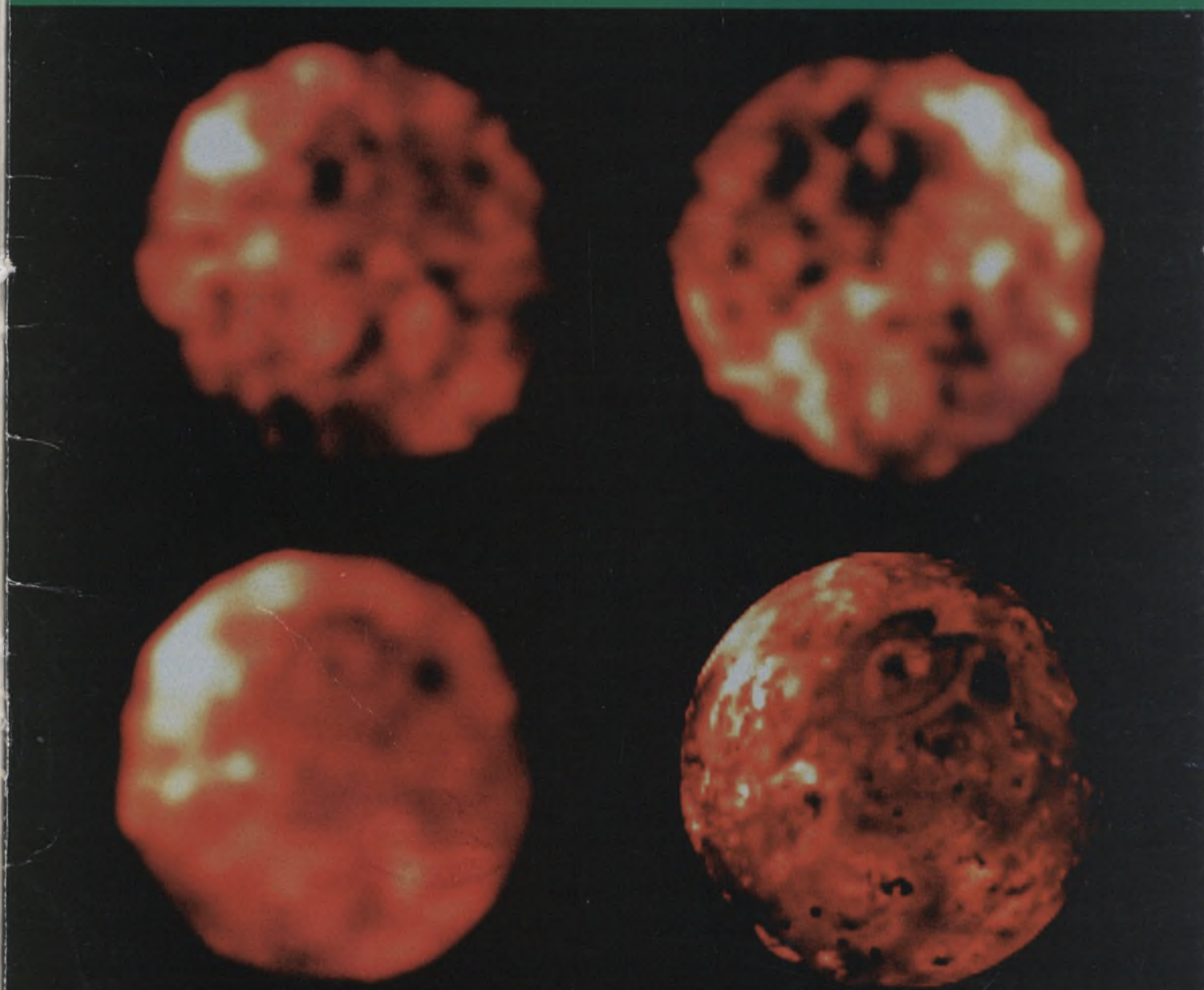
postępy astronomii

1/93

styczeń-marzec
tom 41

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE



Io
- wulkan totalny

Concertino
na gwiazdy pulsujące

POSTĘPY ASTRONOMII
(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym oragnem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. POSTĘPY ASTRONOMII ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

Kolegium Redakcyjne:
Bożena Czerny (CAMK Warszawa)
Joanna Mikołajewska (CAMK W – wa)

Redaktor naczelny:
Maciej Mikołajewski (IA UMK Toruń)

Współpraca plastyczna: Jacek Drążkowski
Korekta: Alojzy Burnicki

Redakcja w Toruniu:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń
telefon 11655 lub 783390
albo 26018 w. 53
telex 0552234 astr pl

Poczta elektroniczna (E-mail adress):
MAMIKO@PLTUMK11.bitnet

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18; 00-716 Warszawa
tel. 410041 w. 48 (B. Cz.), w. 24 lub 26 (J. M.)

Skład komputerowy: Sławomir Kruczkowski, MIZAR

Projekt winiety: Tadeusz Jodłowski

Druk: Zakład Poligraficzny pp. Neuman Grudziądz, ul. Filomatów 1a

Opracowanie techniczne:
Firma MIZAR Grudziądz,
ul. Królewska 3

Dystrybucja: Sławomir Kruczkowski
86-300 Grudziądz, ul. Królewska 3b/22
tel. 26650

❍ Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca ❍ Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji ❍ Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa ❍

© POSTĘPY ASTRONOMII 1993

UWAGA

WŁAŚCICIELE
I KIEROWNICY KSIĘGARŃ,
KOLPORTERZY

Poszukujemy chętnych do sprzedaży, dystrybucji i kolportażu kwartalnika

postępy astronomii

prosimy o kontakt z dystrybutorem *„Postępów Astronomii" pod adresem:*

Sławomir Kruczkowski, 86-300 Grudziądz
ul. Królewska 3/22, tel. 26650

albo redakcją w Toruniu (tel. 116-55 lub 487144)
lub w Warszawie (tel. 410041 w. 48)

OGŁOSZENIA I REKLAMY

Zapraszamy do ogłaszania się w POSTĘPACH ASTRONOMII, w szczególności:

❑ firmy komputerowe ❑ firmy produkujące profesjonalny sprzęt naukowy ❑ firmy produkujące sprzęt dla miłośników astronomii ❑ wydawnictwa o tematyce astronomicznej

CENNIK:
★ Jedna strona czarno-biała wewnątrz numeru – 1.5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na wewnętrznej stronie okładki i wkładce – 5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na czwartej stronie okładki – 8 mln zł ★ 1 cm^2 – 8 tys. zł ★ Opracowanie graficzne czarno-białe – 150-200 tys. za stronę ★ Stosujemy znaczne ulgi przy powtórzeniach i w przypadku akcji reklamowych popieranych przez Redakcję ★ Redakcja nie odpowiada za treść płatnych□ogłoszeń

ZDJĘCIE NA OKŁADCE PRZEDSTAWIA...

... obrazy księżyca Io uzyskane z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a w świetle widzialnym (górny, lewy) i ultrafioletowym (górny, prawy). Dla porównania umieszczono – rozmyty do zdolności rozdzielczej Teleskopu Kosmicznego (dolny, lewy) – obraz uzyskany 13 lat temu podczas misji Voyagerów oraz oryginalny (dolny, prawy), uzyskany w świetle widzialnym, obraz z Voyagerów. Szczegółowa analiza zdjęć pokazuje, że pomimo nadzwyczajnej aktywności wulkanicznej Io, główne struktury na powierzchni nie uległy zmianie. Interesujące szczegóły ostatnich badań Io znajdzie Czytelnik wewnątrz zeszytu. (Dzięki uprzejmości Francesco Paresce z ESA/STSci i Paola Sartoretti z Uniwersytetu w Padwie oraz NASA – obraz z Voyagera).

E. 800/93

Tym razem wydajemy zeszyt w ciemno: pozostajemy przy starym nakładzie i cenie. Całe zamieszanie oczywiście jest naszą winą: liczyliśmy, że poprzedni, podwójny zeszyt uda nam się wydać w połowie lutego, co i tak uznaliśmy za granicę (nie)przyzwoitości. Jak było – Czytelnicy sami wiedzą. Tym razem do naszej opieszałości dołączyli się jeszcze drukarze... Zresztą, w poprzednim zeszycie jest też więcej błędów: drukarskich (brak „cieniowania" w wielu miejscach), składu („wypadło" zdjęcie Jowisza i podpis do 4 strony okładki), korekty, etc. Teraz mamy za swoje – nie mamy zielonego pojęcia ilu Czytelników się na nas obrazi i ilu stracimy prenumeratorów. Cóż możemy zrobić? PRZEPRASZAMY! Liczymy jednak wciąż na Was, że zaprenumerujecie i uratujecie nasze i swoje pismo. Tak więc, w sposób bezczelny prosimy o uzbrojenie się w cierpliwość, ... nożyczki i długopis i rozpoczęcie lektury od stron... 17-18! My zaś postaramy się dogonić utracony czas. Oby tylko drukarze dopisali.

A co w numerze? Przede wszystkim super nowa (czyli z ostatniej chwili) wiadomość na 3 stronie okładki. Żeby się dowiedzieć co wydarzyło się w galaktyce M81, trzeba było czekać kilka milionów lat – tak to jest daleko! Czym jest wobec tego – że nie wspomnimy wieczności – opóźnienie Postępów? Zwłaszcza, że naszym materiałom krążącym między Warszawą, Toruniem i Grudziądzem zdecydowanie trudno osiągnąć prędkość światła.

Po przeciwnej stronie zeszytu – zaraz po spisie treści – znajdą Czytelnicy równie super, ale staroć: z pietyzmem przedrukowujemy wykład Władysława Dziewulskiego inaugurujący działalność Uniwersytetu Wileńskiego w 1919 roku. Kontynuujemy więc nasz eksperyment (po dziejach Obserwatorium Krakowskiego) z historią i legendą w nagłówku. Zwłaszcza, że Obserwatorium Wileńskie jest o 40 lat starsze.

Oczywiście głównym tematem Postępów musi być jednak współczesność, a nade wszystko nowoczesna astrofizyka. Tym razem zapraszamy na... koncert. Czasopismo to nie dysk kompaktowy firmy Philips, więc publikujemy partyturę (strona 25). Kompozytor sam wykonuje utwór na trąbce i gwiazdach. Jak prawie zawsze, trochę kosmologii (strona 29). Dosyć trudny artykuł o galaktycznym dynamie (strona 39), mamy nadzieję zaspokoi potrzeby bardziej ambitnych Czytelników. Pozostałych, liczymy że nie zniechęci do tego tematu, zwłaszcza, że mamy w zanadrzu jeszcze jeden, wspaniale ilustrowany tekst, do jednego z następnych zeszytów.

Do tematów naprawdę interesujących trzeba bowiem powracać. Dziś wracamy do Toutatis (strona 22). Autor poprzedniego tekstu na ten temat, na szczęście w tej chwili prowadzi obserwacje w Chile i nie widzi jaką czcionką wydrukowaliśmy jego donos w poprzednim numerze. „Times-szóstka" – tego już naprawdę prawie nie daje się czytać! Ponieważ nie mamy możliwości dołączenia do zeszytu lupy (co nam sugerowano), resztę donosów musieliśmy przenieść do następnego zeszytu, a fascynujący tekst tegoż autora o Io (strona 19) drukujemy już w przyzwoitych rozmiarach liter.

Na koniec rewelacja: co i jak robi FRANCUZ z FRANCUSKĄ?! Książką, niestety! Czytelników, którzy też by woleli Francuzkę, zapraszamy na Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego (strona 48). Pomarzymy wspólnie.

REDAKCJA

017977
BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA W TORUNIU

postępy astronomii

- *To nie zwyczajne pismo popularnonaukowe – to pismo „o nauce" dla każdego*
- *Pismo dla ludzi z wyobraźnią, fantazją i otwartym umysłem: dla profesora uniwersytetu i ośmioklasisty, dla humanisty i astronoma*
- *Rzetelna informacja, spektakularne odkrycia, esej, felieton i humor*
- *Pismo nie zastępuje podręcznika, ale daje wgląd w najnowsze wyniki badań*
- *Astronomia polska i polscy astronomowie na świecie*
- *Teksty najlepszych autorów polskich i zagranicznych*

Zeszyt 2/1991

Kosmiczny Teleskop Hubble'a ♦ Pulsary w gromadach kulistych ♦ Monoceros X-1: układ podwójny z czarną dziurą ♦ Gwiazdy Wolfa - Rayeta i gwiazdy symbiotyczne ♦ Planetarium w Olsztynie

cena: 15.000,- zł

Zeszyt 3/1991

Najodleglejsze kwazary ♦ Pulsar 1913+16 – niezwykłe laboratorium grawitacyjne ♦ Komety muskające Słońce ♦ K_α – niezwykła linia żelaza ♦ Obserwatorium w Alejach Ujazdowskich ♦ Konferencjologia stosowana

cena: 15.000,- zł

Zeszyt 4/1991

Polski teleskop w Chile ♦ Niezwykły nadolbrzym ρ Cassiopeiae ♦ Maksimum aktywności Słońca ♦ Dysk protoplanetarny wokół β Pictoris ♦ Teleskopy promieniowania grawitacyjnego ♦ Planetarium w Grudziądzu ♦ O Einsteinie i Hawkingu

cena: 15.000,- zł

Zeszyt 1/1992

Aleksander Wolszczan o swoich planetach ♦ Naleśniki Zeldowicza ♦ Katastrofa Tunguska ♦ Skąd się biorą mgławice planetarne ♦ Błękitni maruderzy w 47 Tuc ♦ Ewolucja obłoków międzygwiazdowych ♦ 10-metrowy Teleskop Kecka

cena: 20.000,- zł

Zeszyt 2/1992

COBE – odkrycie anizotropii promieniowania reliktowego ♦ GRO – teleskop promieni gamma ♦ „Wywiad rzeka" z Aleksandrem Wolszczanem ♦ Jak mierzyć czas ♦ Planetarium Śląskie ♦ Słoneczne neutrina marki Philipsa

cena: 20.000,- zł

Zeszyt 3-4/1992

Historia Obserwatorium Krakowskiego ♦ Zderzenia gwiazd neutronowych ♦ Księżyce Kordylewskiego ♦ Pole Jagiellońskie ♦ „Czarna Wdowa" – pulsar modliszka ♦ Zasady kosmologiczne ♦ „Duże Bum" – nowa nazwa starego modelu ♦ Obserwatorium na Suhorze

cena: 30.000,- zł

W NUMERZE:

4 *Legendy Astronomii*

Historja astronomji na Uniwersytecie Wileńskim

Władysław Dziewulski

19

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A obserwuje

Io: globalny wulkan

donosy ***krótkie nowinki z różnych dziedzin astronomii:***

Początek nowej ery w badaniach planetoid (22), Jak przygotowywano się do spotkania Galileo z Gasprą (23)

25 **Muzyka sfer:** *Concertino* **na pulsujące gwiazdy**

Dimitar D. Sasselov

W ostatnich dwóch dekadach, tak teoria pulsacji gwiazd, jak i fizyka instrumentów muzycznych dojrzały, dostarczając spójnej i pełnej teorii liniowej, zdolnej wyjaśniać podstawowe zjawiska. Wydaje się jednak, że podstawowa natura zarówno muzyki jak i stabilności gwiazd tkwi w nieliniowej dziedzinie oddziaływań i sprzężeń, które okazjonalnie i powierzchownie przypominają prostotę i klarowność świata liniowego.

29 *Fizyka* w niejednorodnym Wszechświecie

Andrzej Krasiński

Teoria grawitacji Einsteina, z której wyprowadza się wszystkie teoretyczne rozważania kosmologii, dopuszcza modele Wszechświata znacznie ogólniejsze od klasycznych modeli. Te klasyczne, zwane od nazwisk ich badaczy modelami Friedmanna - Lemaitre'a opisują ewoluujący Wszechświat jako jednorodny i izotropowy, czyli dokładnie taki sam w każdym miejscu i w każdym kierunku. Zaletą tych modeli jest ich prostota, a wadą - że Wszechświat wcale taki nie jest...

39 **Magnetohydrodynamiczne dynamo w galaktykach spiralnych**

Katarzyna Otmianowska – Mazur

Pole magnetyczne odgrywa bardzo istotną rolę w procesach fizycznych zachodzących w większości obiektów astronomicznych. W galaktykach spiralnych jest ono jedną z czterech podstawowych składowych środowiska międzygwiazdowego.

11 **SYLWETKI: Władysław Dziewulski**

17 ***Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII***

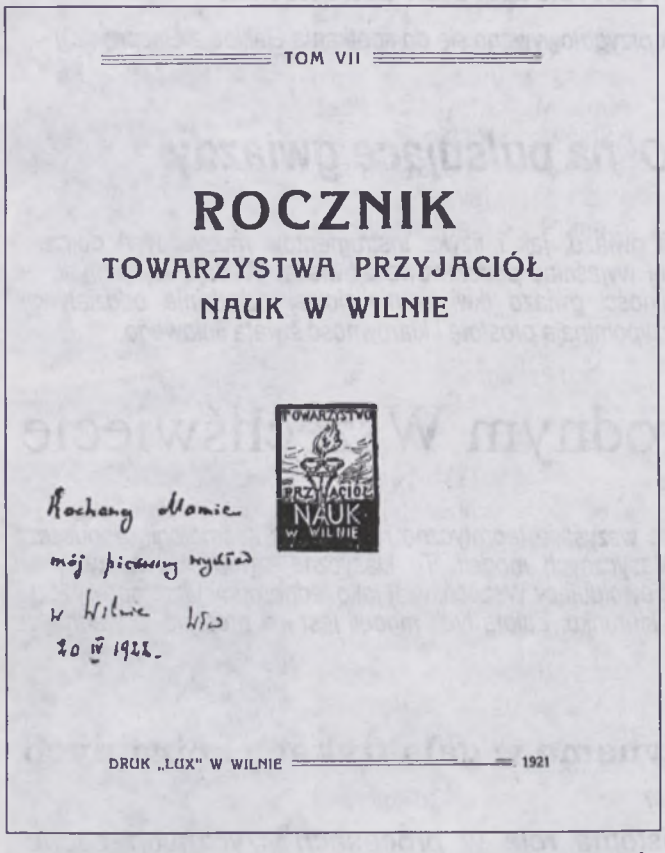
18 *Listy Czytelników*

46 **Esej, felieton:** *JAK TO ROBIĄ FRANCUZI?*

48 **Polskie Towarzystwo Astronomiczne**

Legendy Astronomii

Pierwszy wykład na Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie



TOM VII

ROCZNIK

TOWARZYSTWA PRZYJACIÓŁ NAUK W WILNIE

Kochany Mamie
mój pierwszy wykład
w Wilnie
20 IV 1922.

DRUK „LUX" W WILNIE 1921

(wykład wstępny, wygłoszony w Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie dnia 22 października 1919 r.)

Władysław Dziewulski
(rektor USB)

Historja astronomji w Uniwersytecie Wileńskim[*)]

Z prawdziwem wzruszeniem przystępuję do dzisiejszego, pierwszego wykładu na Uniwersytecie Wileńskim. I to nietylko dlatego, że, podobnie, jak wszyscy, jestem pod wrażeniem tej historycznej chwili, mianowicie wskrzeszenia po 87 latach naszej Wszechnicy, ale i dlatego, iż spotyka mnie ten wielki zaszczyt i niewypowiedziane szczęście, że obejmuję w tej Wszechnicy właśnie wykłady astronomji; wiadomo bowiem, że na katedrze tej wykładali najwybitniejsi profesorowie dawnego Uniwersytetu Wileńskiego. Gdybym chciał ograniczyć się do wskazania tylko nazwisk tych ludzi, którzy przedewszystkiem przyczynili się do rozwoju astronomii w Wilnie, to wystarczyłoby przytoczyć parę wierszy genialnego ucznia tej Wszechnicy. Mickiewicz kładzie następujące słowa w usta pana Podkomorzego:

„I ja astronomji słuchałem dwa lata
W Wilnie, gdzie Puzynina, mądra i bogata
Pani, oddała dochód z wioski dwiestu chłopów
Na zakupienie różnych szkieł i teleskopów.
Ksiądz Poczobut, człek sławny, był obserwatorem

*) w całym wykładzie nie robimy żadnych skrótów i zachowujemy oryginalną pisownię. Zdjęcia pochodzą z archiwum Wilhelminy Iwanowskiej (red.)

I całej Akademji naonczas Rektorem,
Przecież w końcu katedrę i teleskop rzucił,
Do klasztoru, do cichej celi swej powrócił,
I tam umarł przykładnie. Znam się też z Śniadeckim,
Który jest mądrym bardzo człekiem, chociaż świeckim".

Ksiądz Poczobut i Jan Śniadecki – to dwaj najwybitniejsi astronomowie w szeregu astronomów wileńskich; swą niezmordowaną pracą i wielkiemi zdolnościami wyrośli ponad poziom współczesnych, zdobywając sobie głośne imię wśród astronomów ówczesnych, a w historji Uniwersytetu Wileńskiego, zwłaszcza jako rektorowie tej wszechnicy, zapisali się trwałemi zgłoskami. Wspomniana przez Mickiewicza Puzynina łożyła wielkie ofiary na obserwatorjum wileńskie i uwieczniła swe imię w historji kultury naszej.

Aby złożyć hołd pamięci tych wielkich ludzi, pozwolę sobie dzisiejszy wykład poświęcić krótkiej historji dawnego obserwatorjum wileńskiego. Sprowadzeni w r. 1569 przez biskupa wileńskiego Walerjana Protasewicza Jezuici założyli w r. 1570 kolegjum, które Stefan Batory przekształcił w r. 1579 na akademję. W drugiej połowie XVIII wieku Akademja ta wydała trzech astronomów: Żebrowskiego, Nakcyanowicza i Poczobuta, z których ostatni dopiero zajął wybitne stanowisko w dziejach nauki.

Elżbieta z Ogińskich Puzynina – fundatorka Obserwatorium Wileńskiego – w ręku trzyma szkic obserwatorium.

Powstanie obserwatorjum astronomicznego zawdzięczamy księdzu Tomaszowi Żebrowskiemu, Jezuicie, który z zamiłowaniem oddany astronomji, wyjednał u kasztelanowej mścisławskiej Elżbiety z ks. Ogińskich Puzyninej w r. 1753 pewną sumę na budowę obserwatorjum w Wilnie i w tymże roku rozpoczął budowę w tem miejscu, w jakiem dzisiaj resztki tego obserwatorjum znajdujemy. Nie mając większych funduszów na zaopatrzenie obserwatorjum, ks. Żebrowski zwrócił się do miłośników astronomji i z darów prywatnych zaczął tworzyć gabinet; a więc Michał książę Radziwiłł, wojewoda wileński, ofiarował w r. 1753 teleskop zwierciadlany, biskup Józef Sapieha podarował podobny teleskop; książę Massalski, biskup wileński – teleskop dwustopowy roboty Passemanna (narzędzie to wyprosił już Poczobut); Ludwik hr. Plater – kasztelan trocki, – mały teleskop. Z dawnych, przez Jezuitów nabytych narzędzi, według świadectwa Śniadeckiego, weszły do nowego gabinetu: luneta południkowa, machina paralaktyczna i zegar Ellicota. Tak powstał zawiązek obserwatorjum wileńskiego. Po Żebrowskim był ks. Jan Nakcyanowicz, ale po nim nie zostały żadne ślady ani w obserwatorjum, ani w pracach. Dopiero przy jego następcy Poczobucie wzrosło obserwatorjum zarówno pod względem narzędzi, jak i prac, jakie podjął, to też właściwie Poczobuta należy uważać za twórcę obserwatorjum wileńskiego. Poczobuto- wi, według Śniadeckiego, „winien uniwersytet ratunek w najtrudniejszych kraju przygodach, astronomja w kraju zaszczepienie, chwałę i świetność, a edukacja publiczna nieprzerwaną zmianami rządowemi opiekę".

Ksiądz Marcin Odlanicki od Poczobudzia, majątku rodzinnego, zwany Poczobutem, urodził się w Słomiance, w pow. Grodzieńskim 30 października 1728 r. Ukończywszy szkoły jezuickie, wstąpił w r. 1745 do zakonu Jezuitów w Wilnie. W roku 1754 wysłano Poczobuta do Pragi dla kształcenia się w języku greckim i matematyce. Ale wybuch wojny w r. 1756 (był to początek wojny siedmioletniej) przerwał studja Poczobuta, który też wrócił do Wilna. W roku 1761 Michał książę Czartoryski, kanclerz litewski, dał przełożonym zakonu jezuickiego pewien fundusz na kształcenie młodych ludzi zagranicą. Wybór padł na Poczobuta, który miał kształcić się w naukach matematycznych. Poczobut udał się przez Włochy do Marsylji, gdzie pracował w obserwatorjum tamtejszem u Jezuity ks. Pezenasa w ciągu dwóch lat. Gdy, wskutek prześladowania Jezuitów, Pezenas musiał opuścić Marsylję, Poczobut udał się do Awinionu; obserwacje, pochodzące z tego okresu czasu, umieścił w dziele Pauliana („Traité de paix entre Descartes et Newton" par Aimé Henri Paulian. Avignon 1763). Po wyjeździe z Francji był Poczobut w Neapolu i Rzymie. W Neapolu 1 kwietnia 1764 r. obserwował zaćmienie słońca; obserwacje jego, dotycząca początku zaćmienia (potem bowiem zachmurzyło się), ogłosił Hell w efemerydach wiedeńskich na rok 1765. W końcu roku 1764 Poczobut powrócił do Wilna i zaraz rozpoczął wykłady w Akademji i zajął się obserwatorjum. Już po roku, dzięki staraniom Poczobuta, Jezuici sprowadzili dla niego narzędzia. Poczobut wyznaczył wkrótce szerokość geograficzną Wilna. Pierwsze prace Poczobuta zwróciły nań uwagę Stanisława Augusta, który mu nadał tytuł astronoma królewskiego. Poczobut, zapatrzony w piękno swej nauki, starał się zużytkować uznanie, jakie sobie zdobywał, ku chwale astronomji przez zdobywanie środków na podniesienie obserwatorjum. I tu znów kasztelanowa mścisławska Elżbieta Puzynina wystąpiła z hojną pomocą, dając fundusz na zakupno narzędzi w Anglji i zapisując sześć tysięcy czerwonych złotych na utrzymanie obserwatorjum. „Tą szczodrobliwością – mówi Śniadecki – uwieczniła swą pamięć w dziejach astronomji i stała się pierwszą fundatorką chwały narodowej przez opatrzenie nauki, która nie przestanie być najpierwszym zaszczytem ludzkiego rozumu". Otrzymawszy pieniądze, Poczobut w roku 1768 udał się przez Holandję do Londynu, gdzie przebył sześć miesięcy; w powrotnej drodze wstąpił do Paryża, skąd śpieszył z powrotem do Wilna, gdzie

stanął w maju r. 1769; śpieszył zaś dlatego, że postanowił wyjechać na 3 czerwca tegoż roku do Rewla, aby tam obserwować przejście planety Wenus przed tarczą słoneczną. Wenus jest planetą wewnętrzną, t. zn., że droga jej zawarta jest w drodze ziemi. Gdyby Wenus krążyła dookoła Słońca w tej samej płaszczyźnie, w jakiej krąży ziemia, to za każdym razem, gdy Wenus znalazłaby się na linji, łączącej środek ziemi ze środkiem słońca, możnaby obserwować z ziemi przejście Wenery przed tarczę słoneczną. Ale droga Wenery jest nachylona względem drogi ziemskiej; i dlatego przejścia Wenery przed tarczę słoneczną należą do zjawisk bardzo rzadkich. W wieku XVIII naprz. zdarzyło się ono dwa razy: 6 czerwca 1761 r. i 3 czerwca 1769 r., w wieku XIX – również dwa razy, natomiast w wieku XX zjawisko to nie powtórzy się, a najbliższe odbędzie się 8 czerwca 2004 r. Zjawisko przejścia Wenery przed tarczą słoneczną obudziło w wieku XVIII wielkie zainteresowanie z tego powodu, że zmarły w roku 1742 astronom angielski Halley zwrócił uwagę, iż nadaje się ono bardzo do wyznaczenia odległości ziemi od słońca; znajomość zaś tej odległości jest zasadniczą w astronomji teoretycznej. W roku 1761 już z tą myślą przystąpiono do obserwowania przejścia Wenery przed tarczą słoneczną. Niestety, wyniki nie odpowiedziały pokładanym nadziejom co do dokładności tego wyznaczenia. Ten chwilowy zawód stał się tem silniejszą pobudką do czynienia odpowiednich przygotowań na następne powtórzenie tego zjawiska w r. 1769, którego astronomowie wyczekiwali z łatwo zrozumiałą niecierpliwością. Jeżeli zważymy, jak gorąco Poczobut był przywiązany do astronomji, to zrozumiemy, że pragnął koniecznie nietylko być świadkiem tego zjawiska, ale i czynnym obserwatorem. To też zaraz po powrocie z zagranicy w maju 1769 r. porobił potrzebne przygotowania, aby na 3 czerwca być już w Rewlu, gdzie wraz ze swym pomocnikiem Jędrzejem Strzeckim miał wykonać swe obserwacje. Jednak dzień ten był pochmurny i uniemożliwił obserwacje; sprawiło to Poczobutowi tak niewysłowioną przykrość, że do końca życia z goryczą o tem wspominał, jak świadczy o tem Śniadecki. Kto miłuje szczerze przyrodę, ten zrozumie, jaką radość może sprawić badaczowi przyrody zaobserwowanie rzadkiego a ważnego zjawiska, i zrozumie bolesny zawód, gdy okoliczności zewnętrzne unicestwią plany jego i przygotowania.

Marcin Odlanicki Poczobut – twórca Obserwatorium Wileńskiego w 1753 r.

W roku 1770 Poczobut otrzymał zamówione w Londynie narzędzia; przebudowanie obserwatorjum w związku z ustawieniem narzędzi trwało aż do końca 1772 r. W następnym roku Poczobut rozpoczął już swe obserwacje. Tymczasem ogłoszono bullę papieską, znoszącą zakon Jezuitów. Poczobut wpłynął na Jezuitów, aby zrzekli się swej drukarni na rzecz Stanisława Augusta, a ten przeznaczył dochody z tej drukarni na potrzeby obserwatorjum. W roku 1778 Poczobut wydał już pierwszy zeszyt swych obserwacyj, rozpoczętych w roku 1773; przedtem jeszcze przetłumaczył na język polski geometrję początkową Clairaut. Stanisław August znowu uczcił zasługi Poczobuta, wybijając na jego cześć medal. W tym samym czasie Poczobut został obrany korespondentem paryskiej Akademji Nauk, a na kilka lat przedtem królewskie Towarzystwo Naukowe w Londynie wybrało go swym członkiem.

Ponieważ Komisja Edukacyjna objęła majątek Jezuitów, przeto Poczobut, przy poparciu króla, wyjednał w Komisji sumę dwóch tysięcy czerwonych złotych na zakupno przyrządów astronomicznych. W tym celu wyjechał do Paryża Jędrzej Strzecki i kupił u Ramsdena wielki kwadrans i lunetę południkową z soczewką o otworze 4 cali. W roku 1780 z Akademji wileńskiej powstała Szkoła Główna litewska; Komisja Edukacyjna powołała Poczobuta na urząd Rektora, w tym samym mniej więcej czasie obrano go członkiem warszawskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk. Godność rektorska przysporzyła wiele nowych zajęć Poczobutowi. W roku 1782 pracuje w Warszawie wraz z Kołłątajem nad nową ustawą zarządu szkolnego. Ale w toku tych zajęć nie zapominał o swem obserwatorjum; uzyskał więc fundusz, składający się z 10000 złotych, które przeznaczył na wybudowanie przy ścianie południowej obserwatorjum nowej budowy, w której osadził nadeszłe z Londynu przyrządy i rozpoczął swe obserwacje. Ale wkrótce (1788) musiał udać się znowu do Warszawy, gdzie wraz z Piramowiczem i Śniadeckim na nowo opracowywali ustawę szkolną. Po paru latach znowu spotyka się Poczobut ze Śniadeckim w Grodnie, na sejmie, gdzie pracowali nad uregulowaniem funduszów edukacyjnych. Wówczas to Stanisław August dał Poczobutowi order Orła Białego. 5 września 1793 r. Poczobut wraz ze Śniadeckim obserwowali w Augustowie, niedaleko od Grodna, zaćmienie słońca przyrządami, sprowadzonemi z Wilna.

Chcąc wykazać swą wdzięczność dla Stanisława Augusta, Poczobut wyodrębnił na niebie kilkanaście gwiazd, których położenie ściśle wyznaczył, i ułożył z nich konstelację Ciołka Poniatowskiego (Taurus Poniatovii) w sąsiedztwie Tarczy Sobieskiego, konstelacji utworzonej przez Heweljusza. „Co Heweljusz dla waleczności, to zrobił Poczobut na hołd dobroczynności, wylanej dla nauk i oświecenia" mówi Śniadecki. Wtrącić tu można uwagę, że nazwa Scutum Sobiescii utrzymała się do dnia dzisiejszego, ale nazwa Taurus Poniatovii zaginęła z czasem.

W lutym r. 1797 umarł współpracownik Poczo-

buta Jędrzej Strzecki; śmierć ta głęboko dotknęła Poczobuta. W tym samym miesiącu Poczobut już przyjmował w murach Akademji Stanisława Augusta, ale przyjmował go ze ściśnionem sercem: Stanisław August jechał z Grodna przez Wilno ... do Petersburga. W maju tegoż roku Poczobut już przyjmował Pawła I, który zwiedzał zabrane kraje. Pomimo że w roku 1799 zwolniono znużonego Poczobuta z urzędu rektora, w roku 1801 musiał przyjmować – w zastępstwie rektora – w murach Akademji Aleksandra I.

Prace Poczobuta były zawarte w 34 księgach, opowiadających tyluż rocznikom jego obserwacyj. Z tych ważniejsze dotyczą planety Merkurego, a dodać należy, że z obserwacyj Poczobuta korzystał Lalande, gdy obliczał drogę tej planety. W roku 1803 Poczobut wydał rozprawę o zodjaku w Denderah czyli Tinthyris.

