszcze Schmidt w 1866 r. i gromada pojawiła się w drugim wydaniu *Index Catalog* (1908).

W M 25 odnajdziemy 86 gwiazd, których przynależność do gromady można uznać (zdaniem A. Wallenquista) za co najmniej prawdopodobną. Są wśród nich m.in. dwa olbrzymy typu widmowego G oraz odkryta w 1956 r. przez J.B. Irwina cefeida U Sagittarii o okresie zmienności 6,74 dnia. Jej związek z gromadą potwierdziły pomiary prędkości radialnej (dla gwiazd M 25 wynosi ona średnio +4 km/s).

Obecność cefeidy wskazuje na niezbyt młody wiek gromady, szacuje się go na 90 mln lat. Przy odległości 2000 l.św. (wśród autorów wyznaczeń panuje pod tym względem warta odnotowania zgodność) obserwowanym rozmiarom kątowym odpowiada średnica 23 l.św.

Rektascensja	$18^h31^m.6$
Deklinacja	–19°15'
Odległość	2 000 l.św.
Jasność obserwowana	6.5 mag
Rozmiary kątowe	40'.0

M 26 (NGC 6694) w Tarczy



Jest to słaba gromada otwarta, do obserwacji której trzeba użyć sporego teleskopu. Najjaśniejsze gwiazdy (typu widmowego B8) świecą blaskiem 12 magnitudo, stąd nawet w teleskopie 15–20 centymetrowej średnicy widać ich zaledwie ok. 25 sztuk (całkowita liczba gwiazd nie przekracza setki). Gdyby nie jej duża odległość, mogłaby uchodzić za gromadę podobną do M 25 — rzeczywista jej średnica wynosi bowiem 22 l.św., wiek — 89 mln lat.

James Cuffey z Kirkwood Observatory zwrócił uwagę na obszar (o rozmiarach kątowych ok. 3 minuty łuku) w pobliżu środka gromady o niskiej gęstości gwiazd — to prawdopodobnie wynik przesłonięcia tego fragmentu M 26 przez ciemny obłok materii międzygwiazdowej.

Rektascensja	$18^h45^m.2$
Deklinacja	–09°24'
Odległość	5 000 l.św.
Jasność obserwowana	8.0 mag
Rozmiary kątowe	15'.0

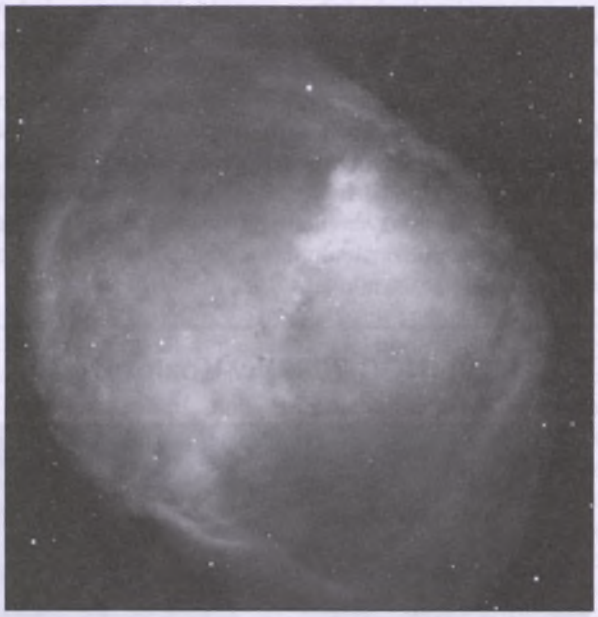
M 27 (NGC 6853) w Lisie

Mgławica Hantle (ma brzegi szersze niż środek i swym wyglądem przypomina ten sportowy przyrząd) została zauważona jako pierwsza z mgławic planetarnych. Messier odkrył tę nową grupę fascynujących obiektów 12 lipca 1764 r. M 27 oglądamy z Ziemi w kierunku bliskim płaszczyźnie równika centralnej gwiazdy; widziana od strony bieguna gwiazdy bardziej przypominałaby obwarzanek — podobnie jak bodaj najsłynniejsza wśród planetarnych Mgławica Pierścieniowa M 57 z Lutni.

Jest to imponująca przedstawicielka swojej klasy: słabe halo rozciąga się na niebie na obszarze 15' (czyli równym połowie kątowej średnicy Księżyca). Całkowitą jasnością ustępuje tylko Mgławicy Helix (NGC 7293) w Wodniku (patrz „Postępy Astronomii" 2/96, str. 76), która jednak nie dorównuje M 27 pod względem jasności powierzchniowej. Zasadnicza część mgławicy powiększa się w tempie 6.8 sekundy łuku na rok, a oceny jej wieku mieszczą się w przedziale 3–4 tysiące lat.

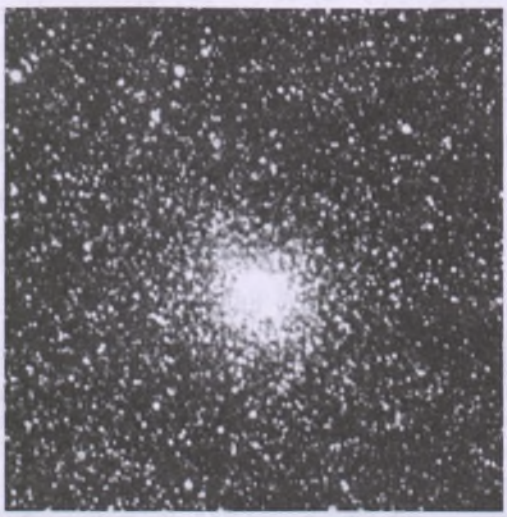
Gwiazdą centralną (o jasności obserwowanej 13,5 magnitudo) jest gorący biały karzeł typu widmowego O7 (jego temperaturę powierzchniową szacuje się na 85 tysięcy stopni). K.M. Cudworth z Yerkes Observatory doniósł o odkryciu słabego (17 magnitudo), żółtawego towarzysza w odległości kątowej 6.5 sekundy łuku.

Podobnie jak dla większości mgławic planetarnych, wyznaczona odległość M 27 (a co za tym idzie — rzeczywiste rozmiary i moc promieniowania) jest obarczona sporym błędem, różni autorzy podają wartości od 490 do 3500 l.św. Przyjmując np. 1200 l.św., otrzymalibyśmy na jasność absolutną mgławicy –0,5 magnitudo (100 razy więcej niż dla Słońca), gwiazdy centralnej +6 magnitudo (1/3 słonecznej), towarzysza +9 (ok. 100 razy mniej niż dla Słońca); podane wartości dotyczą tylko zakresu widzialnego widma. Mgławica nie powinna oczywiście promieniować więcej energii niż jej centralna gwiazda, która pobudza do świecenia otaczającą ją materię. Po prostu centralna gwiazda wysyła głównie niewidoczne kwanty wysokoenergetycznego promieniowania, które wzbudzają gazową materię mgławicy. Ta z kolei pozbywa się nadmiaru energii promienistej przede wszystkim w widzialnej części widma, a ściślej rzecz biorąc, głównie w jednej linii widmowej w zielonym zakresie (chodzi o linię wzbronioną tlenu [OIII] 500.7 nm).



Rektascensja	$19^h59^m.6$
Deklinacja	+22°43'
Odległość	1 250 l.św.
Jasność obserwowana	7.4 mag
Rozmiary kątowe	8'.0 × 5'.7

M 28 (NGC 6626) w Strzelcu



M 28 to gromada kulista mniejsza i bardziej skondensowana niż jej sąsiadka M 22. W odległości 15-19 tys. l św. jej kątowej średnicy odpowiada obszar o rozmiarach rzędu 75 l.św. William Herschel jako pierwszy użył w stosunku do niej określenia „chmura gwiazd", zaś H. Shapley zwrócił uwagę na jej niewielkie spłaszczenie.

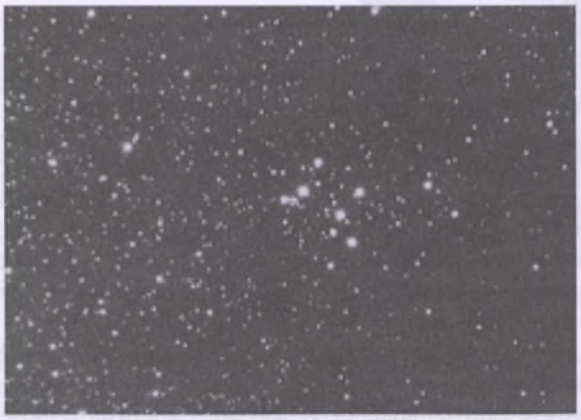
Gromada zawiera m.in. 18 zmiennych typu RR Lyrae, zmienną typu W Virginis o okresie 17 dni oraz zmienną długookresową typu RV Tauri. Jest to druga (po M 4) gromada kulista, w której odkryto pulsara milisekundowego (w 1987 r.). Noszący oznaczenie PSR 1820-26 obiekt o rozmiarach kilkunastu kilometrów obraca się przeszło 90 razy w ciągu sekundy.

Rektascensja	$18^h24^m.5$
Deklinacja	–24°52'
Odległość	17 900 l.św.
Jasność obserwowana	6.8 mag
Rozmiary kątowe	11'.2

M 29 (NGC 6913) w Łabędziu

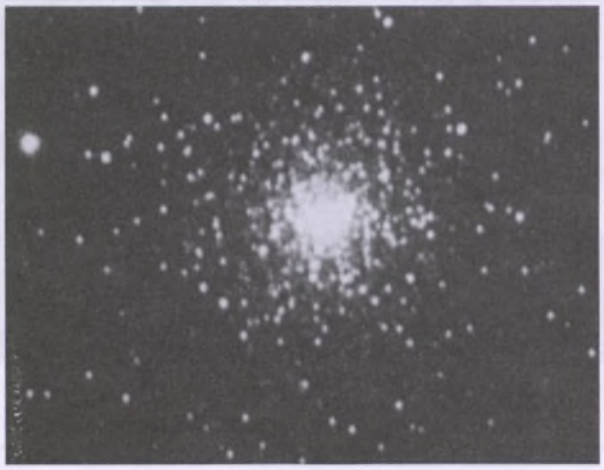
M 29 to gromada otwarta nie rzucająca się zbytnio w oczy, położona w gęsto usianym gwiazdami obszarze Drogi Mlecznej. Zawiera ok. 50 gwiazd, z których najgorętsze są typu widmowego B0. W roku 1954 W.A. Hiltner z Yerkes Observatory stwierdził silną polaryzację światła gwiazd gromady. W tym samym roku Harris zwrócił uwagę na nieregularne zmiany blasku gwiazd, które zinterpretował jako przesłanianie poszczególnych obiektów przez obłoki materii międzygwiazdowej. Jak się ocenia, absorpcja promieniowania w zakresie widzialnym sięga 3 magnitudo.

Szacując gęstość materii międzygwiazdowej w kierunku M 29, otrzymuje się wartość nawet 1000-krotnie większą od przeciętnej. Niektóre źródła podają z kolei większą odległość gromady — do 7200 l.św. Przyjęta tu wartość wiąże się z założeniem, że M 29 wchodzi w skład asocjacji Cygnus OB1. Gromada zbliża się do nas z prędkością 28 km/s, jej wiek ocenia się na 10 mln lat.



Rektascensja	$20^h23^m.9$
Deklinacja	+38°32'
Odległość	4 000 l.św.
Jasność obserwowana	7.1 mag
Rozmiary kątowe	7'.0

M 30 (NGC 7099) w Koziorożcu



Rektascensja	$21^h40^m.4$
Deklinacja	–23°11'
Odległość	24 800 l.św.
Jasność obserwowana	7.2 mag
Rozmiary kątowe	11'.0

M 30 to gromada kulista zajmująca obszar o średnicy ok. 70 l.św.; zbliża się do nas z prędkością 164 km/s. Centralna część obiektu to niezwykle zagęszczony obszar — w przeszłości miało tu zapewne miejsce zjawisko tzw. kolapsu jądra (patrz opis M 15, „Urania-PA" 1/99), podobnie jak w przypadku ok. 20 innych (spośród prawie 150 znanych) gromad kulistych w Galaktyce. W gromadzie odnaleziono do tej pory zaledwie kilkanaście gwiazd zmiennych, w tym nową karłowatą.

M 30 prezentuje się interesująco oglądana nawet przez niewielki teleskop, a jednak nie cieszy się zbyt dobrą opinią wśród amatorów tzw. maratonu Messiera (to swego rodzaju „polowanie" teleskopem na wszystkie obiekty z katalogu w ciągu jednej nocy), gdyż często... nie wschodzi na czas. W drugiej połowie marca, kiedy to występuje najkorzystniejsza konfiguracja obiektów Messiera względem Słońca, obserwacji tej właśnie gromady o świcie może zabraknąć, by zwieńczyć kilkunastogodzinną wędrówkę po niebie. Mimo wszystko namawiamy do podjęcia podobnej próby (niestety, z naszych szerokości geograficznych i tak nie wszystkie obiekty bywają widoczne), by na własne oczy przekonać się, jak oszałamiająca jest różnorodność „mgławic". (*kr*)

FRAGMENTY PLANETOID
czyli
METEORYTY
kamienne, żelazno-kamienne, żelazne
oferuje
„ASPMET"
skr. poczt. 6, 14-530 Frombork
Szczegółową ofertę podaje
sklepik meteorytowy na stronach
www.minerals.inpoland.com
lub wysyłamy pocztą.

PLANETARIUM ZATRUDNI ASTRONOMA

Na astronoma, który chciałby się zajmować popularyzacją tej nauki w planetarium i obserwatorium, i którego nie przeraża mieszkanie i praca na odludziu, oczekuje etat w Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku i mieszkanie służbowe w obserwatorium.

Zgłoszenia i pytania należy kierować do Dyrekcji Muzeum Mikołaja Kopernika. ul. Katedralna 8, 14-530 Frombork, tel./fax 0-55 243 72 18

Tysięczny pulsar

Radioteleskop Parkes znajdujący się w Australii, już rekordzista w zakresie ilości odkrytych przy jego pomocy pulsarów, wzbogacił się o kolejne trofeum. Dzięki zainstalowanemu na nim nowemu instrumentowi — systemowi wielowiązkowemu — naukowcom pracującym w ramach międzynarodowego zespołu dokonującego systematycznego przeglądu nieba, udało się odkryć tysięcznego pulsara. W ramach całego programu odkryto ich już ogółem ponad 200.

Chociaż praca postępuje dziesięciokrotnie szybciej niż w innych tego typu przeglądach, astronomowie oceniają, że możliwe będzie „wyłuskanie" jedynie ułamka z 300 tysięcy pulsarów, o które „podejrzewa" się naszą Galaktykę. Wiele z tych ciał niebieskich jest po prostu zbyt słabych wobec możliwości detekcyjnych oprzyrządowania lub też nie znajdujemy się w obrębie wiązek emitowanego przez nie promieniowania.

Jak podkreśla jeden z uczonych, Dick Manchester, jest wiele typów pulsarów, jednakże znamy przedstawicieli jedynie kilku z nich. Przykładowo, w ramach pierwszych stu znalezionych pulsarów, tylko jeden krąży wokół innej gwiazdy neutronowej — i jest to dopiero szósty znany astronomom przypadek. Zatem jeden z zamierzonych celów to znalezienie pulsarów należących do tych rzadszych typów czy wręcz obecnie nawet nie przewidywanych. Nade wszystko naukowcy pragną jednak wyszukać przynajmniej jednego pulsara orbitującego wokół czarnej dziury — byłoby to wyśmienite laboratorium do przebadania przemyśleń teoretycznych odnośnie czarnych dziur właśnie. Z kolei inny naukowiec z zespołu — Vicky Kaspi — zaznacza szczególne zainteresowanie młodymi pulsarami, którym przydarzają się nagłe zmiany w charakterze ich sygnałów, określane angielską nazwą glitch'y. Są to oznaki „trzęsień gwiazdy", pozwalających analizować wnętrza tych szczególnych obiektów. Młode pulsary mogą nadto być radiowymi odpowiednikami źródeł odkrytych w zakresie rentgenowskim i gamma.

Liczebna próbka pulsarów pozwoli też na uściślenie danych odnośnie ich natury — równania opisujące ich wnętrza określają granicę szybkości, z jaką mogą one teoretycznie wirować. Obecny rekord obserwacyjny to około 600 obrotów na sekundę; znalezienie szybciej rotującego obiektu pozwoliłoby na „dostrojenie" teorii.

Sygnały pulsarów w trakcie wędrówki przez przestrzeń kosmiczną są „rozmywane" przy przechodzeniu przez pola magnetyczne i niewidoczne olbrzymie obłoki elektronów. Charakterystyka takiego rozmycia pozwala opisać warunki fizyczne w kierunku Ziemia–pulsar. Wreszcie, sieć szczególnie szybko „tykających" pulsarów pozwoliłaby też „zobaczyć" fale grawitacyjne, których przejście przez pulsary powinno powodować zmiany w czasie nadejścia ich kolejnych sygnałów. Do zrobienia jest zatem jeszcze sporo, ale i wyniki mogą być naprawdę fascynujące. (*mag*)

Porażka masywnej ciemnej materii?

Od pewnego czasu z problematyką istnienia ciemnej materii borykają się duże międzynarodowe zespoły astronomów. Jednemu z nich, nazwanemu MACHO Collaboration, udało się już w styczniu 1997 roku odkryć przypadek soczewkowania grawitacyjnego w Małym Obłoku Magellana. Zjawisko soczewkowania grawitacyjnego następuje, gdy na drodze promieniowania odległego źródła znajdzie się masywny obiekt, którego oddziaływanie grawitacyjne powoduje odgięcie części promieni świetlnych, które w przeciwnym wypadku nie dotarłyby do obserwatora — efektywnie powoduje to przejściowe pojaśnienie obiektu. Jest to bardzo obiecujący sposób detekcji obiektów określanych zbiorczym, „mocnym" mianem MACHOs, od angielskiego określenia MAssive Compact Halo Objects, czyli zwartych, masywnych obiektów halo, a które są poważnym kandydatem na przedstawicieli ciemnej materii, tworzącej do 99% Wszechświata.

8 czerwca ubiegłego roku zaobserwowano kolejną soczewkę grawitacyjną, o czym powiadomiono inną grupę badawczą, PLANET, czyli Probing Lensing Anomalies NETwork. Zbiera ona dane z czterech obserwatoriów: Perth Observatory w Bickley (Australia), Canopus Hill Observatory Universytetu Tasmanii w Hobart (Australia), South African Astronomical Observatory w Sutherland (Południowa Afryka) i European Southern Observatory w La Silla (Chile). Obserwacje trwającego dwa tygodnie wzrostu jasności koordynował poprzez Internet student B. Scott Gaudi, pod opieką profesora Andrew Goulda.

Późniejsza obróbka danych doprowadziła do ciekawych wniosków. Okazało się bowiem, że sprawcą całego zamieszania jest układ podwójny gwiazd — na takie rozróżnienie pozwala specyfika samego soczewkowania grawitacyjnego, którego efekt jest różny w zależności od rodzaju ciała „odginającego" promienie. Dodatkowo możliwe było wydobycie informacji o prędkości ruchu układu w przestrzeni. Gdyby przynależał on do Małego Obłoku Magellana, jego prędkość wynosiłaby 75 kilometrów na sekundę, a jeśli byłby to obiekt halo naszej Galaktyki, „ślimaczyłby" się jedynie 35 km/s, co dla obiektów halo jest mało prawdopodobne. Sama podwójność soczewki grawitacyjnej powoduje ciekawe modyfikacje zjawiska, wywołane wzajemnymi oddziaływaniami składników układu.

Szersza perspektywa omawianego odkrycia jest jeszcze ciekawsza. Podkopuje ona bowiem trochę ideę, że na ciemną materię składają się MACHOs. Jak jednakże od razu zaznacza Gould, nie oznacza to tym samym, że znaleziony został dowód tezy przeciwnej, mianowicie, iż na ciemną materię składają się słabo oddziałujące masywne cząstki, czyli WIMPs (Weakly–Interacting Massive Particles). Tych ostatnich bowiem nikt jeszcze nie odkrył. Soczewkujący grawitacyjnie gwiezdny układ podwójny to jednak ważny krok na drodze do rozwiązania zagadki ciemnej materii. (*mag*)

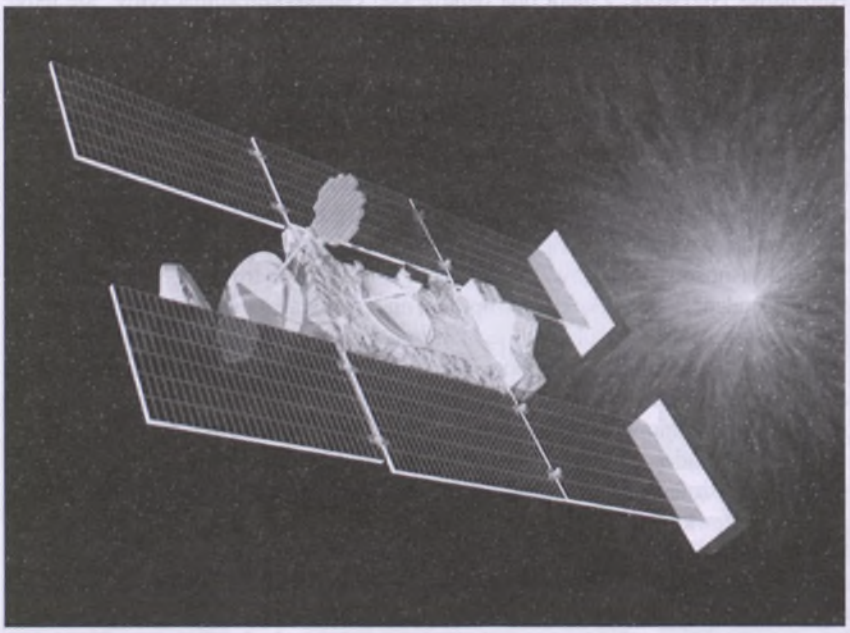
Badania komet *in situ*

7 lutego z amerykańskiego kosmodromu na przylądku Canaveral wyruszyła międzyplanetarna sonda *Stardust*, której głównym celem jest krótkookresowa kometa **Wild-2**. Dolot zajmie aż 5 lat, ale w tym czasie sonda, przemierzając przestrzeń międzyplanetarną, dwukrotnie będzie przechwytywać cząstki pyłu kosmicznego (stąd jej nazwa, dosłownie „gwiezdny pył"). W tym celu wyposażono ją w pułapkę ze specjalną porowatą substancją zwaną aerożel. Pułapka przypominająca kształtem rakietę tenisową będzie wysuwana z kapsuły, a po zakończeniu misji sondy powróci w niej na Ziemię.

Przebieg misji zaplanowano następująco: podczas pierwszej orbity wokół Słońca, w marcu 2000 r. *Stardust* osiągnie aphelium pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza. Wówczas na trzy miesiące — do maja 2000 r. z kapsuły zostanie wysunięta pułapka i ustawiona stroną B. Kończąc pierwszy obieg wokół Słońca, sonda przeleci 15 stycznia 2001 roku w odległości 5964 km od Ziemi. Pole grawitacyjne naszej planety zmodyfikuje orbitę sondy, pozwalając na późniejsze spotkanie z kometą. Nie dojdzie jeszcze do niego na drugiej orbicie, natomiast w jej aphelium ponownie otwarta zostanie pułapka (także stroną B), a zbieranie pyłu kosmicznego trwać będzie od lipca do grudnia 2002 roku. W końcu lipca 2003 roku dokonana zostanie kolejna korekta wokółsłonecznej orbity sondy, tym razem przy użyciu jej własnego silnika rakietowego.

Ostatecznie do spotkania z kometą Wild-2 dojdzie 2 stycznia 2004 roku — sonda przeleci w odległości 150 km od jej jądra. W czasie przelotu przez głowę komety pułapka z aerożelem zostanie wysunięta i eksponowana stroną A. Wzajemna prędkość komety i sondy wyniesie 6.1 km/s, co pozwoli na stosunkowo łagodne przechwycenie cząstek pyłu i gazu. Kometa znajdująca się w tym momencie daleko od Słońca (1.86 AU) powinna być mało aktywna. Fotografowanie komety zacznie się już na 100 dni przed maksymalnym zbliżeniem. Kamera wyposażona w 8 filtrów będzie odbierać obrazy za pomocą ruchomego zwierciadła, by uniknąć zderzenia z nadbiegającymi cząstkami pyłu. W trakcie największego zbliżenia tylko jedno zdjęcie zostanie bezpośrednio przekazane na Ziemię, reszta zostanie zachowana w pamięci komputera pokładowego i przesłana później.

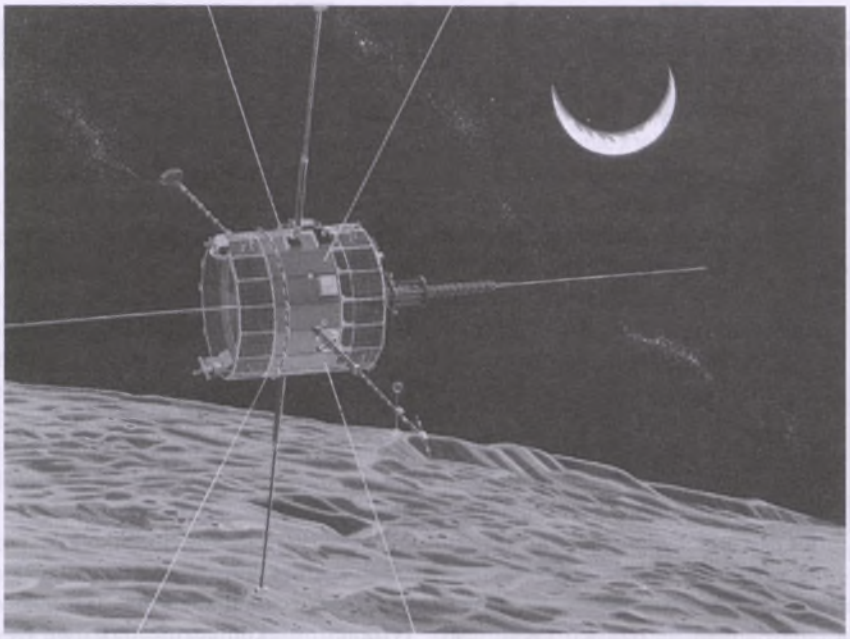
Upłyną kolejne dwa lata, zanim kapsuła z bezcennym ładunkiem powróci na Ziemię. W styczniu 2006 roku sonda wykona trzy korekty trajektorii, by znaleźć się na kursie kolizyjnym z Ziemią. W odległości 110 tys. km kapsuła zostanie odłączona i ustabilizowana ruchem obrotowym, natomiast człon macierzysty wykona manewr omijający Ziemię i pozostanie na orbicie heliocentrycznej. Kapsuła wtargnie do atmosfery z prędkością 12.8 km/s, czyli większą od II prędkości kosmicznej. Po wyhamowaniu przy pomocy osłony aerodynamicznej, a następnie spadochronów, opadnie na pustynnym poligonie amerykańskiego stanu Utah, niedaleko od Salt Lake City. Elipsa rozrzutu szacowana jest na 30 × 84 km. Spodziewany czas lądowania: 15 stycznia 2006 roku, godz. 3.00 czasu miejscowego (Mountain Standard Time). Jeśli wszystko się powiedzie, materia pobrana z komety po raz pierwszy znajdzie się w rękach uczonych.



Fot. 1. Sonda *Stardust*. Z lewej widoczny otwarty pojemnik z wysuniętą pułapką. (NASA)

Stardust oczywiście nie jest pierwszą sondą kometarną, badania komet w astronautyce mają już bogatą historię. Rozpoczęła się ona od badania komety **Giacobiniego-Zinnera** przez sondę *ICE* (*International Comet Explorer*). Sonda pierwotnie przeznaczona była do badania oddziaływań Słońca i Ziemi na ośrodek międzyplanetarny i w tym celu umieszczona została w odległości 1.6 mln km od Ziemi w punkcie Lagrange'a L1. Działała tam pod nazwą *ISEE-3* (*International Sun-Earth Explorer-3*) od 1978 do 1982 roku, kiedy to grupa badaczy z Ośrodka Lotów Kosmicznych im. Goddarda „wypożyczyła" ją do badań komety, zmieniając równocześnie jej nazwę. Do skierowania *ICE* ku nowemu celowi wykorzystano pięć bliskich przelotów koło Księżyca, ostatecznie sonda spotkała się z kometą 11 września 1985 roku, przelatując przez jej warkocz w odległości 8000 km od jądra. Sonda już dawno jest nieczynna, ale jej misja może jeszcze mieć niecodzienny epilog. Obsypana kometarnym pyłem *ICE* powróci w pobliże Ziemi 10 sierpnia 2014 roku i NASA, być może, podejmie próbę przechwycenia i sprowadzenia jej na Ziemię.