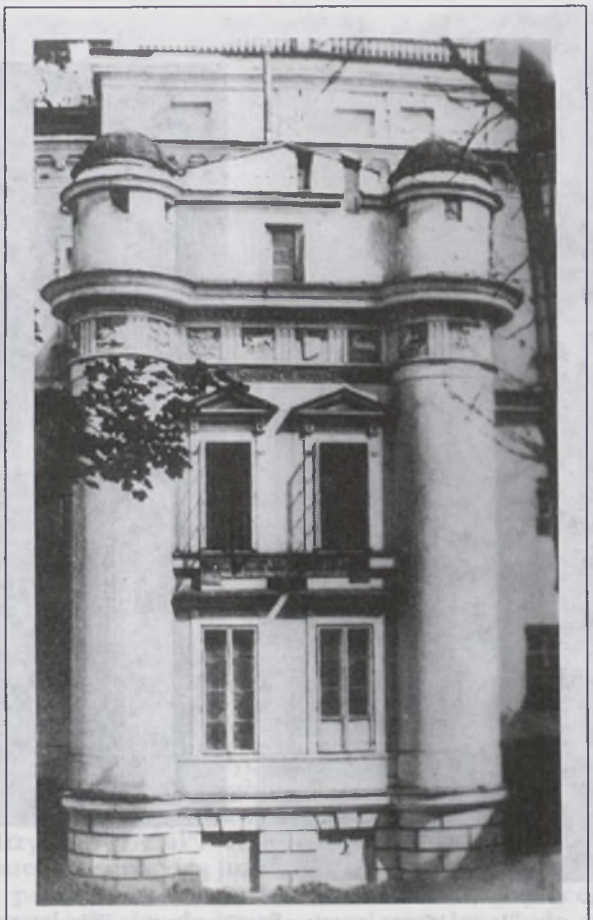
W roku 1807 Poczobut oddał obserwatorjum Śniadeckiemu, a w roku 1808 przeniósł się do klasztoru do Dyneburga i tam 20 lutego 1810 r. życie swe zakończył.

Jan Śniadecki urodzony 29 września 1756 r. w Żninie, w województwie gnieźnieńskiem, kończył szkoły akademickie Lubrańskiego w Poznaniu, poczem udał się do Akademji Krakowskiej, gdzie w roku 1775 uzyskał stopień doktora. W roku 1778 wyjechał za granicę, przebywając w ciągu trzech lat w Niemczech, Holandji i Paryżu. Wróciwszy do Krakowa, rozpoczął budowę obserwatorjum astronomicznego i sprowadził szereg przyrządów. W roku 1787 wyjeżdżał do Anglji. Obserwacjami, dokonywanemi w Krakowie, zyskał sobie poważne imię zagranicą. Jakim autorytetem Śniadecki cieszył się wśród współczesnych astronomów, świadczy wrażenie, jakie wywarła uwaga Śniadeckiego co do błędu współrzędnych Krakowa i Lwowa, podanych przez wiedeńskie efemerydy w r. 1798. Zach, redaktor czasopisma astronomicznego, z całem uznaniem przyjmuje uwagę Śniadeckiego i dodaje: „że profesor Śniadecki jest bystrym astronomem–praktykiem, wie cała Europa; o tem zaś przedewszystkiem musi pamiętać każdy astronom i z pewnością pamięta". Również obserwacje planetoid wsławiły imię Śniadeckiego. W r. 1801 Piazzi odkrył pierwszą planetoidę Ceres; (planetoidy, których liczba dosięga do 900, są to drobne planety, które krążą dookoła słońca pomiędzy drogami Marsa i Jowisza); ale w roku następnym (1802) astronomowie nie mogli odnaleźć Cerery. Wspomniany już astronom niemiecki Zach i Śniadecki rozpoczęli systematyczne poszukiwania i Śniadecki znalazł ją 28 kwietnia 1802 r. Niezwykle dokładne obserwacje tej planetoidy wzbudziły powszechne uznanie. Według Kucharzewskiego, Śniadecki w swych poszukiwaniach za Cererą natrafił na inną planetoidę. Chcąc się jednak upewnić, że ma do czynienia z nową planetoidą, powtarzał swe obserwacje i 25 kwietnia 1802 r. był już przekonany, że znalazł nową planetoidę; tymczasem otrzymał list od Zacha z 9 kwietnia 1802 r., w którym ten mu donosił że Olbers, astronom niemiecki, odkrył nową planetoidę i nazwał ją Pallas. Śniadecki przez porównanie swych obserwacyj przekonał się, że jest to ta właśnie planetoida, którą i on dostrzegł niezależnie. Powtórzyłem tę wersję Kucharzewskiego, ale sam nie znalazłem dowodu, przemawiającego na korzyść tego twierdzenia. Planetoidy te obserwował jeszcze i staruszek Poczobut w Wilnie. Wiadomo, że planety miały oddawna swoje znaki (oznaczenia). Astronomowie, odkrywający pierwsze planetoidy, zaczęli oprócz nazw dodawać i znaki ich, (nie przypuszczano wówczas, że planetoid tych może być tak wiele; to też specjalne znaki dla planetoid dawno zarzucono). Redaktor czasopisma astronomicznego Zach zapytywał wybitniejszych astronomów o zgodę. Kiedy Piazzi nazwał pierwszą planetoidę Ceres i dał jej, jako znak, sierp, Poczobut, wyrażając swą zgodę na to oznaczenie, dodał taki wierszyk:

„Quae segetum culmos docuisti falce secare
Falx dentata sacrum sit tibi stemma Ceres".

Druga planetoida Pallas otrzymała jako znak swój tarczę. I tu Poczobut wyraził swą zgodę w następującym wierszyku:

„Falx Cereris signum esto; tu ut tueare labores
Sideribus sacros, aegida Pallas habe".



Obserwatorium Poczobuta w Wilnie.

Wracamy jednak do Śniadeckiego. W roku 1803 Śniadecki opuszcza Kraków i udaje się zagranicę. Tymczasem zarówno Czacki starał się go ściągnąć do uniwersytetu wileńskiego, jak i Poczobut, dręczony chorobą, pragnął oddać obserwatorjum w godne ręce. Starania te uwieńczyły się powodzeniem, i w roku 1807 widzimy już Śniadeckiego w obserwatorjum wileńskiem, a jednocześnie w godności rektora Uniwersytetu wileńskiego.

Śniadecki pracuje w Wilnie z wielkim zapałem; wysyła corocznie swe obserwacje zarówno do Paryża, jak i Petersburga. Trudno wymienić wszystkie jego obserwacje, trzeba zadowolić się sumarycznym ich wyliczeniem. Śniadecki obserwował w Wilnie cztery zaćmienia słońca, dwa – księżyca. Na zasadzie zaćmienia słońca z 4 maja 1818 r., obserwowanego w Królewcu (przez Bessel'a) i w Wilnie, Śniadecki wyznacza różnicę długości Wilno – Królewiec i podaje ją równą $19^m\ 8^s.2$ (tymczasem Connaissance des Temps z r. 1819 podaje $19^m\ 13^s$, a dzisiaj za różnicę tę przyjmuje się $19^m\ 9^s.78$), a więc wynik Śniadeckiego był bardzo blizki prawdy. Da-

lej obserwuje Śniadecki zakrycia gwiazd przez księżyc, zakrycia księżyców Jowisza, wreszcie – położenia planet wielkich i planetoid, nakoniec i komet. Między innemi obserwuje i wielką kometę z r. 1811, o której potem wspomina Mickiewicz, który widział tę kometę jako młody chłopiec:

„Dziś oczy i myśl wszystkich pociąga do siebie
Nowy gość, dostrzeżony niedawno na niebie.
Był to kometa pierwszej wielkości i mocy,
Zjawił się na zachodzie, leciał ku północy.
.....
Warkocz długi w tył rzucił, i część nieba trzecią
Obwinął nim, gwiazd krocie zagarnął jak siecią,
I ciągnie je za sobą, a sam wyżej głową
Mierzy na północ, prosto w gwiazdę biegunową".

miejską, którą przyjmował na górach ponarskich, już zapytywał o Uniwersytet i dodał: „Vous avez ici un fameux astronome". A gdy stanął w dawnym pałacu biskupim, znowu dopytywał się o Uniwersytet i o sławnego rektora. Ale Śniadecki nie cisnął się do Napoleona, oczekiwał na jego zaproszenie; tymczasem bronił murów uniwersyteckich przed żołnierzami, którzy chcieli rozkwaterować się w audytorjach. Wkrótce, gdyż na trzeci dzień, Napoleon przysłał księcia Aleksandra Sapiehę ze swej świty z poleceniem, by Śniadecki stawił się przed nim. Śniadecki, który był przy pracy, chciał się przebrać, lecz Sapieha nalegał na pośpiech; Śniadecki udał się niezwłocznie na pokoje cesarskie. Rozmowa z Napoleonem wkrótce przeszła na Uni-

Na zewnątrz i wewnątrz pawilonu 15 cm astrografu. Obserwuje Włodzimierz Zonn (ok. 1930 r.).

Tymczasem nadchodzi pamiętny rok 1812. I Mickiewicz dobrze go pamiętał, wszak mówi o nim:

„O roku ów! Kto ciebie widział w naszym kraju!
.....
Zdawna byłeś niebieskim oznajmiony cudem
I poprzedzony głuchą wieścią między ludem".

Tym „niebieskim cudem" była kometa z roku 1811. Śniadecki, jako rektor Uniwersytetu, przeżywał ciężkie chwile. 13-go kwietnia przybył do Wilna Aleksander I, który odbył szereg konferencyj z Śniadeckim. W czerwcu zaś tego samego roku wkroczyli do Wilna Francuzi. Trzeba było wielkiego taktu i zmysłu orjentacyjnego, aby wybrać właściwą linję wytyczną postępowania. Śniadecki zawsze umiał zachować swą godność osobistą i tę najwyższą godność akademicką, jaką piastował. – Napoleon, wkraczając do Wilna, już był obeznany ze stosunkami miejscowymi. Wszak deputację

wersytet, jego potrzeby i fundusze. A gdy Śniadecki w odpowiedzi na pytania wspomniał z uczuciem wdzięczności, ile Uniwersytet zawdzięcza Aleksandrowi I, Napoleon, który dotychczas siedział, zerwał się i szybko rzucił: „Tak, to prawda" i dodał: „Vous êtes un honnête homme, monsieur le recteur". W kilka dni później Śniadecki, na życzenie Napoleona, przedstawił mu collegium profesorów. Warto przytoczyć urywek z przemówienia Śniadeckiego do Napoleona: „ta starożytna szkoła, założona przez Batorego, dźwigniona od Stanisława Augusta i obsypana dobrodziejstwy Aleksandra I, widzi losy swe złożone teraz w ręku bohatera, który zadziwia świat i wiek swój dziełami męstwa i geniuszu i waży przeznaczenia państw i ludów"*). Śniadecki z rozkazu Napoleona wszedł w skład rządu tymczasowego. Gdy Francuzi odstępowali z

*) Tłomaczenie M. Balińskiego

Wilna, członkowie rządu tymczasowego otrzymali rozkaz opuszczenia Wilna, ale Śniadecki oparł się temu, twierdząc, że musi pozostać na straży Uniwersytetu, i postawił na swojem. Tymczasem wrogowie Śniadeckiego zdążyli już oszczerstwami źle usposobić Aleksandra I do Śniadeckiego, który zresztą o tem nic nie wiedział. Dopiero w Wilnie panna Zofja Tyzenhauz stanęła w obronie Śniadeckiego i na dowód przedstawiła Aleksandrowi I przemówienie Śniadeckiego do Napoleona. To przeważyło szalę, i Aleksander I zaraz na pierwszem posłuchaniu okazał Śniadeckiemu swój szacunek, co wzbudziło powszechne zdumienie wśród zebranych na pokojach cesarskich, a nieuświadomionych co do zmiany w usposobieniu Aleksandra I. Śniadecki więc wyszedł ręką obronną z tych opresyj, ale, co ważniejsza, uratował Uniwersytet i jego honor.

Śniadecki pełnił obowiązki rektora do roku 1815, od tego zaś czasu wszystkie swe siły poświęcał na podniesienie i ulepszenie obserwatorjum. Sprowadził więc do Wilna zegar Hardy'ego, koło Reichenbacha i Ertela, przyrząd paralaktyczny Dollonda i inne mniejsze, a nadto zapisał dla obserwatorjum swą bibljotekę, którą po jego śmierci doręczył brat jego Jędrzej. Mówiłem o obserwacjach Śniadeckiego, a nie wspomniałem o innych pracach, bardzo cennych. Zadowolę się jednak wzmianką o rozprawie jego o Koperniku i o podręczniku „geografja, czyli opisanie matematyczne i fizyczne ziemi". Inne prace, częstokroć bardzo cenne, nie wchodzą już w zakres astronomji. W Wilnie pozostawał Śniadecki do roku 1825, poczem przeniósł się do swej synowicy, do Jaszun pod Wilnem, i tam zmarł 9 listopada 1830 r. w 74 roku życia.

W mniejszej kopule znajdował się 16 cm astrograf Heydego; w większej 48 cm reflektor z bezszczelinowym spektrografem Zeissa. Pod koniec 1938 roku Wilhelmina Iwanowska rozpoczęła tu pierwsze obserwacje spektroskopowe. Podobno teleskop jest dziś na Majdanaku w Tadżykistanie (z fotometrem); po spektrografie ślad zaginął...

Parę słów należałoby jeszcze powiedzieć o współpracownikach Poczobuta i Śniadeckiego. Już wyżej był wspomniany Jędrzej Strzecki (ur. w r. 1737), który pomagał Poczobutowi w obserwacjach, poza tem zaś wykładał w uniwersytecie od r. 1781 do swej śmierci, która nastąpiła w r. 1797. Po nim wykładał Ignacy Reszka aż do roku 1808 i usunął się dobrowolnie, gdy Śniadecki przybył do Wilna. Po Reszce prowadził jakiś czas wykłady bazyljanin Cezary Kamiński, adjunkt astronomji; od roku 1815 do 1818 wykładał Wincenty Karczewski, który ogłosił w tym czasie kilka prac. Po wyjeździe Karczewskiego zastępczo wykładał Sławiński, dalej Antoni Wyrwicz, wreszcie od roku 1821 do 1823 – Antoni Szahin, który był pomocnikiem astronoma – obserwatora. Szahin ogłosił kilka prac z zakresu astronomji; ponieważ jednak po roku 1820 rozpoczęto pomiary Rosji, utworzono więc w Uniwersytecie wileńskim osobną katedrę geodezji i powołano na nią Szahina, który też pozostawał na niej aż do zamknięcia Uniwersytetu.

Po usunięciu się Śniadeckiego obserwatorjum objęli uczniowie jego. Jeszcze w roku 1823 Piotr Sławiński (ur. 29 czerwca 1795 r.), po podróży zagranicę, dokąd wysłał go Śniadecki, został adjunktem przy katedrze astronomji, a w roku 1825 został mianowany astronomem–obserwatorem na miejsce ustępującego Śniadeckiego, w roku zaś następnym został również profesorem Uniwersytetu. Sławiński obserwował bardzo gorliwie, trzymając się programu swych poprzedników, a więc obserwował planety wielkie, planetoidy, zakrycia księżyców Jowisza, zakrycia gwiazd przez księżyc, zaćmienia słońca; dalej wyznaczył szerokość geograficzną Wilna (ściślej mówiąc, szerokość geograficzną koła przejściowego w obserwatorjum) i otrzymał dla niej wartość 54° 40' 59".1, podczas gdy Poczobut i Śniadecki zakładali ją równą 54° 41' 2". Wyznaczenie szerokości geograficznej przez Sławińskiego jest ostatniem wyznaczeniem szerokości geograficznej Wilna i jest uważane za najdokładniejsze.

Sławiński brał jeszcze udział w pracach geodezyjnych, które przeprowadzano w Kurlandji, na Litwie i Żmudzi.

W roku 1828 Sławiński wydał: „Początki astronomji teoretycznej i praktycznej". W języku polskim było to dzieło pierwszem, które zawierało w sobie mniejwięcej całokształt ówczesnego wykładu uniwersyteckiego. W przedmowie Sławiński wyjaśnia pobudki, które skłoniły go do napisania tego dzieła z zakresu nauki, „będącej chlubą rozumu ludzkiego"; zamiarem jego było zachęcić młodzież do studjów głębszych nad astronomją: „jeżelim choć w części celu tego dostąpił, praca moja aż nadto wynagrodzona została". Niestety, tej nagrody na terenie wileńskim Sławiński nie doczekał się, skoro zaledwie parę lat po wydaniu książki jeszcze wykładał.

Po zamknięciu Uniwersytetu w roku 1832 oddano obserwatorjum pod zarząd Akademji Nauk w Petersburgu. Sławiński został dyrektorem obserwatorjum i oddał się pracy naukowej. Wówczas to starał się o przeniesienie obserwatorjum poza miasto, gdyż ówczesne położenie w śródmieściu uważał słusznie za nieodpowiednie. Lecz nie uzyskał na to zgody, polecono mu jedynie przebudować obserwatorjum i dano mu fundusze na nowy refraktor, który sprowadził z Monachjum od Merza i Mahlera. W roku 1843 Sławiński ustąpił z obserwatorjum (umarł w Kienie 30 czerwca 1881 r.).

Następcą jego został Michał Hłuszniewicz (ur. w r. 1797 w Mińsku), który od roku 1819 był adjunktem w obserwatorjum, a więc jeszcze za czasów Śniadeckiego rozpoczął swą działalność. Hłuszniе-

wicz obserwował wraz ze Sławińskim, a później sam planety, planetoidy, zakrycia gwiazd, zakrycia księżyców Jowisza, ogłaszając je w czasopiśmie Astronomische Nachrichten. W roku 1848 otrzymał emeryturę, (umarł w Wilnie w r. 1862 w wielkiej biedzie, gdyż oddawał ostatni grosz biednym).

Od roku 1848 zarząd obserwatorjum przechodzi w ręce Rosjan, a jednocześnie zaznacza się już upadek obserwatorjum. Od r. 1848 dyrektorem był Jerzy Fuss, który obserwował przedtem wiele w obserwatorjum pułkowskiem i wogóle w Rosji. Wskutek choroby, w Wilnie obserwował niewiele i umarł w roku 1853. Po nim przyszedł G. Sabler, dawniejszy pomocnik Struvego w Dorpacie i Pułkowie, który był dyrektorem do swej śmierci w r. 1865. Za czasów Fussa i Sablera adjunktem był Gusiew, który po śmierci Sablera zarządzał obserwatorjum, lecz bardzo krótko, gdyż umarł w r. 1866. Wreszcie ostatnim dyrektorem był Fryderyk Wilhelm Berg.

20 grudnia 1876 roku wybuchł pożar w obserwatorjum. Po pożarze obserwatorjum skasowano, a ocalałe książki i przyrządy przewieziono do Pułkowa. Tak skończyła swe istnienie ostatnia może placówka naukowa dawnego Uniwersytetu.

Jak widać z tego krótkiego rysu, astronomja w Wilnie stała bardzo wysoko i miała wielu poważnych reprezentantów, że wspomnę naprz. Piotra Sławińskiego, który działalnością swą, pracami i wydaniem podręcznika o wysokiej wartości naukowej przyniósł chlubę astronomji w Polsce i mógł być ozdobą każdego obserwatorjum. Jeżeli o nim krócej mówię , to tylko dlatego, że na naczelne stanowisko wybili się ks. Poczobut i Jan Śniadecki. Jak dalece Śniadecki cenił ks. Poczobuta, o tem świadczy wspomnienie pośmiertne o Poczobucie, które Śniadecki wygłosił i które tak zakończył: „Widzieliśmy w nim dwie panujące namiętności: miłość nauki i niezłamane niczem przywiązanie do dobra i chwały uniwersytetu. Uwielbimy najdostojniej święte jego cienie, kiedy, mając go za wzór życia publicznego i naśladując tak szlachetne poruszenia jego serca, okażemy, że po zgonie nawet swoim Poczobut nie przestał być pożytecznym". Aby uczcić pamięć Śniadeckiego, zdaje mi się, że należałoby powtórzyć o nim jego własne słowa, zwrócone do Poczobuta. Trudno powiedzieć, który z nich położył większe zasługi. Ks. Poczobut i Jan Śniadecki – to dwie gwiazdy „pierwszej wielkości i mocy". Im zawdzięcza astronomja swój rozwój w Wilnie, ich zasługą było postawienie pierwszorzędnego, jak na owe czasy, obserwatorjum. Tę stworzoną i umiłowaną przez nich placówkę naukową Rosjanie zniszczyli, wywożąc narzędzia i książki do Rosji, ale nie zdołali zabić tradycji. A tradycje są w Wilnie bogate i prześliczne; one żyją wśród nas, krzepią i dodają otuchy. Niedość jednak na tem; one nakładają na współczesnych ciężki, lecz miły obowiązek wskrzeszenia na nowo obserwatorjum pod egidą starożytnego uniwersytetu Stefana Batorego. A kto wie, może i obecnie znajdzie się „mądra i bogata pani", która wstąpi w ślady kasztelanowej mścisławskiej i przyczyni się do podniesienia obserwatorjum.

Astronomja, która może poszczycić się w Wilnie tak bogatą przeszłością, musi na nowo zakwitnąć ku chwale narodu, ku dumie uroczego Wilna i ku uczczeniu drogiej i świętej pamięci astronomów wileńskich.

Władysław Dziewulski (z laską) i Wilhelmina Iwanowska na zamku w Trokach podczas konferencji astrofizycznej w Wilnie w 1939 r. Wilhelminie Iwanowskiej towarzyszą Antoni Opolski (z lewej) i Eugeniusz Rybka; w głębi siedzą studentki: Dziewulska i Taranowska.

Pierwszy wykład Profesora Władysława Dziewulskiego tu przedstawiony był wygłoszony w Wilnie, w ramach wykładów powszechnych Uniwersytetu Stefana Batorego, wskrzeszonego dekretem Naczelnika Państwa Józefa Piłsudskiego w roku 1919. Zawiera historię astronomii w dawnym Uniwersytecie Wileńskim, a więc historię pierwszego na terenie dawnej Rzeczypospolitej Obojga Narodów Uniwersyteckiego Obserwatorium Astronomicznego, założonego w roku 1753, uświetnionego nazwiskiem Poczobuta i Śniadeckiego, Sławińskiego i Hłuszniewicza i zamkniętego w roku 1876 ukazem carskim.

Profesor Dziewulski, powołany na katedrę astronomii we wskrzeszonym Uniwersytecie Wileńskim w roku 1919, opuścił Uniwersytet Jagielloński, gdzie był zatrudniony i habilitowany, nie zatrzymał się w Uniwersytecie Poznańskim, dokąd miał zaproszenie, podążył do Wilna, idąc za głosem wspaniałej tradycji naukowej. Obserwatorium Poczobuta, położone wśród dawnych dziedzińców uniwersyteckich, do dziś istniejące jako wspaniały zabytek architektury, nie nadawało się na prowadzenie obserwacji. To też Profesor Dziewulski podjął trud budowania nowego Obserwatorium na krańcach miasta pod lasem Zakretowym.

Dzieje tego Obserwatorium opisał jego twórca już po zamknięciu Uniwersytetu Stefana Batorego przez władze litweskie 15 grudnia 1939 roku*). Artykuł nosi tytuł: „Historia Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu St. Batorego w Wilnie (1919 – 1939). Był napisany w latach powojennych w Toruniu, dokąd – również idąc za głosem wielkiej tradycji naukowej – personel kilku wydziałów USB udał się na czele z naszym dostojnym Seniorem Profesorem Władysławem Dziewulskim, aby tworzyć Uniwersytet Mikołaja Kopernika.

Toruń, 6 lutego 1993 r. **Wilhelmina Iwanowska**
docent USB

*) Piotr Łossowski, Likwidacja Uniwersytetu Stefana Batorego przez władze litewskie w grudniu 1939 roku, Warszawa, Wyd. Interlibro 1991.

SYLWETKI

postępów astronomii

Władysław Dziewulski

Gwiazdy, uniwersytety i obserwatoria

Władysława Dziewulskiego

w XXX rocznicę śmierci*)

Urodzony w Warszawie w 1878 r. Tam też ukończył szkołę średnią. W latach 1897–1901 studiował astronomię na kierunku matematyczno-fizycznym Uniwersytetu Warszawskiego. Jego praca dyplomowa dotyczyła wyznaczania szerokości geograficznej warszawskiego obserwatorium. Studia kontynuował w latach 1902–1903 oraz 1907–1908 w Getyndze pod kierunkiem Karola Schwarzschilda.

Pracę zawodową rozpoczął w 1901 r. w obserwatorium astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego. W latach 1903–1906 oraz 1908–1909 był asystentem na Uniwersytecie Jagiellońskim i w Getyndze. Po powrocie do Krakowa, w 1909 r., pracował jako adiunkt, a po habilitacji, jako docent na Uniwersytecie Jagiellońskim. Profesorem został w 1919 na Uniwersytecie Wileńskim, gdzie przepracował do wybuchu wojny i przejęcia uniwersytetu przez Litwinów. W 1945 r. przeniósł się do Torunia, gdzie organizował Uniwersytet Mikołaja Kopernika, zmarł 6 lutego 1962 r.

Od Erosa do budowy Galaktyki

Dlaczego studiował astronomię i dlaczego w pracy naukowej zajmował się taką a nie inną problematyką? Na pierwsze z postawionych pytań częściowo sam odpowiedział mówiąc, że jeszcze w szkole średniej czytywał prace Śniadeckiego oraz „Kosmografię" Jędrzejewicza.

Aby odpowiedzieć na drugą część pytania, należy zastanowić się, jak w tym czasie przedstawiała się astronomia i co było przedmiotem jej badań. Ukończył studia na przełomie dwu epok tak kalendarzowych jak i w sensie zmiany podejścia do problemów astronomicznych. Kończyła się epoka XVIII i XIX wiecznej astronomii, w której główny nacisk został położony na problemy matematyczno – mechaniczne. Kończyła się epoka wielkich matematyków, której ukoronowaniem było „odkrywanie planet na końcu pióra". Takim odkryciem było znalezienie w roku 1846 planety Neptun na podstawie obliczeń wykonanych niezależnie przez Adamsa i Le Verierr'a. Okres ten nazwano złotym wiekiem mechaniki nieba (termin wprowadzony przez Laplace'a). Zasadniczym celem było poszukiwanie dalszych całek dla głównego problemu mechaniki, za jaki wówczas uważano zagadnienie trzech punktów materialnych.

Poszukiwaniom tym położył kres H. Poincaré publikując swoje „Nowe metody mechaniki nieba". Aby w pełni zrozumieć czym były w pełni „Nowe metody..." należy cofnąć się kilka lat wstecz. W roku 1889 F. Tisserand opublikował swój „Traktat o mechanice nieba". Dzieło to, składające się z czterech tomów, było podsumowaniem osiągnięć matematyków obu stuleci. Poincaré natomiast w swoich „Nowych metodach" zadał cios tej mechanice... Wskazał w swej pracy na inne możliwości podejścia do tego zagadnienia. Zapoczątkował m. in. jakościowe metody badania równań ruchu, skąd wypłynęła możliwość istnienia rozwiązań okresowych. Znaczenie „Nowych metod" wyszło daleko poza problemy mechaniki nieba i co najdziwniejsze znalazły szybciej zastosowanie w innych dziedzinach nauki i techniki.

„W pracowniach naszych zjawiają się studenci [...]. Nawiązują się węzły początkowo życzliwości, potem i przyjaźni w stosunku do młodzieży [...]. I czy może być coś przyjemniejszego, jak śledzenie rozwoju młodych sił naukowych od samego początku, od widywania na wykładach, od pierwszego referatu na seminarium."

W roku 1978, w setną rocznicę urodzin Profesora Władysława Dziewulskiego, staraniem Towarzystwa Naukowego w Toruniu, pod redakcją Cecylii Iwaniszewskiej została wydana ilustrowana książka, opisująca życiorys i działalność Profesora w wielu dziedzinach Jego życia. Kolejnymi autorami wspomnień są: Cecylia Iwaniszewska, Wilhelmina Iwanowska, Andrzej Woszczyk, Konrad Górski, Tadeusz Czeżowski, Włodzimierz Zonn, Stefania Grudzińska, Stanisław Gąska, Roman Ampel, Eugeniusz Rybka. Z tej książki zaczerpnęliśmy kilka cytatów z pism Profesora (red.)

Ale wróćmy do astronomii. W 1900 roku mała planeta Eros przechodziła w odległości 0.3 j. a. od Ziemi. W związku z tym przygotowano wielką akcję obserwacyjną tej planetoidy. Celem tej akcji było zebranie materiału obserwacyjnego niezbędnego do dokładnego wyznaczania jednostki astronomicznej. Na konferencji astrometrycznej w Paryżu (lipiec 1900 r.) postanowiono włączyć do obserwacji obserwatoria całego świata. Była to pierwsza tego typu i zakrojona na taką skalę współpraca międzynarodowa.

Jak te fakty wpłynęły na zainteresowania naukowe młodego Wł. Dziewulskiego możemy prześledzić na podstawie jego publikacji. Pierwsze prace tkwią korzeniami w traktacie Tisseranda. Dotyczą bowiem wyznaczania elementów orbity komety 1903c. Jego praca doktorska p. t. „Perturbacje Marsa w ruchu Erosa" wydana w 1905 r. ma swoje źródło w najaktualniejszych potrzebach mechaniki niebios (takiego terminu używał Prof. dr Wł. Dziewulski na określenie mechaniki nieba). Wpływ „Nowych metod" Poincarégo na Wł. Dziewulskiego widać w pracy dotyczącej rozwiązań okresowych *typu Hildy*** (*współmierność 3:2*). Była to przez wiele lat wzorcowa praca dla tego typu rozwiązań. Pracę o Erosie pisał w pewnym sensie na zamówienie społeczne. Wyznaczenie bowiem dokładnej długości jednostki astronomicznej z pomiarów Erosa wymagało bardzo dokładnej znajomości jego orbity. Warunek ten prowadził do wyznaczania *perturbacji* orbity od wielkich planet. Do tych czasów sądzono, że planeta Mars ze względu na swoją małą masę nie

*) Tekst ten miał się ukazać w ubiegłym roku. Jakoś „nie wypadało" nam umieścić go w numerze krakowskim, który niespodziewanie rozrósł nam się do blisko 100 stron. W innych nie mieliśmy dość miejsca, a postać Władysława Dziewulskiego jest nam zbyt bliska i nazbyt ważna, by tekst ten mógł nie pojawić się w całości (red.)

**) Mechanika nieba znajdowała specyficzną przyjemność w umiejętnym sposobie przewidywania pozycji ciał niebieskich dokładnie tam gdzie widziały je teleskopy. Wymagało to precyzyjnego uwzględnienia zakłóceń ruchu poprzez oddziaływanie grawitacyjne ciał trzecich, czyli perturbacji. Przyjemność tę psuły jednak złośliwe przypadki współmierności ruchów niektórych ciał, tzn. sytuacje w których te same czynniki zakłócając (zbliżenia) pojawiają się w sposób okresowy. Droga wytyczona przez Poincarégo i właśnie Schwarzschilda pozwoliła rozwiązać ten problem. Planety na szczęście (pewnie dlatego pozostają na swych orbitach) nie mają współmierności, natomiast klasycznymi przykładami są planetoidy Hilda (3 obiegi na dwa obiegi Jowisza) i Hecuba ze współmiernością 2:1 względem Jowisza (red.)

wpływa znacząco na orbity małych planet. Orbita Erosa przecina się jednak z orbitą Marsa. Wł. Dziewulski w swojej pracy doktorskiej wykazał, że perturbacje od Marsa mogą być znaczne, gdy mała planetka i Mars znajdą się razem we *wspólnym węźle*. Do prac tego typu wracał jeszcze kilkakrotnie obliczając perturbacje od pozostałych wielkich planet, dla takich planetoid jak Egeria, Alinda, Beira, Syrene. Prace te kontynuował jeszcze w Toruniu.

Rok 1900 można nazwać szczególnym. Poza wspomnianą wyżej akcją obserwacyjną Erosa, na kliszach wykonanych przez J. E. Keelora odkryto wielką ilość mgławic, przeważnie spiralnych. Wysunięto hipotezę o strukturze spiralnej Drogi Mlecznej. J. C. Kapteyn stosuje metody statystyczne do wyznaczania paralaks gwiazdowych i wysuwa hipotezę *dwu prądów gwiazdowych.*[*)]

Dzięki wynalazkowi suchych i dostatecznie czułych emulsji fotograficznych, około roku 1900 wprowadzono fotografię do astronomii. Bardzo szybko doceniono jej wartość przede wszystkim dokumentacyjną. W związku z tym powstała możliwość opracowania katalogów jasności gwiazd. Prace takie wykonano podczas pobytu Wł. Dziewulskiego w Getyndze pod kierunkiem prof. Schwarzschilda. Niewątpliwie dostrzegł on w młodym Dziewulskim przyszłego zaangażowanego obserwatora, gdyż włączył go do zespołu opracowującego taki katalog jasności, polecając mu wyznaczenie standardów gwiazdowych oraz wyznaczenie wpływu ekstynkcji atmosferycznej na jasności gwiazd. Katalog fotograficznych jasności 3522 gwiazd opracowano na podstawie pomiarów 30 klisz, z których 22 wykonał Dziewulski. Dzięki temu jego nazwisko znalazło się w pracy „Aktinometrie der Sterne" obok nazwiska Schwarzschilda. Następną większą pracą fotometryczną dr Wł. Dziewulskiego jest jego praca habilitacyjna opublikowana w 1914 roku. Dotyczy ona jasności fotograficznych gwiazd w okolicy bieguna północnego. Jest to właściwie katalog standardów jasności gwiazdowych, służących jako gwiazdy porównania dla wielu późniejszych obserwatorów. Z aktywnego uczestnictwa w tych fundamentalnych pracach wypływał jego kult obserwacji. Tak w Wilnie jak i w Toruniu, główną troską prof. Wł. Dziewulskiego była budowa obserwatoriów i ich wyposażenia w astrografy do prac fotometrycznych. Wprowadził do programów badawczych obu tych placówek systematyczne obserwacje gwiazd zmiennych. Na podstawie tych obserwacji opublikowano kilkanaście prac naukowych. W tym miejscu pragnę zwrócić uwagę na pracę zbiorową opublikowaną w Toruniu w 1946 r. na podstawie materiałów zebranych jeszcze w Wilnie, w której pokazano zmienność wskaźników barwy 10 cefeid w różnych fazach krzywej blasku i poprzez wykazanie zmian temperatury uzyskano jedno z pierwszych potwierdzeń teorii pulsacji tych gwiazd.