Szczególnie bogaty w misje kometarne był rok 1986 z uwagi na powrót komety **Halleya**. W marcu tego roku w pobliże komety dotarły aż 4 sondy: radzieckie *Vega-1* i *Vega-2*, zachodnioeuropejska *Giotto* i japońska *Suisei*. Ta ostatnia 1 marca zbliżyła się na mini-



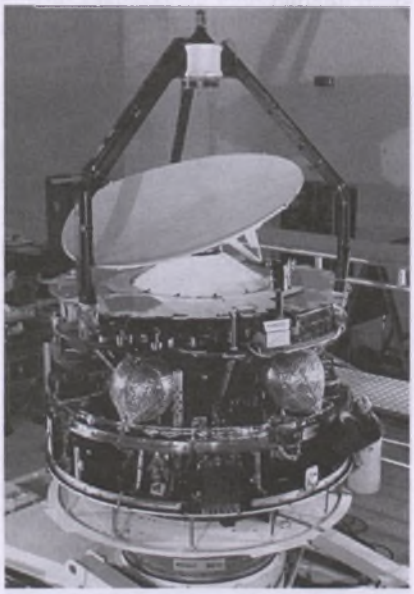
Fot. 2. Sonda *ICE* podczas manewru grawitacyjnego nad Księżycem. (NASA)

malną odległość 150 tys. km od komety. Następnie *Vegi* kolejno w dniach 6 i 9 marca minęły jądro komety w odległości 8000 km, przesyłając na Ziemię dokładne obrazy, które pozwoliły na zbliżenie *Giotto* w dniu 13 marca na odległość 600 km. Wypada przypomnieć, że kometa Halleya po przejściu perihelium w dniu 9 lutego była bardzo aktywna, a wzajemna prędkość sondy i komety wynosiła 68.7 km/s! *Giotto* przeżył bombardowanie kometarnym pyłem, ale jego kamery uległy uszkodzeniu już w odległości 1180 km od jądra, na 15 sekund przed największym zbliżeniem. Sondę wykorzystano ponownie po 6 latach do badania komety **Grigga-Skjellerupa**. Aby mogło dojść do kolejnego spotkania, *Giotto* musiał wykonać manewr grawitacyjny w pobliżu Ziemi 2 lipca 1990 roku. Dwa lata później, 10 lipca 1992 roku, minął jądro tej znacznie spokojniejszej komety w odległości zaledwie 200 km.

Wypada też wspomnieć o sondzie *Deep Space-1*, która wyruszyła z Ziemi 24 października 1998 roku na spotkanie z planetoidą i kometą. *Deep Space* napędzana silnikiem jonowym dotrze najpierw do miniaturowej planetoidy 1992KD, a po minięciu jej w końcu lipca br. zbliży się do komety **Wilsona-Harringtona** w styczniu 2001 roku lub do komety **Borelly'ego** we wrześniu 2001 (decyzja zapadnie po spotkaniu z planetoidą).

W pierwszej dekadzie nowego tysiąclecia czekają nas jeszcze bardziej fascynujące misje kometarne: *Contour* i *Rosetta*. Tę pierwszą przygotowuje amerykańska agencja kosmiczna NASA. Sonda o masie 775 kg, wyposażona w dwie kamery o dużej rozdzielczości, spektrometr masowy oraz zbudowany w Niemczech analizator pyłu, ma wyruszyć z kosmodromu Cape Canaveral w lipcu 2002 roku. *Contour* ma dokonać zbliżeń na odległość rzędu 100 km do jąder trzech komet: **Enckego** (12 listopada 2003), **Schwassmanna-Wachmanna-3** (18 czerwca 2006) i **d'Arresta** (16 sierpnia 2008). Odwiedzenie aż tylu celów będzie możliwe dzięki wykorzystaniu pięciu manewrów grawitacyjnych w pobliżu Ziemi. Oczekuje się uzyskania obrazów jąder z rozdzielczością 4 m oraz spektrogramów o rozdzielczości 100–200 m.

Celem sondy *Rosetta* będzie tylko jedna kometa, ale jej badania będą najbardziej zaawansowane. Jest to projekt europejskiej agencji kosmicznej ESA, który powstał jeszcze w latach 80 i przewidywał lądowanie na jądrze komety! W miarę upływu czasu ulegał on licznym modyfikacjom, zmieniała się też docelowa kometa. Wedle ostatniego wariantu (i chyba już ostatecznego) będzie nią kometa **Wirtanena**. Przebieg misji ma wyglądać następująco: *Rosetta* wyniesiona zostanie potężną rakietą Ariane-5 z kosmodromu Kourou 20 stycznia 2003 roku. Duża rakieta będzie niezbędna, bowiem masa sondy wraz z paliwem wyniesie 2.9 tony. W czasie 8-letniej podróży do komety sonda zbliży się do Marsa (28 maja 2005) i do Ziemi (26 października 2005), by spotkać się z planetoidą 4979 Otawara (10 lipca 2006), potem jeszcze raz do Ziemi (27 października 2007), by spotkać się z planetoidą 140 Siwa (23 lipca 2008). Do komety Wirtanena dotrze dopiero w sierpniu 2011 roku, po 3150 dniach lotu! Specjaliści z ESA zamierzają wprowadzić człon macierzysty sondy na eliptyczną orbitę wokół jądra, a po roku obserwacji jego powierzchni — w sierpniu 2012 roku — wysłać lądownik *Roland* (skrót od: *Rosetta Lander*). *Roland* opadnie z prędkością poniżej 1 m/s i po zetknięciu z powierzchnią wystrzeli harpun, który ma zakotwiczyć lądownik, wspomagając znikomą grawitację jądra komety (podobne rozwiązanie zastosowali w roku 1988 rosyjscy specjaliści w lądownikach sond do badania Fobosa, żaden z nich nie dotarł jednak na powierzchnię księżyca Marsa). Przytwierdzenie *Rolanda* do powierzchni jądra będzie konieczne, ponieważ przewiduje się dokonanie wiercenia na głębokość co najmniej 20 cm. Osiem przyrządów dokona chemicznej i fizycznej analizy „gruntu" komety, pomiarów temperatury, przewodnictwa cieplnego i elektrycznego, a także akustycznych i sejsmicznych badań jądra. Panoramiczna kamera przekaże dokładne obrazy jego powierzchni.

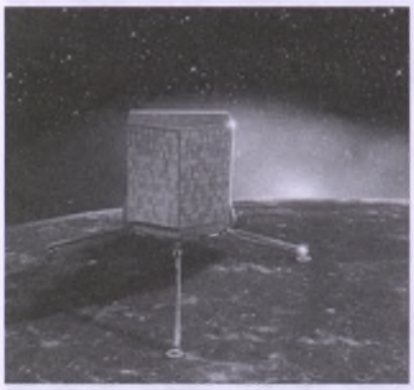


Fot. 3. Sonda *Giotto* przed startem. (ESA)

Fot. 4. Model lądownika *Roland*. (DLR)

Misja *Rosetty* wydaje się dziś czymś w rodzaju science-fiction, w istocie jednak prace nad projektem są bardziej zaawansowane, niż nad sondą *Contour*. 11 marca specjaliści z niemieckiego instytutu lotniczo-kosmicznego DLR zaprezentowali w Kolonii pełnowymiarowy model lądownika *Roland*. Jeśli ten ambitny projekt, realizowany w ramach programu „Horizon 2000+", powiedzie się, to Europa odzyska prymat w dziedzinie badań komet *in situ*, który niegdyś zapewniła jej sonda *Giotto*. Europejski prymat zapewne nie potrwa długo, bo Amerykanie myślą już o automatycznym lądowniku na komecie **Tempel-1**, który miałby powrócić na Ziemię z odwiertem kometarnego jądra. Sonda miałaby się nazywać *Deep Space-4* i — podobnie jak pierwszy obiekt z tej serii — posiadać silnik jonowy.

Jacek Kruk



Fot. 5. *Roland* na jądrze komety Wirtanena (DLR).

Trzęsienia Ziemi — Księżyc niewinny

Niektórzy naukowcy, a szczególnie amatorzy, przeczuwali duży związek pomiędzy pływami księżycowymi a występowaniem trzęsień Ziemi. John Vidale, profesor nauk o Ziemi i kosmosie z Uniwersytetu Kalifornijskiego UCLA w Los Angeles, przeprowadził rozległe badania dotyczące tej kwestii. Materiał „dowodowy" to ponad 13 tysięcy trzęsień Ziemi zaistniałych na terenie uskoków San Andreas w pobliżu Parkfield i Calaveras w północnej Kalifornii w ciągu ćwierćwiecza, do roku 1994 włącznie. Okazuje się, że korelacja pomiędzy pływami księżycowymi a pojawianiem się trzęsień Ziemi jeśli jest, to bardzo słabiutka i statystycznie nieznacząca. Podobnie jest w przypadku pływów słonecznych, które same w sobie są słabsze od powodowanych przyciąganiem Księżyca.

Vidale badał, kiedy trzęsienia Ziemi przystępowały do „ataku" i obliczał występujące w uskokach naprężenia w ich trakcie i w przypadkowych okresach. Brak wyraźnego związku pomiędzy zjawiskami dostarcza silnego poparcia dla teorii głoszącej, że trzęsienia Ziemi są poprzedzane tzw. „fazą przygotowawczą", która zaczyna się szereg dni przed kulminacją i przyspiesza znacząco w końcowych kilku minutach czy wręcz sekundach przed faktycznym trzęsieniem. Teorię tę rozwinął Jim Dieterich z U.S. Geological Survey ze współpracownikami. Jest ona podstawą do postulowania możliwości przewidywania trzęsień, chociaż Vidale podkreśla, że owa faza przygotowawcza jest słabo poznana i może zwyczajnie nie być obserwowalna aż do kilku końcowych sekund przed początkiem zjawiska. Co więcej, nawet w razie jej identyfikacji, niekoniecznie możliwe by było udzielenie odpowiedzi na pytanie o siłę spodziewanego trzęsienia. Niewykluczone, że to właśnie aktywność towarzysząca fazie przygotowawczej zaciera wpływ na pojawianie się trzęsień ze strony pływów księżycowych. I chociaż te ostatnie zmieniają naprężenia w uskokach dalece bardziej gwałtownie niż ruchy płyt tektonicznych, to naprężenia wynikłe z takich ruchów mogą się kumulować przez setki, a nawet tysiące lat.

(*mag*)

Mokry Wszechświat

5 grudnia ubiegłego roku dzięki rakiecie Pegasus XL na orbicie znalazł się instrument Submillimeter Wave Astronomy Satellite (SWAS) — pierwszy teleskop pozwalający obserwować w zakresie podmilimetrowym, wypadającym pomiędzy podczerwienią a falami radiowymi. Bardzo szybko wykonane nim obserwacje obłoków molekularnych — gwiezdnych kolebek — przyniosły prawdziwą niespodziankę. O ile bowiem woda wydaje się być tam wszechobecna, nie sposób znaleźć tlen w postaci molekularnej. Oznaki istnienia wody były już odkrywane wcześniej, jednakże jedynie w gorących obszarach. Ponieważ większość ośrodka międzygwiazdowego jest chłodna, oznacza to — mówiąc żartobliwie, że woda cieszy się dużą popularnością we Wszechświecie.

Zadziwiający jest jednak ów brak tlenu molekularnego — pozwoli to uściślić górne ograniczenie jego ilości w obłokach molekularnych i zarazem oszacować ich wiek. Brak takiej postaci tlenu zgadza się jednakże z niektórymi przewidywaniami teoretycznymi, które postulują właśnie jego brak aż do osiągnięcia przez obłok molekularny odpowiedniego wieku, a zarazem stopnia komplikacji składu chemicznego.

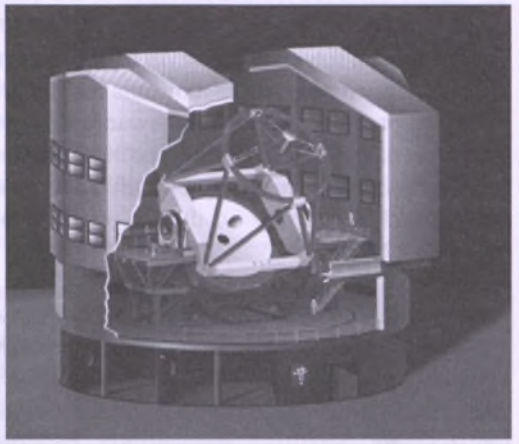
SWAS pozwoli również naukowcom wykonać mapy występowania gorących molekuł (takich jak np. tlenek węgla), dalece szczegółowsze i obejmujące większe obszary nieba niż te osiągalne w obserwacjach naziemnych. Być może pozwoli to zmierzyć się z kilkoma podstawowymi pytaniami: 1) gdzie „ukrywa" się tlen? 2) jak stygną kolapsujące obłoki, by móc dać początek gwiazdom i planetom? 3) jaka jest wewnętrzna struktura takich obłoków?

(*mag*)

Największy teleskop świata już pracuje!

W grudniu 1987 roku Rada Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO) podjęła decyzję o budowie największego optycznego teleskopu świata VLT (Very Large Telescope) na Cerro Paranal w północnym Chile, około 300 km na południe od miasta Antofagasta. Od tego czasu trwają wytężone prace zarówno na położonej na wysokości 2635 m n.p.m. górze Paranal, jak i we wszystkich państwach ESO nad urzeczywistnieniem tego niezwykle ambitnego projektu.

Teleskop będzie się składał głównie z 4 teleskopów monolitycznych o średnicy lustra 8.2 m, umieszczonych w oddzielnych budynkach i dających efektywną powierzchnię zbiorczą równoważną teleskopowi o średnicy 16 m. Same lustra będą wykonane w technice optyki aktywnej, a teleskopy pracujące w układzie wysokościowo-azymutalnym będą miały 20 m wysokości i ważyły 430 ton. Pod względem jakości obrazów będzie to teleskop posiadający zdolność rozdzielczą teleskopu o średnicy przeszło 100 m. Ściślej mówiąc, rozdzielczość osiągnie 0.001 sekundy łuku na długości fali 1 mikrometra. Oczywiście oddzielne teleskopy będą tworzyły między sobą szereg interferometrów, a dla pełnego wykorzystania informacji zawartej w interferogramach, siatkę czterech kolosów trzeba będzie uzupełnić jeszcze szeregiem teleskopów mniejszych rozmiarów. Wybrano rozwiązanie z teleskopami o średnicy 1.8 m, które będą przesuwane na torowiskach, zajmując 30 różnych położeń, w zależności od programu aktualnych obserwacji. Krótko mówiąc, będzie to teleskop, który otworzy nową epokę w astronomii obserwacyjnej w dziedzinie widzialnej i podczerwonej widma promieniowania (0.3 do 25 mikrometrów). Pierwszy z ośmiometrowych teleskopów odebrał „pierwsze światło od gwiazd” w maju 1998 roku. Pisaliśmy o tym wydarzeniu i prezentowaliśmy pierwsze jego zdjęcia w „Uranii-Postępach Astronomii” w zeszycie 4 (676) str. 169 w ubiegłym roku. Obecnie, wcześniej niż planowano, w dniu 1 marca 1999 roku „pierwsze światło od gwiazd” odebrał teleskop nr 2. Zbiegło się to z osiągnięciem przez teleskop nr 1 dojrzałości technicznej, pozwalającej na oddanie go w ręce astronomów, do regularnej służby obserwacyjnej.



Schemat strukturalny pojedynczego teleskopu. Przypomnijmy, że jego lustro główne ma 8.2 m średnicy, a jego kształt paraboloidalny jest utrzymywany przez kilkaset wsporników tzw. aktywnej optyki. Teleskop ma 20 m wysokości i waży 430 ton. Jego budynek ma 29 m średnicy i wznosi się 28.5 m ponad powierzchnię gruntu, a ponadto wchodzi 4.5 m w głąb ziemi.

W pierwszych dniach marca 1999 odbyło się w Antofagasta międzynarodowe spotkanie astronomów, mające na celu przedyskutowanie przyszłych programów badawczych dla wielkich współczesnych teleskopów i dla VLT.

Widok ogólny Obserwatorium na MtParonal

W piątek 5 marca 1999 roku uczeni ci przybyli na górę Paranal, gdzie w obecności Prezydenta Republiki Chile, wielu ministrów rządu chilijskiego i ambasadorów państw-członków Europejskiego Obserwatorium Południowego i innych znakomitych gości, dyrektor generalny ESO, profesor Riccardo Giacconi ogłosił uroczyście początek pracy Obserwatorium na Cerro Paranal. Obserwatorium to składa się obecnie z dwóch teleskopów o średnicy 8.2 m. Kolejne teleskopy będą włączały się do pracy w ciągu najbliższych 2 lat... Całkowite zakończenie budowy VLT planuje się na rok 2001.

W czasie uroczystości inauguracyjnych poszczególne wielkie teleskopy otrzymały swoje nazwy własne. Zostały one wybrane poprzez konkurs ogłoszony wśród uczniów szkół chilijskiego Regionu Drugiego, którego Antofagasta jest stolicą. Zwyciężyła propozycja 17-letniej uczennicy Dory Tejada z Chiquicamata. Nazwy są w języku chilijskich Indian Mapuche, których rodowe ziemie leżą na obszarach położonych na południe od Santiago de Chile. Teleskop nr 1 będzie się nazywał ANTU (to znaczy Słońce), nr 2 — KUENYEN (Księżyc), nr 3 — MELIPAL (Krzyż Południa) i nr 4 — YEPUN (Syriusz).

(*aw*)

O VLT pisaliśmy w „Postępach Astronomii” nr 1/95 str. 36 i w „Uranii-Postępach Astronomii” nr 4/98 str. 169.

Kosmiczny piruet

Na lekcjach fizyki, w szerszym bądź węższym zakresie mówimy o zasadzie zachowania momentu pędu. Czy jedynymi przykładami funkcjonowanie tej zasady muszą być piruet na lodowisku i śmigiełko na ogonie śmigłowca? Czy nie możemy sięgnąć po przykłady z astronomii? Oczywiście, tak! Zacznijmy od dwóch prostych problemów (ramka 1 i 2).

Problem 1. Pulsary (gwiazdy neutronowe) są to bardzo małe obiekty, o średnicach rzędu 10 km, będące końcowym stadium ewolucji masywnych gwiazd. Ich okresy obrotu są bardzo krótkie, rzędu sekund, a nawet milisekund. Skąd tak duże prędkości kątowe tych gwiazd?

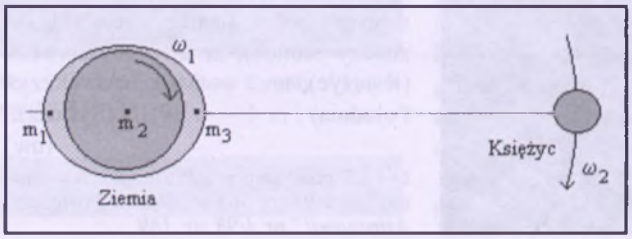
Kolejny związany będzie ze zjawiskiem pływów o których z pewnością wszyscy uczniowie słyszeli. A być może niektórzy, wyjeżdżający na wybrzeże Atlantyku, spotkali się bezpośrednio.

Pełny opis zjawiska jest bardzo złożony, wymaga uwzględnienia oprócz sił grawitacyjnych Księżyca m.in. sił grawitacyjnych Słońca, ruchu obrotowego Ziemi, konfiguracji lądów i głębokości oceanów. Nam jednak nie jest koniecznie potrzebny.

Problem 2. Analiza ruchu Księżyca pozwoliła dość dokładnie wyznaczyć jego moment bezwładności. Wynosi on $I = 0.395\ m_k\ r_k^2$. Jaki wniosek możemy wyciągnąć w oparciu o ten wynik?

Rozwiązanie. Uzyskany wynik jest bardzo bliski momentowi bezwładności jednorodnej kuli ($0.4\ mr^2$). Możemy na tej podstawie wnioskować, że Księżyc jest prawie jednorodną bryłą. Wniosek ten w pełni potwierdzają bezpośrednie badania przeprowadzone w ramach misji Apollo (analiza sztucznie wywołanej fali sejsmicznej). Wynika z nich, że gęstość globu jest w przybliżeniu stała. Ponadto wiemy, że średnia gęstość Księżyca jest 3.33 g/cm^3, a średnia gęstość warstw powierzchniowych ok. 3.3 g/cm^3. Dla Ziemi mamy odpowiednio 5.52 i 2.7.

W zupełności wystarczy wyjaśnienie (występujące zresztą w większości akademickich podręczników astronomii). Na elementy masy m_1, m_2 i m_3 działają różne siły przyciągania ze strony Księżyca (rysunek) wynikające z ich różnej odległości od srebrnego globu. Powoduje to



rozciągnięcie globu i powstanie dwóch „garbów" wodnych po stronie przy- i odksiężycowej. A ponieważ prędkość kątowa Księżyca ω_2 jest mniejsza od prędkości kątowej ω_1 Ziemi w jej ruchu wirowym, garby te przemieszczają się względem dna oceanów. Oczywiście wymaga to wykonania pewnej pracy. I tu pojawia się druga z podstawowych zasad: zasada zachowania energii. Praca ta wykonywana jest oczywiście kosztem energii kinetycznej ruchu obrotowego Ziemi. Ziemia wiruje coraz wolniej, doba staje się coraz dłuższa.

Wykonajmy teraz proste obliczenie. Jak często przypływ powinien wystąpić w danym punkcie wybrzeża?

$$\omega = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \quad \text{czyli} \quad \frac{2}{T} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$$

Podstawiając długość doby i miesiąca księżycowego, otrzymujemy $T = 12^h\ 23^m$. Wynik pozostaje w bardzo dobrej zgodności z obserwowanym średnim okresem pływów. Drugie obliczenie, którego tu ze zrozumiałych względów nie przytoczymy, daje wydłużenie doby o ok. 5.10^{-8} s/dobę (0.0016 s/stulecie). Jakkolwiek jest ono bardzo małe, współczesna technika (zegary atomowe) pozwoliła na sprawdzenie tego wyniku.

Możemy teraz postawić następne dwa, trudniejsze problemy:

Problem 3. Jakie konsekwencje pociąga spowolnienie ruchu obrotowego Ziemi?

Problem 4. Jak długo będzie trwał ten proces?

Spowolnienie ruchu obrotowego Ziemi powoduje zmniejszenie jej momentu pędu. A ponieważ w układzie Ziemia–Księżyc obowiązuje w stosunku do sił wewnętrznych zasada zachowania momentu pędu, moment pędu Księżyca musi wzrosnąć. Z równań

$$J = mvr \quad \text{oraz} \quad \frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

otrzymujemy po prostych przekształceniach

$$r = \frac{J^2}{GMm} \quad \text{i} \quad v = \frac{GMm}{J}$$

Jak widać, odległość Ziemia–Księżyc rośnie, a prędkość ruchu obiegowego Księżyca maleje. Ponieważ metodą laserową możemy mierzyć odległość do Księżyca z dokładnością do ok. 10 cm (oszacujcie błąd względny takiego pomiaru!) i ten efekt udało się sprawdzić. Jak długo będzie trwać ten proces? Oczywiście do czasu zaniku omawianych sił pływowych. Nastąpi to, gdy okres obrotu Ziemi zrówna się z okresem obiegu Księżyca. Jak obliczono, wystąpi to za parę miliardów lat gdy ten wspólny okres wyniesie ok. 47 dni. Nasze praprawnuki (o ile jeszcze ludzkość będzie istniała) nie będą mogły chyba narzekać, iż doba jest za krótka!

Powinniśmy też zwrócić uwagę, że nasza analiza nie jest pełna, nie uwzględniliśmy sił pływowych pochodzących od Słońca.

Czy to wszystkie możliwości? Oczywiście nie! Wspomnę tylko o siłach pływowych w układzie Jowisza i związaną z nimi aktywność Io, strefie Roche'a i wielu ciekawych efektach w układach gwiazd podwójnych. O tych ostatnich bardzo ciekawie pisze Bohdan Paczyński w [1]. Zwrócę też uwagę na opracowanie autora [2], gdzie pokazałem m.in., jak z zasady zachowania momentu pędu i prawa powszechnego ciążenia w sposób zupełnie elementarny wyprowadzić można wszystkie 3 prawa Keplera (drugie prawo Keplera to przecież inaczej zapisana zasada zachowania momentu pędu).

Juliusz Domański

Literatura

[1] Paczyński B., *Gwiazdy kuliste, gwiazdy płaskie, gwiazdy z dziurą*, Delta nr 2, 1988

[2] Domański J., *Astronomia i grawitacja*, ZDN Toruń 1993

dokończenie ze str. 118

w sprawdzaniu dokładności pozycjonowania teleskopu i — używany jednocześnie z innymi terminalami — pozwala na szybką ocenę sytuacji, jeśli pojawiają się problemy techniczne.

Terminal VLBI

Terminal VLBI (Penny&Giles VLBA Terminal) to urządzenie służące do rejestracji obserwacji na taśmach magnetycznych w czasie sesji obserwacyjnych wykonywanych interferometrem na bardzo wielkich bazach (Very Long Baseline Interferometry). RT-4 wraz z wyposażeniem jest elementem takiego interferometru, razem z innymi radioteleskopami w wielu krajach świata (i jednym radioteleskopem na orbicie!)*. Sercem terminalu jest wielośladowy rejestrator magnetyczny, zapisujący w jednym przebiegu 32 ścieżki — przy ruchu taśmy w stronę przeciwną zapisywane są kolejne 32 ścieżki. Każda ze ścieżek zawiera dwubitową informację o sygnale, którego maksymalne pasmo wynosi 16 MHz. Przy zastosowaniu dwóch głowic zapisujących pozwala to na rejestrację pasma o szerokości do 1 GHz.

Zapisywane sygnały należy wcześniej odpowiednio przygotować. Terminal dostarcza sygnały częstotliwości pośredniej do zespołu przetworników częstotliwości. Każdy przetwornik wycina z zakresu 500–1000 MHz — w zaprogramowanym miejscu — pasma o szerokości 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8 lub 16 MHz, przenosząc je do zakresu bazowego (od 0 MHz do 0.0625 MHz, od 0 MHz do 0.125 MHz itd.). Zastosowany tu mieszacz jednowstęgowy wykonuje taką operację na dwóch podzakresach jednocześnie, np. od 750 MHz do 758 MHz (górna wstęga boczna) i od 750 MHz do 742 MHz (dolna wstęga boczna, widmo odwrócone). Nasz terminal posiada 8 takich przetworników, co daje 16 gotowych do rejestracji sygnałów (łączne pasmo do 256 MB). Terminal jest urządzeniem skomplikowanym, do jego kontroli stosowane jest zunifikowane oprogramowanie (Field System) napisane dla systemu operacyjnego Unix. Istnieje specjalny język do tworzenia skryptów sterujących terminalem (Snap).

Skrajnie wysokie gęstości zapisu, skomplikowana konstrukcja i złożone oprogramowanie — to źródła dużych kłopotów. Niewłaściwe ustawienie głowicy zapisującej, złe prowadzenie taśmy, duży poziom zakłóceń własnych w konwerterach i błędy operatorów prowadzą do marnowania czasu obserwacyjnego teleskopu i korelatora, a w konsekwencji do zmniejszenia wartości danych z sesji obserwacyjnej. Na szczęście doświadczenie robi swoje i jakość naszych obserwacji jest całkiem przyzwoita.

Maszyna pulsarowa

Efektywne obserwacje pulsarów na stosunkowo niedużym teleskopie, jakim jest RT-4, wymagają zastosowania szerokiego pasma częstotliwości dla osiągnięcia dobrego stosunku sygnału do szumu. Ze względu na dyspersję sygnału pulsarów w ośrodku międzygwiazdowym trzeba to szerokie pasmo podzielić na dużą liczbę wąskopasmowych kanałów i każdy kanał rejestrować oddzielnie. Zbudowana w Stanach Zjednoczonych maszyna PSPM II posiada 128 takich kanałów, każdy o szerokości 3 MHz, po 64 kanały na jedną polaryzację. Wynikająca stąd szerokość pasma jest równa 192 MHz. Każdy kanał po detekcji jest mierzony 4-bitowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym, a tempo pomiaru jest dobierane stosownie do okresu pulsara. Maszyna jest sterowana komputerem Sun Sparc 1, obserwacje chronometrażowe zapisywane są na dyskach, a obserwacje w modzie poszukiwania także wprost na taśmach streamera. Oprogramowanie maszyny jest bardzo porządne, nie ma problemów z jego obsługą. Zdarzały się drobne awarie maszyny, nie spowodowały one jednak powstania dziur w ciągłości danych obserwacyjnych.

Autokorelator

Pomiary linii emisyjnych w zakresie radiowym prowadzone są od niedawna przy pomocy nowego odbiornika autokorelacyjnego. Posiada on łącznie 16384 kanały i potrafi objąć 200 MHz pasma. Próbkowanie może być jedno- lub dwupoziomowe, a tempo próbkowania przekracza 100 mln próbek na sekundę w każdym z czterech bloków korelatora. Autokorelator posiada wbudowany miniaturowy unixowy komputer. Odczyt wszystkich kanałów trwa nieco ponad 0.5 sekundy i odbywa się typowo raz na 45 sekund. Oprogramowanie wyświetla cztery funkcje autokorelacyjne, a po dokonaniu przekształcenia Fouriera także widma mocy obserwowanych linii. Obserwacje są w pełni kontrolowane przez skrypt użytkownika (antena, terminal VLBI i autokorelator jednocześnie), co ułatwia pracę operatorowi. Jak dotąd urządzenie spisuje się niezawodnie, mimo wysokiej złożoności.