Innym rodzajem fotometrii, jaką zajmował się prof. Wł. Dziewulski, była fotometria wizualna gwiazd zmiennych. Pierwsze obserwacje metodą Argelandera przy pomocy lornetki wykonał w 1910 roku, a ostatnie w 1959. Jest to najstarsza i najprostsza metoda wyznaczania jasności gwiazd, komet i meteorów.[**)]

Prowadził też systematyczne obserwacje zakryć gwiazd przez Księżyc, obserwacje komet oraz zórz polarnych. W tym miejscu chcę zwrócić uwagę na dwie cechy prof. Wł. Dzie-

[*)] To co dziś wydaje się tak oczywiste, a więc rotacja Galaktyki (i udział w niej naszego Słońca), podsystemy i populacje gwiazdowe, jak wszystko w nauce, rodziło się w bólach lepszych lub gorszych hipotez. „Dwa prądy" okazały się po prostu z jednej strony „wolnymi" (bo współporuszającymi się ze Słońcem) gwiazdami dysku Galaktyki, a z drugiej – „szybkimi" (choć bardzo wolno poruszającymi się względem centrum Galaktyki) odległymi gwiazdami II populacji (red.)

[**)] Wyniki swoich wieloletnich obserwacji prof. Wł. Dziewulski zawarł na 2500 stronach notatek. Gwiazdę WW Aurigae obserwował systematycznie przez 10 lat. Dla TU Cas zebrał 633 obserwacje, a dla S Sge 780. Na podstawie tych obserwacji opublkikował ponad 30 prac.

To unikatowe zdjęcie, prawdopodobnie z roku 1903, przedstawia Władysława Dziewulskiego (w centrum z charakterystycznymi wąsami) wśród kolegów-astronomów w Getyndze. Wilhelmina Iwanowska zapytana czy może kogoś jeszcze rozpoznaje, z uśmiechem zawołała: „Boże, jak mam ich poznać? Przecież ja jestem młokos – oni wszyscy są po 30 lat ode mnie starsi!". Karola Schwarzschilda na zdjęciu nie ma. Czyżby nieobecność Mistrza wywołała tę zupełnie niepozowaną radość na obliczach tej wesołej kompanii?

Władysław Dziewulski
docent UJ (ok. 1917 - 18)

wulskiego. Jego nadzwyczajną uczciwość, o której niech świadczy fakt, że gdy wśród obserwacji danej gwiazdy w trakcie opracowywania, znalazł chociaż jedną wykonaną przez inną osobę, to automatycznie nazwisko tej osoby umieszczał w publikacji. Po drugie, brak zaufania do obserwacji dokładnie pokrywających się. Oznacza to, że gdy dwóch obserwatorów wykonywało jednocześnie daną obserwację, to w przypadku gdy ich wyniki były identyczne, opatrywał je znakiem zapytania lub po prostu odrzucał. Uzasadniał takie postępowanie indywidualnymi cechami i podatnością na sugestię obserwatorów.

Pod koniec XIX wieku znano już dość dobrze metody wyznaczania ruchów własnych gwiazd, dzięki wzrostowi dokładności pomiaru współrzędnych. Stąd na początku stulecia zebrano już dość obszerny materiał obserwacyjny. Na podstawie tych danych Kapteyn opracował metodę statystyczną do wyznaczania paralaks na podstawie znanych ruchów własnych, tzw. paralaks statystycznych. Dopiero w 1900 roku, gdy H. C. Vogel opublikował obszerną pracę pt. „Postęp w ostatnim dziesięcioleciu w wyznaczaniu ruchów gwiazd wzdłuż kierunku widzenia" stało się możliwe badanie ruchów przestrzennych gwiazd. Praca Vogela to właściwie katalog prędkości radialnych wyznaczonych przez niego i jego poprzedników. Znaczenie i wartość naukową pomiarów prędkości radialnych oceniano bardzo wysoko. E. B. Frost twierdził wręcz, że woli mierzenie prędkości radialnych niż jakiekolwiek inne zajęcie naukowe.

Dzięki zebraniu wspomnianych wyżej danych zaistniała konieczność całościowego opracowania ich i opisu otaczającego nas Wszechświata. Do tego celu najlepiej nadają się metody statystyczne z minimalną ilością parametrów. Jedną z takich metod statystycznego opracowania tych danych obserwacyjnych zaproponował w 1916 r. dr Wł. Dziewulski, wykazując że: *przy elipsoidalnym rozkładzie prędkości, częstość występowania wektorów prędkości w jednostkowym kącie bryłowym dowolnie skierowanym, jest proporcjonalna do trzeciej potęgi promienia wodzącego elipsoidy w tym kierunku.* Praktycznie metoda ta sprowadza się do podziału nieba na mniej więcej równe kąty bryłowe (podział taki zaproponował sam autor), policzenia wektorów prędkości w poszczególnych kątach bryłowych czyli w poszczególnych kierunkach i stąd obliczenia promienia wodzącego elipsoidy w danym kierunku. Następnie przez końce tych promieni prowadzi się elipsoidę, której współczynniki wyznacza się metodą najmniejszych kwadratów. Słabą stroną tej metody jest to, że w wyniku zliczania wyłącznie ilości wektorów w danym kierunku (bez ich wartości) nie otrzymuje się wprost półosi elipsoidy a tylko ich stosunki. Wyliczenie samych półosi elipsoidy wymaga dodatkowych założeń. Natomiast jej wielką zaletą jest to, że w przeciwieństwie do wszystkich innych metod obliczania elipsoid prędkości nie wymaga równomiernego rozkładu gwiazd na całym niebie.*)

Znajomość położeń, ruchów własnych, prędkości radialnych oraz paralaks dużej ilości gwiazd otworzyła możliwość odpowiedzi na pytanie: Czy Słońce posiada prędkość, jeśli tak to jaką? Problemem tym zajmował się również prof. Wł. Dziewulski wyznaczając ruch Słońca, a następnie po poprawieniu ruchów poszczególnych gwiazd na ten ruch obliczał ruchy średnie dla gwiazd poszczególnych typów widmowych od A do M. Takie badania pozwoliły mu też na zbadanie rotacji układu lokalnego gwiazd. Na to ostatnie pytanie otrzymał odpowiedź pozytywną. W badaniach statystycznych widać wyraźny wpływ teorii dwu prądów Kapteyna na Dziewulskiego. Prace dotyczące tych zagadnień kontynuował do ostatnich dni swego życia.

Dwa uniwersytety i dwa obserwatoria

Aby lepiej zrozumieć postawę życiową prof. dr Wł. Dziewulskiego pozwolę sobie przytoczyć jego wypowiedź na temat profesora uniwersytetu: „Idealnym profesorem uniwersytetu jest ten, kto jest pierwszorzędnym badaczem naukowym, kto jednocześnie wykazuje zdolności pedagogiczne wykładając jasno i przejrzyście, i wreszcie, kto potrafi zorganizować warsztat naukowy, do którego przyciąga uczniów i w którym tworzy szkołę". O tym jakim był naukowcem napisałem wcześniej, teraz chciałbym chociaż krótko napisać o jego szeroko pojętej działalności organizacyjnej, a w szczególności o organizowaniu przez niego warsztatu naukowego. W swoim życiu dwa razy organizował nie tylko swój warsztat, czyli obser-

*) Czytelników głębiej zainteresowanych problemem elipsoid prędkości odsyłamy do klasycznego już dziś podręcznika W. Zonna i K. Rudnickiego „Astronomia gwiazdowa", PWN, Warszawa 1957 (red.)

Władysław Dziewulski
profesor USB (ok. 1923)

„Obserwacja bez umiejscowienia w czasie, nie ma żadnej wartości" – odbierał codziennie sygnały radiowe i kontrolował zegary (Piwnice, w kwietniu 1950).

watorium, lecz też uniwersytety w Wilnie i Toruniu. Organizowanie obu uczelni rozpoczynał po wielkich wojnach i ogromnych zniszczeniach kraju.

Już w 1919 roku przedstawia projekt – memorandum uzasadniający potrzebę i konieczność zorganizowania obserwatorium astronomicznego na reaktywowanym Uniwersytecie Wileńskim.*) W tym też roku zostaje zatrudniony jako zastępca profesora na tym uniwersytecie. W roku 1920 zostaje profesorem nadzwyczajnym, a w rok później zwyczajnym. Już w 1921 roku buduje pierwszy pawilon obserwacyjny nowego obserwatorium astronomicznego, w którym w 1922 roku zostaje zainstalowany refraktor firmy Zeiss o średnicy 15 cm z kamerą fotograficzną. Teleskop ten był zakupiony jeszcze przed wybuchem wojny.

W roku 1930 zostaje w obserwatorium astronomicznym Uniwersytetu Wileńskiego zainstalowana astrokamera o średnicy 16 cm, a w 6 lat później zbudowano nowe obserwatorium z pracowniami naukowymi i mieszkaniami dla kilku pracowników. W budynku tym znalazły pomieszczenia: katedra astronomii i katedra meteorologii. Rok 1938 to zainstalowanie reflektora o średnicy 45 cm ze spektrografem bezszczelinowym. Uruchomienie tego narzędzia to właściwie początek systematycz- nych badań astrofizycznych w Polsce. Na wyposażeniu obserwatorium znalazły się też zegary i fotometry**).

Należy pamiętać jak trudno było to wszystko zrealizować w okresie odradzania się państwowości polskiej, po latach niewoli i zniszczeniach wojennych. W tych czasach biblioteki katedr czy obserwatoriów astronomicznych ratowała bezpłatna wymiana wydawnictw. Z tego też powodu każda placówka astronomiczna starała się o własne wydawnictwo. Takim wydawnictwem był „Biuletyn Obserwatorium Astronomicznego w Wilnie" redagowany przez prof. Wł. Dziewulskiego. Pierwszy numer tego biuletynu ukazał się w 1921 roku.

W ciągu więc dwudziestu lat prof. Wł. Dziewulski zdołał zorganizować największe w ówczesnej Polsce obserwatorium astronomiczne, w którym zapoczątkowano systematyczne badania astrofizyczne. Brał też bardzo aktywny udział w organizacji Uniwersytetu Stefana Batorego, gdzie pełnił funkcje rektora, prorektora oraz dziekana wydziału matematyczno – przyrodniczego. Wybuch wojny przerwał tę bardzo intensywną działalność. Po przejęciu uniwersytetu przez Litwinów wszyscy Polacy zostali zwolnieni z pracy w uczelni. Astronomom pozwolono jeszcze do września 1940 prowadzić obserwacje. W następnych latach prof. Wł. Dziewulski zajmował się pracą fizyczną pracując też jako szewc. Był również organizatorem tajnego nauczania w Wilnie.

„Kopernik był jednostką niepospolitą. Było w nim wiele z mędrca greckiego, który zapatrzony w piękno otaczającego go sklepienia niebios, szukał przez całe swe życie harmonii w otaczającym go świecie."

W 1923 roku podczas zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w Toruniu prof. Wł. Dziewulski wystąpił z inicjatywą powołania uniwersytetu w mieście urodzin M. Kopernika oczywiście z katedrą astronomii. Gdy więc w 1945 roku zaistniała możliwość tego uniwersytetu, nie zawahał się zatrzymać w Toruniu pociągu wiozącego emigrantów – pracowni ków USB do Łodzi...

W Toruniu po raz drugi rozpoczyna organizację uniwersytetu, a w nim własnego warsztatu naukowego i to w bardzo trudnych warunkach. Postawił sobie za cel zorganizowanie nowoczesnego ośrodka astronomicznego. Dotychczas takie placówki składały się zazwyczaj z jednej katedry, na czele której stał profesor mając do pomocy docenta, adiunkta oraz paru asystentów. Organizując astronomię w Toruniu prof. Wł. Dziewulski po raz pierwszy w Polsce postanowił powołać zespół katedr składający się z katedry astronomii oraz katedry astrofizyki. Kierownikiem pierwszej został on sam, a drugiej, prof. W. Iwanowska. Kierownikiem zespołu katedr został prof. Wł. Dziewulski. Przez dwie kadencje 1945–1947 był prorektorem UMK zajmując się dydaktyką oraz sprawami kadrowymi Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego. Nie zaniedbywał też organizowania swego warsztatu naukowego. Dzięki jego staraniom już w 1946 roku zostaje wydany pierwszy numer *Biuletynu Obserwatorium Astronomicznego* w Toruniu oparty na materiałach opracowanych jeszcze w Wilnie. Nadzwyczaj trudna sytuacja w zniszczonym wojną kraju zmusiła go do zwrócenia się z prośbą do zamożnych i nie zniszczonych obserwatoriów o wypożyczenie już nieużywanej ale jeszcze dobrej lunety. Dzięki pomocy prof. B. Lindblada, dyrektora obserwatorium w Sztokholmie, prof. Harlow Shapley z USA zaoferował wypożyczenie bardzo zasłużonego dla badań astrofizycznych – astrografu Drapera o średnicy 20 cm. Jednocześnie podjęto decyzję o budowie obserwatorium astronomicznego w Piwnicach koło Torunia. Pierwszy pawilon, w którym znalazł pomieszczenie astrograf Drapera, zbudowano w 1948 roku, a w następnym roku wykonano pierwsze obserwacje. W latach 1956-1958, dzięki staraniom Wł. Dziewulskiego, z Funduszu Odbudowy Stolicy zbudowano w Piwnicach dwa pawilony obserwacyjne oraz budynek, w którym znalazły pomieszczenia pracownie naukowe, biblioteka oraz pokoje noclegowe dla pracowników i gości. W pawilonach umieszczono dwie nie-

W majątku w Piwnicach: kochał konie... (wiosna 1950)

*) Inauguracyjny wykład Profesora, na reaktywowanym Uniwersytecie Wileńskim, zachowując w pełni oryginalne brzmienie, prezentujemy w innym miejscu tego zeszytu (red.)

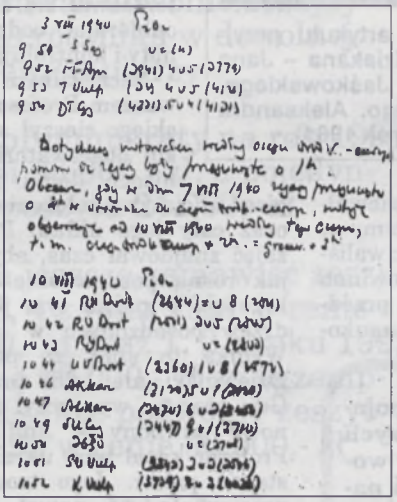
**) Opisywane tu budynki i instrumenty „obserwatorium Dziewulskiego" w Wilnie, prezentujemy razem z tekstem jego wykładu.

CH Cygni i inne...

gwiazdy zmienne Dziewulskiego

Dziewulski obserwował gwiazdy zmienne od 1910 do 1959 roku. Bardzo systematycznie, od czasu pojawienia się w obserwatorium wileńskim „szukacza komet" – 15 cm wizualnej lunety Zeissa (na zdjęciu). Obserwacje przy jej pomocy prowadził aż do 1940 roku, kiedy ostatecznie zakazano Polakom pokazywać się w obserwatorium.

Burzliwe czasy, wojna i zmiany polityczne nie przerywały obserwacji. Najważniejsze, że była pogoda: zapisy obserwacji znajdziemy m. in. 3 i 19 września 1939. Jedyne odbicie tego co się działo na Ziemi w „niebiańskich" zapiskach Profesora znajdujemy pod datą 3 sierpnia 1940 (reprodukcja obok), kiedy to odnotowuje zmianę czasu na... moskiewski. Przy okazji dowiadujemy się w jakim czasie były prowadzone notatki.

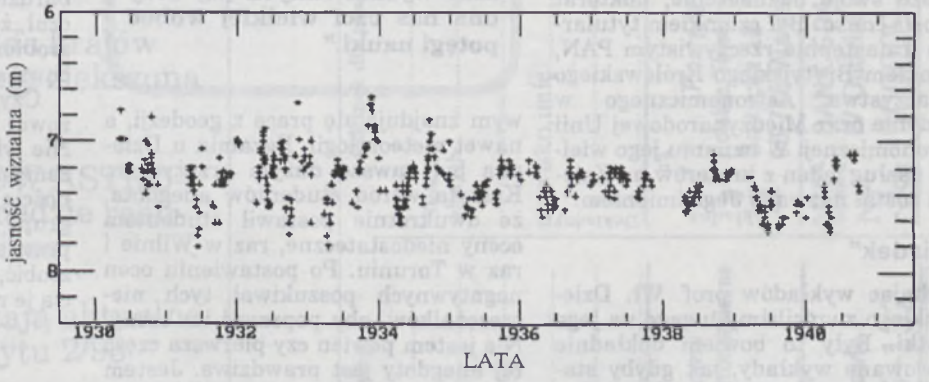


Zgromadzone przez Dziewulskiego obserwacje stanowią zupełnie unikatowy materiał. Część gwiazd – te „lornetkowe", jaśniejsze – były obserwowane nieprzerwanie do 1959 roku. Gwiazdy słabsze – „lunetowe" – w ciągu całego dziesięciolecia 1930– 1940. Bardzo niewielka ich część została opracowana i opublikowana, często zresztą w bardzo okrojonej postaci: w formie jasności w minimach i maksimach blasku. Dane podane w artykule obok, dla S Sge i TU Cas dotyczą tylko opublikowanych punktów. W rzeczywistości dla niektórych gwiazd „lornetkowych" w notatnikach Dziewulskiego znajduje się kilka tysięcy ocen blasku.

Wśród gwiazd, które obserwował Dziewulski znajduje się wiele obiektów wyjątkowo osobliwych, choć często okazało się to zupełnie niedawno. Jedną z takich gwiazd jest CH Cygni, jedna z najbardziej interesujących gwiazd na niebie i niewątpliwy kandydat do *Kosmicznej Menażerii* Postępów Astronomii. Oceny blasku Dziewulskiego były wyjątkową szansą przeanalizowania historycznej zmienności tej gwiazdy. Zupełnie nowego opracowania tych danych podjął się toruński astronom Marek Muciek. W dziele odczytania tych danych pomagała mu młodzież z prowadzonego przez niego w Obserwatorium w Piwnicach, kółka astronomicznego – Marek jest niestrudzonym popularyzatorem astronomii i wychowawcą. Wynik (na rysunku) był przedstawiony na 103 Kolokwium Międzynarodowej Unii Astronomicznej w 1987 roku w Toruniu, w postaci bodaj najdłuższego plakatu jaki kiedykolwiek widziano na konferencjach – w skali 1□dzień = 2 cm! To ostatnia praca Profesora Dziewulskiego – powstała blisko 30 lat po Jego śmierci. Wyniki te posłużyły potem do określenia wielu interesujących parametrów tej gwiazdy dotyczących jej aktywności, pulsacji, rotacji etc. CH Cygni należała niestety do gwiazd „lunetowych" i wojna przerwała obserwacje. Uważny czytelnik znajdzie na prezentowanym wykresie około półtoramiesięczną przerwę każdego lata – Profesor wyjeżdżał na wieś na wakacje.

Ponieważ historia taka jak z CH Cygni może się powtórzyć i jakaś inna gwiazda obserwowana przez Dziewulskiego może nagle okazać się niezmiernie interesująca, postanowiliśmy podać ich spis (prawdopodobnie niekompletny). Dane te można w każdej chwili wyciągnąć z zapisków Profesora (znajdują się w obserwatorium w Piwnicach), a ich nowoczesne opracowanie w oparciu o fotoelektryczne jasności używanych przez Dziewulskiego gwiazd porównania, daje możliwość uzyskania wiarygodnych i dokładnych wyników.

(m)



Spis gwiazd zmiennych obserwowanych przez Władysława Dziewulskiego (wg gwiazdozbiorów):

Aql: FF, FM, KL, SZ, TT; *Aur*: ε, AB, R, RT, RX, SX, TT, UX, UZ; *Boo*: RS, RV, RW, RY, UV; *Cam*: RW, RX; *Cas*: R, RW, SU, TU, W; *Cep*: AU, RZ; *CrB*: RT, RV; *Com*: R; *CVn*: R; *Cyg*: χ, AF, AR, AW, CD, CH, CQ, CU, DT, GQ, KR, SV, SZ, TX, UV, UY, VY, W, XZ; *Dra*: SU, SW, XZ; *Gem*: ζ, AD, SS, W; *Her*: AC, AK, DQ, TT; *Lyr*: RR; *Lac*: AG, BG, BS, RR, V, X, Z; *Mon*: AR, T; *Ori*: RS; *Per*: AS, AW, SV, X; *Sqe*: S; *Tau*: ST, SZ; *Vir*: AG, AH, AL, AS; *Vul*: R, SV, T, U, X

duże lunety częściowo wykonane we własnych warsztatach. W 1958 roku zakupiono w firmie Zeiss krótkoogniskową lunetę – szukacz komet – do obserwacji wizualnych, dla której pawilon został zbudowany na koszt samego Dziewulskiego. Ostatnie obserwacje wykonał w 1959 roku, a w 1960 promował dwu ostatnich doktorów. W tym też roku przeszedł na emeryturę. Niewiele to zmieniło w jego postępowaniu. W dalszym ciągu dojeżdżał do Piwnic na dwa lub trzy dni w tygodniu. W pozostałe dni przychodził do katedry.

Jego umiejętność postępowania z ludźmi, takt i zdolności dyplomatyczne oraz konsekwencja w postępowaniu powodowały, że wysuwano Go do załatwiania takich spraw, jakich innym na pewno nie udałoby się załatwić. Tak było pod koniec lat czterdziestych, gdy powstały tendencje do likwidacji towarzystw naukowych w ogóle, w tym też Towarzystwa Naukowego Toruńskiego. Wybrany został wtedy na stanowisko Prezesa, którym był w latach 1949 - 1956. Dzięki jego staraniom do likwidacji TNT nie tylko nie doszło ale nawet w tych latach nastąpił wzrost ilości członków oraz zwiększył się jego majątek.

O szacunku jakim się cieszył u władz wojewódzkich niech świadczy fakt, że w połowie lat pięćdziesiątych oddały one do dyspozycji prof. Wł. Dziewulskiego samochód osobowy z etatem kierowcy. Pojazd ten bardzo ułatwił nam dojazdy do obserwatorium.

Za swoją pracę na USB w Wilnie został w 1937 roku odznaczony Krzyżem Komandorskim Orderu Odrodzenia Polski. Uniwersytet Mikołaja Kopernika nadał Mu 1961 roku najwyższe swoje odznaczenie, doktorat *honoris causa*. Był członkiem tytularnym a następnie rzeczywistym PAN, członkiem Brytyjskiego Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego w Londynie oraz Międzynarodowej Unii Astronomicznej. W uznaniu jego wielkich zasług jeden z kraterów na Księżycu został nazwany Jego imieniem.

„Dziadek"

Słuchając wykładów prof. Wł. Dziewulskiego zwróciliśmy uwagę na jego notatki. Były to bowiem dokładnie opracowane wykłady, jak gdyby stanowiły końcową wersję podręcznika. Kilka lat później dowiedzieliśmy się, że w czasach okupacji napisał On podręczniki akademickie astronomii sferycznej i praktycznej, oraz geodezji wyższej, z myślą wydania ich po wojnie. Do ich wydania jednak nie doszło, gdyż był wtedy bardzo zajęty przy organizacji uniwersytetu i obserwatorium. W międzyczasie inni, którzy nie byli tak, zajęci napisali i wydali swoje podręczniki, tak, że jak sam twierdził, wydanie Jego książek straciło sens. Studenci pomimo tego korzystali z tych rękopisów. Mój rocznik np. przygotowywał się do egzaminu z geodezji właśnie z rękopisu napisanego przez prof. Wł. Dziewulskiego. Egzamin ten zdawaliśmy u „Dziadka", jak między sobą nazwaliśmy Profesora. Nikogo nie powinno dziwić, że wykładał On ten przedmiot. W jego bowiem dorobku naukowym znajdują się prace z geodezji, a nawet meteorologii. Egzamin u Dziadka był zawsze dużym przeżyciem. Krążyła wśród studentów anegdota, że dwukrotnie postawił studentom oceny niedostateczne, raz w Wilnie i raz w Toruniu. Po postawieniu ocen negatywnych poszukiwał tych nieszczęśników, aby poprawić im oceny. Nie jestem pewien czy pierwsza część tej anegdoty jest prawdziwa. Jestem natomiast przekonany, że gdyby oceny niedostateczne rzeczywiście postawił, to na pewno poszukiwałby „pokrzywdzonych", aby naprawić tę krzywdę. Osobiście znam tylko dwie osoby, które otrzymały u Niego oceny dostateczne na egzaminie.

Na egzamin u Dziadka po prostu nie wypadało przyjść nie przygotowanym. Zła odpowiedź, na postawione pytanie sprawiały mu zbyt wielką przykrość.

Profesor dr Wł. Dziewulski posiadał wypracowany nawyk polegający na tym, że pierwszym odruchem po zaobserwowaniu jakiegokolwiek zjawiska było odnotowanie momentu czasu i dopiero w następnym odruchu miejsca zaistnienia tego zjawiska. Nawyk ten starał się zaszczepić swoim uczniom i współpracownikom. Gdyśmy relacjonowali mu przebieg jakiegoś zjawiska, to pierwsze Jego pytanie brzmiało: *która wtedy była godzina*? Dopiero po uzyskaniu odpowiedzi na to pytanie pytał: *Gdzie*? Zawsze twierdził, że obserwacja bez umiejscowienia w czasie nie posiada żadnej wartości. Z tego powodu interesował się służbą czasu odbierając codziennie sygnały i kontrolując zegary.

Szczególnym zainteresowaniem Profesora Dziewulskiego cieszył się park wokół obserwatorium w Piwnicach. Jemu należy przypisać inicjatywę założenia tego parku oraz cały jego układ. Pomimo tylu zajęć znajdował czas, aby sprawdzić jak rosną poszczególne drzewa czy krzewy. W parku tym jest niewiele drzew posadzonych w linii prostej. Wynika to stąd, że prof. dr Wł. Dziewulski nie lubił prostych alei. Gdy geodeta wyznaczył miejsca pod nowe pawilony w linii prostej, to Profesor kazał nam ukradkiem przestawić paliki. Jego troska o park przejawiała się nawet w tym, że nigdy nie zrywał kwiatów na niej rosnących. Zawsze dla swojej małżonki przywoził z Piwnic bukiety kwiatów polnych.

Z głęboką troską obserwowaliśmy jak wiek, a nie choroba, podkopywały jego zdrowie. Widzieliśmy jak coraz bardziej gorączkowo pracował, jakby czuł, że pozostało Mu jeszcze dużo do zrobienia. Pracował do ostatnich chwil swego życia.

Czy Władysław Dziewulski zrealizował swoje marzenia młodzieńcze? Nie wiemy, gdyż ich nie znamy. Możemy natomiast z całą odpowiedzialnością stwierdzić, że należał do tej grupy astronomów, którzy nie rozprawiają o rzeczach, które należałoby zrobić, natomiast z całą konsekwencją je realizują.

Promocję doktorską na UMK autor artykułu przyjmował z rąk profesorów (od lewej): dziekana – Jana Krupowicza, rektora – Stanisława Jaśkowskiego, promotora – Władysława Dziewulskiego, Aleksandra Jabłońskiego i Witolda Zacharewicza (rok 1961).

„Wraz z kultem nauki pojawia się w duszach naszych uczucie głębokiej pokory wobec tych rozległych zadań nauki, jakie stają przed naszymi oczami, wobec tych obszarów, rosnących coraz bardziej, których duch ludzki nie jest w stanie objąć. Pokora ta uczy nas poznawać najlepiej siebie samego, pozwala oceniać wysiłki innych [...] uczy ona nas czci wielkiej wobec potęgi nauki."

Stanisław Gąska

fotografie pochodzą ze zbiorów autora oraz Cecylii Iwaniszewskiej i Wilhelminy Iwanowskiej

Autor należy do toruńskiego pokolenia uczniów Profesora. ***Stanisław Gąska*** *jest wieloletnim kierownikiem Zakładu Mechaniki Nieba w Instytucie Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Przed laty, dziekan Gąska przyjął (z Warszawy) na UMK, dwoje studentów... dziś 2/3 Redakcji.*

Prenumerata 1993

- Najpewniejszym i najtańszym sposobem zapewnienia sobie dostępu do POSTĘPÓW ASTRONOMII jest prenumerata
- Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym obok przekazie
- Prosimy o czytelne wypełnienie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu
- POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy
- Cena prenumeraty na rok 1993 wynosi 96.000,- zł, a pojedynczego zeszytu 24.000,- zł
- Można jeszcze zamawiać zeszyty 2, 3, 4 z roku 1991 w cenie 15.000,- zł oraz 1, 2 z roku 1992 w cenie 20.000,- zł za egzemplarz, a także podwójny zeszyt 3-4/1992 w cenie 30.000,- zł
- Koszt przesyłki w kraju jest wliczony w koszt prenumeraty
- Cena prenumeraty do krajów europejskich jest zwiększona o 75%
- Cena prenumeraty do krajów pozaeuropejskich jest ziększona o 150%
- Wysyłka POSTĘPÓW ASTRONOMII za granicę będzie realizowana pocztą lotniczą
- Podane ceny pozostają aktualne aż do wydania zeszytu 2/93

Reklamacje dotyczące prenumerat prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora pod adresem: **Sławomir Kruczkowski, ul. Królewska 3b/22, 86-300 Grudziądz, tel. (0-51) 26650.**

W następnych numerach

postępów astronomii

- **Samosoczewkowanie gwiazd neutronowych**
- **Pola magnetyczne w galaktykach**
- **Sprawa Galileusza**
- **Komety nad Piwnicami**
- **Supernowa 1993J**

Odcinek dla banku

zł .....
Słownie złotych .....
.....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....
.....
Dokładna nazwa na r-k „Postępy Astronomii" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa
nazwa banku BANK GDAŃSKI IV Oddział w Warszawie
Nr r-ku 300009–6536–132
Pobrano opłatę zł .....
Podpis przyjmującego .....
stempel

Odcinek dla posiadacza rachunku

zł .....
Słownie złotych .....
.....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....
.....
Dokładna nazwa na r-k „Postępy Astronomii" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa
nazwa banku BANK GDAŃSKI IV Oddział w Warszawie
Nr r-ku 300009–6536–132
Pobrano opłatę zł .....
Podpis przyjmującego .....
stempel

Pokwitowanie dla wpłacającego

zł .....
Słownie złotych .....
.....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....
.....
Dokładna nazwa na r-k „Postępy Astronomii" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa
nazwa banku BANK GDAŃSKI IV Oddział w Warszawie
Nr r-ku 300009–6536–132
Pobrano opłatę zł .....
Podpis przyjmującego .....
stempel

WYPEŁNIĆ I WYCIĄĆ

UNIWERSYTECKA w TORUNIU

Listy Czytelników

Przykro mi to mówić, ale czuję się tak, jak zawodowi astronomowie bezskutecznie usiłujący nawiązać kontakt z innymi cywilizacjami w kosmosie. Ja, skromny miłośnik astronomii na peryferiach Lublina wśród garstki świetnych, ale strasznie ogólnikowych i trochę nieaktualnych źródeł, pośród skandalicznych podręczników szkolnych z całej piersi wołam o pomstę do nieba, że tak mało się mogę o nim dowiedzieć. Jesteście moją ostatnią deską ratunku! Przez cztery lata nie mogę osiągnąć szczytu swych marzeń – chociaż przez chwilę potrzymać w ręku numer „Uranii", zdobyć więcej niż jedno pismo astronomiczne na miesiąc, poznać wciąż niezgłębioną tajemnicę danych z „Voyagerów" (nie zaś trochę jej strzępów z prasy i telewizji). Apeluję do wszystkich, w których tli się duch astronomii: pomóżcie!

Karol Pankowski – Lublin

Red. „Uranię" anonsowaliśmy w zeszycie PA2/91. Bardzo lubimy „Uranię", zazdrościmy jej miesięcznego cyklu wydawniczego i tradycji. Prenumerata „Uranii" na rok 1993 kosztuje 200.000,- zł, ale lepiej upewnić się u wydawcy: Zarząd Główny PTMA, ul. Św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków.

Postępy Astronomii uważam za bardzo dobre pismo. Powinno ono w dalszym ciągu popularyzować osiągnięcia astronomii i przybliżać ją najszerszym kręgom społeczeństwa, gdyż niestety literatura na ten temat jest rzadkością. Może mógłbym otrzymać jakieś dane o komecie (dwa warkocze) widocznej w latach pięćdziesiątych przez wiele nocy. Byłem wtedy kilkuletnim chłopcem i do tej pory przypominam sobie jakie ona wywołała zainteresowanie wśród ludzi. Przypuszczam, że była to kometa 1957 III Arendt-Roland.

Życzę redakcji sukcesów w popularyzacji astronomii i rozwoju pisma „Postępy Astronomii". Może stanie się miesięcznikiem?

Władysław Polak – Żywiec

Red. Redakcja miała w 1957 roku około 10 lat (łącznie) i nazwy komety nie pamięta z tych samych powodów. Może ktoś z Czytelników nam pomoże? Z miesięczników polecamy „Uranię", nas na to nie stać.

Z przyjemnością czytam wydawany przez Państwa kwartalnik „Postępy Astronomii". Chciałbym podzielić się kilkoma uwagami na temat dystrybucji PA.

Zaprenumerowałem „Postępy" z trzech powodów, a to: 1) interesujących publikacji, które spodziewam się znaleźć na łamach pisma, 2) chęci pomocy Redakcji w trudnej sytuacji finansowej, 3) uniezależnienia się od wzrostu ceny pisma w ciągu roku. Wyjaśnienia wymaga powód numer 2. Jak można się domyśleć, aby wydać pismo, trzeba mieć na początek pewne środki. Uzyskuje się je poprzez zebranie zaliczek od prenumeratorów na poczet kolejnych numerów.

W ubiegłym roku moje wątpliwości budziła terminowość doręczenia pisma. Zdarzało się tak, że nowy numer był już w wolnej sprzedaży, a prenumerata jeszcze nie przyszła. Myślę, że prenumeratorzy winni być obsługiwani bezwzględnie w pierwszej kolejności (rozumiem, że zaadresowanie wielu kopert jest czaso- i pracochłonne – najwyższy czas wykorzystać do tego komputer).

I druga sprawa. Większość zeszytów (w tym nr 1/92) otrzymałem w bardzo złym stanie – pogniecione. Winą za to obarczam pocztę, ale i nadawcę. Zwykle, szare koperty, jakie Państwo stosujecie, nie zapewniają doręczenia pisma w stanie, w jakim zostało ono włożone do tejże koperty. Jest to szczególnie denerwujące z tego powodu, iż w miejscach zgięcia pozostają trwałe ślady.

Sugeruję stosowanie lepszych opakowań i znakowanie przesyłek pieczęcią o treści: NIE ZGINAĆ? (litery o wys. 3 cm lub większe)

Paweł Sobotko – Olsztyn

Red. Nasz klient – nasz „per" Pan! Poza kopertami (na razie na lepsze nas nie stać) instrukcję ściśle wykonaliśmy. I tak mamy sygnały, że Postępy potrafią przyjść bez opakowania, zwinięte w rulon i opasane gumką (sic!). Może pomoże trochę foliowanie okładek, a może na poczcie też chcą nas czytać?

Zrozumiałe jest, że – w tych trudnych czasach – nie każdy numer waszego kwartalnika może być wydrukowany i przesłany w terminie. 2/92 był ostatnim, jaki otrzymałem (prenumerata opiewa na wszystkie 4...). Może powinienem wykazać się większą cierpliwością, ale z natury jestem człowiekiem dość porywczym – wybaczcie więc, że dopominam się o następne.

Jesteście na naszym rynku **bezkonkurencyjni**, nie wahajcie się zatem podnieść ceny PA do – powiedzmy – 25 tys. jeśli ten pieniądz miałby zaoszczędzić nieco czasu (ale palnąłem – może już kosztujecie 30 ?).

Mimo powyższego życzę Wam wspaniałego 1993 roku oraz utrzymania się na poziomie, jaki do tej pory prezentowaliście – wszystkiego najlepszego!!!

Na zakończenie pytanie: Gdzie, jak można zdobyć (kupić, wygrać , ukraść) Atlas Nieba – taki, aby gwiazdy ~ 10" także w nim istniały („Uranometria" lub podobny).

Pomóżcie, bo wynajęcie prywatnego detektywa niechybnie mnie zrujnuje.

Krzysztof Juszczyszyn – Wrocław

Red. Może wynajmiemy detektywa wspólnie? „Uranometrię" – rzeczywiście świetny atlas – którą mieliśmy w obserwatorium w Piwnicach, właśnie nam... ukradli! W sprawie adresów i sposobów zamawiania podobnych wydawnictw, sądzimy że mogą pomóc biblioteki uniwersyteckich lub PANowskich instytutów astronomicznych. Np. we Wrocławiu (ul. Kopernika 11).

Najserdeczniejsze dzięki za wieści!!! A w dodatku taaakie wieści; sama pochodzę z Krakowa, no i... także jestem astronomem, więc „uczta" to dla mnie nie lada – to wydanie PA.

Waszemu całemu zespołowi, grupie redakcyjnej – przekazuję dużo, dużo serdecznych pozdrowień z Wiednia!! Przede wszystkim jednak życzę Wam dużo siły w (absolutnie zwariowanej) pracy wydawniczej, której posmak także trochę znam; w ub. roku współorganizowałam tutaj konferencję IAU („Inside the Stars")... do dzisiaj „walczymy" z wydaniem „proceedings"...

Dlatego wytrwajcie!! PA nie da się w ogóle porównać z takimi suchymi „proceedings"; PA – poza ładunkiem wiedzy – to po prostu miód prosto w serce!!! – a to nie każdy potrafi... trzymajcie się!!

Jadwiga Donatowicz – Vienna

Red. I jak tu przestać – choćby z półrocznym opóźnieniem – wydawać te Postępy, skoro nas tak kochają... Pozdrawiamy Jadzię i czekamy na propozycję artykułu – oczywiście do napisania, nie do przeczytania!

Zamówienie na następujące zeszyty postępów astronomii
(wpisać ilość egzemplarzy w odpowiednie kratki)

1991 1992

2 15000 zł 1 20000 zł
3 15000 zł 2 20000 zł
4 15000 zł 3-4 30000 zł

1993 (prenumerata)

1 24000 zł 3 24000 zł
2 24000 zł 4 24000 zł

razem: ..... zł

ceny aktualne do wydania PA2/93

Zamówienie na następujące zeszyty postępów astronomii
(wpisać ilość egzemplarzy w odpowiednie kratki)

1991 1992

2 15000 zł 1 20000 zł
3 15000 zł 2 20000 zł
4 15000 zł 3-4 30000 zł

1993 (prenumerata)

1 24000 zł 3 24000 zł
2 24000 zł 4 24000 zł

razem: ..... zł

ceny aktualne do wydania PA2/93

Zamówienie na następujące zeszyty postępów astronomii
(wpisać ilość egzemplarzy w odpowiednie kratki)

1991 1992

2 15000 zł 1 20000 zł
3 15000 zł 2 20000 zł
4 15000 zł 3-4 30000 zł

1993 (prenumerata)

1 24000 zł 3 24000 zł
2 24000 zł 4 24000 zł

razem: ..... zł

ceny aktualne do wydania PA2/93

WYCIĄĆ I WYPEŁNIĆ

Io: globalny wulkan

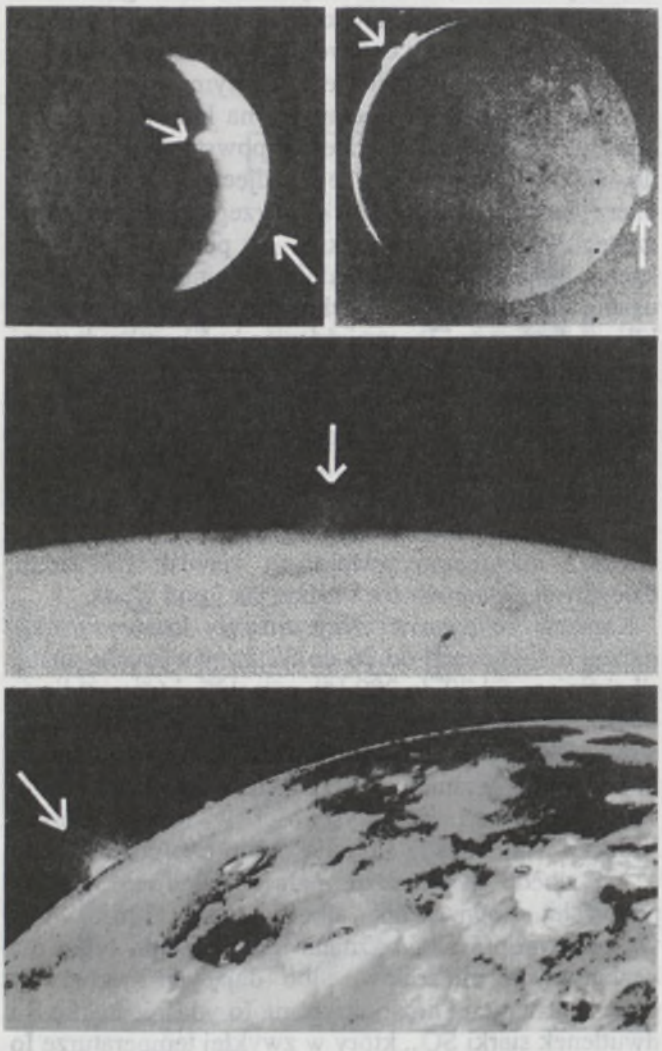
Andrzej Woszczyk

Najbliższy Jowisza z czterech odkrytych prawie czterysta lat temu przez Galileusza jego satelitów, Io, to najbardziej wulkanicznie aktywne ciało Układu Planetarnego. Najpierw, w 1973 roku, duże zdziwienie astronomów wywołało odkrycie wokół niego sodowej atmosfery. Sądzono bowiem, że ten wielkości naszego Księżyca satelita jest po pierwsze wystygły w całej swojej objętości, a po drugie za mały, aby utrzymać wokół siebie jakąkolwiek atmosferę. Później odkryto, że atmosfera Io zawiera również związki siarki, a następnie, że cała orbita Io zatopiona jest w gorących gazach tworzących gigantyczny wokółjowiszowy pierścień (torus). Zrozumiano wtedy, że to właśnie ten plazmowy twór jest odpowiedzialny za obserwowane wcześniej zmiany dekametrowego promieniowania radiowego Jowisza i w sposób istotny wpływa na magnetosferę naszego planetarnego olbrzyma. Ale trzeba było dopiero kamer Voyagerów w 1979 roku, aby zrozumieć przyczynę tych odkryć, która kryła się w niesłychanie dużej aktywności wulkanicznej Io. Już pierwsze zdjęcie Io pokazało 8 czynnych równocześnie wulkanów co zostało okrzyknięte jako najbardziej sensacyjne odkrycie dokonane przez misję Voyagerów. Nie dla wszystkich jednak to odkrycie było niespodziewane. Zaledwie na 3 dni przed dotarciem Voyagera 1 do Jowisza i jego rewelacyjnymi niewątpliwie zdjęciami ukazał się, w *Science*, artykuł trzech astronomów kalifornijskich Peale'a, Cassena i Reynoldsa w którym autorzy stwierdzają, że na Io może istnieć „działalność wulkaniczna dość rozległa i powtarzająca się", oraz że Io wydaje się być „ciałem planetarnym typu ziemskiego najbardziej intensywnie ogrzewanym". Trudno marzyć o bardziej szybkim i spektakularnym potwierdzeniu hipotezy naukowej! Swe wnioski autorzy kalifornijscy opierali na analizie efektów pływowych wywoływanych na Io przez jego najbliższych kosmicznych sąsiadów. Stwierdzili np., że tylko sam satelita jowiszowy Europa może wywoływać na Io efekty pływowe o energiach tak wielkich, że byłyby zdolne stopić całe jego wnętrze. Rachunki jakie przeprowadzili mogły być wykonane już wiele lat wcześniej, ponieważ wszystkie potrzebne do nich dane wyjściowe były dobrze znane. Ale brakowało czegoś bardzo istotnego, aby je podjąć: motywacji. Widziany z Ziemi Io ma średnicę kątową około 1 sekundy łuku, a to odpowiada wielkości, ograniczonej przez naszą atmosferę, zdolności rozdzielczej obrazów uzyskiwanych przez naziemne teleskopy i nie dawało żadnych szans sprawdzenia jakiejkolwiek hipotezy dotyczącej struktury jego powierzchni.

Io wyróżnia się wśród innych satelitów galileuszowych również swym bardzo wysokim albedo (70%) i swymi kolorami: czerwonym, pomarańczowym, żółtym i białym. Ponadto jest jedynym, obok Europy, satelitą w Układzie Planetarnym na którego powierzchni nie obserwuje się kraterów powstałych na skutek upadku meteorytów. Na jego zdjęciach wykonanych przez kamery Voyagerów dostrzega się generalnie szczegóły o średnicach 5 km – w pewnych przypadkach – nawet 1 km. Sąsiednie, Ganimedes i Callisto usiane są kraterami pochodzenia meteorytowego, bliższa Jowiszowi Io musiała więc być bombardowana co najmniej tak samo często. Widocznie powstałe w czasie upadków meteorytów kratery były następnie wypełniane materiałami pochodzącymi z wybuchów wulkanów i zalewane lawą wulkaniczną i to w tempie pozostawiającym około 100 do 1000 metrów osadów na milion lat. Jest to tempo około 16 do 160 razy większe niż tempo podobnych zjawisk na Ziemi, dziejących się zarówno na lądzie jak i pod wodą.

Kamery Voyagerów zarejestrowały kratery wulkaniczne o średnicach od 20 do 80 km i wybuchy materii sięgające od 70 do 280 km wysokości (patrz zdjęcie obok). W okresie 3 miesięcy oddzielającym wizyty Voyagera 1 od Voyagera 2 wybuchy np. wul- kanu nr 2, Loki, uległy zmianie od 120 km w czasie pierwszej wizyty, do 175 km wysokości w czasie drugiej. Kaldery wulkaniczne zajmują około 5% powierzchni, a ich albedo jest bardzo małe – zaledwie 5%. Na pozostałej powierzchni albedo osiąga 76%. Tak wysoka wartość albeda znana jest na Ziemi tylko dla bezbarwnych minerałów, albo dających bezbarwny puder jak siarka. Otóż odkryto na Io właśnie siarkę S i dwutlenek siarki SO_2, który w zwykłej temperaturze Io – około -145°, jest białym ciałem stałym. Na innym krańcu skali temperatury zmierzono +17° w ciemnych plamach na południu wulkanu Loki: w tej temperaturze siarka jest w stanie płynnym i jej gęstość jest wtedy ok. 2 g/cm^3. Gęstość średnia Io wynosi 3,5 g/cm^3 . Tak jak w przypadku innych ciał planetarnych również i Io posiada zróżnicowaną strukturę gęstości: na wierzchu znajdują się ciała najlżejsze: stopiona siarka z, lub bez SO_2, dalej skorupa ze zestalonej siarki i z zestalonego SO_2 przebita kominami wulkanów. Erupcje wulkanów dostarczają na zewnątrz siarkę i jej

związki w stanie stałym, płynnym i gazowym. Gazy, głównie dwutlenek siarki, tworzą atmosferę, której zarówno skład jak i gęstość zmienia się w czasie i przestrzeni w rytm wybuchów wulkanów. Atmosfera ta z kolei zasila w materię olbrzymi, otaczający Jowisza pierścień gorącego gazu, torus, w którym przebiega orbita Io. Zrozumienie więc atmosfery Io ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia plazmy torusa, która z kolei istotnie wpływa na magnetosferę Jowisza.



Uzyskane z Voyagerów, barwne obrazy powierzchni Io obiegły w swoim czasie całą popularnonaukową (i nie tylko) prasę na świecie i do dziś stanowią jedną z większych atrakcji i prawdziwą ozdobą wszelkich książek i wydawnictw poświęconych naszemu układowi planetarnemu. Czytelnik zapewne z łatwością je odnajdzie. Przypominamy tu – w wersji czarno-białej – kilka szczególnie interesujących obserwacji kiedy to aktywne wulkany znajdują się w pobliżu brzegu tarczy Io, tworząc charakterystyczne, sięgające niemal 300 km wysokości, fontanny. Obrazy uzyskano z różnej odległości, stąd zmieniająca się iiość szczegółów widocznych na powierzchni. Już pierwsze zdjęcia (para mniejszych zdjęć) ukazały zarówno pióropusze wulkanów bliskich brzegowi tarczy jak i na jej tle – wulkan Loki widoczny na lewym górnym zdjęciu w pobliżu linii terminatora (zdjęcia NASA).

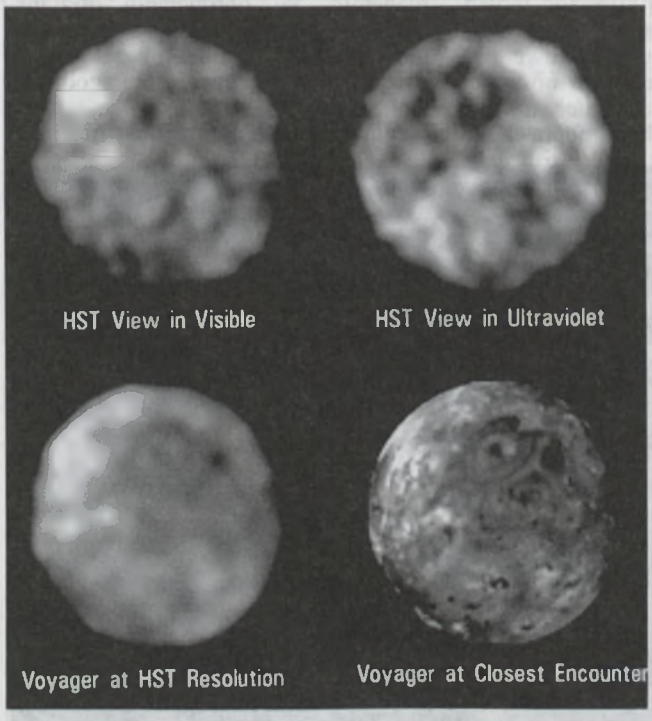
Statki międzyplanetarne Voyager dokonały wielu wspaniałych odkryć, ale też pozostawiły wiele pytań dotyczących Io bez odpowiedzi. Na przykład jaki jest dokładnie skład powierzchni? Jak zjawiska wulkaniczne zmieniają powierzchnię? Czy atmosfera rozciąga się całkowicie wokół tego satelity, czy też „wymarza" na nocnej stronie Io? Jak daleko od powierzchni rozciąga się atmosfera, jaka jest jej gęstość i jakie wywiera ciśnienie na powierzchnię? Jakie są mechanizmy „przepływu" materii z Io (w ilości jednej tony na sekundę) do torusa?

Ponieważ Io jest tak mała i tak daleko, że dla naziemnych teleskopów nierozróżnialna jest jej powierzchnia, odpowiedzi na powyższe pytania można było szukać dopiero gdy Teleskop Kosmiczny Hubble'a znalazł się na orbicie. Z jednej strony teleskop kosmiczny jest teleskopem posiadającym dziesięciokrotnie większą zdolność rozdzielczą w porównaniu z teleskopami naziemnymi, a z drugiej – teleskopem pracującym w ultrafioletowej części widma. Ponieważ atmosfera Io jest złożona głównie z dwutlenku siarki jej badania mogą najlepiej być prowadzone w ultrafiolecie, który niestety jest absorbowany przez ziemską atmosferę. Uniemożliwia to badanie atmosfery Io z Ziemi i wymaga obserwatorium ulokowanego na orbicie. Ponadto, teleskop kosmiczny pojawił się w 13 lat po misji Voyagerów – daje to więc szansę na obserwacje ewentualnych zmian jakie zaszły w tym czasie zarówno w strukturze powierzchni, jak i w parametrach fizykochemicznych atmosfery.

I z taką właśnie naukową motywacją Teleskop Hubble'a został skierowany na Io w dniu 15 marca 1992 roku. Uzyskano pierwsze po 13 latach zdjęcia tego globu i przeprowadzono obserwacje spektroskopowe. W tym czasie Io była odległa od Ziemi o około 675 milionów kilometrów, a kamery HST rozróżniały na jej powierzchni szczegóły o rozmiarach rzędu 240 km. Była więc to podobna „dokładność" obserwacji do tej jaką mamy obserwując nasz ziemski Księżyc gołym okiem. Dla porównania tych obrazów z wcześniejszymi obrazami Voyagerów, dokonywanymi przecież z bardzo małych odległości, jakby „rozogniskowywano" obrazy uzyskane przez Voyagery dopasowując ich zdolność rozdzielczą do rozdzielczości obrazów z HST. Przykład takich operacji podany jest na 1 stronie okładki i – w wariancie czarno-białym – obok. Wypływający z tych analiz wniosek jest dość zaskakujący: w ciągu ostatnich 13 lat nie widać wyraźnych zmian struktury powierzchni Io. Drobiazgowa analiza dla wykrycia mało rzucających się w oczy zmian jest w dalszym ciągu prowadzona. W szczególności podejrzewa się 2 małe obszary o średnicy około 300 km, o to, że być może

uległy drobnym zmianom. Ale brak istotnych wielkoskalowych zmian jest dość tajemniczy, bowiem znana nam aktywność wulkaniczna Io powinna bardzo szybko zmieniać rzeźbę jej powierzchni. Chyba, że jest jakaś stała równowaga między erupcjami wulkanicznymi i jakimiś nieznanymi procesami, które usuwają lub maskują wulkaniczne szczątki. W takim wypadku ogólny wygląd powierzchni Io pozostanie taki sam przez bardzo długi okres czasu.

Obrazy Io w świetle widzialnym i ultrafioletowym bardzo różnią się. Na ogół obszary jasne w świetle widzialnym, są ciemne w ultrafiolecie. Najprostszym wyjaśnieniem tego faktu jest hipoteza, że duże obszary Io są pokryte szronem dwutlenku siarki. Ponieważ SO_2 silnie absorbuje promieniowanie UV, obszary gdzie występuje są ciemne w ultrafiolecie, chociaż w świetle widzialnym są one jasne. Względna jasność odpowiednich obszarów w obu zakresach widmowych zależy również od występowania ziaren dwutlenku siarki i ich rozmiarów. Uzyskano również zdjęcia Io w



Satelita jowiszowy Io widziany przez kamerę dla słabych obiektów (FOC) Teleskopu Kosmicznego Hubble'a (to samo zdjęcie prezentowane jest na okładce).
Obraz górny, lewy: satelita w świetle widzialnym.
Obraz górny, prawy: satelita w świetle ultrafioletowym.
Na obu obrazach przedstawiona jest ta sama półkula satelity. Obszary, które wyglądają jasne w świetle widzialnym, są ciemne w UV. Najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem jest przypuszczenie, że duże obszary Io są pokryte szronem dwutlenku siarki. Ponieważ dwutlenek siarki jest silnym absorberem promieniowania UV, bogate w SO_2, chociaż jasne w świetle widzialnym, są ciemne w ultrafiolecie.
Obraz dolny, prawy: Obraz Io uzyskany 13 lat temu przez Voyagera, z odległości ok. 400 tys. km od satelity w świetle widzialnym.
Obraz dolny, lewy: Ten sam obraz Io „rozogniskowany" tak, aby odpowiadał zdolności rozdzielczej zdjęć uzyskanych kamerą słabych obiektów (FOC) Teleskopu Kosmicznego Hubble'a (dzięki uprzejmości Francesca Paresce z ESA/STSci i Paola Sartoretti z Uniwersytetu w Padwie oraz NASA – obraz z Voyagera).

bliskiej podczerwieni. Wykluczyły one możliwość występowania na powierzchni Io bazaltów, a tym samym wsparły modele powierzchni Io, które przewidywały, że powierzchnia ta zbudowana jest głównie z siarki i dwutlenku siarki.

Obserwatorzy zjawisk zaćmieniowych w układzie księżyców Jowisza od około 30 lat sygnalizowali okazyjne pojaśnienia Io w momencie wychodzenia z cienia tarczy jowiszowej. Jim Secosky z ekipy badającej Io przy pomocy teleskopu kosmicznego postanowił to sprawdzić. Pojaśnienia takie mogłyby powstawać na skutek raptownego parowania szronu, który z kolei, mógłby utworzyć się gdy satelita przebywał w cieniu Jowisza. Nie zauważono takiego efektu i stąd wnosi się, że takie pojaśnienia, jeśli realne, mogłyby być powodowane przypadkowymi wybuchami wulkanów w momencie wychodzenia satelity z zaćmienia.

Obserwacje widma emisyjnego gazowej siarki i dwutlenku siarki pochodzącego z atmosfery Io przeprowadzone przy pomocy Teleskopu Hubble'a wskazują, że rozległość atmosfery tego satelity jest znacznie mniejsza niż początkowo przypuszczano. Dotychczas oceniano, że atmosfera Io może sięgać nawet do 5 średnic Io. Teraz ogranicza się jej rozpiętość do 1,5 średnicy satelity, a ponadto stwierdza, że jest ona bardzo niejednorodna. Mogą w niej występować obszary o bardzo dużej gęstości wywierające ciśnienie tysiąc razy większe niż ciśnienie w przyległych obszarach niżowych. Dzieje się tak głównie nad wulkanami i obszarami powierzchniowych szronów. Atmosferyczne gazy na Io pochodzą niewątpliwie z wybuchów wulkanów, parowania powierzchniowych szronów z rejonów oświetlanych światłem słonecznym i materiałów wybijanych z powierzchni do atmosfery. Siarka z wulkanicznych „fontann" nie może jednak bezpośrednio wydostać się w przestrzeń i np. zasilać plazmę torusa. Ale zarówno siarka, jak i tlen mogą być wypompowywane z atmosfery Io w drodze złożonych procesów zachodzących między atmosferą satelity i plazmą torusa.

Obserwacje Teleskopem Hubble'a odkryły występowanie tlenu w gazach torusa oraz pozwoliły wyznaczyć jego gęstość i obfitość w stosunku do siarki. Okazuje się, że tlen jest głównym składnikiem plazmy torusa i jest go około dwa razy więcej niż siarki.

Taki jest obecnie, pobieżnie tu zrelacjonowany, stan wiedzy o tym najciekawszym chyba satelicie w Układzie Słonecznym. Badania dalej trwają. Opracowuje się nowe i bardziej złożone modele jego powierzchni, atmosfery i torusa. Ekipy Teleskopu Kosmicznego Hubble'a obiecują sobie wiele po kolejnych, już zresztą planowanych, seansach obserwacyjnych.

Wszystkie materiały dotyczące wyników z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a uzyskano dzięki uprzejmości dr-a F. Duccio MACCHETTO, przedstawiciela Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w Space Telescope Science Institute, Baltimore, USA.

Planetoidy przetrwały, w praktycznie niezmienionej postaci, jako pozostałość tych zamierzchłych czasów gdy powstawał nasz Układ Słoneczny. Możemy je więc traktować jako swoiste „wykopaliska archeologiczne"

Początek nowej ery w badaniach planetoid

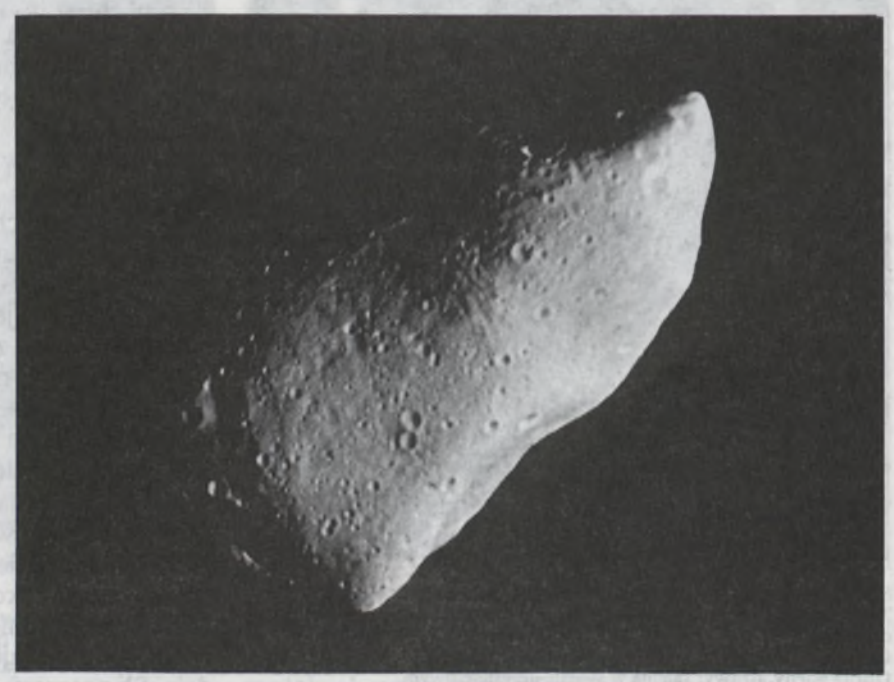
Tomasz Kwiatkowski

Jeszcze do niedawna nasza wiedza o własnościach fizycznych planetoid była nader skąpa. Znaliśmy orbity ok. 5 tys. tych obiektów, jednak wszystkie informacje dotyczące ich ruchu obrotowego, kształtu i struktury powierzchni otrzymywane były drogą pośrednią z analizy obserwacji naziemnych (głównie fotometrii, spektrofotometrii oraz polarymetrii).

Można oczywiście postawić pytanie, czy planetoidy są aż tak ciekawymi obiektami, by wymagały głębszego zbadania. Obecnie wiemy, że stanowią one w miarę dobrze zachowane pozostałości po początkowym okresie formowania planet w mgławicy protoplanetarnej. Możemy więc je traktować jako swoiste „wykopaliska archeologiczne". Zbierając skorupy naczyń z dawnych czasów, archeolog może dowiedzieć się wielu ciekawych rzeczy o ludziach, którzy je pozostawili. Podobnie astronom, badając planetoidy, będące stosunkowo mało przetworzonymi bryłami minerałów z odległej przeszłości Układu Planetarnego, może uzyskać cenne informacje o mechanizmach powstania planet, a więc i Ziemi.

Wypadałoby teraz wyjaśnić, czym jest – wspomniany w tytule – przełom w badaniach małych planet. Chodzi tu głównie – choć, jak się okaże dalej, nie jedynie – o przelot sondy Galileo w pobliżu planetoidy 951 Gaspra. Wykonane przez nią zdjęcia (fot. obok oraz na rozkładówce) ukazały bezpośrednio powierzchnię jednej z małych planet. Gaspra, jedna z wielu planetoid krążących w głównym pasie, okazała się być odłamkiem skalnym o rozmiarach ok. 19×12×11 km, obracającym się wokół osi z okresem ok. 7 godzin. Nieregularny kształt Gaspry sugeruje, że jest ona „odpryskiem" ze zderzenia dwóch planetoid – potwierdza to również obecność na jej powierzchni kilku prostoliniowych bruzd, które mogły powstać w wyniku pęknięć w ciele macierzystym w chwili jego rozpadu. Bruzdy zostały odkryte wcześniej jedynie na jednym z dwóch księżyców Marsa – Fobosie – jednak przewidywano ich istnienie w przypadku planetoid.

Uzyskanie tak cennych zdjęć Gaspry nie byłoby jednak możliwe bez wcześniejszych, naziemnych obserwacji (patrz ramka na sąsiedniej stronie). Część z nich posłużyła do poprawienia orbity planetoidy (bez tego sonda mogłaby minąć ją w znacznie większej odległości), inne zaś – głównie obserwacje fotometryczne zmian jasności Gaspry – doprowadziły do wyznaczenia szeregu parametrów fizycznych. Mowa tu o okresie obrotu (w tym przypadku uzyskano dokładność 0.2 sekundy!), kierunku rotacji, współrzędnych bieguna oraz kształtu trójosiowej elipsoidy, przybliżającej powierzchnię planetoidy. Pozwoliło to tak zaplanować sesję zdjęciową Galileo, by np. potrafił on dobrać wielkość kadru do chwilowych rozmiarów kątowych obiektu lub by nie robił zbyt wielu zdjęć w czasie, gdy tylko niewielka część widocznej powierzchni planetoidy była oświetlona przez Słońce. Podobna, wstępna kampania obserwacyjna jest prowadzona w przypadku planetoidy 243 Ida, którą Galileo minie w sierpniu tego roku. W analizie materiałów z obu kampanii bierze udział Obserwatorium Astronomiczne UAM, gdzie wyznacza się wspomniane wyżej parametry fizyczne planetoid. Po porównaniu otrzymanych dla Gaspry wyników z rezultatami obserwacji Galileo okazało się, że osiągnięto wyjątkowo dobrą zgodność, zwłaszcza jeśli chodzi o współrzędne bieguna planetoidy (różnica nie prze-

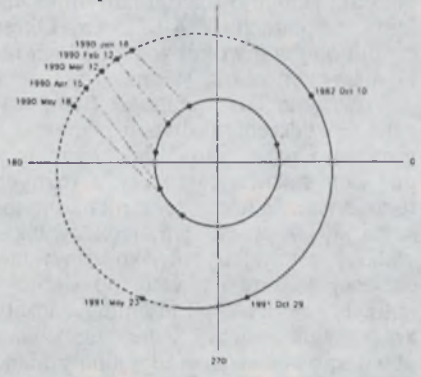


Zdjęcie planetoidy 951 Gaspra, będące złożeniem dwóch obrazów uzyskanych przez sondę Galileo z odległości 5300 km, na ok. 10 minut przed maksymalnym zbliżeniem 29 października 1991 roku. Gaspra posiada prawie jednakowe albedo na całej powierzchni – widoczne na zdjęciu na rozkładówce obszary o różnych kolorach zostały otrzymane sztucznie w celu uwypuklenia pewnych subtelnych różnic w zabarwieniu. Promienie słoneczne padają z prawej strony zdjęcia, którego rozdzielczość wynosi ok. 54 metry na piksel.

Na zdjęciu widać ponad 600 kraterów o średnicy 100 – 500 metrów, a także liniowe bruzdy o szerokości 100 – 300 metrów i głębokości kilkudziesięciu metrów. Duże zagłębienie, widoczne z ukosa na prawym, dolnym brzegu Gaspry, ma średnicę ok. 6 km. (Dzięki uprzejmości dr M. Beltona z Galileo Imaging Team – NASA)

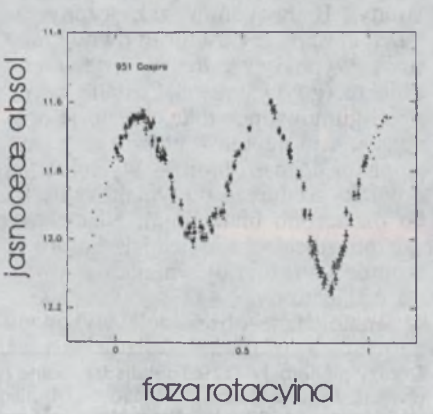
Jak przygotowywano się do spotkania Galileo z Gasprą

Pierwszy w dziejach ludzkości przelot sondy kosmicznej w pobliżu planetoidy został przygotowany bardzo starannie. Mniej więcej półtora roku przed planowanym zbliżeniem Galileo do planetoidy Gaspra (rys.1), astronomowie amerykańscy – J. D. Goldader i D. T. Tholen z Uniwersytetu Hawajskiego, D. P. Cruikshank z Kalifornijskiego Centrum Badawczego NASA i W. K. Hartman z Instytutu Badań Planetarnych w Tucson – przeprowadzili specjalną kampanię obserwacyjną, a jej wyniki opublikowali w październikowym numerze z 1991 roku czasopisma *Astronomical Journal*.

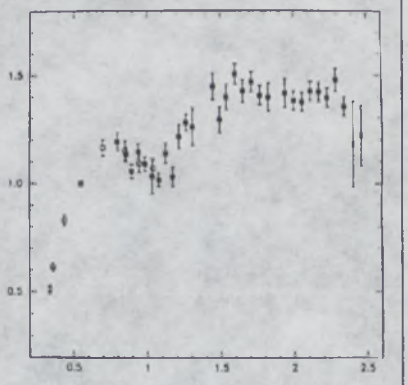


Rys.1. Orbity Gaspry i Ziemi, z zaznaczonymi pozycjami obu ciał w tych samych momentach czasowych, w których wykonano niektóre z omawianych obserwacji. Ponadto zaznaczono pozycje Gaspry: 29 X 1991 – czyli w momencie spotkania z sondą Galileo oraz w czasie opozycji 23 V 1991 i dla porównania – 10 X 1982.