Mgr Eugeniusz Pazderski jest toruńskim astronomem, który kilka lat swego życia poświęcił budowaniu i doskonaleniu radioteleskopu RT-4 oraz konstrukcji różnych jego terminali.

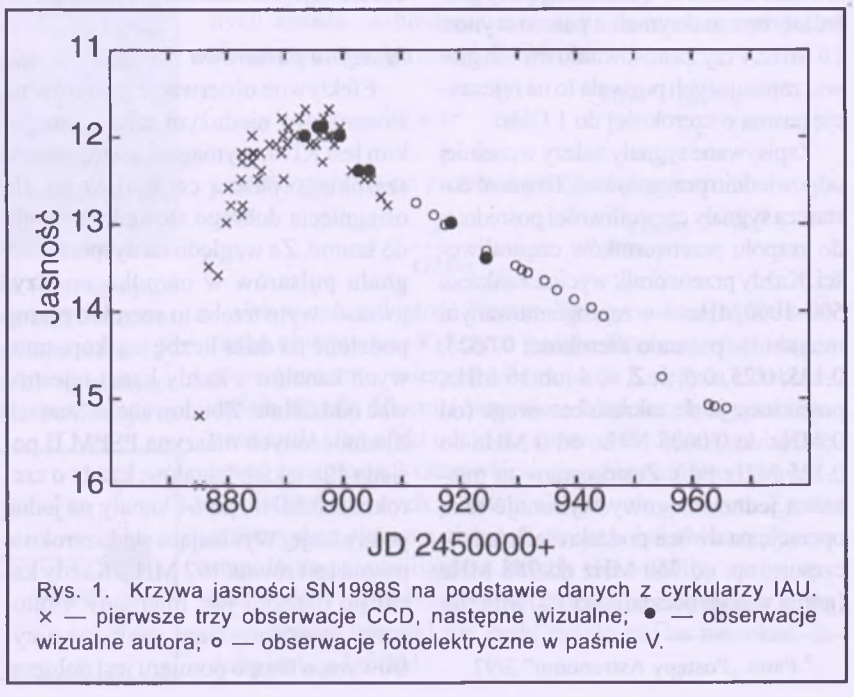
* Patrz „Postępy Astronomii" 3/97

P.T. Miłośnicy Astronomii obserwują:

Obserwacje gwiazd zmiennych w 1998 roku, czyli parada supernowych

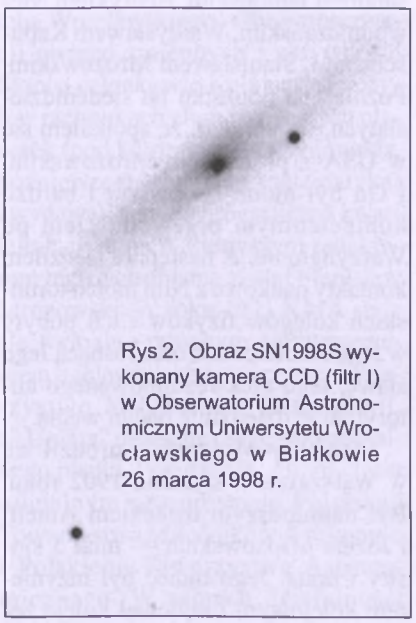
Dzięki szybkiemu rozwojowi technik obserwacyjnych w astronomii, a przede wszystkim szerokiemu zastosowaniu kamer CCD, z roku na rok odkrywa się coraz więcej gwiazd supernowych. W ubiegłym roku odkryto ich już 160. W zdecydowanej większości były to jednak obiekty bardzo słabe (ze względu na kosmologiczne odległości), dostępne tylko za pomocą dużych profesjonalnych instrumentów. Jaśniejsze supernowe, które można dostrzec niewielkimi, amatorskimi teleskopami zdarzają się rzadko, raz na kilka lat. Tymczasem wiosną ubiegłego roku mieliśmy wyjątkową okazję podziwiania aż trzech obiektów tego rodzaju, które osiągnęły w maksimum 12 wielkość gwiazdową, tak więc można je było dostrzec już za pomocą instrumentów o średnicy ok. 10 cm. Nieco jaśniejsze gwiazdy supernowe widoczne były ostatnio w latach 1993 i 1994. Przed sześcioma laty w znanej galaktyce M81 pojawiła się SN1993J, która na przełomie marca i kwietnia 1993 roku osiągnęła jasność 10.7 mag. Rok później SN1994D w galaktyce NGC4526 pojaśniała do 11.7 mag.

Pierwszą z ubiegłorocznych jasnych gwiazd supernowych (SN1998S) odkrył 2 marca Zhou Wan w Pekińskim Obserwatorium Astronomicznym jako obiekt 15.2 mag w galaktyce NGC 3877 znajdującej się w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy. Dzięki takiemu położeniu była ona widoczna w naszych szerokościach geograficznych przez całą noc, szczególnie korzystnie wieczorami, bo w pobliżu zenitu. W widmie tej supernowej występowały silne linie emisyjne wodoru i helu, charakterystyczne dla typu II. Takie supernowe są efektem eksplozji masywnego nadolbrzyma kończącego w ten sposób swoją ewolucję. W widmie widoczne były ponadto bardzo silne linie He II i linie wzbronione [N III/C III], co stanowiło swego rodzaju osobliwość; generalnie bogactwo linii emisyjnych i absorpcyjnych świadczyło o obecności znacznej ilości materii rozproszonej wokół tej gwiazdy. Prędkość rozszerzania się otoczki oceniona na podstawie szerokości linii Hα wynosiła 8200 km/s. Na rysunku 1 przedstawiono krzywą jasności SN1998S na podstawie obserwacji zamieszczonych w cyrkularzach IAU oraz obserwacji autora tego artykułu. Widać, że maksimum ja-



Rys. 1. Krzywa jasności SN1998S na podstawie danych z cyrkularzy IAU. × — pierwsze trzy obserwacje CCD, następne wizualne; • — obserwacje wizualne autora; o — obserwacje fotoelektryczne w paśmie V.

sności (11.9 mag) SN1998S osiągnęła ok. 20 marca. Nie minął jeszcze miesiąc, jej jasność spadła do 13 mag, a już 13 kwietnia Mark Armstrong z Wielkiej Brytanii odkrył następną jasną supernową (SN1998aq) w galaktyce NGC3982, położonej również w Wielkiej Niedźwiedzicy i to w odległości zaledwie 7 stopni od galaktyki NGC3877, w której pojawiła się poprzednia supernowa. W momencie odkrycia jasność SN1998aq wynosiła 14.9 mag, a po dwu tygodniach osiągnęła w maksimum 12.2 mag. Nie dość tego, już 9 maja Mirko Villi z Włoch odkrył kolejną jasną supernową (SN1998bu) w galaktyce M96, w gwiazdozbiorze Lwa. Jej jasność wynosiła wtedy 13 mag, a w maksimum ok. 22 maja osiągnęła 11.9 mag. Obie ostatnio wymienione supernowe należały do typu Ia, powstały więc wskutek eksplozji białego karła, który przekroczył masę Chandrasekhara, na skutek akrecji materii z towarzyszącej mu gwiazdy. W obu przypadkach prędkość ekspansji otoczki oceniona na podstawie przesunięcia linii absorpcyjnych wynosiła ok. 11000 km/s. Dzięki wystąpieniu takiej serii jasnych supernowych, obserwatorzy dysponujący instrumentami średnicy ok. 15 cm mogli w niektórych dniach kwietnia i maja ubiegłego roku oglądać jednocześnie dwie supernowe.



Rys 2. Obraz SN1998S wykonany kamerą CCD (filtr I) w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego w Białkowie 26 marca 1998 r.

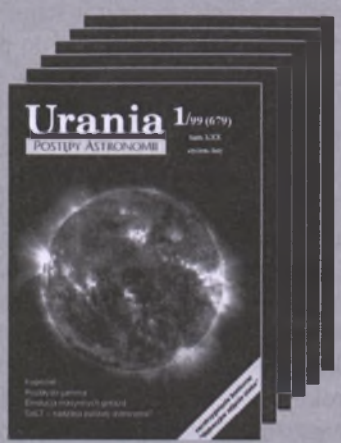
Warto dodać, że oprócz trzech wyżej wymienionych, pojawiło się w tym czasie jeszcze kilka innych stosunkowo jasnych gwiazd supernowych, które można było dostrzec za pomocą teleskopów o średnicy ok. 30 cm. I tak w czasie, gdy jaśniała SN1998aq, 17 kwietnia odkryto w galaktyce NGC4462 w gwiazdozbiorze Kruka SN1998bn, która w pierwszych dniach maja osiągnęła jasność 13.4 mag, a 29 kwietnia w galaktyce NGC6495 w Herkulesie odkryto SN1998bp, która po kilku dniach osiągnęła w maksimum 14.7 mag. Ostatnią z jaśniejszych gwiazd supernowych w ubiegłym roku, SN1998dq (maksymalna jasność 13.9 mag), zauważono 23 sierpnia w galaktyce NGC6754 w leżącym daleko na południowej półkuli gwiazdozbiorze Teleskopu. Wszystkie te supernowe należały do typu Ia, a prędkość ekspansji ich otoczek sięgała 12–17 tysięcy km/s. Można więc powiedzieć, że wiosna 1998 roku stała pod znakiem gwiazd supernowych.

W zamieszczonej powyżej tabelce podano wykaz obserwatorów Sekcji Gwiazd Zmiennych PTMA, którzy w ubiegłym roku wykonali w sumie 12011 obserwacji. 9052 obserwacje przesłano do AAVSO (American Association of Variable Star Observers).

Jerzy Speil

Tabela 1.

Imię i nazwisko	Ilość obserwacji Ogółem	Przesłanych do AAVSO
1. Ryszard Cnota	3017	1229
2. Oskar Dereń	1712	1686
3. Radosław Grochowski	37	—
4. Marek Królik	365	276
5. Tomasz Krzyt	385	291
6. Michał Siwak	252	—
7. Jerzy Speil	1871	1868
8. Stanisław Świerczyński	4372	3702
Razem	12011	9052



INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 1999 (6 zeszytów) kosztuje 36 zł (zagraniczna 50 zł). Cena pojedynczego zeszytu 7.50 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
BIG Bank Gdański S.A. o/Toruń
Nr 11601612-6347-132

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

Barbara Gertner
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń
E-mail: basia@astri.uni.torun.pl
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

In Memoriam

Stanisław Wojciech Mrozowski

1902–1999

Nazwisko Stanisława Mrozowskiego poznałem prawie 50 lat temu. Interesowałem się wtedy historią polskiej astronomii. Dowiedziałem się, że jednym z twórców polskiej miłośniczej organizacji astronomicznej był Stanisław Mrozowski, podówczas warszawski gimnazjalista, a obecnie profesor fizyki na amerykańskim uniwersytecie. Później, w końcu lat pięćdziesiątych, opowiadał mi o Nim i jego spektroskopowych badaniach molekuły CO_2, ważnej dla rozumienia procesów fizycznych zachodzących w kometach, mój belgijski naukowy Mistrz, prof. Pol Swings. Doktor Pol Swings przyjechał do Warszawy w początku lat trzydziestych, aby w słynnym już wówczas Zakładzie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego u profesora Stefana Pieńkowskiego uczyć się spektroskopii i wykonać pracę, która dała Mu stopień „doktora specjalnego", co znaczy w naszym obecnie języku „doktora habilitowanego". Bardzo mile wspominał Pol Swings swój prawie dwuletni pobyt w Warszawie i zadzierzgnięte wtedy przyjaźnie z rówieśnikami, uczniami Pieńkowskiego, m.in. Aleksandrem Jabłońskim, Henrykiem Niewodniczańskim, Władysławem Kapuścińskim, Stanisławem Mrozowskim. Później, na początku lat siedemdziesiątych, los sprawił, że spotkałem się w USA z profesorem Mrozowskim. I On był moim osobistym i bardzo kompetentnym przewodnikiem po Waszyngtonie. A następnie śledziłem kontakty naukowe z Nim moich toruńskich kolegów fizyków i ich pobyty w Jego laboratoriach oraz rosnącą Jego sławę, jako niekwestionowanego autorytetu w dziedzinie badań węgla.

Stanisław Mrozowski urodził się w Warszawie 9 stycznia 1902 roku. Był najmłodszym dzieckiem Amelii i Józefa Mrozowskich — miał 3 siostry i brata. Jego ojciec był inżynierem kolejowym i budował koleje żelazne w carskiej Rosji, m.in. kolej transsyberyjską i kolej w rejonie Mińska. Aby uniknąć posyłania dzieci do rosyjskiej szkoły, uczono je najpierw w domu, a później wysyłano do polskich szkół w Krakowie. Stanisław trafił do zakopiańskiego gimnazjum (Willa Szarotka) w 1913 roku. Wybuch wojny w 1914 roku przerwał mu regularną naukę szkolną i zmusił do pobierania nauki na kursach prywatnych. W 1918 roku rodzina Mrozowskich wróciła z Rosji do Warszawy, a Stanisław stał się uczniem gimnazjum im. Mikołaja Reja i tam uzyskał maturę w roku 1921. Oczywiście, Jego lata gimnazjalne zostały przerwane przez wojnę z bolszewikami: w czerwcu 1920 r. Mrozowski bronił Warszawy

Prof. S. Mrozowski w rozmowie z fizykami toruńskimi w czasie wizyty w Toruniu w 1995 roku. Na schodach gmachu Instytutu Aleksandra Jabłońskiego stoją profesorowie fizyki (od lewej): Kazimierz Antonowicz, Stanisław Mrozowski, Józef Stanisław Kwiatkowski (podówczas dziekan Wydziału Fizyki i Astronomii), Józef Szudy (dyrektor Instytutu Fizyki UMK) i Franciszek Rozpłoch (obecnie Dziekan Wydziału Fizyki i Astronomii UMK).

w 201 regimencie lekkiej artylerii pułku „Dzieci Warszawy", w sierpniu walczył pod Radzyminem, a we wrześniu pod Grodnem. Po tych walkach uzyskał stopień bombardiera i krzyż zasługi.