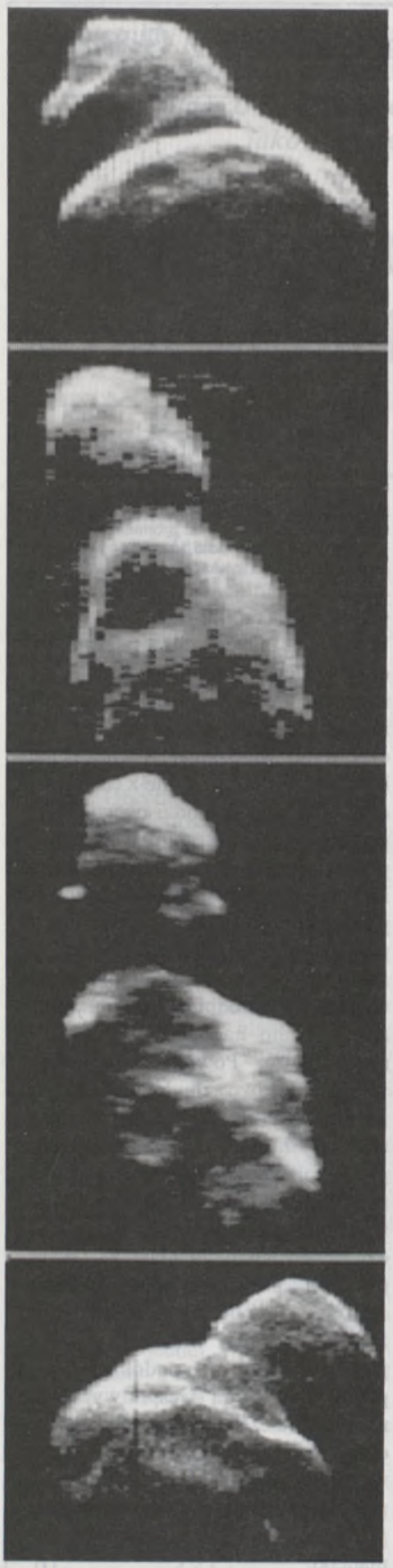
Głównym celem tych naziemnych obserwacji było: wyznaczenie okresu rotacji, jasności absolutnej oraz wysokiej jakości krzywych blasku, a następnie określenie kształtu obiektu oraz orientacji przestrzennej osi rotacji; uzyskanie informacji o składzie chemicznym w oparciu o widmo podczerwone; zbadanie zabarwienia powierzchni poprzez analizę zmian wskaźników barwy Gaspry z fazą; wreszcie, uściślenie elementów orbity planetoidy, dzięki nowym obserwacjom astrometrycznym. Kampania zakończyła się pełnym sukcesem, o czym świadczy m.in. udana sesja zdjęciowa Galileo. Obserwacje fotometryczne wykonano w ciągu 9 nocy – od stycznia do maja 1990 – przy pomocy 2.24-metrowego teleskopu na Hawajach, w pięciu barwach pokrywających szeroki zakres widma: od bliskiego ultrafioletu, do bliskiej podczerwieni. Jakość tych obserwacji ilustruje rys.2. Uzyskane dane, po skomplikowanej obróbce, pozwoliły wyznaczyć okres synodyczny rotacji Gaspry, P = 7.04246 ± 0.00006 godzin (czyli z dokładnością do 0.2 sekundy!) oraz średnią absolutną jasność wizualną, M_v = 11.8026 ± 0.0025 magnitudo. Asymetryczna krzywa blasku Gaspry (rys.2) może być spowodowana jajowatym kształtem lub niejednorodnościami albedo (zdolności odbijania promieni słonecznych) powierzchni planetoidy. Badania statystyczne ponad 20 planetoid pokazują jednak, że fluktuacje albedo są niewielkie. Kształt krzywej blasku, przy założeniu stałego albedo, sugeruje, że Gaspra przypomina ogromne jajo, o stosunku osi co najmniej 1.6:1. Niewielkie zmiany obserwowanych wskaźników barwy raczej nie wskazują na duże różnice zabarwienia powierzchni. Na ile trafne były te przewidywania – możemy ocenić sami, podziwiając piękną fotografię Gaspry na rozkładówce. Ten sam teleskop posłużył do uzyskania podczerwonego widma promieniowania odbijanego przez powierzchnię Gaspry, w zakresie 0.8 ÷ 2.5 μm (rys.3). Wprawdzie jakość tego widma jest dość przeciętna, niemniej jednak porównanie z wysokiej klasy danymi dla innych planetoid, pozwoliło na szereg ciekawych wniosków. Wyraźne, głębokie pasmo absorpcyjne z centrum w okolicy 1 μm, dowodzi obecności na powierzchni mieszaniny minerałów pochodzenia wulkanicznego – oliwinu i piroksenów. Słabo widoczne, drugie pasmo odpowiadające piroksenom – płytka i szeroka struktura między 1.7 a 2.3 μm – tę interpretację potwierdza. Ogólny kształt odbitego widma wskazuje ponadto na obecność metalicznego żelaza. Powierzchnia Gaspry wydaje się być zbudowana z tych samych materiałów, co inne planetoidy należące do tej samej co Gaspra grupy (planetoidy typu S). Obecność metalu, piroksenów i oliwinu na powierzchni oznacza, że Gaspra pochodzi z wewnętrznego płaszcza (skorupy), który prawdopodobnie bezpośrednio przylegał do metalicznego jądra, znacznie od niej większej, rodzimej planetoidy. Liczne podobieństwa z planetoidą 8 Flora (Gaspra wydaje się również należeć do dynamicznej rodziny Flory), wydają się potwierdzać wcześniejsze sugestie, że obydwie planetoidy powstały w wyniku rozpadu tej samej, znacznie większej planetki. (j)



Rys. 2. Wizualna krzywa blasku Gaspry, skonstruowana w oparciu o nowy okres rotacji wyznaczony w ramach opisywanej kampanii obserwacyjnej. Różne symbole odpowiadają obserwacjom z różnych nocy od 18 stycznia do 16 kwietnia 1990.



Rys.3. Widmo Gaspry w podczerwieni. Widmowy współczynnik odbicia został znormalizowany do 1 dla λ = 0.55 μm. Ponadto zaznaczono położenia pasm omawianych w tekście.



kracza kilku stopni przy formalnym błędzie stosowanej metody rzędu 10 stopni). Widzimy więc, że misja Galileo – poza dokładnym zbadaniem dwóch planetoid – umożliwi nam również skalibrowanie naziemnych metod badania tych obiektów. Ich zaletą jest bowiem możliwość uzyskania informacji o bardzo dużej ilości planetoid w stosunkowo krótkim czasie.

Misja Galileo do Gaspry jest typowym rozwiązaniem dylematu z Mahometem i górą. Gdy góra nie może przyjść do Mahometa, to... Okazuje się jednak, że w pewnych sytuacjach Mahomet nie musi iść do góry. Dowodem na to są tzw. Near Earth Asteroids, czyli planetoidy zbliżające się do Ziemi. Perturbacje ze strony Jowisza zaburzają orbity niektórych planetoid tak, iż zaczynają one przecinać orbitę Ziemi i od czasu do czasu można je obserwować ze stosunkowo niewielkich odległości. Można wówczas zastosować zupełnie „niezwykłe", bo aktywne metody obserwacji, polegające na wysłaniu w stronę obiektu fali radiowej i odbiorze odbitego echa. W ten właśnie sposób w 1989 roku Steven Ostro z JPL/NASA stwierdził ponad wszelką wątpliwość, że przelatująca wówczas w odległości ok. 3 milionów km od Ziemi planetoida 4769 Castalia składa się z dwóch brył skalnych, które – prawdopodobnie stykając się powierzchniami – krążą wokół siebie z okresem ok. 4 godzin. Rezultaty obserwacji radarowych, po obróbce komputerowej, pokazano na pierwszej stronie barwnej wkładki. Zdjęcia pokazują planetoidę w różnych fazach rotacji i należy na nie patrzeć tak, jak przy czytaniu książki – z lewa na prawo. Płaszczyzna kartki określa nam płaszczyznę prostopadłą do osi obrotu Castalii, a fale radiowe padają od góry strony. Biały kontur zaznaczony na każdym obrazie Castalii to dwuwymiarowy, wypukły z założenia kształt tego obiektu (gdybyśmy na Castalię naciągnęli gumową powłokę, ciasno ją opasującą, a następnie – płaszczyzną prostopadłą do osi obrotu – wycięli z tej powłoki kontur, to otrzymalibyśmy to, co oznaczono białą linią). Najciekawsze na zdjęciach są jednak kolorowe izolinie wyraźnie ujawniające podwójność planetoidy.

Analogiczne obserwacje wykonano niedawno w trakcie międzynarodowej kampanii obserwacji planetoidy 4179 Toutatis, która przelatywała w pobliżu Ziemi w okresie od listopada 1992 do stycznia 1993.(*) I tym razem radar wykazał swą wyższość nad innymi technikami obserwacyjnymi. Oprócz obserwacji naziemnych, na Toutatis skierowano kamerę satelity ultrafioletowego IUE, obiektyw Teleskopu Kosmicznego oraz kamery sondy Galileo, która przelatywała właśnie w pobliżu. Największe oczekiwania wiązano oczywiście z Teleskopem Kosmicznym, jednak zdjęcia przez niego wykonane z ledwością pozwoliły stwierdzić, że Toutatis nie jest obiektem punktowym. Olbrzymie poruszenie wywołały natomiast obrazy otrzymane z komputerowej obróbki obserwacji radarowych (fot. obok). Widać na nich wyraźnie dwa zetknięte (bądź pozostające w niewielkiej odległości) odłamki skalne o nieregularnym kształcie i rozmiarach ok. 4 i 2.5 km. Okres obrotu obu ciał wokół wspólnego środka masy wynosi ok. 10 dni.

Powstanie Toutatis mogło być związane ze zderzeniem dwóch planetoid z głównego pasa. Spowodowało to rozpad obu ciał na fragmenty o różnych rozmiarach. Większość z nich rozproszyła się w przestrzeni, lecz dwa kawałki nie uzyskały prędkości wystarczającej do oddalenia się od siebie – zbliżyły się więc ponownie i zaczęły krążyć wokół siebie. Zderzenie dodatkowo spowodowało radykalną zmianę orbity tak, że planetoida zaczęła zapuszczać się w bliższe Słońcu rejony Układu Planetarnego, od czasu do czasu mijając Ziemię.

O przyszłych badaniach planetoid Głównego Pasa już wspomnieliśmy (przelot Galileo koło Idy). Jeśli zaś chodzi o plany w stosunku do planetoid zbliżających się do Ziemi, to NASA zamierza uruchomić sieć sześciu, w pełni zautomatyzowanych teleskopów o średnicach 2.5 m, które wykrywałyby i śledziły obiekty o jasnościach do 22 mag, przelatujące w pobliżu Ziemi. Program ten, zwany Spaceguard Survey, miałby na celu zmniejszenie ryzyka zderzenia Ziemi z którąś z przelatujących w pobliżu planetoid bądź komet. Ale to już zupełnie inna historia...

(*) o obserwacjach Toutatis pisaliśmy w PA 3–4/92 str. 177 (przyp. red.)

Obrazy planetoidy 4179 Toutatis uzyskane poprzez komputerową obróbkę obserwacji radarowych, wykonanych z odległości ok. 4 milionów km w trakcie przelotu planetoidy koło Ziemi w grudniu 1992 roku. Prezentowane tu zdjęcia uzyskano kolejno (od góry do dołu) 8, 9, 10 i 13 grudnia, w czasie 55, 14, 37 i 85 minut obserwacji. Każdego dnia planetoida była w innym położeniu względem Ziemi. Na zdjęciach fale radiowe padają od góry strony, stąd części planetoidy skierowane w dół nie są uwidocznione. Uwagę zwraca duży krater o średnicy ok. 700 metrów, który widać na zdjęciu z 9 grudnia (drugie od góry). Obserwacje wykonano przy użyciu 70–metrowego radioteleskopu w Goldstone w Kalifornii. Fale adiowe o mocy 400 kW potrzebowały 34 sekund, by po odbiciu od Toutatis, powrócić na Ziemię, gdzie zostały przetworzone w prezentowane obrazy. (Dzięki uprzejmości dr Stevena Ostro z JPL/NASA).

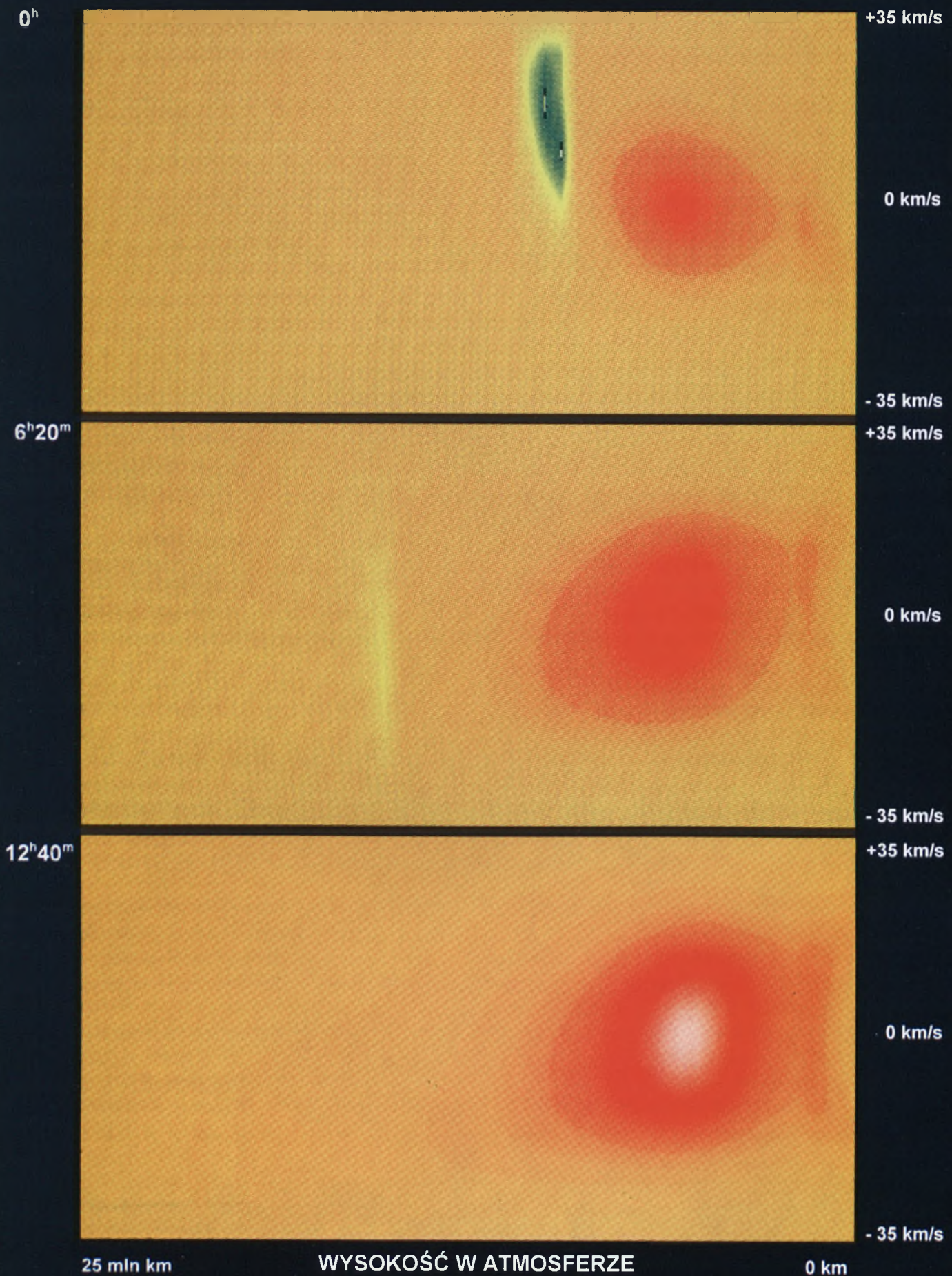
PLANETOIDA 4769 CASTALIA

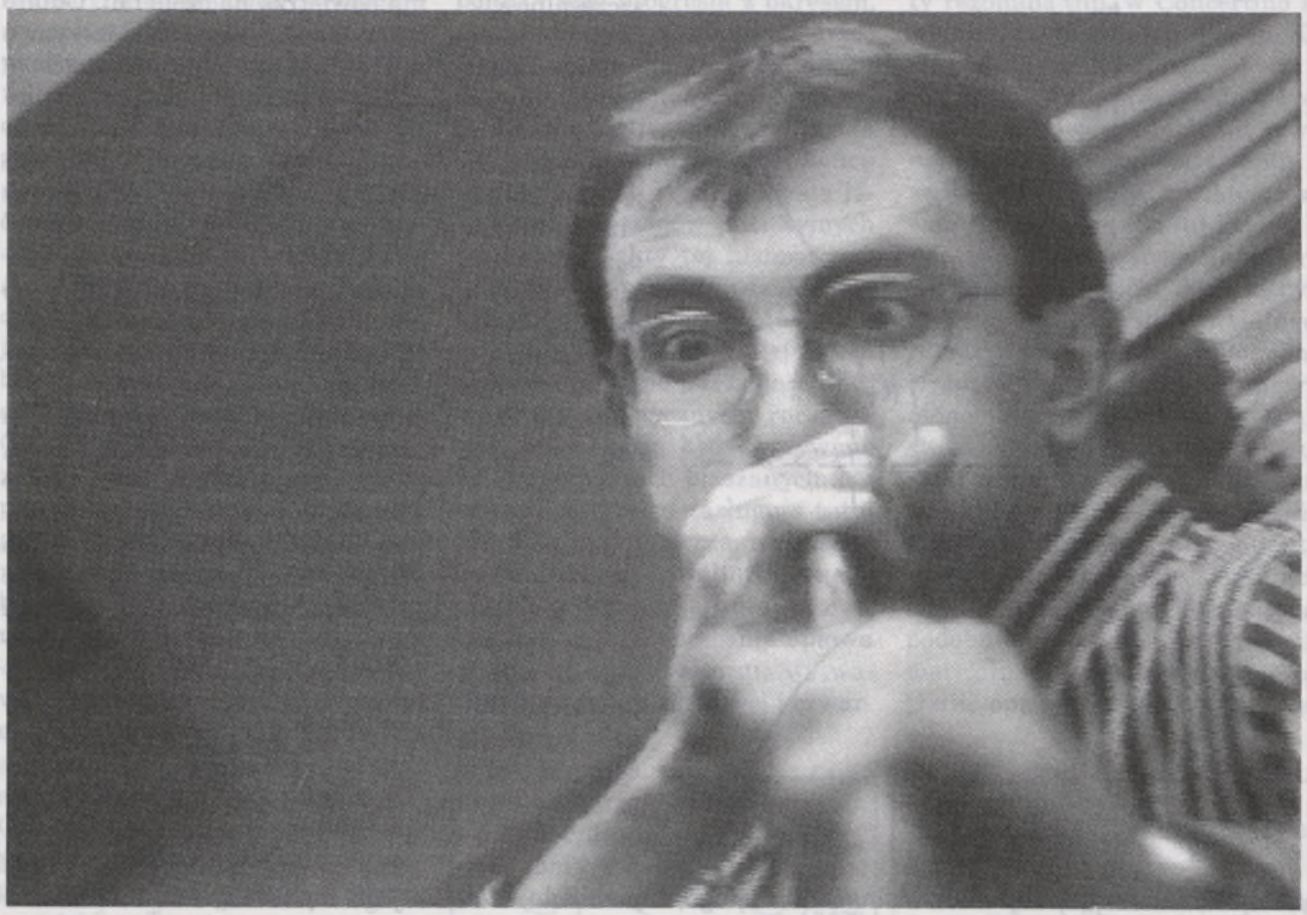
Obserwacje planetoidy 4769 Castalia uzyskane z komputerowej obróbki obserwacji radarowych, wykonanych 22.08.1989 roku za pomocą radioteleskopu w Arecibo przez Stevena Ostro (JPL/NASA). Sekwencja zdjęć pokazuje planetoidę w trakcie 2.5 godziny (60% okresu obrotu), przy czym kolejne kadry ułożone są z lewa na prawo. Biały kontur nałożony na zdjęcia pokazuje „obwiednię" planetoidy, którą można sobie wyobrazić jako gumowy pierścień opasujący zarys przekroju równikowego tego obiektu. Kolorowe izolinie ujawniają podwójną strukturę Castalii. Na zdjęciach planetoida pokazana jest od strony bieguna, tak że płaszczyzna kartki odpowiada płaszczyźnie równika Castalii – fale radiowe padają od góry strony, stąd też części planetki zwrócone w dół nie są widoczne. W drugim i trzecim rzędzie od góry można zauważyć przesłonięcie jednego ze składników przez drugi. (Dzięki uprzejmości dr Stevena Ostro JPL/NASA)

GASPRA

postępy astronomii

Powstawanie profilu linii widmowej atomu magnezu w rozległej atmosferze pulsującej gwiazdy (patzr artykuł D. Sasselova obok). Poszczególne składniki (w absorpcji: od czerwonego do białego, w emisji: od żółtego do zielonego) tworzące profil linii widmowej obliczono dla trzech następujących po sobie faz, rozdzielonych od siebie co 6 godzin 20 minut (od góry do dołu). Na osi X odłożona jest wysokość w atmosferze, mierzona tuż spod powierzchni (prawa strona) do 25 milionów km ponad nią (lewa strona). Oś Y przedstawia przesunięcie w prędkości radialnej (wskutek efektu Dopplera) względem prędkości środka masy gwiazdy, od +35 km/s (u góry) do - 35 km/s (na dole). Wkład do emisji/absorpcji w linii widmowej mierzony jest w jednostkach natężenia promieniowania.





MUZYKA SFER:

CONCERTINO

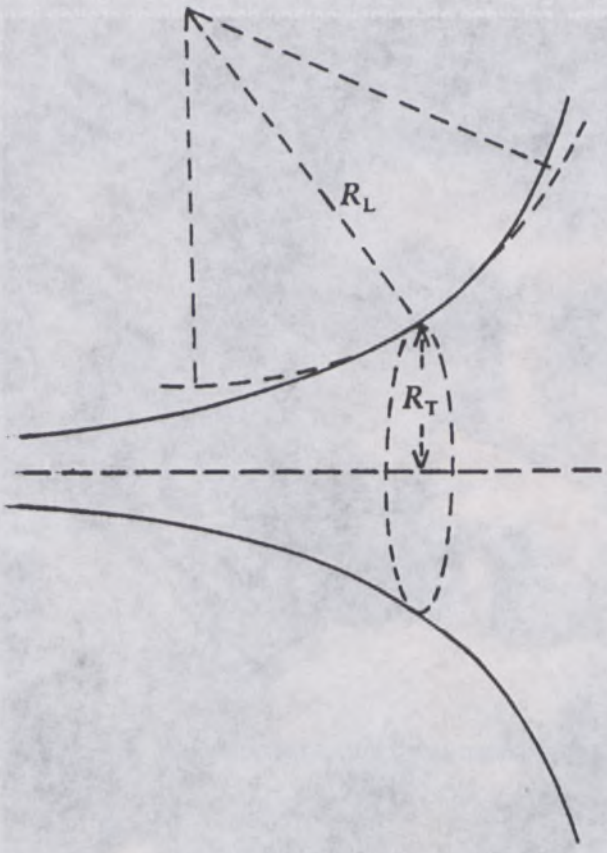
na pulsujące gwiazdy

Dimitar D. Sasselov (trąbka i tekst)

W ostatnich dwóch dekadach, tak teoria pulsacji gwiazd, jak i fizyka instrumentów muzycznych dojrzały, dostarczając spójnej i pełnej teorii liniowej, zdolnej wyjaśniać podstawowe zjawiska. Wydaje się jednak, że podstawowa natura zarówno muzyki jak i stabilności gwiazd tkwi w nieliniowej dziedzinie oddziaływań i sprzężeń, które okazjonalnie i powierzchownie przypominają prostotę i klarowność świata liniowego.

***Dimitar D. Sasselov** pochodzi z Bułgarii. Astronomię studiował w Sofii, doktorat – poświęcony odkrytym przez siebie nadolbrzymom typu UU Her – zrobił w Toronto (Kanada), a obecnie pracuje w Harvard – Smithsonian Center for Astrophysics w USA. Gwiazdy, zwłaszcza osobliwe nadolbrzymy, nie są jego jedyną pasją, jest jeszcze muzyka...*

Już od czasów Platona, a później – Keplera, muzyka i astronomia miewały bliskie spotkania. Chociaż takie spotkania nie są niczym niezwykłym także dzisiaj, ich charakter zmienił się w ciągu stuleci – niegdysiejszy mistycyzm ustąpił miejsca poszukiwaniom dziwnych i głębokich analogii. Z praktycznego punktu widzenia takie analogie są często użyteczne, gdyż przywołują eleganckie rozwiązania. Natomiast wydaje się, że pewien aspekt tych spotkań pozostał nietknięty przez czas – głęboka, oparta na intuicji wiara (a może wręcz fascynacja) w prostą i pociągającą z powodów estetycznych symetrię świata. Owe stulecia poszukiwań, zaowocowały odkryciem, że wewnętrzna symetria rzeczywiście leży u podstaw większości zjawisk fizycz-



Rys. 1. Rozszerzający się klosz instrumentu dętego, np. waltorni, w roli bariery akustycznej. Wielkość rozchylenia może być w przybliżeniu opisana przez zewnętrzny i wewnętrzny promień w danym miejscu.

nych. Być może właśnie to powoduje, że analogie muzyczne znów powracają. Historia jednak wydaje się nas ostrzegać, przed zbyt pochopnym przypisywaniem głębi takim analogiom. Tymczasem Teoria Wielkiej Unifikacji pozostaje marzeniem, być może nadaremnym.

Zasmakujmy i my w takich poszukiwaniach, zajmując się jedną z naprawdę pięknych analogii, która pojawiła się stosunkowo niedawno, jako rezultat badań w dziedzinie akustyki i pulsacji gwiazd. Zarówno teoria pulsacji gwiazd, jak i fizyka instrumentów muzycznych dojrzały w ostatnich dwóch dekadach, dostarczając spójnej i pełnej teorii liniowej, zdolnej wyjaśniać podstawowe zjawiska. Jest ona uwieńczeniem długiego historycznego procesu, którego początki sięgają L. Eulera i D. Bernoulliego oraz ich prac dotyczących piszczałek i rogów, a który zbiegł się w czasie z odkryciem gwiazd pulsujących (a w szczególności Cefeid, klasy gwiazd regularnie pulsujących, których prototypem jest δ Cephei). Mając do dyspozycji gotową teorię liniową, możemy dopiero w pełni docenić znaczenie nieliniowości w badanych zjawiskach.

Układy liniowe to układy, w których przyłożone siły i ciśnienia są wprost proporcjonalne do wynikających z nich przepływów i odchyleń. Na przykład, wyjaśnienie, *dlaczego* większość instrumentów muzycznych może wytwarzać długo utrzymujące się dźwięki mieści się w ramach fizyki liniowej. Zwykle osiąga się to dzięki akustycznie rezonującym wnękom (piszczałki oraz rogi w blaszanych i drewnianych instrumentach dętych, organach; pudła rezonansowe w gitarach, skrzypcach, itp.), które wychwytują powietrzne fale akustyczne o określonych częstościach, a następnie wzmacniają je i oczyszczają poprzez nadanie im charakteru stabilnej fali stojącej. Warunki dla odbicia, wychwytu i tworzenia się fal stojących są opisane przez proste liniowe równanie falowe. Jego rozwiązanie, na przykład dla cylindrycznej piszczałki, przedstawia akustyczną barierę obcinającą na otwartym końcu piszczałki: fale dźwiękowe, dłuższe niż średnica piszczałki, wytwarzane na jednym końcu, po dotarciu do przeciwnego, otwartego końca, są odbijane z powrotem (przynajmniej częściowo), wskutek gwałtownego spadku ciśnienia powietrza na czele fali. Odbite fale oddziałują z nadchodzącymi i tworzą falę stojącą w piszczałce.

Aby poprawić akustyczne odbicie od otwartego końca, do piszczałki często dodawany jest rozchylający się klosz – tak jest w trąbce, puzonie, waltorni, itp. W miarę, jak fala dociera do rozszerzającej się części trąbki, jej amplituda ciśnienia powoli maleje, ponieważ energia fali jest rozdzielana na coraz większą powierzchnię czołową. Jak tylko fala dotrze do rozchylonego klosza, powierzchnia frontu zaczyna się rozszerzać bardzo szybko, ciśnienie spada tam gwałtownie i fala jest odbijana z powrotem. Liniowe równanie falowe dla waltorni przewiduje długość fali akustycznej dla odbicia, λ , równą w przybliżeniu:

$$\lambda = \frac{c}{\sqrt{f^2 - \frac{c^2}{4\pi^2 R_L R_T}}}$$

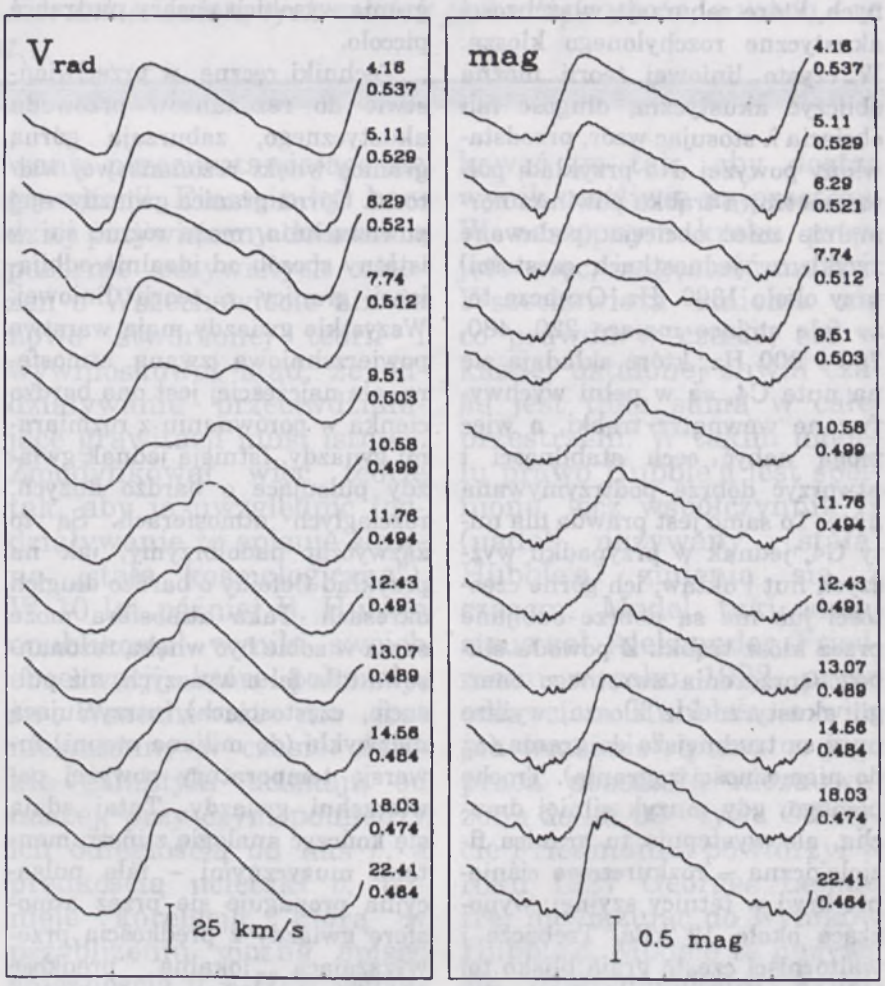
gdzie c jest prędkością dźwięku, f – jego częstością, a R_L i R_T – oznaczają odpowiednio zewnętrzny podłużny promień krzywizny i wewnętrzny poprzeczny promień waltorni (Rys.1, a więcej szczegółów można znaleźć w pracach Benade oraz Fletcher i Rossing – ramka). W taki właśnie sposób trąbka wychwytuje fale akustyczne i wytwarza długo brzmiące dźwięki. Bariera akustyczna rozchylonego klosza pozwala wprawdzie uciekać falom akustycznym o dowolnych częstościach, zwłaszcza falom o coraz krótszych długościach, niemniej jednak wystarcza by wytworzyć stabilną falę stojącą dla całego słyszalnego zakresu.

Ciekawe, że liniowa teoria pulsacji gwiazdowych daje właściwie takie same rezultaty, jak opisane powyżej. Małe radialne oscylacje samograwitującej gazowej kuli są opisywane przez *liniowe adiabatyczne równanie falowe*, które – dzięki sferycznej symetrii – może być ograniczone do jednego wymiaru. (Wnęka akustyczna instrumentu dętego jest w swej istocie jednowymiarowa, dlatego też piszczałki mogą być zwijane, jak w puzonie i waltorni, bez szkody dla ich jakości dźwięku.) Otrzy-

mujemy więc podobne wyrażenie na częstość obcięcia, jak w przypadku waltorni (wzór powyżej), z tą różnicą, że w gwiazdach to obcięcie zależy od tego, jak stromo gęstość i ciśnienie spadają przy powierzchni. Zatem sferyczna fala ciśnieniowa powstająca na dnie otoczki gwiazdowej, rozchodzi się na zewnątrz, a następnie odbija od powierzchni tworząc falę stojącą. W gwiazdach, rolę warg trębacza przejmują strefy jonizacji obfitych pierwiastków (np. H, He, C), które działają jak naturalny zawór dla strumienia energii przepływającego od centrum gwiazdy. Mechanizm zaworu jest niezbędny, ale nie wystarczający, by gwiazda pulsowała – gwiazda musi „odpowiadać" (innymi słowy – „być nastrojona") na oscylacje wzbudzane przez warstwy jonizacji w jej otoczce. Dlatego tylko niektóre gwiazdy pulsują w sposób regularny, z dużą amplitudą. Oprócz Cefeid i paru innych klas gwiazd zmiennych, większość gwiazd jest po prostu okropnie „rozstrojona".

Teoria liniowa jest prosta i pozwala na dobre zrozumienie podstaw, ale w realnym świecie jest w najlepszym razie przybliżeniem. Fizyka liniowa nadaje się do opisu rodzajów drgań (modów) i ich charakterystycznych częstości, podczas gdy fizyka nieliniowa studiuje oddziaływania (sprzężenia) między tymi modami. Zarówno dla pulsujących gwiazd, jak i instrumentów muzycznych, istota ich takiej a nie innej natury, leży w nieliniowości, ponieważ ani Cefeidy, ani trąbki, nie są systemami faktycznie harmonicznymi. To dzięki efektom nieliniowym, Cefeidy zyskują swoje stabilne pulsacje o umiarkowanej amplitudzie, a instrumenty dęte swoją jakość dźwiękową. Utalentowany muzyk, w różnorodnych technikach wykonawczych, wykorzystuje właśnie te nieliniowe oddziaływania dla kontroli jakości dźwięku. Efekty nieliniowe w gwiazdach pulsujących przejawiają się poprzez asymetrie krzywych blasku i prędkości radialnych. Jednym z przykładów jest pojawianie się wtórnego maksimum („wyboju") i jego progresja z okresem, zauważone w Cefeidach przez Hertzsprunga w 1926 roku (Rys.2). Progresja owego „wyboju" w Cefeidach, przez lata wymykała się wyjaśnieniom, ale w końcu została w pełni wytłumaczona jako rezonans modów pulsacyjnych (najnowsze fakty tej historii zostały opisane przez Pawła Moskalika, J. R. Buchlera i A. Maroma – ramka). To nieliniowe zjawisko ma w swej istocie uderzającą analogię do akustycznych rezonansów, które mogą być wygrywane na instrumentach blaszanych. Na szczególną uwagę zasługuje tutaj technika wykonawcza *wyśpiewywania nuty* na waltorni, kiedy muzyk podtrzymuje nutę basową pianissimo i jednocześnie śpiewa drugą nutę do waltorni, wytwarzając w ten sposób trzeci i czwarty rezonans (np. w Concertino na waltornię z orkiestrą e–moll Karola Marii von Webera).

Jako gwiazdy o względnie dobrze określonej powierzchni (zwanej również *atmosferą*), Cefeidy (a zwłaszcza Cefeidy krótkookresowe) są zbliżone do układów liniowych. Stąd wspomniana progresja „wyboju" jest dość słabym efektem na tle ogólnie stabilnych regularnych pulsacji. Podobnie wyśpiewywanie nuty na instrumencie dętym wytwarza rezonanse, które nie są dominujące, a czasami ledwo słyszalne. Oczywiście jest kilka wyjątków zarówno między Cefeidami, jak i instrumentami dętymi: tak zwane „dudniące" Cefeidy (ang. beat Cefeids) oraz podobne do fletu instrumenty pierwotnych mieszkańców Australii, opisane przez N. H. Flet-



Rys. 2. Obliczone krzywe prędkości radialnych (lewa część) i krzywe blasku (prawa część) dla radialnie pulsujących Cefeid, odtwarzające progresję Hertzsprunga (według Moskalika, Buchlera i Maroma).

Dodatkowa lektura poszerzająca zagadnienie:

1. Benade A. H.: "The Physics of Brasses"; *Scientific American* **229**(1), 24, 1973.
2. Buchler J. R., ed., *The Numerical Modelling of Nonlinear Stellar Pulsation*; Kluwer A. P., 1990.
3. Cox J. P.: *Theory of Stellar Pulsation*, Princeton Univ. Press NJ, 1980
4. Fletcher N. H. & Rossing T.D.: *The Physics of Musical Instruments*; Springer–Verlag, 1991.
5. Moskalik P., Buchler J. R. & Marom A.: "Toward a Resolution of the Bump and Beat Cepheid Mass Discrepancies"; *Astrophys. J.* **385**, 685.
6. Wallerstein G. & Elgar S.: "Shock Waves in Stellar Atmospheres and Breaking Waves on an Ocean Beach"; *Science*, **256**, 1531, 1992.

chera (Fletcher i Rossing, 1991). W tych ostatnich, rezonanse przewodu akustycznego w rzeczywistości determinują jakość dźwięku instrumentu.

Poszukując jeszcze większych nieliniowości możemy zwrócić uwagę na gwiazdy, których powierzchnia nie jest ściśle określona (rozciągła atmosfera), i analogicznie, na techniki gry na dętych instrumentach blaszanych, które zaburzają właściwości akustyczne rozchylonego klosza. W czysto liniowej teorii można obliczyć akustyczną długość fali obcięcia λ stosując wzór, przedstawiony powyżej. Na przykład, półtorametrowa trąbka powinna normalnie mieć obcięcie (podawane zwykle w jednostkach częstości) przy około 1300 Hz. Oznacza to, że fale stojące mające 220, 480, 700 i 900 Hz, które składają się na nutę C4, są w pełni wychwytywane wewnątrz trąbki, a więc mogą nabyć cech stabilności i utworzyć dobrze podtrzymywaną nutę. To samo jest prawdą dla nuty G4, jednak w przypadku wyższych nut i oktaw, ich górne częstości już nie są dobrze odbijane przez klosz trąbki. Z powodu słabego sprzężenia zwrotnego energii akustycznej z klosza, wyższe nuty są trudniejsze do grania (aż do niemożności zagrania). Trochę pomaga, gdy muzyk silniej dmucha, ale występuje tu granica fizjologiczna – rozkurczowe ciśnienie krwi w tętnicy szyjnej, wynoszące około 12 kPa. Trębacze i waltorniści często grają blisko tej granicy, mocniejsze dęcie prowadzi do zawrotów głowy i omdleń. Również granie pianissimo nut średniego zakresu nie jest możliwe i nuty wyższych oktaw brzmią bezbarwnie. Ten problem bywa rozwiązywany przez technikę wykonawczą, w której waltorniści umieszczają swoją dłoń w kloszu instrumentu. W ten sposób zwiększają o czynnik dwa zakres częstości waltorni, wzmacniają akustyczne sprzężenie zwrotne dla krótszych fal dźwiękowych (o wyższej częstości) i grają z łatwością takie nuty, jak G5 i wyższe. Techniki ręczne są czasem stosowane przez trębaczy dla grania wysokich pasaży na trąbce piccolo.

Techniki ręczne, w przeciwieństwie do rezonansów przewodu akustycznego, zaburzają górną granicę wnęki rezonansowej waltorni. Górna granica gwiazdy – jej powierzchnia, może różnić się w istotny sposób od idealnie odbijającej granicy z teorii liniowej. Wszystkie gwiazdy mają warstwę powierzchniową zwaną atmosferą, ale najczęściej jest ona bardzo cienka w porównaniu z rozmiarami gwiazdy. Istnieją jednak gwiazdy pulsujące o bardzo dużych, rozciągłych atmosferach. Są to zazwyczaj nadolbrzymy, jak na przykład Cefeidy o bardzo długich okresach. Taka atmosfera może sama w sobie być wnęką rezonansową (dla fal o wyższych, niż pulsacje, częstościach), utrzymującą niezwykłą (do miliona stopni) inwersję temperatury powyżej powierzchni gwiazdy. Tutaj zdają się kończyć analogie z instrumentami muzycznymi – fala pulsacyjna propaguje się przez atmosferę gwiazdy z prędkością przewyższającą lokalną prędkość dźwięku i w efekcie powstaje fala uderzeniowa. Fale uderzeniowe w atmosferach gwiazd są analogiczne do załamujących się fal na oceanicznej plaży (jak to ładnie opisali Wallerstein i Elgar, 1992). Cechy charakterystyczne tych fal są subtelne – uwidaczniają się w zaburzeniach profili linii widmowych takich gwiazd. Efekty, wywołane przez fale uderzeniowe, możemy zrozumieć, dzięki szczegółowym rachunkom modeli pulsujących atmosfer. Fragment takich obliczeń przeprowadzonych przez autora, dla linii widmowej atomu magnezu, przedstawia barwna ilustracja na 4 str. wkładki. Pokazano, w jakich obszarach rozległej pulsującej atmosfery gwiazdy powstają poszczególne części profilu linii widmowej, w trzech następujących po sobie momentach czasowych. Można prześledzić propagującą się na zewnątrz falę uderzeniową poprzez jej wpływ na linię widmową: pojawianie się wyraźnie określonej emisji powodowanej wzrostem temperatury gazu bezpośrednio za frontem fali uderzeniowej. Na podstawie tych obliczeń autor przewidział, że powinna być emitowana pewna ilość promieniowania rentgenowskiego. Poszukiwania takiej emisji były ostatnio prowadzone za pomocą orbitalnego teleskopu rentgenowskiego ROSAT.

W dążeniu do zrozumienia, z jednej strony, natury pulsujących gwiazd, a z drugiej – fizycznej istoty wirtuozowskich technik i mistrzowskiego rzemiosła instrumentów muzycznych, osiągnęliśmy punkt ponownej oceny teorii liniowej. Wydaje się, że podstawowa natura zarówno muzyki jak i stabilności gwiazd leży w nieliniowej dziedzinie oddziaływań i sprzężeń, które okazjonalnie i powierzchownie (choć stosunkowo dobrze!) przypominają prostotę i klarowność świata liniowego.

Partyturę tłumaczyli
K. Gęsicki & J. Mikołajewska

Krzysztof Gęsicki jest już znany naszym Czytelnikom, jako autor artykułu o ρ Cas (PA 4/1991), podobnie jak ***Joanna Mikołajewska*** *(1/3 redakcji PA i autorka niejednego tekstu w PA). Do niedawna Krzysztof był pracownikiem toruńskiej pracowni Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika, a Joanna – Instytutu Astronomii Uniwersytetu M. Kopernika. Ostatnio, dzięki swego rodzaju „nieoczekiwanej zmianie miejsc", Krzysztof został v-ce dyrektorem IA UMK, a Joanna – wyemigrowała do CAMK w Warszawie...*

FIZYKA w niejednorodnym Wszechświecie

Andrzej Krasiński

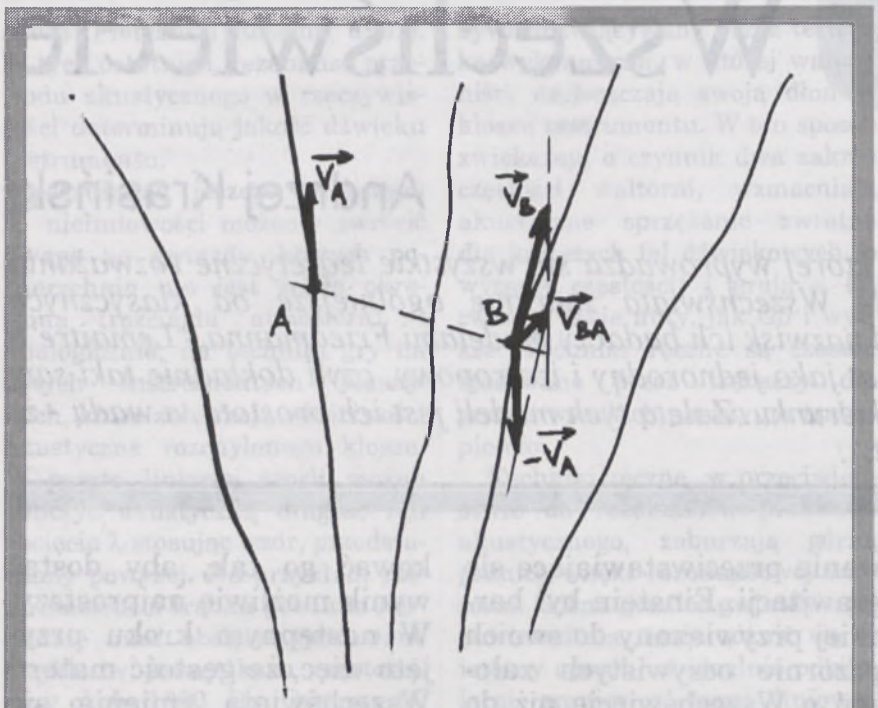
Teoria grawitacji Einsteina, z której wyprowadza się wszystkie teoretyczne rozważania kosmologii, dopuszcza modele Wszechświata znacznie ogólniejsze od klasycznych modeli. Te klasyczne, zwane od nazwisk ich badaczy modelami Friedmanna - Lemaitre'a opisują ewoluujący Wszechświat jako jednorodny i izotropowy, czyli dokładnie taki sam w każdym miejscu i w każdym kierunku. Zaletą tych modeli jest ich prostota, a wadą - że Wszechświat wcale taki nie jest...

1 Problem struktury wielkoskalowej

Przy tworzeniu modelu teoretycznego nowego zjawiska, nie ujętego przedtem w żaden opis matematycz ny, jest rzeczą rozsądną przyjęcie takich założeń, które maksymalnie uproszczą obliczenia. Dlatego też, gdy Einstein tworzył (w latach 1915 - 1917) pierwszy matematyczny model, który miał opisywać własności geometryczne naszej przestrzeni, przyjął założenie, że średnia gęstość materii we Wszechświecie jest stała w przestrzeni i czasie. Okazało się wnet, że nie istnieje potencjał grawitacyjny, który mógłby spełnić te warunki. Intuicyjnie jest to łatwe do zrozumienia: wobec powszechności przyciągania grawitacyjnego, materia Wszechświata musi być w ruchu, chyba że istnieje dodatkowe oddziaływanie przeciwstawiające się grawitacji. Einstein był bardziej przywiązany do swoich pozornie oczywistych założeń o Wszechświecie niż do nowo stworzonej teorii i wywnioskował stąd, że oddziaływanie przeciwdziałające grawitacji musi istnieć. Zmodyfikował więc teorię tak, aby je uwzględnić (oddziaływanie to opisuje sławna „stała kosmologiczna"). W 10 lat później E. Hubble opublikował wyniki swoich obserwacji, które pokazały, że Wszechświat nie jest niezmienny w czasie: dalekie galaktyki uciekają od naszej, przy czym pomiędzy ich odległością od nas r, a prędkością ucieczki v, istnieje korelacja, którą w przybliżeniu można opisać zależnością $v = H \cdot r$; współczynnik H jest dziś nazywany stałą Hubble'a. Model Einsteina musiał zostać zmodyfikowany. Było znów rzeczą naturalną zmodyfikować go tak, aby dostać wynik możliwie najprostszy. W następnym kroku przyjęto więc, że gęstość materii Wszechświata zmienia się co prawda w czasie, ale w każdej ustalonej chwili czasu jest taka sama w całej przestrzeni. W takim modelu prawo Hubble'a jest spełnione, lecz współczynnik H (nadal nazywany „stałą" Hubble'a) zmienia się z czasem. Model taki skonstruował Aleksander Friedmann w roku 1922, przed odkryciem Hubble'a, a więc „za wcześnie", przez co jego praca pozostała niezauważona do lat 30 - tych. Odkrycie Friedmanna powtórzył w roku 1927 Georges Lemaitre, nawiązując do wyników Hubble'a. Modele te nazywa się dziś modelami Friedmanna - Lemaitre'a.

Przez następne kilkadziesiąt lat modele te nie prowadziły do sprzeczności z wynikami obserwacji, cho-

ciaż ich skrajna prostota matematyczna była dla wielu fizyków podejrzana już w latach 30 - tych. Przeciwnie, coraz to nowe dane potwierdzały, że Wszechświat rozszerza się i że w przeszłości był gęstszy i gorętszy. Ukoronowaniem tych odkryć było zarejestrowanie, w roku 1965, kosmicznego promieniowania tła, które potwierdziło, że Wszechświat musiał być kiedyś na tyle gorący, że jego materia była w stanie zjonizowanym. Odkrycia te były rozumiane jako potwierdzenie słuszności modeli Friedmanna - Lemaitre'a, chociaż naprawdę potwierdzały one tylko jeden wniosek z nich: rozszerzanie się Wszechświata.



Cząstka B porusza się względem cząstki A prędkością $\vec{v}_{BA} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$. Linie krzywe przedstawiają tory cząstek cieczy, na rysunku zaznaczono położenia cząstek A i B w tej samej chwili czasu.

Pierwszy zasadniczy problem pojawił się w roku 1978. S. A. Gregory i L. A. Thompson pomierzyli (stosując tę samą zasadę, co Hubble w latach 20 - tych) prędkości ucieczki dużej liczby galaktyk. Następnie, zakładając ścisłą prawdziwość prawa Hubble'a, obliczyli odległości do nich i nanieśli wyniki na trójwymiarową „mapę" Wszechświata. Okazało się, że gromady galaktyk są zebrane w cienkie płaty otaczające obszary pustej przestrzeni, których średnica jest znacznie większa od grubości płatów zapełnionych materią. Późniejsze pomiary pozwoliły uwzględnić większą liczbę galaktyk i potwierdziły, że „struktura komórkowa" materii rozciąga się aż do granic, przy których teleskop i spektroskop mogą cokolwiek jeszcze zarejestrować. Materia, którą bezpośrednio widzimy, nie jest rozłożona równomiernie w przestrzeni.

W tym momencie trzeba było dokonać wyboru między dwiema możliwościami. Albo rozkład materii we Wszechświecie jest jednorodny, taki jak w modelach Friedmanna - Lemaitre'a, ale z jakiegoś powodu większość tej materii nie świeci i nie jest dla nas widoczna, albo rozkład materii jest niejednorodny i potrzebne są modele ogólniejsze. Pierwszy wariant ma swoich entuzjastów i stanowią oni prawdopodobnie większość społeczności astronomów. W niniejszym artykule chciałbym przekonać Czytelników, że teoretycy są dobrze przygotowani także na drugą ewentualność.

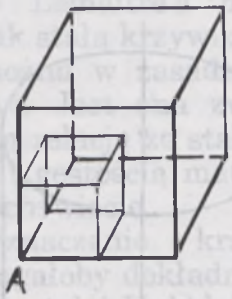
2 Jak może poruszać się ośrodek ciągły?

W teoretycznych modelach przyjmuje się, że Wszechświat jest wypełniony cieczą, tzn. ośrodkiem ciągłym, który w każdym punkcie swojej objętości ma dobrze określoną gęstość masy i prędkość ruchu. Jest to dość grube przybliżenie, bo galaktyki, uważane za elementarne części składowe Wszechświata w dużej skali, są raczej podobne do małych izolowanych porcji gazu poruszających się w pustej przestrzeni. Mimo to, przybliżenie takie jest powszechnie stosowane, bo tylko dla takiej sytuacji istnieje dobrze opracowana teoria. Różnica prędkości dwu cząstek A i B w płynącej cieczy (rys. 1) jest prędkością względną cząstki B mierzoną przez obserwatora umieszczonego na cząstce A. Tę prędkość względną można rozłożyć na trzy niezależne składowe, zwane ekspansją, rotacją i ścinaniem.

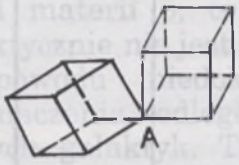
W modelach Friedmanna – Lemaitre'a występuje jednak tylko ekspansja. Czy jest prawdopodobne, aby

Składowe prędkości: ekspansja, rotacja, ścinanie

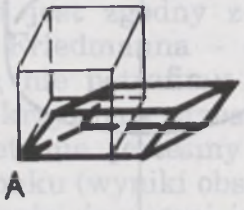
Aby zrozumieć sens fizyczny tych składowych, wyobraźmy sobie trzy sytuacje:



1. Niech rotacja i ścinanie będą równe zeru. Wtedy dowolne dwie cząstki cieczy będą oddalały się od siebie wzdłuż łączącej je prostej, zaś ich ruch będzie spełniał prawo Hubble'a.



2. Niech ekspansja i ścinanie będą równe zeru. Wtedy obserwator umieszczony na dowolnej cząstce cieczy zaobserwuje, że inne cząstki krążą wokół niego.



3. Niech ekspansja i rotacja będą równe zeru. Wybierzmy wewnątrz cieczy 8 cząstek położonych w chwili początkowej na wierzchołkach sześcianu i obserwujmy ich ruch. Po upływie pewnego czasu okaże się, że sześcian zdeformował się w równoległościan o tej samej objętości.

Te trzy sytuacje są oczywiście wyidealizowane, w rzeczywistych przepływach cieczy wszystkie trzy składowe występują równocześnie.

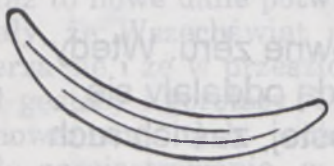
ruch tak skomplikowanego ośrodka, jak cały Wszechświat, był tak prosty?

3 Jaką symetrię może mieć przestrzeń?

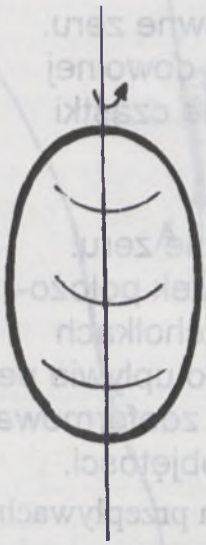
Zanim odpowiemy na to pytanie, zajmijmy się prostszym problemem dwuwymiarowych powierzchni. Mówimy, że przekształcenie danej powierzchni jest symetrią, jeśli po przekształceniu wszystkie relacje geometryczne na powierzchni pozostają niezmienione. Na przykład, płaszczyzna nie zmienia się przy przesunięciach wzdłuż dowolnego kierunku oraz przy obrotach dookoła dowolnego punktu. Punkty, które można połączyć przekształceniem symetrii, są nierozróżnialne. Będziemy tu mówić wyłącznie o symetriach ciągłych, tzn. takich, dla których przekształcenie przestrzeni można mierzyć za pomocą parametrów zmieniających się w sposób ciągły (np. długości przesunięcia lub kąta obrotu). Nie będziemy zajmowali się symetriami dyskretnymi, takimi jak odbicia, ponieważ nie mają one konsekwencji użytecznych w dalszych rozważaniach.

Większość powierzchni nie ma żadnej symetrii. Dobrym przykładem jest powierzchnia banana – w każdym jej punkcie lokalna geometria jest inna, np. jej krzywizna ma w każdym punkcie inną wartość. Dla powierzchni symetrycznych można mierzyć stopień ich symetrii. Może się na przykład zdarzyć, że zbiór obrazów dowolnego punktu P powierzchni przy wszystkich przekształceniach symetrii utworzy jednowymiarową krzywą. Mówimy wtedy, że grupa symetrii tej powierzchni jest jednowymiarowa. Aby zdefiniować przekształcenie symetrii trzeba w tym przypadku podać wartość tylko jednego parametru. Taką symetrię ma np. powierzchnia kurzego jajka, symetryczna względem obrotów wokół osi (parametrem symetrii jest tu kąt obrotu). Innym przykładem powierzchni o symetrii jednowymiarowej jest dach z blachy falistej, symetryczny względem przesunięć wzdłuż kierunku rowków (parametrem symetrii jest tu odległość, na którą

Symetrie



brak symetrii



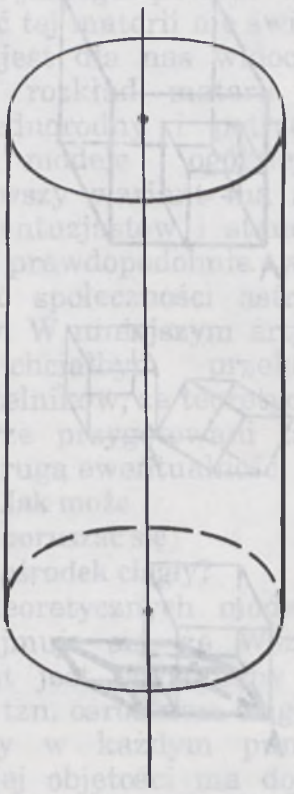
symetria jednowymiarowa

symetria jednowymiarowa

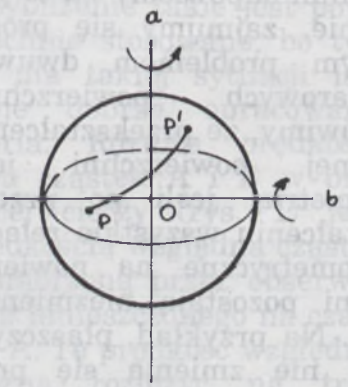
dokonano przesunięcia). Może się zdarzyć, że do opisu ruchu punktu powierzchni przy przekształceniu symetrii potrzebne będą dwa parametry. Tak jest na przykład na powierzchni cylindra, gdzie każde przekształcenie symetrii można złożyć z przesunięcia wzdłuż osi cylindra i obrotu wokół tej osi. Może wreszcie być tak, że potrzebne będą aż trzy parametry – tak jest na płaszczyźnie i na powierzchni kuli. W zbiorze dwuwymiarowych powierzchni płaszczyzna i kula są wyróżnione przez własność posiadania największej możliwej (trójwymiarowej) grupy symetrii. równocześnie (to nie przypadek!) mają one stałą krzywiznę – taką samą we wszystkich punktach, dodatnią w przypadku kuli i zerową w przypadku płaszczyzny.

Podobnie można mierzyć stopień symetrii dla trójwymiarowych przestrzeni. Posłużyliśmy się przykładem powierzchni dwuwymiarowych, ponieważ nasza intuicja geometryczna zawodzi już w przypadku trójwymiarowej krzywej przestrzeni. Przestrzenie takie są jednak rozważane w fizyce teoretycznej i istnieją metody badania ich własności geometrycznych. Większość przestrzeni nie ma żadnej symetrii, ale bogactwo możliwości jest tu większe niż w przypadku powierzchni i dla najbardziej symetrycz- nych przestrzeni trójwymiarowych przekształcenie symetrii jest zdefiniowane przez sześć parametrów. Przestrzenie o największej symetrii mają wszędzie stałą krzywiznę, przy czym może ona być zerowa (tak jest w przestrzeni euklidesowej), dodatnia albo ujemna.

Symetrie



symetria dwuwymiarowa



symetria trójwymiarowa

Przestrzeń naszego Wszechświata mogłaby mieć w zasadzie dowolną geometrię. W modelach Friedmanna - Lemaitre'a ma ona jednak stałą krzywiznę, którą można w zasadzie wyznaczyć. Jest ona związana prostą relacją ze stałą Hubble'a i gęstością materii we Wszechświecie.

Wyznaczenie krzywizny wymagałoby dokładnego pomiaru stałej Hubble'a i gęstości materii ρ, co jednak praktycznie nie jest możliwe z powodu niedokładnego wyznaczenia odległości do innych galaktyk. Tak więc nawet przy założeniu, że nasz prawdziwy Wszechświat jest zgodny z modelem Friedmanna - Lemaitre'a, nie potrafimy wyznaczyć krzywizny przestrzeni i nawet nie jesteśmy pewni jej znaku (wyniki obserwacji sugerują, że raczej jest ujemne). Możemy tu powtórzyć pytanie z końca poprzedniego paragrafu w nowym wariancie: czy jest prawdopodobne, aby tak skomplikowany układ, jak cały Wszechświat, miał najwyższą teoretycznie dopuszczalną symetrię? Jeśli tak nie jest, to wzór w ramce nie ma zastosowania i nie istnieje żaden prosty sposób wyznaczenia własności geometrycznych Wszechświata.

Wspomnimy tu o jeszcze jednym problemie, do którego wrócimy dalej. Jeśli krzywizna jest ujemna bądź równa zeru, to Wszechświat powinien rozszerzać się stale, mając stale nieskończone rozmiary, przy czym odległość między każdymi dwiema galaktykami powinna po dostatecznie długim cza- sie stać się dowolnie duża. Jeśli natomiast krzywizna jest dodatnia, to czas istnienia Wszechświata będzie skończony. Wszechświat będzie rozszerzał się do pewnego momentu, w którym siły grawitacyjne zatrzymają ucieczkę galaktyk (wszystkich równocześnie), a następnie zapadnie się z powrotem do „osobliwości końcowej" (patrz dalej).

Krzywizna przestrzeni w modelach Friedmanna – Lemaitre'a

Krzywizna K w modelach jednorodnych i izotropowych jest związana prostym wzorem ze stałą Hubble'a i gęstością materii ρ:

$$K = \left(\frac{8}{3}\pi G\rho - H^2\right)/c^2$$

gdzie G jest stałą grawitacji, a c prędkością światła. Znak stałej K określa charakter modelu.

K < 0 : Wszechświat nieskończony, stale rozszerzający się,

K = 0 : Wszechświat nieskończony, stale rozszerzający się, ale nie zakrzywiony,

K > 0 : Wszechświat skończony, ekspansja zostanie zahamowana i nastąpi kurczenie się.

4 Uogólnienia modeli Friedmanna – Lemaitre'a

Powyższe zastrzeżenia do modeli Friedmanna - Lemaitre'a nie były jedynie jałowym krytykanctwem. Fizycy już od lat 30 - tych zajmują się konstruowaniem i badaniem ogólniejszych modeli Wszechświata, które nie posiadają takich wad. Znane są modele z nieregularnym przepływem cieczy oraz z niesymetryczną przestrzenią. Podkreślić należy, że nie są one alternatywą, lecz ulepszeniem modeli Friedmanna - Lemaitre'a. W każdym z nich zawarte są parametry dowolne, w zasadzie możliwe do wyznaczenia z obserwacji, których szczególne wartości sprowadzają model ogólniejszy do modelu Friedmanna - Lemaitre'a. Oznacza to, że możemy za ich pomocą rozpatrywać dowolnie małe odstępstwa od geometrii tradycyjnych modeli.

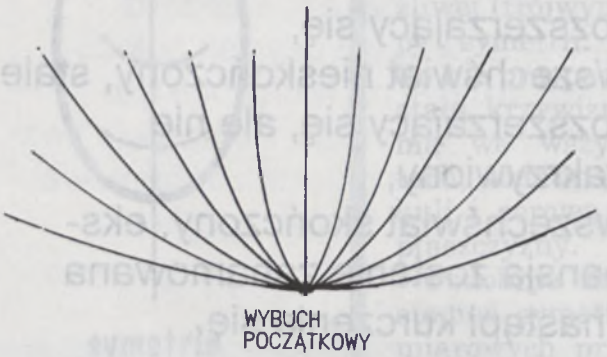
Ogólniejsze modele przewidują występowanie zjawisk fizycznych, niemożliwych do opisania w modelach Friedmanna - Lemaitre'a, i właśnie dlatego są uważane przez wielu fizy-

ków za ciekawy temat do badań. Szczególnie ważne osiągnięcia mają w tych badaniach następujący autorzy (w nawiasach daty opublikowania najważniejszych prac): Georges Lemaitre (ten sam! 1933), George Mc Vittie (1933), Richard Tolman (1934), Paul Kustaanheimo i Bertil Qvist (wspólna praca, 1948), Alan Barnes (1973), Peter Szekeres (1975) i Duane Szafron (1977). Omówimy poniżej przykłady zjawisk fizycznych charakterystycznych dla modeli o niższej symetrii niż Friedmanna – Lemaitre'a.

5 Zmienność krzywizny przestrzeni

Związek między krzywizną przestrzeni a gęstością materii nie jest na ogół tak prosty, jak w podanym wzorze (patrz ramka), a ponadto wszystkie występujące tam wielkości (krzywizna, stała Hubble'a, gęstość materii) zależą od położenia w przestrzeni. Może się więc zdarzyć, że znak krzywizny jest różny w różnych miejscach Wszechświata. Jeśli mimo to obserwatorzy w dwu różnych galaktykach będą usiłowali dopasować modele Friedmanna - Lemaitre'a do wyników swoich obserwacji, to może się zdarzyć, że jeden z nich uzna za najlepszy model z krzywizną dodatnią, zaś drugi uzna za najlepszy model z krzywizną ujemną. Fizycy opisują tę sytuację mówiąc, że

Ewolucja Wszechświata wg. Friedmanna – Lemaitre'a



Model z krzywizną ujemną $K < 0$

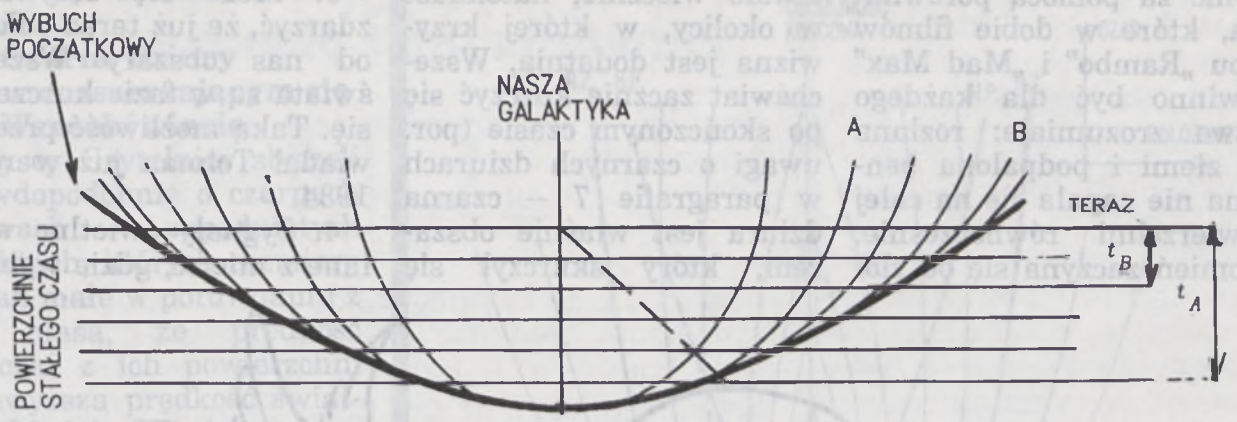
Model ma nieskończone rozmiary i nieskończony czas istnienia. Prędkości ucieczki dalekich galaktyk dążą asymptotycznie do skończonej granicy.

Model z krzywizną zerową $K = 0$

Różni się od modelu z krzywizną ujemną jedynie tym, że asymptotyczna granica prędkości ucieczki każdej galaktyki wynosi zero.

Model z krzywizną dodatnią $K > 0$

Ma stale skończone rozmiary i skończony czas istnienia. Ewolucja kończy się zapadnięciem do pojedynczego punktu przestrzeni.

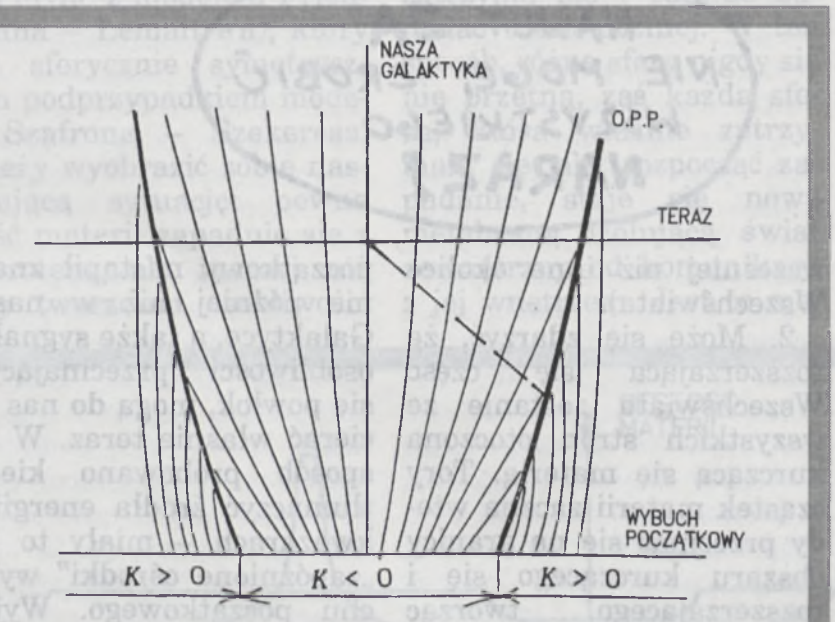


W typowym modelu Szekeresa – Szafrona galaktyki wynurzają się z wybuchu początkowego nierównocześnie. Gdy materia porusza się bez rotacji (tak właśnie jest w tym przypadku), istnieje jednoznaczna metoda synchronizacji zegarów we Wszechświecie. Przy tej synchronizacji, obserwatorzy w różnych miejscach zmierzą różny „wiek Wszechświata". t_A = wiek Wszechświata dla obserwatora A, $t_A > t_B$ – wiek Wszechświata dla obserwatora B.

znak krzywizny jest lokalną własnością czasoprzestrzeni (w modelach Friedmanna - Lemaitre'a jest to własność globalna).