Stanisław Mrozowski, jak sam wspominał, zainteresował się astronomią około roku 1916 pod wpływem swego nauczyciela matematyki. Interesował się gwiaździstym niebem i obserwował gwiazdy zmienne. Niezależnie od odkrywców amerykańskich, odkrył Nową Aquilae w roku 1918. I w 1919 roku, wraz z kilkunastoma kolegami założył międzyszkolne „Koło Miłośników Astronomii", które miało cele zarówno samokształceniowe, jak i popularyzatorskie. Pierwszym prezesem tego koła był Jan Mergentaler[1], późniejszy znany heliofizyk i profesor astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego. Obok obserwacji gwiazd zmiennych i aktywności Słońca członkowie Koła uczestniczyli w rachunkach efemeryd małych planetek (pod kierunkiem A. Zygmunda, późniejszego słynnego matematyka) i wydawali metodą litograficzną kwartalnik „Uranja"[2]. Pierwszym redaktorem tego czasopisma został Stanisław Mrozowski. W roku 1921 KMA staje się formalno-prawnym stowarzyszeniem ogólnopolskim pod nazwą Towarzystwo Miłośników Astronomii, a „Uranja" uzyskuje rangę jego oficjalnego pisma. I do dzisiaj „Urania" jest oficjalnym czasopismem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii i Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. W ramach działalności TMA Stanisław Mrozowski organizuje „dostrzegalnię astronomiczną" na dachu Szkoły Technicznej Kolejowej przy ul. Chmielnej 88/90 w Warszawie, z teleskopami o średnicach 96 i 108 mm. W latach 1921-24 dostrzegalnię tę odwiedza przeszło 3 tysiące dziatwy szkolnej wraz z nauczycielami. I w dalszym ciągu członkowie TMA uczestniczą w rachunkach efemeryd planetoid, prowadzonych w Obserwatorium Warszawskim przez prof. Michała Kamieńskiego. A sam Mrozowski wspominając te lata mówił, że zarówno wtedy, jak i później był w astronomii zakochany platonicznie.

W latach 1921-25 Stanisław Mrozowski odbył studia fizyczne na Uniwersytecie Warszawskim. Jego studia przypadły na okres burzliwego rozwoju spektroskopii atomowej i molekularnej i w tych badaniach przodował na świecie Uniwersytet Warszawski. I w tej dziedzinie fizyki specjalizuje się Stanisław Mrozowski. Pracuje następnie w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej u profesora Stefana Pieńkowskiego, gdzie prowadzi badania widm

par metali należących do grupy cynku (przede wszystkim rtęci) i równocześnie uczy fizyki w kilku warszawskich gimnazjach. Doktorat uzyskuje w roku 1929, a habilitację w 1932, po czym zostaje kolejno asystentem i adiunktem w Zakładzie Fizyki Teoretycznej UW kierowanym przez prof. Czesława Białobrzeskiego. Tam prowadzi badania eksperymentalne w dziedzinie spektroskopii atomów i małych drobin. Szczególnie ważne i do dziś aktualne są powstałe w tym okresie prace Mrozowskiego dotyczące struktury izotopowej par rtęci oraz przekazywania energii wzbudzenia pomiędzy atomami różnych izotopów rtęci. Jest zapraszany z wykładami do wielu europejskich ośrodków badawczych. M.in. w roku 1936 został zaproszony z wykładem na zamkniętą konferencję urodzinową na cześć Nielsa Bohra w Kopenhadze, gdzie poznał całą śmietankę ówczesnej fizyki z Heisenbergiem i Paulim. Lista Jego publikacji za ten okres sięga imponującej liczby 30 pozycji!

Na początku sierpnia 1939 roku docent Mrozowski wyjechał na roczny staż naukowy do Berkeley (USA), do słynnej grupy prof. E.O. Lawrence'a. Bieg wypadków dziejowych sprawił, że zamierzony wyjazd roczny zamienił się na pobyt stały. Po rocznej pracy w Berkeley, Mrozowski przenosi się do Chicago, gdzie przez 5 lat pracuje w laboratorium prof. R.S. Mullikena. Prowadzi tam badania spektroskopowe m.in. ołowiu, bizmutu i dwutlenku węgla. Po II wojnie światowej Mrozowski kieruje swe zainteresowania naukowe na badania węgla w różnych jego postaciach. W Monton Grove w Illinois rozwinął badania strukturalne różnych postaci węgla przy pomocy metod dyfrakcji rentgenowskiej i mikroskopu elektronowego w zorganizowanym przez siebie laboratorium Koncernu Węglowego. Badał również przewodnictwo elektryczne i własności magnetyczne materiałów węglowych. W 1949 roku Stanisław Mrozowski obejmuje stanowisko profesora fizyki w Uniwersytecie w Buffalo. Zorganizował tam na początku lat pięćdziesiątych Laboratorium Badań Węgla (Carbon Research Laboratory), którym kierował aż do przejścia na emeryturę w roku 1982 (w wieku 80 lat). Laboratorium to stało się światowym centrum badań węglowych, do którego po naukę przyjeżdżali uczeni ze wszystkich kontynentów. Organizowane tam były, począwszy od roku 1953, regularne konferencje węglowe, które przekształciły się w jedne z najważniejszych spotkań uczonych tej specjalności na świecie. Materiały konferencyjne najpierw wydawał własnym staraniem sam Mrozowski, a później (1962) założył międzynarodowe czasopismo „Carbon", którym kierował przez kolejnych 21 lat. Czasopismo to ciągle istnieje i cieszy się wielkim prestiżem w środowiskach fizyków, chemików i technologów węgla. A autorytet Mrozowskiego wspierany jest ponadto listą Jego publikacji, liczącą kilkaset pozycji.

Przez cały swój amerykański okres życia profesor Mrozowski pamiętał o swym pochodzeniu i aktywnie po-

[1] Prof. Mergentaler zmarł w grudniu 1995 r. Pisały o Nim „Postępy Astronomii": t. 39 str. 129 (rok 1991), t. 43 str. 186 (1995), t. 45 z. 4 str. 32 (1997)

[2] Taka była pisownia tytułu naszego czasopisma aż do reformy ortografii języka polskiego w 1936 roku.

magał polskim ośrodkom badawczym w Kraju i organizacjom polonijnym w USA. Wielu fizyków polskich odbywało staże naukowe bądź w Jego Laboratorium, bądź, za Jego poparciem, w innych znakomitych ośrodkach badawczych USA i Kanady. Wśród osób zaproszonych do Laboratorium Węglowego znalazł się m.in. w latach 1960-61 prof. Kazimierz Antonowicz z Uniwersytetu M. Kopernika w Toruniu, a później kilku innych chemików i fizyków z Torunia i innych polskich ośrodków badawczych. Po powrocie do Torunia profesor Antonowicz rozwinął na UMK badania w dziedzinie fizyki węgla, które stały się obecnie jedną z najważniejszych specjalności badawczych Instytutu Fizyki UMK.

W latach 1932-36 docent Mrozowski był sekretarzem Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Fizycznego, a w latach 1938-39 prezesem Oddziału Warszawskiego tego Towarzystwa. W roku 1967 PTF nadaje Mu godność swego Członka Honorowego. Mrozowski bardzo ceni ten tytuł, bowiem jedynym wtedy żyjącym członkiem honorowym PTF był laureat Nobla z roku 1966 Alfred Kastler z Paryża, a poprzednikami byli Maria Curie-Skłodowska i małżonkowie Joliot-Curie. Niejako w podzięce Stanisław Mrozowski przekazał cały swój amerykański księgozbiór Polskiemu Towarzystwu Fizycznemu w Toruniu i zapewnił dopływ do niego kolejnych tomów amerykańskich czasopism fizycznych. W Stanach Zjednoczonych Mrozowski był m.in. członkiem Zarządu Fundacji Kościuszkowskiej, członkiem założycielem, a w latach 1962-1968 Prezesem Polskiego Instytutu Naukowego i członkiem Amerykańskiego Komitetu Obchodów 500 Rocznicy Urodzin Mikołaja Kopernika. Działając w ramach tego ostatniego Komitetu, nie tylko współorganizował wiele obchodów kopernikańskich w Ameryce, ale przyczynił się walnie do uzyskania „kopernikowskiego" daru National Science Foundation dla Polski w wysokości 1.4 mln dolarów jako udziału USA w budowie Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika Polskiej Akademii Nauk w Warszawie.

Profesor Mrozowski cieszył się wielkim uznaniem i autorytetem wielu środowisk naukowych. Zapraszano Go z wykładami na wszystkie kontynenty. Był członkiem wielu szacownych towarzystw i komitetów naukowych. Wiele uniwersytetów nadało mu swe najwyższe tytuły i stopnie. Był m.in. doktorem honorowym uniwersytetów w Bordeaux (Francja), Ball State Uniwersity w Muncie w USA i Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Na doktorat honorowy UMK prof. Mrozowski musiał czekać przeszło 20 lat. Władze PRL nie zgodziły się bowiem na nadanie Mu tego tytułu w latach 60 — Ambasada Polska w Waszyngtonie negatywnie oceniła działalność Mrozowskiego w organizacjach polonijnych dla obrazu PRL. W Toruniu nadano Mu ten tytuł dopiero w roku 1990. Władze PRL nie dopuściły też, aby profesor Mrozowski został „wybrany" przez Polską Akademię Nauk jej członkiem zagranicznym

Profesor Mrozowski był człowiekiem wielkiego formatu. Poza fizyką i astronomią, którą kochał szczególnie, interesował się wieloma dziedzinami życia. Był znakomitym narciarzem i taternikiem, do późnej starości grał w tenisa.

Zmarł 21 lutego 1999 roku w Fort Lauderdale na Florydzie, gdzie ostatnio mieszkał. Tam też został pochowany. I choć jest to daleko od Polski, jesteśmy przekonani, że gdzieś z wyżyn swego obecnego stanu, troskliwie spogląda na polską fizykę i astronomię i wspiera je przykładem swego oddania Nauce i Ojczyźnie. A w naszych umysłach i sercach pozostanie po Nim żywa pamięć i wdzięczność.

Andrzej Woszczyk

Zaproszenie na OZMA III — Urzędów '99

Kolejne spotkanie miłośników astronomii odbędzie się w dniach **19–22 sierpnia 1999** roku w **Urzędowie** w woj. **lubelskim** w pobliżu **Kraśnika**. Zakwaterowanie w budynku Zespołu Szkół Ogólnokształcących im. Władysława Jagiełły. Wymagane posiadanie własnego materaca i śpiwora. Zapewniamy obiady, pozostałe posiłki we własnym zakresie. Tematyka OZMA III: Całkowite zaćmienie Słońca, Kosmiczni przybysze — meteoryty, Jan Heweliusz — astronom. W tym roku przyznajemy nagrody (Grand Oz) za najlepszą prywatną kolekcję meteorytów, za najlepsze zdjęcie zaćmienia Słońca oraz za najwartościowsze obserwacje nieba — premiować będziemy systematyczność, wartość naukową, wysiłek. W programie liczne wykłady i prezentacje uczestników oraz zaproszonych gości.

Szczegółowe informacje można znaleźć w Internecie na stronie **www.kki.net.pl./~kuhevel** oraz we wszystkich oddziałach Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

Zgłoszenia listowne proszę kierować na adres: **Gminny Ośrodek Kultury, Józef Baran, ul. B. Dzikowskiego, 23-250 Urzędów, e-mail kuhevel@kki.net.pl**

XXII WAKACJE W PLANETARIUM

Miejsce: Planetarium Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku.

Termin: Dowolny, ale po wcześniejszym uzgodnieniu z kierownikiem planetarium.

Wymagania: Poświęcenie średnio 1 godziny dziennie na pomoc dla planetarium.

Korzyści: Bezpłatny dostęp do obiektów Muzeum Mikołaja Kopernika, w szczególności do planetarium i obserwatorium; możliwość rozbicia namiotu na terenie obserwatorium, szansa na spotkanie ciekawych ludzi.

„Wakacje" to oferta dla indywidualistów, którzy nie lubią zorganizowanego życia obozowego. Ceną samodzielności jest jednak konieczność zadbania samemu o spanie, jedzenie i ciekawy program zajęć. Wakacje to dla pracowników planetarium okres ciężkiej pracy. Tylko wtedy mogą oni poświęcić czas uczestnikom, gdy uczestnicy pomogą w podstawowej pracy planetarium.

Zgłoszenia udziału i pytania prosimy kierować pod adres:

Andrzej S. Pilski, skr. poczt. 6, 14-530 Frombork

Lipiec

Słońce

W lipcu deklinacja Słońca z dnia na dzień maleje, w związku z czym dnie są coraz krótsze. Dnia 6 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^h54^m, zachodzi o 18^h29^m. W lipcu Słońce wstępuje w znak Lwa.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h UT)

Data 1999	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
VII 1	–2.91	2.83	276.86
3	–2.00	3.05	250.39
5	–1.09	3.26	223.92
7	–0.18	3.48	197.45
9	0.72	3.69	170.98
11	1.62	3.89	144.51
13	2.52	4.09	118.04
15	3.41	4.29	91.58
17	4.30	4.48	65.11
19	5.18	4.67	38.65
21	6.04	4.85	12.19
23	6.90	5.03	345.73
25	7.75	5.20	319.27
27	8.59	5.36	292.81
29	9.41	5.52	266.35
VII 31	10.23	5.68	239.90
VIII 2	11.03	5.83	213.45

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$21^d22^h07^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra $6^d11^h57^m$, nów $13^d02^h24^m$, pierwsza kwadra $20^d09^h00^m$ i pełnia $28^d11^h25^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się 11 lipca o 6^h07^m, a w perygeum 23 lipca o 5^h43^m.

W dniu 28 lipca wystąpi częściowe zaćmienie Księżyca, niewidoczne w Polsce.

Planety i planetoidy

Merkury znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i ginie w jego blasku.

W pierwszej połowie miesiąca wieczorem możemy próbować znaleźć Wenus coraz niżej nad zachodnim horyzontem. Na początku miesiąca planeta pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca) wznosi się na wysokości około 9° nad horyzontem jako obiekt -4.5^m. Przez teleskop możemy obserwować tarczę planety o średnicy 30" przy fazie 0.4. Wysokość Wenus nad horyzontem w związku ze zbliżającą się koniunkcją ze Słońcem szybko maleje, jednocześnie rośnie jej średnica kątowa przy malejącej fazie.

Mars widoczny jest wieczorem nisko (ok.10° w godzinę po zachodzie Słońca) nad zachodnim horyzontem jako „gwiazda" -0.5^m. W związku z oddalaniem się od opozycji warunki obserwacji planety pogarszają się.

Nad ranem wysoko nad wschodnim horyzontem obserwować możemy Jowisza jako „gwiazdę" -2.4^m.

Także nad ranem coraz wyżej nad wschodni horyzont wznosi się Saturn o jasności 0.3^m. O ile z początkiem lipca jego wysokość nad horyzontem wynosi zaledwie 5°, to pod koniec miesiąca wzrasta już do ponad 30° (około 1.5 godziny przed wschodem Słońca)!

Uran i Neptun znajdują się w pobliżu opozycji i są widoczne całą noc obok siebie w gwiazdozbiorze Koziorożca (rys. 6, 7).

W pierwszej połowie nocy można obserwować Plutona w gwiazdozbiorze Wężownika, jednak niezbędne jest posiadanie teleskopu o średnicy obiektywu (zwierciadła) równej przynajmniej 15 cm.