6 Nierównoczesność wybuchu początkowego

Ponieważ inne galaktyki oddalają się od naszej, w przeszłości Wszechświat musiał być gęstszy i gorętszy (i są na to dowody obserwacyjne). W modelach Friedmanna - Lemaitre'a rozszerzaniem się Wszechświata rządzi wzór Hubble'a, $v = H(t)r$. Wstawiając ten związek do równań pola grawitacyjnego uzyskujemy wniosek, że w pewnej chwili w przeszłości cała materia Wszechświata musiała być skupiona w jednym punkcie. Chwila ta, oznaczmy ją t_0, miała nastąpić ok. 15 miliardów lat temu. Fizycy nie traktują tego wniosku całkiem dosłownie. Wszyscy wierzą, że przy bardzo dużych gęstościach materii, większych niż gęstość w jądrze atomowym, włączają się nowe procesy fizyczne, do opisu których potrzebna będzie kwantowa teoria grawitacji – do dziś nie sformułowana. Wspomniany wyżej wynik obliczeń należy więc rozumieć tak: w chwili t_0 gęstość Wszechświata była większa od każdej gęstości dopuszczanej przez fizykę niekwantową. W modelach Friedmanna - Lemaitre'a ów tak zwany wybuch początkowy następuje w jednym punkcie i w oparciu o te modele wydaje się rzeczą oczywistą, że obserwator w dowolnym miejscu Wszechświata powinien zmierzyć tę samą wartość t_0. Tymczasem w modelach Szekeresa – Szafrona nie jest to prawdą: wybuch początkowy nie jest pojedynczym zdarzeniem, lecz procesem rozciągniętym w czasie, zachodzącym w różnych chwilach dla różnych obserwatorów. Można to ob-



Osobliwość przecinających się powłok (O.P.P). Przerywana linia jest torem (hipotetycznego) promienia świetlnego przynoszącego do nas sygnał z osobliwości. Przy odpowiednio dobranej konfiguracji osobliwości jest w zasadzie możliwe odebranie sygnału także z późniejszej fazy wybuchu początkowego (por. rys. powyżej). Czy widzimy takie sygnały?

jaśnić za pomocą porównania, które w dobie filmów typu „Rambo" i „Mad Max" powinno być dla każdego łatwo zrozumiałe: rozlana po ziemi i podpalona benzyna nie zapala się na całej powierzchni równocześnie. Płomień zaczyna się od zlo-

kalizowanego źródła i rozbiega w dal od niego. Podobnie można sobie wyobrażać początkowy wybuch Wszechświata. Wynikają stąd następujące możliwości:

1. „Wiek Wszechświata" nie jest wielkością uniwersalną, lecz będzie różny dla różnych części Wszechświata. Co więcej, nie musi on być skończony albo nieskończony dla całego Wszechświata jednakowo. W tej okolicy, gdzie krzywizna jest□ujemna bądź zerowa, rozszerzanie się będzie trwało wiecznie, natomiast w okolicy, w której krzywizna jest dodatnia, Wszechświat zacznie kurczyć się po skończonym czasie (por. uwagi o czarnych dziurach w paragrafie 7 – czarna dziura jest właśnie obszarem, który skurczył się wcześniej niż inne okolice Wszechświata).

2. Może się zdarzyć, że rozszerzająca się część Wszechświata zostanie ze wszystkich stron otoczona kurczącą się materią. Tory cząstek materii zaczną wtedy przecinać się na granicy obszaru kurczącego się i rozszerzającego, tworząc rozciągniętą w czasie, lecz ograniczoną przestrzennie osobliwość podobną do osobliwości końcowej. Fachowo nazywa się ona osobliwością przecinających się powłok.

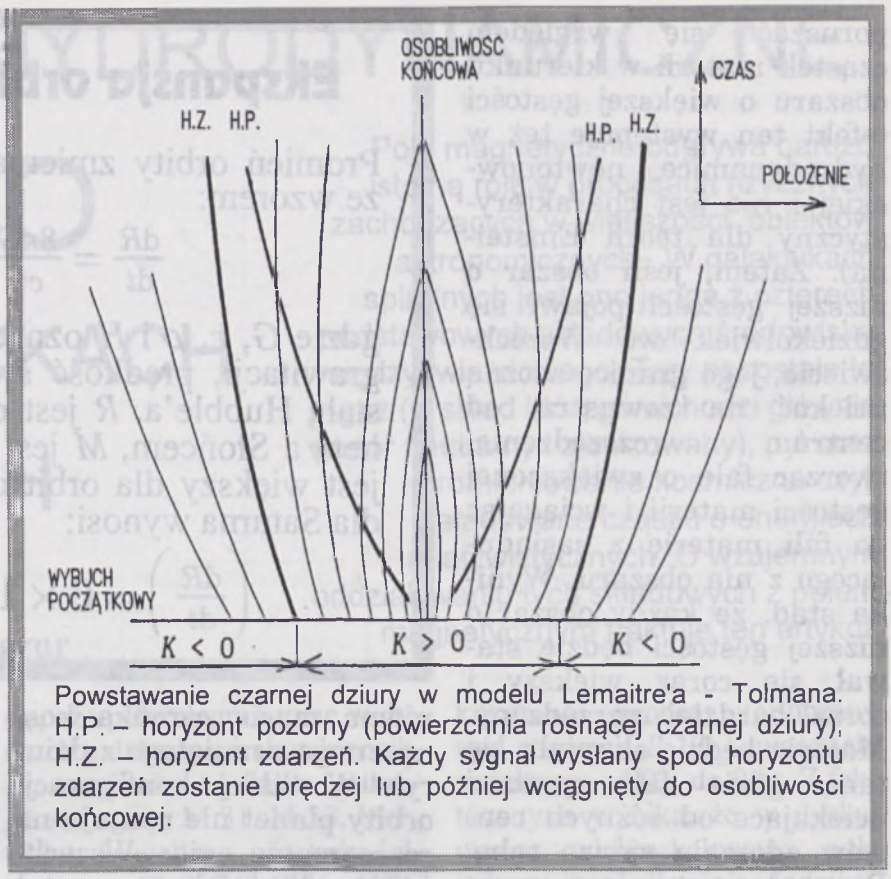
3. Może się oczywiście zdarzyć, że już teraz odległe od nas obszary Wszechświata są w fazie kurczenia się. Taką możliwość przepowiadał Tolman już w roku 1934.

4. Sygnały świetlne wysłane z miejsc, gdzie wybuch początkowy nastąpił znacznie później niż w naszej Galaktyce, a także sygnały z osobliwości przecinających się powłok, mogą do nas docierać właśnie teraz. W ten sposób próbowano kiedyś tłumaczyć źródła energii w kwazarach – miały to być „zapóźnione ośrodki" wybuchu początkowego. Wyjaśnienie to stało się mało prawdopodobne, gdy odkryto większą liczbę kwazarów oraz stwierdzono, że natężenie promieniowania tła jest niezależne od kierunku

obserwacji z dużą dokładnością.

7 Czarne dziury w rozszerzającym się Wszechświecie

Wszyscy Czytelnicy słyszeli prawdopodobnie o czarnych dziurach – zapadniętych obiektach, których rozmiary są tak małe w porównaniu z ich masą, że prędkość ucieczki z ich powierzchni przewyższa prędkość światła. Model Friedmanna - Lemaitre'a z dodatnią krzywizną może być interpretowany jako wnętrze czarnej dziury: nawet promień świetlny nie może z niego uciec. Taka czarna dziura ma jednak stałą masę, tzn. jest to obiekt, który już zakończył wyłapywanie nowej materii z otaczającej przestrzeni. Obiekt ten jest sam w sobie ciekawym przedmiotem badań, ale bardziej interesująca byłaby możliwość opisania czarnej dziury w trakcie powstawania. Taką możliwość daje model Lemaitre'a - Tolmana (nie mylić z modelem Friedmanna – Lemaitre'a), który jest sferycznie symetrycznym podprzypadkiem modelu Szafrona – Szekeresa. Należy wyobrazić sobie następującą sytuację: pewna część materii zapadnie się z powrotem, ale inaczej niż przy tworzeniu osobliwości

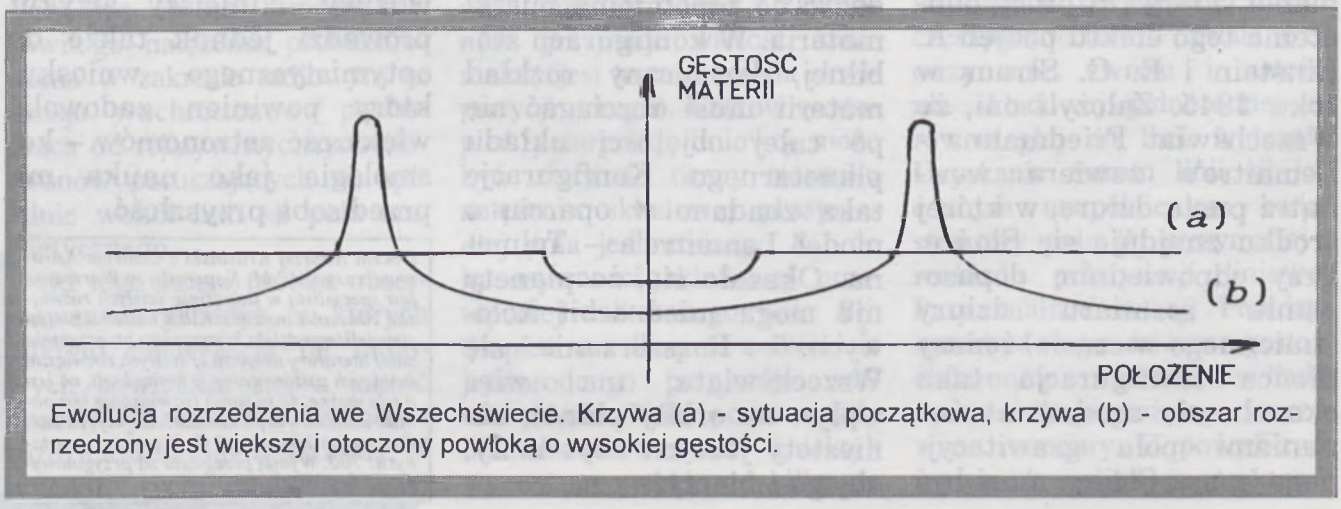


Powstawanie czarnej dziury w modelu Lemaitre'a - Tolmana. H.P. – horyzont pozorny (powierzchnia rosnącej czarnej dziury), H.Z. – horyzont zdarzeń. Każdy sygnał wysłany spod horyzontu zdarzeń zostanie prędzej lub później wciągnięty do osobliwości końcowej.

przecinających się powłok, mniejsze sfery materii zaczynają kurczyć się wcześniej. Sfera sąsiadująca od zewnątrz z tą, która właśnie ma rozpocząć zapadanie się, zatrzyma się i zacznie zapadać nieco później. W ten sposób, różne sfery nigdy się nie przetną, zaś każda sfera, która właśnie zatrzymała się, aby rozpocząć zapadanie, staje się nową membraną izolującą świat zewnętrzny od komunikacji z jej wnętrzem. Jest to model czarnej dziury podczas procesu jej powstawania, jej masa i objętość rosną z czasem.

8 Problem „struktury komórkowej"

Model Lemaitre'a – Tolmana potrafi też wyjaśnić, dlaczego galaktyki mają skłonność do grupowania się w cienkie powłoki otaczające obszary pustej przestrzeni. Powierzchnia oddzielająca obszary o różnych gęstościach materii, będzie na ogół



Ewolucja rozrzedzenia we Wszechświecie. Krzywa (a) - sytuacja początkowa, krzywa (b) - obszar rozrzedzony jest większy i otoczony powłoką o wysokiej gęstości.

poruszać się względem cząstek materii w kierunku obszaru o większej gęstości (efekt ten występuje też w hydrodynamice newtonowskiej i nie jest charakterystyczny dla teorii Einsteina). Zatem, jeśli obszar o niższej gęstości pojawi się gdziekolwiek we Wszechświecie, jego granice zaczną uciekać na zewnątrz, od centrum rozrzedzenia, tworząc falę o zwiększonej gęstości materii i wciągając do fali materię z sąsiadującego z nią obszaru. Wynika stąd, że każdy obszar o niższej gęstości będzie stawał się coraz większy i coraz bardziej rozrzedzony. Materia będzie skupiała się tam, gdzie fale gęstości uciekające od różnych centrów zderzają się ze sobą. Proces ten powinien prowadzić do tworzenia obserwowanej „struktury komórkowej".

9 Wpływ ekspansji Wszechświata na układy planetarne

Pole grawitacyjne materii Wszechświata (tzn. galaktyk innych niż nasza) przenika Układ Słoneczny. Podejrzewano już dawno, że rozszerzanie się Wszechświata, powodujące zmienność w czasie kosmologicznego pola grawitacyjnego, może mieć wpływ na orbity planet. Pierwszą próbę obliczenia tego efektu podjęli A. Einstein i E. G. Straus w roku 1945. Założyli oni, że Wszechświat Friedmanna - Lemaitre'a zawiera wewnątrz pustą dziurę, w której środku znajduje się Słońce. Przy odpowiednim dopasowaniu rozmiaru dziury (zmiennego w czasie) i masy Słońca konfiguracja taka okazała się zgodna z równaniami pola grawitacyjnego (masa Słońca musi być równa masie ośrodka kosmicznego usuniętego z dziury). W takiej konfiguracji orbity planet nie reagują na rozszerzanie się Wszechświata. Wniosek ten został na wiele lat przyjęty jako ogólne prawo wynikające z teorii Einsteina. Tymczasem, rozważania paragrafu 8 sugerują, że konfiguracja Einsteina - Strausa jest niestabilna: przy zbyt małej masie Słońca brzeg dziury będzie oddalał się od jej centrum szybciej niż cząstki „kosmicznego płynu", i będzie przy tym gromadził dodatkową materię, przy zbyt dużej masie Słońca brzeg dziury zacznie poruszać się ku jej centrum i dążyć do zapełnienia pustki materią. W konfiguracji stabilnej, kosmiczny rozkład materii musi rozciągać się po całej objętości układu planetarnego. Konfigurację taką zbadano w oparciu o model Lemaitre'a – Tolmana. Okazało się, że planety nie mogą mieć orbit kołowych. Rozszerzanie się Wszechświata ma więc wpływ na orbity planet, ale niestety jest on zbyt mały, aby go zmierzyć.

Ekspansja orbit planetarnych

Promień orbity zmienia się z czasem zgodnie ze wzorem:

$$\frac{dR}{dt} = \frac{8\pi G}{c^4}\rho R^4 \frac{H}{2M}$$

gdzie G, c, ρ i H oznaczają odpowiednio stałą grawitacji, prędkość światła, gęstość materii i stałą Hubble'a. R jest odległością między planetą a Słońcem, M jest masą Słońca. Efekt ten jest większy dla orbit o dużych promieniach i dla Saturna wynosi:

$$\left(\frac{dR}{dt}\right) = 6 \times 10^{-18}\text{m/rok}.$$

Zakończenie

Lista nowych problemów, które otwierają przed nami niejednorodne modele Wszechświata, nie została tu wyczerpana. Jest to temat słabo wyeksploatowany i można oczekiwać dalszych niespodzianek. Można by wysnuć z tego tekstu pesymistyczną konkluzję, że większość naszej wiedzy o Wszechświecie jest pozorna, opiera się bowiem na próbach dopasowania do rzeczywistości jednej, bardzo szczególnej klasy modeli, której prawie wszystkie własności są wyjątkowe w zbiorze teoretycznie możliwych modeli. Wniosek ten jest, nawiasem mówiąc, prawdziwy. Niniejszy artykuł prowadzi jednak także do optymistycznego wniosku, który powinien zadowolić większość astronomów – kosmologia jako nauka ma przed sobą przyszłość.

*Docent **Andrzej Krasiński** z Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika w Warszawie jest specjalistą w dziedzinie ścisłych rozwiązań równań Einsteina. Kilka lat temu podjął się wielkiego dzieła krytycznego przeczytania całej literatury dotyczącej ścisłych rozwiązań mających zastosowanie w kosmologii, co jest o tyle ważne, że to samo rozwiązanie jest publikowane nawet po kilkanaście razy, za każdym razem jako nowe! Ilość prac przeczytanych: 700. Wyniki przeglądu są przygotowywane do publikacji.*

MAGNETOHYDRODYNAMICZNE DYNAMO W GALAKTYKACH SPIRALNYCH

Pole magnetyczne odgrywa bardzo istotną rolę w procesach fizycznych zachodzących w większości obiektów astronomicznych. W galaktykach spiralnych jest ono jedną z czterech podstawowych składowych środowiska międzygwiazdowego. Trzy pozostałe to gaz (w skład którego wchodzi głównie wodór neutralny i zjonizowany), pył oraz promieniowanie kosmiczne czyli naładowane cząstki o energiach relatywistycznych. O wzajemnym oddziaływaniu tych składowych z polem magnetycznym traktuje ten artykuł.

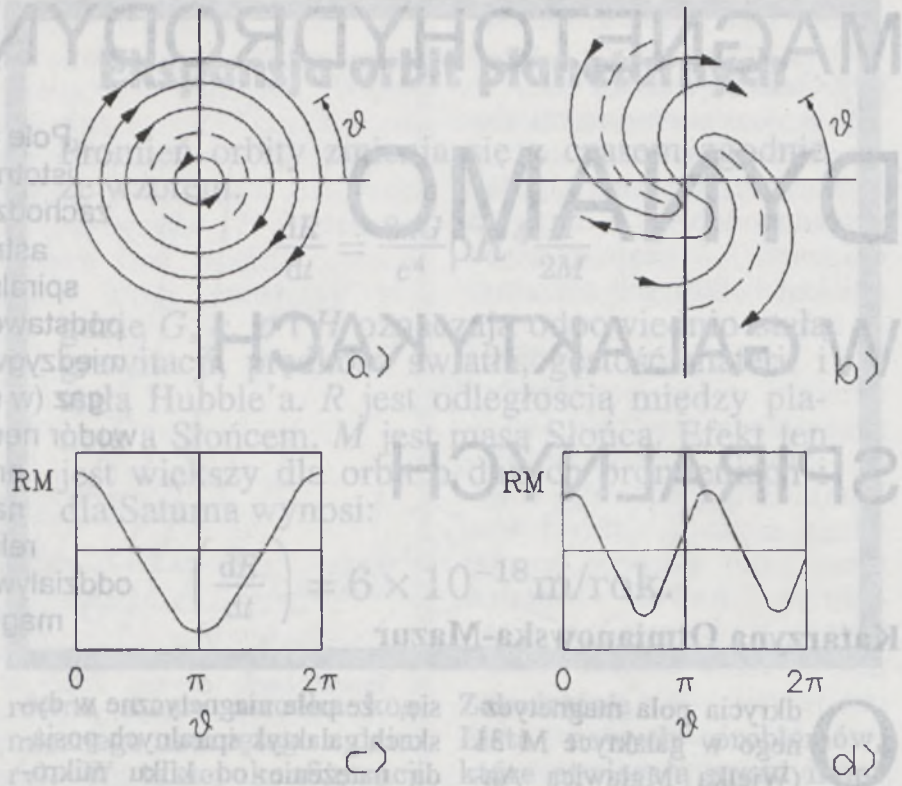
Katarzyna Otmianowska-Mazur

Odkrycia pola magnetycznego w galaktyce M 31 (Wielka Mgławica Andromedy) dokonał w roku 1942 Öhman stwierdzając, że dochodzące z niej światło jest spolaryzowane przez drobinki pyłu leżące wzdłuż pola magnetycznego i wyznaczające jego kierunek. Posługując się tą samą metodą pod koniec lat czterdziestych udowodniono, że także w naszej Galaktyce istnieje pole magnetyczne. Jednak prawdziwa rewolucja w możliwościach obserwacyjnych dokonała się dopiero po odkryciu w roku 1972 przez Mathewsona i in. polaryzacji promieniowania synchrotronowego dochodzącego z galaktyki spiralnej M51. Pomiary te ostatecznie potwierdziły tezę, że duży procent całkowitego natężenia promieniowania w zakresie radiowym to emisja synchrotronowa pochodząca od relatywistycznych elektronów poruszających się spiralnie wokół linii sił pola magnetycznego.

Od tego czasu próbka obserwowanych galaktyk, w których odkryto polaryzację fal radiowych powiększa się, a jakość obserwacji, tzn. ich czułość i rozdzielczość ciągle wzrasta. W wyniku tych badań okazało się, że pole magnetyczne w dyskach galaktyk spiralnych posiada natężenie od kilku mikrogaussów (np. M 31, M 33, Mały Obłok Magellana i in.) do kilkunastu μG (NGC 6946, NGC 4658 i in.). W naszej Galaktyce wartość ta wynosi ok. 7 μG. Obserwacje radiowe całkowitej i spolaryzowanej intensywności promieniowania pozwalają określić rozkład stopnia liniowej polaryzacji w dysku, a także natężenie i orientację składowej pola całkowitego, prostopadłej do linii widzenia obserwatora $B_{\perp}^{t}$. W tym przypadku konieczna jest znajomość rzeczywistych rozmiarów źródła oraz gęstości elektronów relatywistycznych, którą otrzymuje się zakładając, że suma energii pola magnetycznego i elektronów przyjmuje wartość minimalną (jest to tzw. zasada ekwipartycji energii). Całkowity stopień polaryzacji liniowej może być użyty do oceny stosunku natężenia składowej prostopadłej pola jednorodnego $B_{\perp}^{u}$ do intensywności składowej prostopadłej całkowitego pola $B_{\perp}^{t}$. Stopień ten dla pola całkowicie jednorodnego przyjmuje wartość około 73%, podczas gdy dla obserwowanych galaktyk wynosi on zwykle od kilku do kilkunastu procent (obliczany stąd stosunek $B_{\perp}^{u}/B_{\perp}^{t}$ mieści się w zakresie od 0.3 do 0.5). Z faktów tych wynika, że w dysku, oprócz wielkoskalowego pola jednorodnego, istnieje dodatkowo pole o fluktuacjach mniejszych niż rozmiar wiązki teleskopu (tzw. składowa losowa B_r). O istnieniu pola B_r świadczą również następujące fakty obserwacyjne: minima natężenia promieniowania spolaryzowanego w obszarach, gdzie ramiona spiralne są równoległe do linii widzenia oraz wzrost intensywności emisji niespolaryzowanej w tych samych punktach. Wyniki obserwacji muszą również uwzględniać poprawkę na efekt rotacji Faradaya. Wielkość rotacji ocenia się z obserwacji polaryzacji na co najmniej dwóch częstotliwościach. Pozwala to na otrzymanie zwrotu i natężenia składowej jednorodnej $B_{\parallel}^{u}$ równoległej do linii widzenia. Uzyskanie zwrotu linii sił jest cennym uzupełnieniem badań struktury pola $B_{\perp}$ otrzymanej z rozkładu polaryzacji liniowej. Przy analizie rotacji Faradaya musi być znana zarówno gęstość elektronów termicznych w badanym źródle jak też jego rzeczywiste rozmiary. Z powyższych rozważań wynika, że struktura i

natężenie pola magnetycznego są znane jedynie w przybliżeniu, gdyż ich uzyskanie możliwe jest po przyjęciu szeregu założeń co do środowiska wewnątrz galaktyki.

Jedną z ważniejszych metod analizy wielkoskalowej struktury pola magnetycznego jest badanie zmian rotacji Faradaya w funkcji kąta azymutalnego w płaszczyźnie galaktyki. Dzięki tej metodzie w próbce obserwowanych dotychczas galaktyk spiralnych wyróżniono dwie podstawowe konfiguracje pola magnetycznego: osiowosymetryczno–spiralną (ASS) oraz bisymetryczno–spiralną (BSS). Linie sił pola w strukturze ASS biegną wyłącznie do centrum dysku (rys.1a), a w przypadku BSS wchodzą do centrum, a następnie z niego wychodzą (rys.1b). Odpowiadająca konfiguracji ASS zmiana



Rys. 1. Konfiguracje ASS (a) i BSS (b) linii sił pola magnetycznego w rzucie na płaszczyznę galaktyki. Na rysunku przedstawiono także charakterystyczne zmiany rotacji Faraday'a (RM) w funkcji kąta azymutalnego w płaszczyźnie galaktyki dla struktury ASS (c) i BSS (d).

Słowniczek trudniejszych pojęć

Rotacja Faradaya

Rotacją Faradaya nazywany jest efekt skręcenia płaszczyzny polaryzacji liniowo spolaryzowanej fali elektromagnetycznej przy przejściu przez obszar plazmy, w której obecne jest pole magnetyczne. Kąt rotacji ω zależny jest od gęstości elektronów w plazmie N_e i natężenia pola magnetycznego H oraz kąta ψ pomiędzy linią widzenia, a kierunkiem pola magnetycznego i opisuje się go (w radianach) wzorem:

$$\omega = \lambda^2 R.M. \quad (1)$$

gdzie $R.M.$ jest tzw. miarą rotacji (w rad./m^2) zdefiniowana przez:

$$R.M. = 8 \cdot 10^5 \int N_e H \cos\psi \, dl \quad (2)$$

gdzie λ jest długością fali w metrach. Całka w równaniu (2) oznacza całkowanie wzdłuż linii widzenia (dl podaje się w parsekach).

Wmrożenie pola i dyfuzja ohmowa (patrz J. D. Jackson, *Elektrodynamika klasyczna*, PWN 1982)

Pole magnetyczne $\vec{B}$ w cieczy o przewodności elektrycznej σ poruszającej się z prędkością $\vec{v}$ ulega zmianom w czasie zgodnie z równaniem

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \mathrm{rot}\left(\vec{v} \times \vec{B}\right) + \eta \, \mathrm{rot}\left(\mathrm{rot}\vec{B}\right)$$

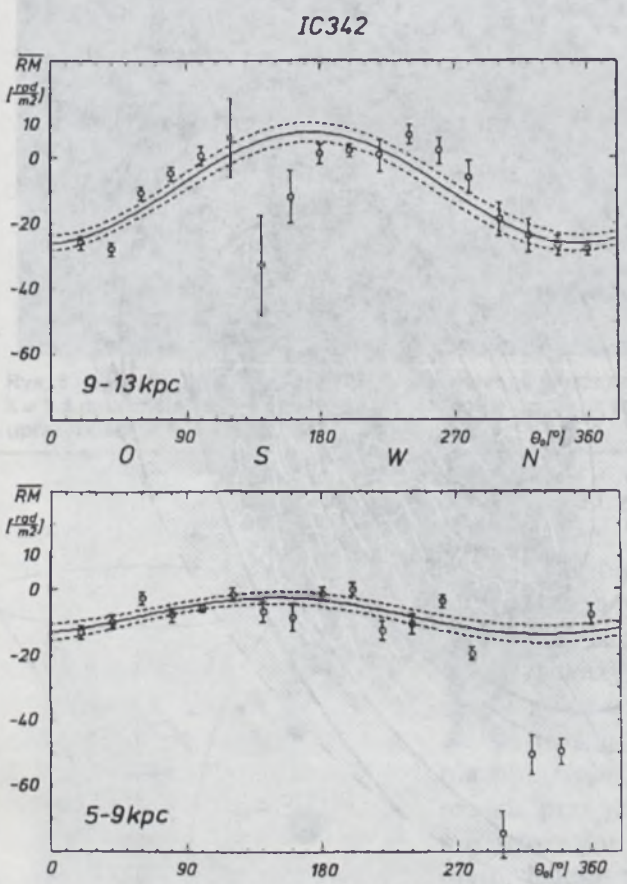
gdzie $\eta = c^2 4\pi\sigma$ jest współczynnikiem dyfuzji ohmowej (c - prędkość światła). Dla cieczy w spoczynku ($\vec{v} = 0$) równanie to jest równaniem dyfuzji dla pola magnetycznego i początkowa konfiguracja pola będzie rozpływać się w czasie. W przeciwnym przypadku, gdy przewodność cieczy jest bardzo duża (σ dąży do nieskończoności) to η dąży do nieskończoności i drugi składnik po prawej stronie równania (3) można zaniedbać. Jeżeli wybierzemy wtedy w ośrodku dowolną krzywą zamkniętą, to strumień pola magnetycznego przepływający przez obszar przez nią zakreślony nie zmienia się w czasie ewolucji systemu. Mówimy wtedy, że linie sił pola są „wmrożone" w ciecz, tzn. poruszają się wraz z nią.

Dyfuzja turbulentna

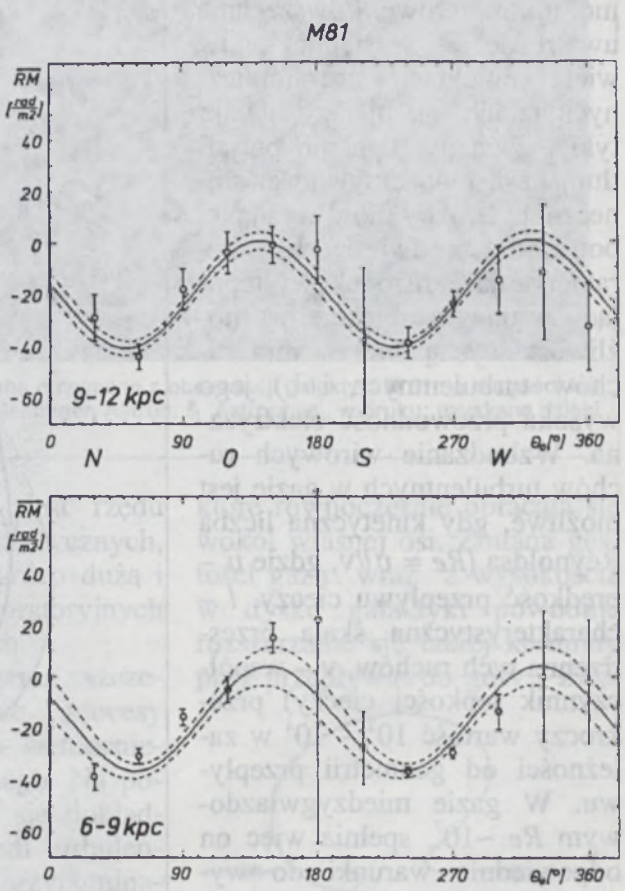
Ruchy turbulentne obecne w ośrodku powodują plątanie i mieszanie linii sił pola magnetycznego. Takie zaburzone pole jest równocześnie wygładzane (jego pętle linii sił są sklejane) w małych skalach przez dyfuzję ohmową. W rezultacie pole magnetyczne z obszaru o większym natężeniu może rozpływać się w region o natężeniu mniejszym z taką prędkością z jaką jest mieszane przez ruchy turbulentne. Jest to proces z reguły dużo szybszy od działania samej dyfuzji ohmowej.

wartości rotacji Faraday'a z kątem azymutalnym jest pojedynczą sinusoidą (rys.1c), podczas gdy dla BSS sinusoida jest podwójna (rys.1d). Dopasowanie tych krzywych do punktów obserwacyjnych dla galaktyki IC 342 (ASS) i M 81 (BSS) można zobaczyć odpowiednio na rys. 2 i 3. Uzyskane w ten sposób struktury pola dla tych galaktyk można zobaczyć na zdjęciu galaktyki IC 342 (rys.4) z naniesionymi wektorami składowej pola prostopadłej do linii widzenia (niestety nie widać tu zwrotu pola, choć na pewno jest to struktura ASS) oraz na zdjęciu M 81 (rys.5), gdzie bezpośrednio zaprezentowano przebieg i zwrot linii sił dla struktury BSS. Drugim przykładem takiej konfiguracji (choć ostatnio nie wszyscy są zgodni czy jest to na pewno BSS) jest struktura pola dla galaktyki M□51 widoczna na pięknym zdjęciu (rys.6). Wszystkie prezentowane mapy radiowe galaktyk zostały nałożone na ich fotografie wykonane w świetle widzialnym.

Pole magnetyczne w dysku galaktycznym bierze udział w wielu zachodzących tam procesach, między innymi podlegając stałemu rozpraszaniu na skutek dyfuzji turbulentnej i ohmowej (dyfuzja ohmowa jest mniej wydajna). Oszacowania szybkości zanikania pola magnetycznego o natężeniu kilku mikrogaussów i o wielkościach charakterystycznych porównywalnych z rozmiarami całej galaktyki wykazały, że bez procesu amplifikacji, pole rozproszyłoby się w czasie ~2×10^8 lat. W porównaniu z wiekiem galaktyki wynoszącym około 10^{10} lat znaczy to, że aktualnie nie obserwowalibyśmy żadnego pola magnetycznego. Wykazano także, że pole dostarczane z gwiazd poprzez wybuchy supernowych i nowych czy wiatry gwiazdowe to za mało aby podtrzymać pole galaktyczne, nie jest też w tym celu wystarczająca obecność pola reliktowego (pozostającego od czasu formowania się galaktyki). Aby uzyskać obserwowane natężenie i pole o skali całej galaktyki potrzebny jest bardzo wydajny mechanizm jego odtwarzania. Procesem, który oferuje takie możliwości jest odkryty w 1919 roku przez Sir Josepha Larmora mechanizm wzmacniania pola przez ruchy wysoko przewodzącego gazu. Został on nazwany procesem magnetohydrodynamicznego dynamo, gdyż w swojej zasa-

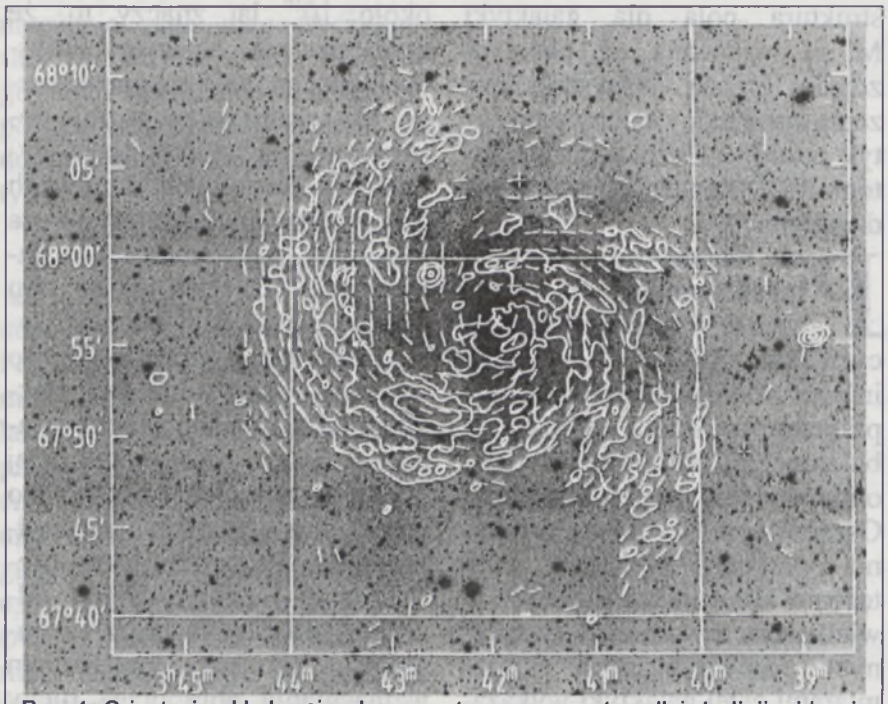


Rys. 2. Zmiany rotacji Faraday'a mierzonej pomiędzy długościami fal 20 cm (VLA)*) i 6 cm (Effelsberg) w funkcji kąta azymutainego w płaszczyźnie dysku dla galaktyki M 81 dla dwóch interwałów promienia galaktycznego (wg. M. Krause, E. Hummel, R. Beck, Astron. & Astrophys., 217, 4, 1989).