W lipcu w pobliżu opozycji nie są widoczne żadne jasne planetoidy.

Meteory

Od 15 lipca do 15 sierpnia promieniują meteory z roju delta Akwarydów (maksimum aktywności przypada 27 i 28 lipca). Podwójny radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Wodnika i ma współrzędne: $\alpha = 22^h36^m$, $\delta = 0°$ i $-17°$. Warunki obserwacyjne w tym roku nie są dobre w związku z Księżycem w pobliżu pełni.

***

1^d03^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 1°.
2^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
2^d03^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 0.4°.
$5^d00^h57^m$ Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$5^d23^h31^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$6^d00^h15^m$ Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
$6^d00^h22^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$6^d01^h41^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$6^d22^h50^m$ W swoim ruchu po orbicie wokółsłonecznej Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, w aphelium, w odl. 1.016718 j.a.
7^d15^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 4°.
$8^d00^h19^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
8^d15^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 3°.
$10^d00^h44^m$ Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.
10^d08^h Zakrycie gwiazdy α Tau (Aldebaran) przez Księżyc, widoczne w centralnej, północnej i wschodniej Polsce (Gdańsk 8^d49^h, Lublin 9^h07^m, Olsztyn 8^h54^m, Warszawa 9^h00^m). Przez Poznań, Kraków, okolice Kalisza i Częstochowy przebiega pas zakrycia brzegowego.
10^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
12^d03^h Merkury nieruchomy w rektascensji.
$13^d00^h04^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$13^d01^h26^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$13^d02^h15^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$14^d00^h55^m$ Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.
14^d09^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 3°.

$15^d00^h15^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$15^d00^h33^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
15^d23^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 3°.
$16^d23^h03^m$ Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.
$17^d01^h34^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.
18^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$20^d01^h58^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
20^d22^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 7°.
$20^d23^h15^m$ Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$21^d02^h50^m$ Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$21^d22^h37^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$21^d23^h59^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$22^d00^h19^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$22^d02^h51^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$23^d06^h44^m$ Słońce wstępuje w znak Lwa, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 120°.
$23^d23^h55^m$ Księżyc II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.
26^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
26^d10^h Neptun w opozycji ze Słońcem.
26^d16^h Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.
27^d20^h Wenus nieruchoma w rektascensji.
$27^d23^h07^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
$28^d01^h04^m$ Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
$28^d01^h09^m$ Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
28^d11^h Częściowe zaćmienie Księżyca (faza maksymalna równa 0.40) widoczne we wschodniej Azji, Australii, Ameryce Płn. i Płd.
$28^d22^h20^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$28^d23^h44^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$29^d00^h30^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$29^d01^h53^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$29^d02^h56^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
29^d07^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 1°.
$29^d23^h12^m$ Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$30^d23^h46^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
$31^d00^h05^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
$31^d02^h29^m$ Księżyc II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.

Sierpień

Słońce

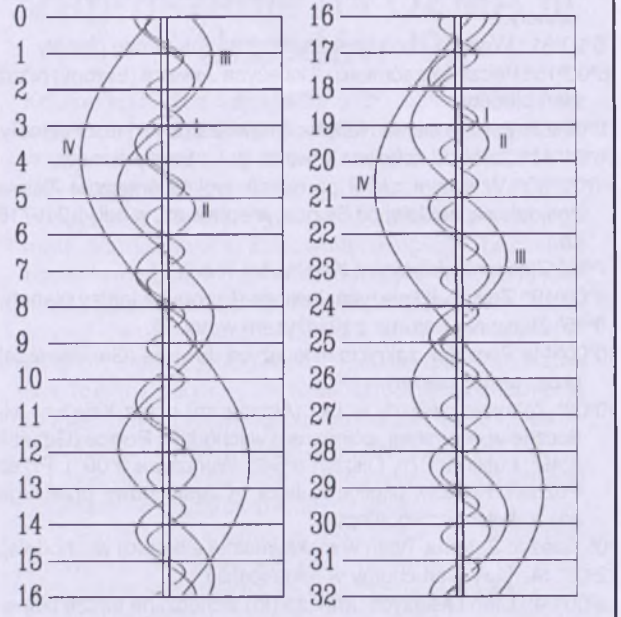
W sierpniu deklinacja Słońca nadal maleje, w związku z czym dni są coraz krótsze.

W Warszawie 1 sierpnia Słońce wschodzi o 2^h56^m, zachodzi o 18^h28^m, a 31 sierpnia wschodzi o 3^h45^m, zachodzi o 17^h27^m. W sierpniu Słońce wstępuje w znak Panny.

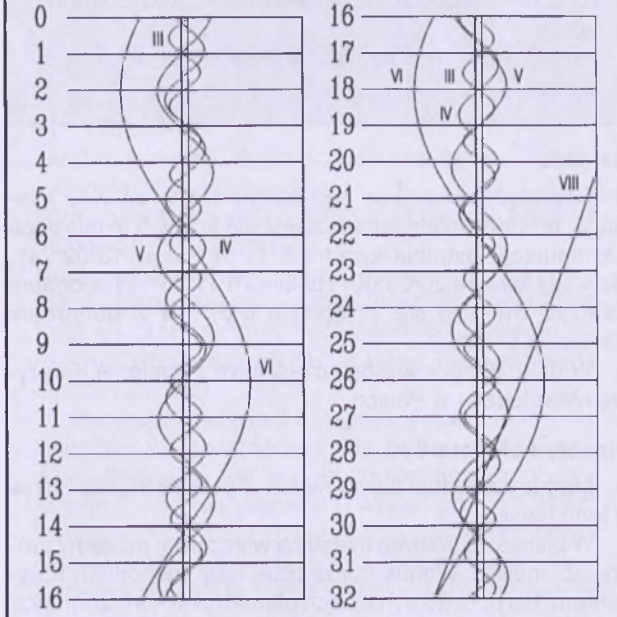
Dnia 11 sierpnia wystąpi całkowite zaćmienie Słońca, widoczne w Polsce jako częściowe o dużej fazie.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w połowie sierpnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra $4^d17^h27^m$, nów $11^d11^h09^m$, pierwsza kwadra $19^d01^h47^m$ oraz pełnia $26^d23^h48^m$,. W pe-



Rys. 1. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lipcu 1999 (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. 2. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w lipcu 1999 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

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

Data 1999	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
VIII 1	10.63	5.75	226.67
3	11.42	5.90	200.22
5	12.20	6.03	173.77
7	12.96	6.17	147.32
9	13.70	6.29	120.88
11	14.43	6.41	94.44
13	15.14	6.52	68.00
15	15.84	6.62	41.56
17	16.51	6.72	15.12
19	17.17	6.80	348.69
21	17.81	6.88	322.26
23	18.43	6.96	295.83
25	19.02	7.02	269.40
27	19.60	7.08	242.97
29	20.16	7.13	216.55
VIII 31	20.69	7.17	190.13
IX 2	21.20	7.20	163.71

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$18^d03^h28^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

rygeum Księżyc znajdzie się $7^d23^h34^m$, a w apogeum $19^d23^h28^m$.

Planety i planetoidy

W okresie od 5 sierpnia do końca miesiąca około godzinę przed wschodem Słońca możemy próbować znaleźć Merkurego nisko nad wschodnim horyzontem, jako „gwiazdę" zerowej wielkości. Maksymalną wysokość nad horyzontem równą 7° planeta osiąga w dniu 18 sierpnia. Przez teleskop widoczna jest tarcza planety o średnicy 7" w fazie zbliżonej do 0.50 („kwadry").

Wenus znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczna.

Wieczorem nisko nad zachodnim horyzontem nadal możemy znaleźć Marsa jako obiekt 0^m, jednak pod koniec zmierzchu żeglarskiego (ok. 1.5 godziny po zachodzie Słońca) jego wysokość nad horyzontem wynosi jedynie 6°. W sierpniu faza tarcza planety (o średnicy 8") osiąga minimalną wartość 0.86.

W drugiej połowie nocy wysoko nad horyzontem obserwujemy Jowisza w gwiazdozbiorze Barana, jako „gwiazdę" -2.7^m. Przez teleskop możemy zobaczyć tarczę planety o średnicy 44".

Zaledwie kilka stopni kątowych od Jowisza znajdziemy Saturna jako obiekt 0.2^m. W sierpniu rozwartość pierścieni dla obserwatora z Ziemi osiąga maksymalną w 1999 roku wartość.

W sierpniu panują bardzo dobre warunki obserwacji Urana i Neptuna w związku z ich przebywaniem w pobliżu opozycji (rys. 6, 7).

Wieczorem można obserwować Plutona, jednakże jego jasność wynosi jedynie 13.7^m i do jego zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

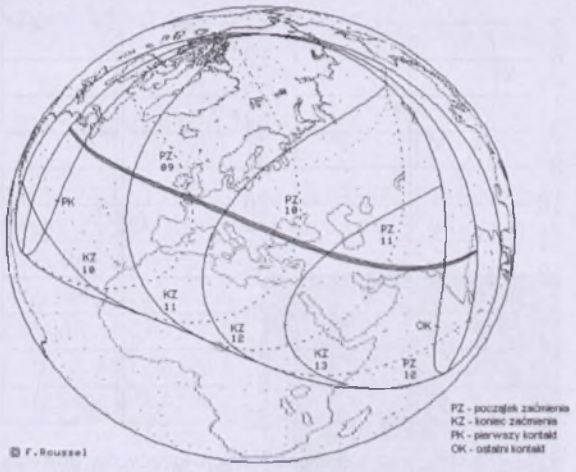
W sierpniu w pobliżu opozycji nadal nie są widoczne żadne jasne planetoidy.

Meteory

Od 25 lipca do 18 sierpnia promieniują słynne Perseidy, rój związany z kometą Swift-Tuttle, o najbardziej regularnej corocznej aktywności. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Perseusza i ma współrzędne: rekt. 3^h4^m, dekl. +58°. Maksimum aktywności roju przypada około 13 sierpnia, w tym roku warunki obserwacji są bardzo dobre — Księżyc zaledwie dwa dni po nowiu.

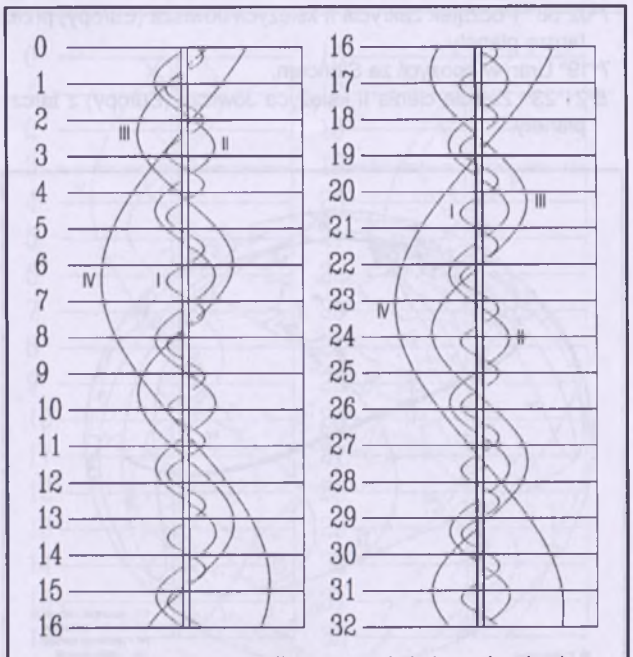
***

3^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$3^d23^h37^m$ Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
4^d02^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 4°.
$4^d03^h03^m$ Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$4^d03^h06^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
5^d00^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 3°.
$5^d00^h14^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$5^d01^h37^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$5^d02^h24^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
5^d16^h Merkury nieruchomy w rektascensji.
$5^d21^h32^m$ Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$6^d01^h06^m$ Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$6^d22^h13^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$6^d23^h51^m$ Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
$7^d02^h20^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
$7^d02^h38^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
7^d19^h Uran w opozycji ze Słońcem.
$8^d21^h23^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

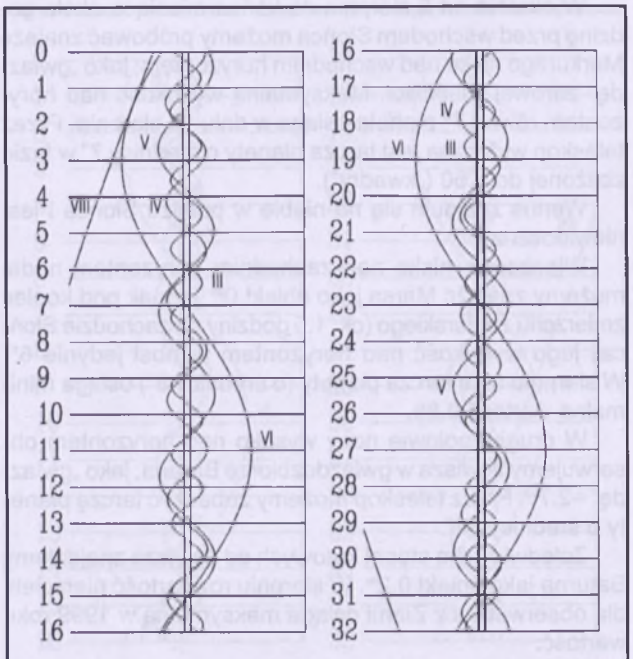


Rys. 3. Przebieg pasa całkowitego zaćmienia Słońca na Ziemi 11 sierpnia 1999 [wg.F.Roussel]. Przy kolejnych fazach zaćmienia podano momenty UT ich wystąpienia.

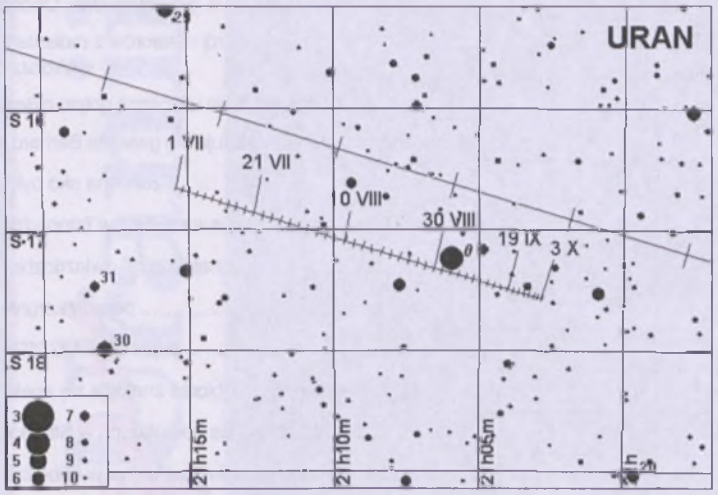
$8^d21^h42^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$9^d00^h07^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
10^d03^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 3°.
11^d Całkowite zaćmienie Słońca widoczne na Oceanie Atlantyckim, w Europie i Azji Południowo–Wschodniej. Zaćmienie rozpocznie się o 9^h31^m, zakończy się o 12^h37^m. Pas fazy całkowitej przechodzi m.in. przez Kornwalię, Stuttgart, jezioro Balaton, Bukareszt (rys. 3). Centralna faza zaćmienia w średnie południe nastąpi o 11^h00^m w punkcie o współrzędnych φ=45°42'S, λ=22°26'E. Zaćmienie widoczne jako częściowe o dużej fazie na całym obszarze Polski . Oto momenty wystąpienia fazy maksymalnej i jej wielkość dla wybranych miast w Polsce: Gdańsk: 10^h47^m, 0.823; Kraków: 10^h51^m, 0.920; Lublin: 10^h55^m, 0.873; Łódź: 10^h50^m, 0.879; Olsztyn: 10^h50^m, 0.823; Poznań: 10^h45^m, 0.879; Szczecin: 10^h41^m, 0.865; Warszawa: 10^h52^m, 0.860; Wrocław: 10^h46^m, 0.911.
11^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$11^d01^h18^m$ Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.
$12^d02^h07^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
12^d05^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 9°.
$12^d23^h27^m$ Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$13^d02^h58^m$ Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$13^d21^h57^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$13^d22^h46^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$14^d00^h05^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$14^d02^h26^m$ Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
14^d14^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej ze Słońcem w odległości 18°49'.
$14^d21^h25^m$ Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$14^d22^h39^m$ Księżyc III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$15^d21^h30^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$16^d00^h00^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$16^d00^h14^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$16^d02^h38^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$17^d20^h47^m$ Księżyc II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.
18^d12^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 7°.
19^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$20^d01^h21^m$ Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
20^d12^h Wenus w koniunkcji dolnej ze Słońcem.
$20^d22^h30^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$20^d23^h47^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$21^d00^h40^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$21^d01^h56^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
21^d04^h Pluton nieruchomy w rektascensji.
$21^d21^h28^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.
$21^d23^h16^m$ Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$22^d00^h39^m$ Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.
$22^d02^h23^m$ Księżyc III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$22^d20^h23^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$23^d00^h07^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$23^d02^h36^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$23^d02^h44^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$23^d13^h50^m$ Słońce wstępuje w znak Panny, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 150°.
24^d14^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 1°.
$24^d20^h47^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
$24^d20^h51^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.



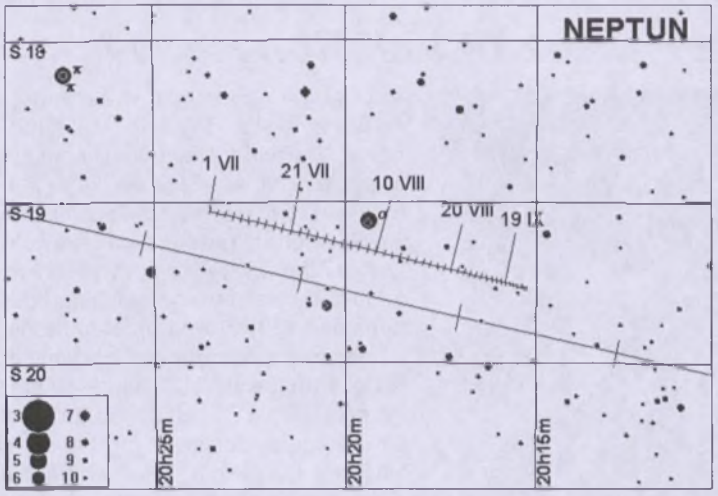
Rys. 4. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w sierpniu 1999 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.



Rys. 5. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w sierpniu 1999 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.



Rys. 6. Trasa planety Uran na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu, sierpniu i wrześniu 1999 (zaznaczone gwiazdy do 10.5^m).



Rys. 7. Trasa planety Neptun na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu, sierpniu i wrześniu 1999 (zaznaczone gwiazdy do 10.5^m).

$24^d23^h14^m$ Księżyc II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.
25^d12^h Jowisz nieruchomy w rektascensji.
25^d13^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 1°.
27^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$27^d03^h15^m$ Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$28^d00^h23^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$28^d01^h36^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$28^d02^h33^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$28^d21^h44^m$ Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$28^d23^h17^m$ Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.
$29^d01^h06^m$ Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$29^d01^h27^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.
$29^d20^h04^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$29^d21^h02^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$29^d22^h12^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$30^d02^h44^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
30^d16^h Saturn nieruchomy w rektascensji.
31^d14^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 4°.
$31^d20^h55^m$ Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

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

Aby otrzymać datę w obowiązującym w iipcu i sierpniu w Polsce „czasie letnim", należy dodać 2 godziny.

Momenty złączeń podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. Podane są ***wszystkie*** *złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.*

Opracował T. Ściężor

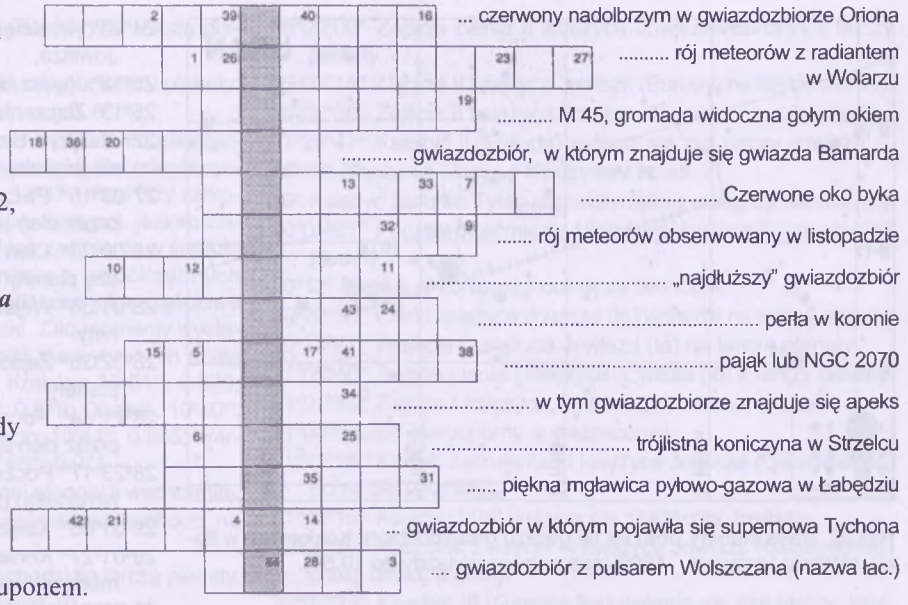
Ciekawe adresy internetowe...

Bradford Robotic Telescope http://www.telescope.org/rti/use.html

Zlokalizowany w zachodniej części hrabstwa Yorkshire w Anglii automatyczny teleskop o średnicy 46 cm dostępny jest zdalnie za pośrednictwem Internetu. Po rejestracji można wybrać obiekt na północnym niebie. Teleskop ustala automatycznie priorytety i kolejkę obserwacji. Sam „decyduje", czy pogoda pozwala na obserwacje i zapisuje obrazy. Po wykonaniu obserwacji osoba zainteresowana zostaje o tym poinformowana za pośrednictwem poczty elektronicznej. Obrazy można otrzymać w formacie GIF (obrazy skompresowane zawierające 64 odcienie szarości) lub FITS (Flexible Image Transport System). Obrazy zapisane w formacie FITS nie są skompresowane, każdy element obrazu zawiera 16 bitów informacji (odpowiada to 65 536 odcieniom szarości). Kamera CCD wbudowana w teleskop zawiera 352×500 elementów. Osoby zainteresowane mogą znaleźć na miejscu oprogramowanie potrzebne do oglądania plików FITS.

KRZYŻÓWKA

Czy znasz niebo?



Rozwiązaniem krzyżówki jest sentencja, której treść tworzą litery z pól ponumerowanych od 1 do 44 oraz podanie jej autora (litery w wyróżnionej kolumnie).

Litery, których zabrakło w diagramie, to odpowiednio: 8, 22, 37 – z; 29 – ó; 30 – ż.

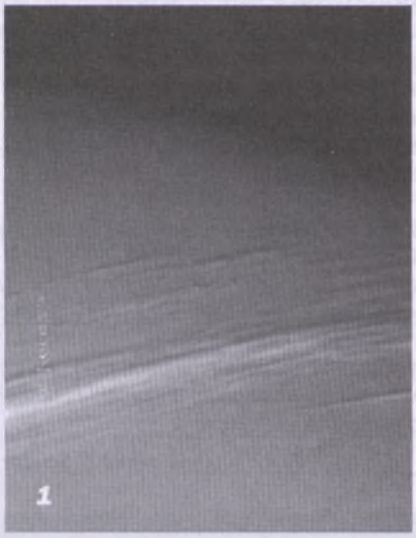
Hasło krzyżówki z numeru 1/99 brzmi: ***Urania to grecka muza astronomii***. Nagrodę książkową wylosowali: ***Maciej Grzelak*** z Jaraczewa i ***Wojciech Skałuba*** z Niemodlina. Gratulujemy, nagrody prześlemy pocztą.

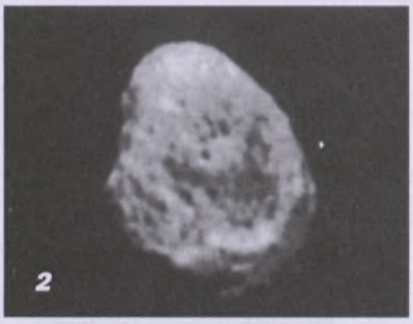
Rozwiązania obecnej krzyżówki prosimy nadsyłać do końca maja br.

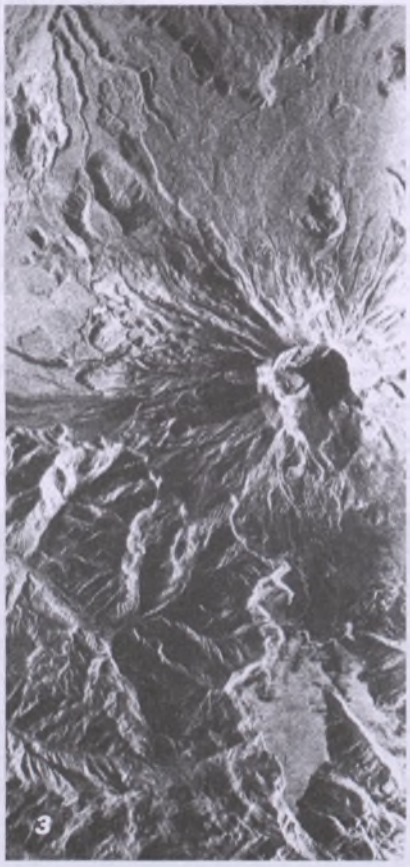
W losowaniu nagród biorą udział tylko kartki z naklejonym kuponem.

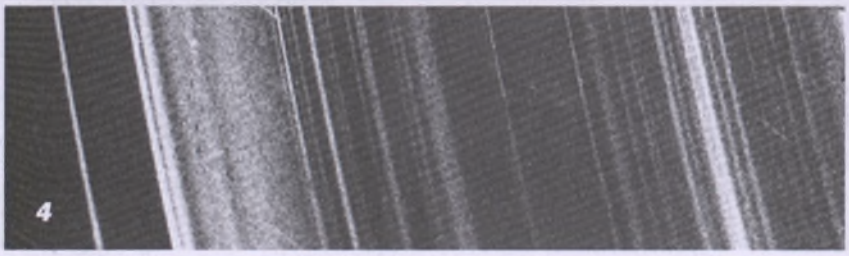
KONKURS

Czy znasz Układ Słoneczny?









Prawidłowe odpowiedzi w piątej części Konkursu to: 1) Wenus (krater Klenova); 2) Tryton. Nie zmieniła się sytuacja w czołówce SUS-ów, którą stanowią nadal: **Tadeusz Karamucki**, **Ariel Majcher, Tadeusz Maliszewski** i **Artur Pilarczyk**. Wszyscy wymienieni zdobyli do tej pory maksymalną ilość punktów: **138**. Pewne przetasowanie nastąpiło na następnych pozycjach: Karol Pankowski (123 pkt.); Wiktor Patryk (118 pkt.); Lech Barski, Andrzej Chyłek i Jerzy Łągiewka (po 116 pkt.). Nagrodę książkową wylosował Rafał Kleta. Gratulujemy, nagrodę wyślemy pocztą.

W VII części konkursu zdobyć można 36 punktów (po 12 za każdą prawidłową odpowiedź). Wystarczy podać tylko nazwy ciał niebieskich, które we fragmencie przedstawione są na prezentowanych niżej zdjęciach.

Drobnymi nagrodami honorujemy wylosowane osoby, które udzieliły prawidłowych odpowiedzi w danej edycji konkursu, natomiast na zdobywcę maksymalnej ilości punktów, po zakończeniu konkursu, czeka nagroda specjalna.

Odpowiedzi prosimy przesyłać na adres redakcji do końca kwietnia 1999 r. Na kartkach prosimy nakleić kupon konkursowy (tylko kartki z kuponem biorą udział w losowaniu nagród). Uwaga: aktualną listę uczestników i zdobytych przez nich do tej pory punktów można znaleźć na naszych stronach internetowych pod adresem: urania.camk.edu.pl/konkurs.

Okienko Uranii

Ariel Majcher, którego zdjęcia już nieraz gościły na naszych łamach, nadesłał ostatnio serię zdjęć z koniunkcjami, z których wybraliśmy dwa. Wyżej, Księżyc i Wenus na wieczornym niebie 20.08.98 (obiektyw 2/58 ×2, Fuji 400 Superia, t_{exp} = 5 s), niżej koniunkcja Księżyca, Wenus i Jowisza z 18 lutego br. (ob. 4/200, Fuji 100 Superia, t_{exp} = 1 s).

Prezentowane wyżej zdjęcie Księżyca to jedno z kilku, jakie nadesłał do redakcji Ryszard Kopciuszyński z Ropczyc (4.04.98, szukacz komet, t_{exp} = 1/500 s, FujiColor 100 ASA).

Efektowne halo słoneczne to praca Marcina Konopki z Rogóźna (12.12.98, ob. 2.8/16, Fuji 800, brak czasu eksp.).

Radioteleskop toruński (RT-4) o średnicy lustra głównego 32 metry. Stojący na dole po prawej stronie człowiek dobrze wyznacza skalę obrazu. Widoczna jest struktura konstrukcji podtrzymującej powierzchnię lustra, lustro wtórne i napędy pozwalające na precyzyjny obrót całego urządzenia na kołowym torowisku w azymucie. Budowę, wyposażenie i eksploatację tego radioteleskopu opisuje na naszych łamach jeden z jego twórców (str. 115).