Rys.3. Zmiany rotacji Faraday'a mierzonej pomiędzy długościami fal 20 cm (VLA) i 6 cm (Effelsberg) w funkcji kąta azymutainego w płaszczyźnie dysku dla galaktyki M 81 dla dwóch interwałów promienia galaktycznego (wg. M. Krause, E. Hummel, R. Beck, Astron. & Astrophys., 217, 17, 1989).

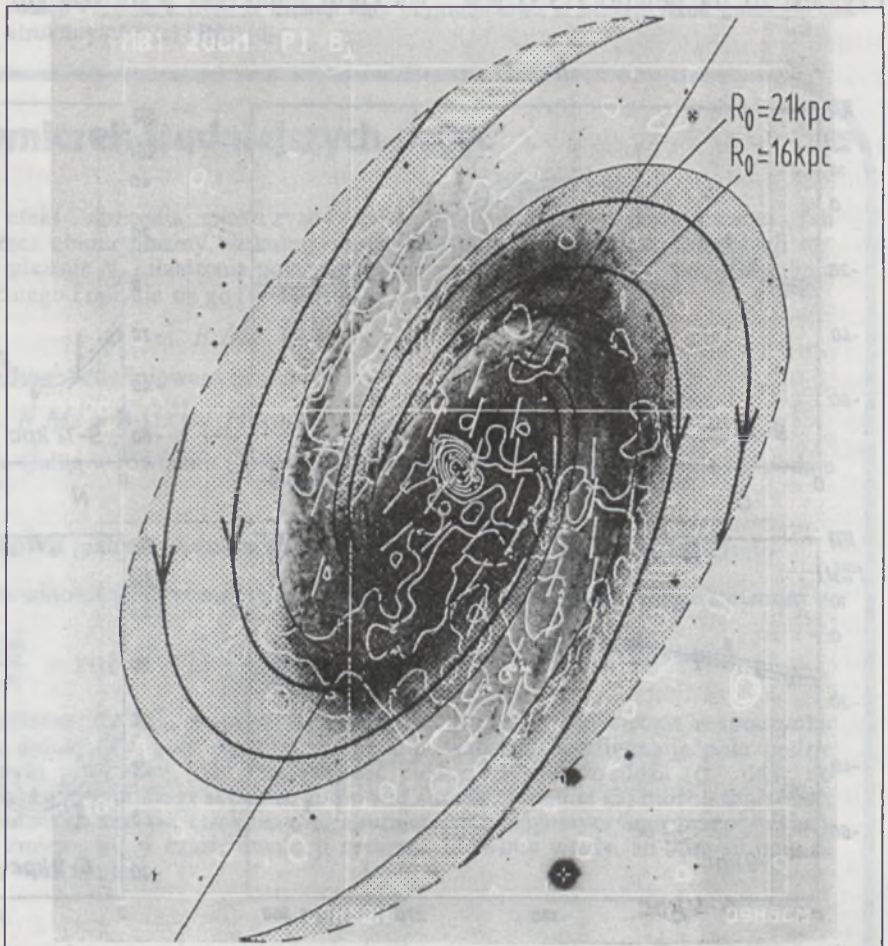
*) o radioteleskopach VLA wspominaliśmy w PA 1/92, str. 4 (red.)



Rys. 4. Orientacja składowej pola magnetycznego prostopadłej do linii widzenia dla galaktyki IC 342 obserwowana ze zdolnością rozdzielczą 2'.45. Długości wektorów mają arbitralną długość i są nałożone na mapę konturową liniowo spolaryzowanej in tensywności na długości fali λ 20 cm (wg. M. Krause, E. Hummel, R. Beck, Astron. & Astrophys., 217, 4, 1989).

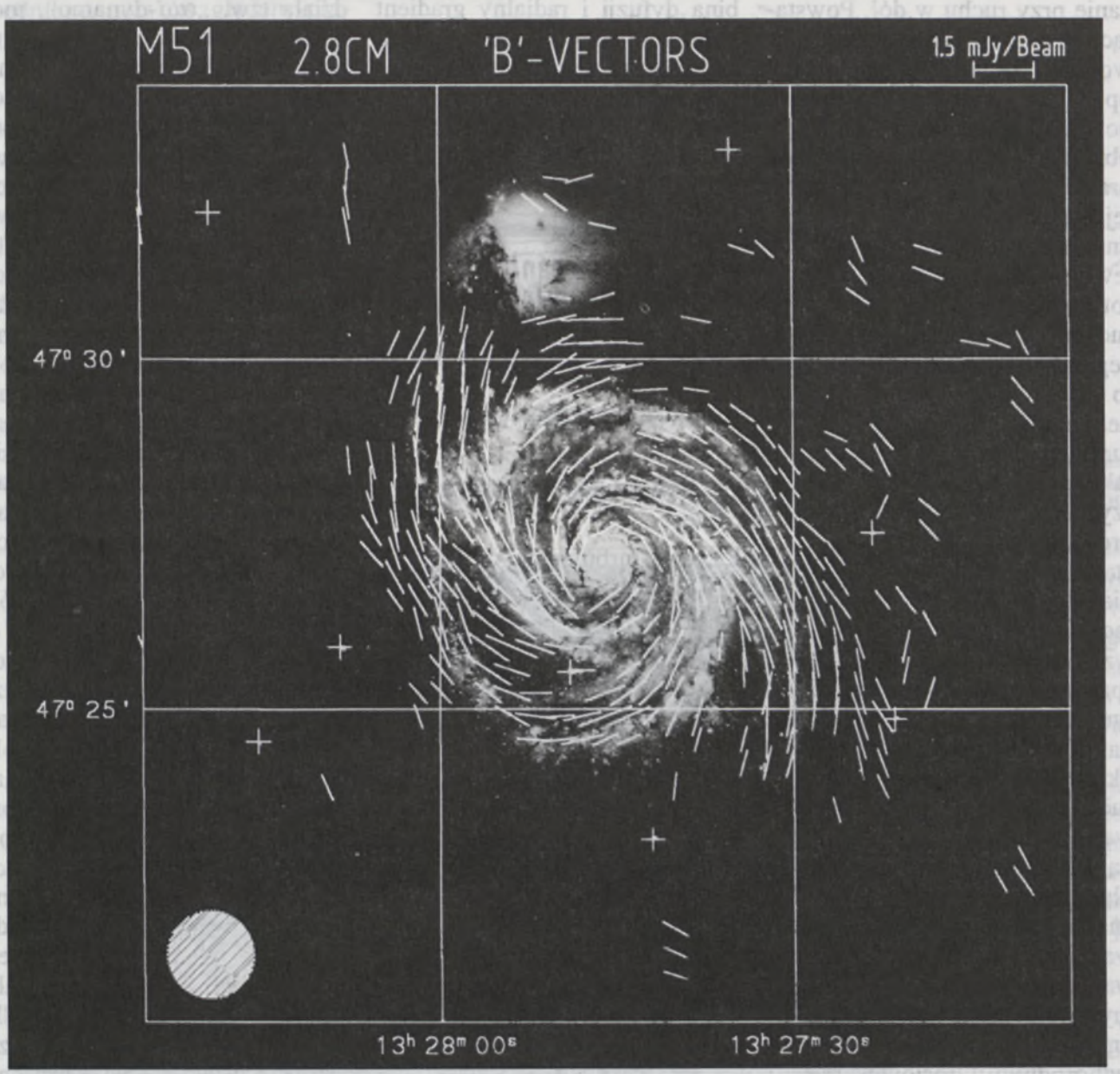
trzebną do ich wzbudzania dostarczają wybuchy gwiazd supernowych, wiatry od młodych gwiazd typu OB, a także rotacja różnicowa galaktyki (galaktyka nie rotuje jak ciało sztywne, poszczególne jej partie posiadają różną prędkość kątową w zależności od odległości od centrum). Drugą, bardzo istotną właściwością środowiska międzygwiazdowego jest jego duża przewodność elektryczna σ prowadząca do niskiej wartości współczynnika dyfuzji ohmowej $\eta = c^2/4\pi\sigma$, gdzie c – prędkość światła. Powoduje to bardzo słabą dyssypację pola magnetycznego poprzez dyfuzję ohmową, co oznacza, że pole magnetyczne jest praktycznie wmrożone w gaz. Magnetyczna liczba Reynoldsa $R_m = v \cdot l/\eta$, gdzie v jest charakterystyczną prędkością przepływu, a l jego

dzie działania przypomina dynamo, np. rowerowe. Powszechnie uważa się, że występuje on w wielu obiektach astronomicznych takich jak planety, galaktyki i gwiazdy (dynamo potrafi tłumaczyć cykl aktywności słonecznej*) !). Aby mógł wystąpić, potrzebne są dwie cechy charakteryzujące ośrodek występujący w danym obiekcie: a) możliwość wystąpienia w nim ruchów turbulentnych i b) jego wysoka przewodność elektryczna. Wzbudzanie wirowych ruchów turbulentnych w gazie jest możliwe, gdy kinetyczna liczba Reynoldsa ($Re = v\,l/\nu$, gdzie v – prędkość przepływu cieczy, l – charakterystyczna skala przestrzenna tych ruchów, ν – współczynnik lepkości cieczy) przekroczy wartość $10^2 - 10^4$ w zależności od geometrii przepływu. W gazie międzygwiazdowym $Re \sim 10^7$, spełnia więc on odpowiednie warunki do wystąpienia turbulencji. Ruchy turbulentne posiadają szeroki zakres skal przestrzennych, od 10^8 cm do 10^{20} cm, a energię po-

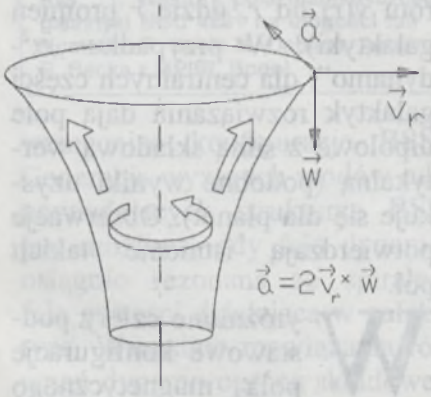


Rys. 5. Mapa konturowa liniowo spolaryzowanej emisji galaktyki M 81 na długości fali λ = 20.2 cm (VLA). Wektory pokazują orientację składowej pola magnetycznego rzutowaną na płaszczyznę nieba, obserwowaną z rozdzielczością 2'.45 i zmierzoną na długości fali λ = 6.3 cm (Effelsberg). Spirale reprezentują model linii sił pola uzyskany z rozkładu rotacji Faraday'a, pola zakropkowane pokazują zakres niepewności modelu (wg. M. Krause, E. Hummel, R. Beck, Astron. & Astrophys., 217, 17, 1989).

*) patrz ramka w PA 4/91, str. 157 (red.)



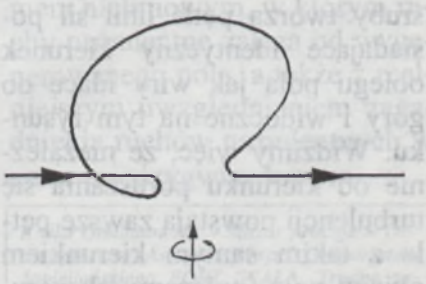
Rys. 6. Wektory pola magnetycznego rzutowane na płaszczyznę nieba otrzymane z obserwacji galaktyki M 51 na długości fali $\lambda = 2.8$ cm (Effelsberg) nałożone na jej fotografię optyczną (wg. N. Neininger, Astron. & Astrophys., w druku: uzyskane dzięki uprzejmości dr R. Becka z MPIfR, Bonn).



Rys. 7. Podnoszący się i równocześnie rozszerzający się wir, który dzięki oddziaływaniu siły Coriolisa wiruje zgodnie z regułą prawej śruby; $\vec{a}$ oznacza przyspieszenie siły Coriolisa, $\vec{w}$ - prędkość kątową galaktyki, $\vec{v}$ - radialną prędkość gazu w wirze.

skalą przestrzenną, jest rzędu 10^5 dla ruchów chaotycznych, co jest wartością bardzo dużą i niespotykaną w laboratoryjnych warunkach ziemskich.

Rozważymy teraz szczegółowo jakie procesy prowadzą do wzmocnienia pola galaktycznego. Na początku przyjrzyjmy się dokładnie wirowym ruchom turbulentnym. Ruchy takie przypominają w dużym stopniu wiry w atmosferze ziemskiej znane pod nazwą wyżów i niżów. Są to bardzo wysokie kolumny gazu płynącego w dół lub w górę, które równocześnie obracają się wokół własnej osi. Zmiana gęstości gazu wraz z wysokością w dysku galaktyki powoduje rozszerzanie się takiej kolumny przy przepływie do góry i zwę-



Rys. 8. Pętla linii sił pola magnetycznego utworzona w wyniku działania wiru skręcającego i unoszącego ją do góry.

żanie przy ruchu w dół. Powstająca przy tym siła Coriolisa powoduje, że podnoszące się i opadające wiry znajdujące się powyżej płaszczyzny galaktyki obracają się zgodnie z zasadą prawej śruby (rys. 7), a poniżej tej płaszczyzny zgodnie z regułą śruby lewej (dla galaktyki rotującej zgodnie z ruchem wskazówek zegara). Powoduje to tzw. niezerową helikalność ruchów turbulentnych w galaktyce i jest wykorzystane przy wyprowadzaniu podstawowego równania dynamo opisującego proces wzmacniania pola (patrz ramka). Występujący w tym równaniu współczynnik dynamo α jest uśrednioną w skali około 100 pc miarą działania ruchów wirowych. Posiada on wartość dodatnią nad płaszczyzną galaktyki, a ujemną pod tą płaszczyzną. Różnica w jego znaku jest wynikiem dyskutowanego przed chwilą oddziaływania siły Coriolisa. Wyobraźmy sobie teraz, że pojedyncza turbulencja zaczyna swą akcję w jednorodnym, osiowosymetrycznym polu magnetycznym. Dzięki faktowi wmrożenia pola wynosi ona ze sobą jego linie sił skręcając je w trakcie obrotu dookoła własnej osi i tworząc z nich charakterystyczne pętle przedstawione na rys. 8. Wiry poruszające się w dół kręcąc się także zgodnie z regułą prawej śruby tworzą pętle linii sił posiadające identyczny kierunek obiegu pola jak wiry idące do góry i widoczne na tym rysunku. Widzimy więc, że niezależnie od kierunku poruszania się turbulencji powstają zawsze pętle z takim samym kierunkiem obiegu pola (polecamy eksperymenty z drucikiem imitującym linię sił). Teraz wystarczy odrobina dyfuzji i radialny gradient natężenia pola, a pętle sklejają się tworząc wypadkowe składowe : radialną B_r i wertykalną B_z. Ponieważ dyfuzja ohmowa jest w gazie międzygwiazdowym bardzo nieefektywna, jej rolę przejmuje zw. dyfuzja turbulentna, pochodząca od wirów o małych rozmiarach (<10 pc), nie wpływających znacząco na zmianę struktury pola, a oddziałujących głównie przez wygładzanie jego drobnych zaburzeń. Następnie do akcji wkracza rotacja różnicowa galaktyki. Szybciej rotujące warstwy wewnętrzne rozciągają nowo powstałą składową B_r tak, że wzmacnia ona wielkoskalową składową azymutalną B_ϕ. W ten sposób działa tzw. „$\alpha\omega$-dynamo", możliwe dla tych części dysku, gdzie występuje rotacja różnicowa. Dla partii dysku położonych bliżej jądra galaktyki, które zwykle rotują jak ciało sztywne, wzmacnianie następuje na skutek akcji tzw. „α^2-dynamo". Polega ono na wzmocnieniu pola wyłącznie przez ruchy turbulentne.

Widoczne w ramce równanie dynamo doczekało się szeregu rozwiązań analitycznych jak też i numerycznych w przypadku liniowym tzn. dla współczynnika dynamo α niezależnego od pola magnetycznego B (niezależność ta oznacza fizycznie brak reakcji zwrotnej ze strony pola na ruchy turbulentne). Rozwiązań tych szukano zwykle w postaci falowej $\sim\exp(\Gamma t+im\phi)$, gdzie Γ jest globalnym wykładnikiem wzrostu, a m azymutalną liczbą falową ($m = 0$ odpowiada strukturze osiowosymetrycznej, a $m = 1$ bisymetrycznej). Udało się uzyskać rozwiązania dla $\Gamma > 0$, co oznacza wykładniczy wzrost natężenia pola z czasem. Przy obliczeniach wykorzystuje się znane z obserwacji krzywe prędkości rotacji galaktyk (zależność prędkości liniowej obrotu v(r) od r, gdzie r promień galaktyki). W przypadku „α^2-dynamo", dla centralnych części galaktyk rozwiązania dają pole dipolowe z silną składową wertykalną (podobne wyniki uzyskuje się dla planet). Obserwacje potwierdzają istnienie takich pól.

Wyróżniono cztery podstawowe konfiguracje pola magnetycznego możliwe do otrzymania w tego typu obliczeniach: A0, S0, A1, S1. Struktury pola typu A są antysymetryczne (przeciwny zwrot

Równanie magnetohydronamicznego dynamo

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = \mathrm{rot}(\vec{V}\times\vec{B}) + \mathrm{rot}(\alpha\vec{B}) + \beta\,\mathrm{rot}(\mathrm{rot}\vec{B})$$

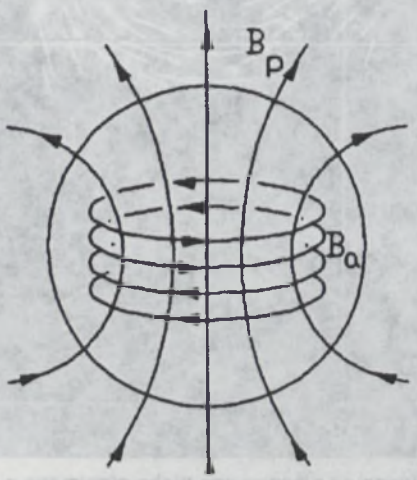
$\vec{B}$ – wektor indukcji magnetycznej

t – czas

$\vec{V}$ – wielkoskalowa prędkość gazu (prędkość rotacji różnicowej

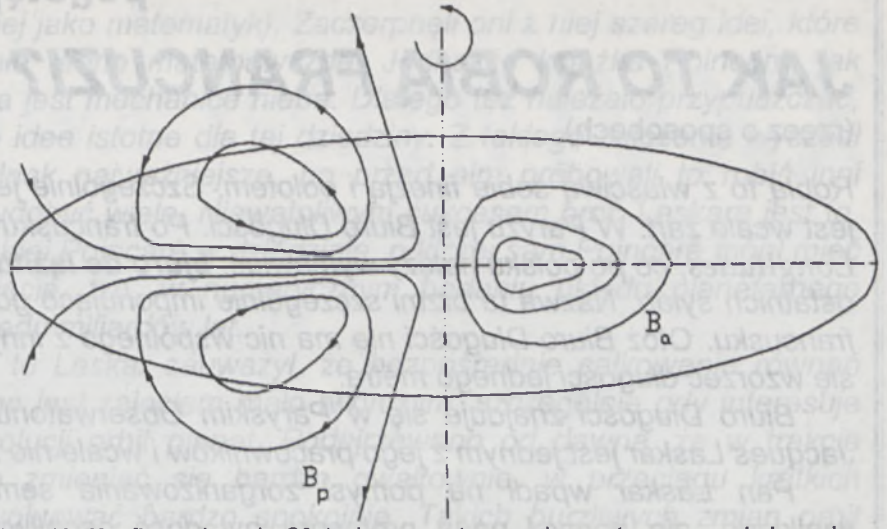
β – współczynnik turbulentnej dyfuzji

α – współczynnik dynamo

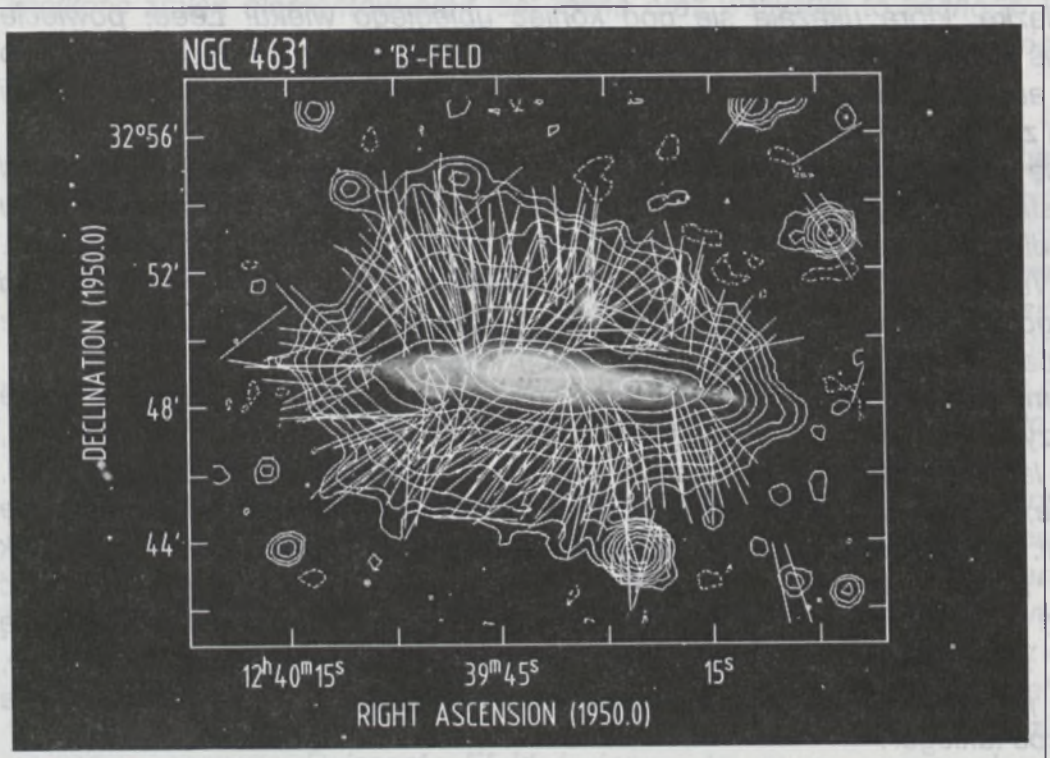


Rys. 9. Konfiguracja pola magnetycznego A0 (osiowosymetryczna i antysymetryczna względem płaszczyzny galaktyki). Na rysunku przedstawiono przebieg linii sił dla składowej poloidalnej (B_p) oraz azymutalnej (B_ϕ).

średniego pola) względem płaszczyzny galaktyki, pola opisywane literami S są symetryczne względem tej płaszczyzny. Natomiast liczba 0 lub 1 odpowiada wyżej opisanej literze „m" i oznacza konfigurację osiowosymetryczną lub bisymetryczną. Na rys. 9 i 10 można zobaczyć przykładowe struktury linii sił dla konfiguracji A0 i S0 (wyższe mody są trudne do prostej demonstracji). Okazało się też, że dla założonych warunków panujących w galaktykach łatwo uzyskuje się wzbudzenie modów osiowosymetrycznych (ASS), trudno jest natomiast



Rys. 10. Konfiguracja pola S0 (osiowosymetryczna i symetryczna względem płaszczyzny galaktyki). W lewej części rysunku przedstawiono przebieg linii sił dla składowej poloidalnej (B_p), w prawej linie jednakowego natężenia składowej azymutalnej (B_a).



Rys. 11. Wektory pola magnetycznego rzutowane na płaszczyznę nieba otrzymane z obserwacji galaktyki NGC 4631 na długości fali λ = 20 cm (VLA) nałożone na jej fotografię optyczną (wg. E. Hummel, R. Beck, M. Dahlem, Astron. & Astrophys., 248, 23, 1991; uzyskane dzięki uprzejmości dr R. Becka z MPIfR, Bonn).

wzmacniać konfiguracje BSS. Generacja wyższych modów odpowiadających strukturze BSS jest możliwa, gdy fala dynamo osiągnie rezonans ze spiralną falą gęstości działającą w galaktyce. Wszystkie rozwiązania równań dynamo oprócz składowej azymutalnej (obserwowanej we wszystkich normalnych galaktykach spiralnych) zawierają w sobie również składową poloidalną. Istnienie pola prostopadłego do płaszczyzny dysku zaobserwowano do tej pory tylko w dwóch galaktykach: słynnej NGC 4631 (rys.11), gdzie pole wydaje się rozchodzić prawie pionowo z całego dysku oraz w NGC 891, gdzie pole pojawia się tylko w kilku miejscach. Są to do tej pory jedyne takie obserwacje i trudno na razie wyrokować czy świadczą one o działaniu dynamo czy też o np. silnym wietrze galaktycznym (są to galaktyki o wysokim tempie tworzenia się gwiazd).

Podsumowując należy stwierdzić, że idea magnetohydrodynamicznego dynamo dobrze wyjaśnia wiele obserwowanych własności pola magnetycznego w galaktykach spiralnych, takich jak jego wielkoskalową strukturę czy natężenie. Trzeba też podkreślić, że w teorii tej kryje się jeszcze wiele niezbadanych możliwości związanych z problemem nieliniowym, w którym ruchy turbulentne zależą od wygenerowanego pola, a także z realniejszym uwzględnieniem zagadnienia ruchów turbulentnych w gazie międzygwiazdowym.

Kaśka Otmianowska – Mazur pracuje w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego FORT SKAŁA. Trudne zagadnienia pól magnetycznych w galaktykach znajdują się w centrum jej zainteresowań naukowych.

JAK TO ROBIĄ FRANCUZI?

(rzecz o sposobach)

Robią to z właściwą sobie finezją i polotem. Szczególnie jeden, z Biura Długości. To nie jest wcale żart. W Paryżu jest Biuro Długości. Po francusku biuro nazywa się Bureau des Longitudes, co po polsku należy wymawiać: ***bjuro de lążitud****, pamiętając o akcentowaniu ostatnich sylab. Nazwa ta brzmi szczególnie imponująco gdy usiłuje się ją powiedzieć po francusku. Otóż Biuro Długości nie ma nic wspólnego z innym biurem, w którym znajduje się wzorzec długości jednego metra.*

Biuro Długości znajduje się w Paryskim Obserwatorium Astronomicznym. Profesor Jacques Laskar jest jednym z jego pracowników i wcale nie zajmuje się obserwacjami.

Pan Laskar wpadł na pomysł zorganizowania seminarium. Pewnie, że to nic wielkiego, ale pomysł pana profesora był dość osobliwy. Na seminarium nie miano omawiać najnowszych odkryć, dyskutować nowych teorii, technik, metod...tylko... no właśnie, tylko co? Aż boję się to napisać: w trakcie seminarium miano referować bardzo szczegółowo książkę, która ukazała się pod koniec ubiegłego wieku! Łeee, powiecie Państwo, to jakiś historyk, albo i co gorszego. Nic z tych rzeczy: profesor Laskar to człowiek młody i ambitny i nie w głowie mu tracenie czasu na roztrząsanie zawiłych kwestii historii nauki. On zajmuje się nauką współczesną.

Zapytajmy się zatem, co to za książka, która pomimo prawie stu lat jakie upłynęły od jej wydania nie straciła swej aktualności (przynajmniej dla niektórych) i w dalszym ciągu jest atrakcyjna dla ludzi zajmujących się problemami jak najbardziej współczesnymi. Książka ta to Nowe metody mechaniki nieba. Została ona napisana przez Henri Poincaré, jednego z ostatnich uniwersalistów jacy pojawili się w historii nauki. Nowe metody to trzy opasłe tomy. Wydrukowano je w latach 1895-1899.

Nim wyjaśnimy po co panu profesorowi było potrzebne studiowanie dzieła Poincaré wspomnieć należy, że seminarium cieszyło się wyjątkowym powodzeniem, pomimo tego, że trwało dwa lata. Chodził na nie cały Paryż, tzn. przeciętnie pięćdziesiąt osób. Referowali ludzie, o których z całą pewnością można powiedzieć, że nie zajmują się rzeczami błahymi. Już z tego względu całe to wydarzenie należy uznać za niebywałe. Jak to możliwe, że takie złomowisko astronomii jak mechanika nieba może wzbudzić zainteresowanie? Jak to się dzieje, że z tego złomowiska wyciągają jakąś staroć i trwonią dwa lata na jej studiowanie i – co jest jeszcze mniej pojęte – wzbudza to emocje, wydawałoby się, poważnych ludzi? I gdzie tu jest owa francuska finezja i lekkość? Dwa lata studiów na coś takiego!?

Seminarium zakończyło się, wydrukowano referaty prześwietnych mówców, a pan Laskar zaczął publikować swoje prace w Nature (doskonale wiadomo, że w tym czasopiśmie drukuje się tylko to, co najważniejsze i najaktualniejsze). O czym ważnym pisze prof. Laskar? Przedziwna sprawa, bo jego prace poświęcone są badaniu ruchu planet w naszym Układzie Słonecznym. Wydawać by się mogło, że temat ten jest zupełnie wyeksploatowany i nieciekawy. W ostatnich latach rozwój komputerów spowodował, że obliczenia położeń planet na kilka lub na kilkaset milionów lat nie jest tak wielkim osiągnięciem, by mogło być uznane za istotne odkrycie naukowe i jakieś osiągnięcie intelektualne. Rzecz jednak w tym, że trzeba wiedzieć jak to zrobić i po co. Powiedzieć trzeba, że przed prof. Laskarem wykonywano podobne obliczenia wielokrotnie. Jak więc to zrobił nasz Francuz?

Aby wszystko to wyjaśnić, należy powrócić do tematu sławnego seminarium w Biurze Długości. Książka Poincaré jest trudna, ale napisał ją człowiek, który do nauki wniósł tyle co Newton. Od prawie stu lat książka ta fascynowała głównie matematyków (gdyż

Poincaré znany jest najbardziej jako matematyk). Zaczerpnęli oni z niej szereg idei, które przeobraziły się we wspaniałe teorie matematyczne. Jednakże książka Poincaré, jak wskazuje jej tytuł, poświęcona jest mechanice nieba. Dlatego też należało przypuszczać, że są w niej również zawarte idee istotne dla tej dziedziny. Z takiego założenia wyszedł prof. Laskar. Nie jest to jednak najważniejsze, bo przed nim próbowali to robić inni i rzeczywiście udało się im wydobyć wiele. Niewątpliwym sukcesem prof. Laskara jest to, że znalazł istotne rozwinięcie idei Poincaré w dziedzinie, o której sam Poincaré mógł mieć najwyżej bardzo mgliste pojęcie, tzn. w numerycznym badaniu układu planetarnego obejmującym okresy czasu rzędu miliardów lat.

Mówiąc możliwie krótko, to Laskar zauważył, że bezpośrednie całkowanie równań ruchu dla układu planetarnego jest zajęciem mało twórczym, szczególnie gdy interesuje nas jakościowy przebieg ewolucji orbit planet. Podejrzewano od dawna, że w trakcie ewolucji orbity planet mogą zmieniać się bardzo gwałtownie, w przeciągu krótkich okresów czasu, a potem ewoluować bardzo spokojnie. Takich burzliwych zmian orbit mogło być wiele. Cała trudność w zbadaniu tego zjawiska jest trojaka. Odstępy czasu, po których następują burzliwe zmiany orbit nie są ze sobą skorelowane w żaden sposób, wielkość zmian elementów orbit jest różna oraz wszystko to zachodzi w bardzo długich przedziałach czasu (setki milionów lat). Bezpośrednie próby udokumentowania takiej dziwnej ewolucji zawsze były mało wiarygodne.

Laskar wykorzystując własną inwencję i to co sam wydobył z książki Poincaré, postąpił następująco. Najpierw sam wykonał prace za komputer tzn. opisał ruchy planet tak jakby robił to komputer nie zwracając uwagi na wszelkie małe, ale okresowe zmiany orbit (tak naprawdę zrobił to za niego komputer ale za pomocą systemu, którego stworzenie zajęło Laskarowi też parę lat). Mówiąc dokładnie, wynikiem jego pracy były nowe, ale za to tysiące czy nawet dziesiątki tysięcy razy bardziej skomplikowane od oryginalnych, równania opisujące ruchy planet. Zaletą tych nowych badań było jednak to, że nawet na niezbyt dużym komputerze można było względnie szybko policzyć ewolucję orbit na okresy czasu rzędu setek milionów lat. Rzecz w tym, że zawarto w nich to, co dla ewolucji orbit najważniejsze.

Potrzeba było jeszcze obmyśleć w jaki sposób wykazać, że orbity przeżywają krótkie okresy burzliwych zmian w trakcie swojej ewolucji. Sprawa nie jest wcale trywialna i nie wystarczy popatrzeć na obrazki. Istotne jest wykazanie, że charakter tych zmian jest chaotyczny (tutaj oznacza to brak korelacji odstępów czasu, po których zmiany takie zachodzą oraz to, że nie dają się one wpisać w całą ewolucję poprzez dodanie – nawet bardzo dużej liczby – zmian okresowych). Pomysł Laskara polegał na umiejętnym wykorzystaniu analizy okresów zmian elementów orbit w krótkich przedziałach czasu oraz pewnego pomysłu Poincaré. Efekt końcowy to nowa, uniwersalna metoda detekcji chaotycznych ruchów oraz najbardziej wiarygodne, do tej pory, potwierdzenie chaotycznego charakteru ewolucji orbit planet. Co to oznacza? W przypadku Ziemi i wszystkich planet wewnętrznych możemy bezpiecznie przewidywać przyszłość na okresy rzędu milionów lat (nic szczególnego z orbitami się nie stanie). Dalsze precyzyjne przewidywania tradycyjnymi metodami to czysta fikcja. Czy po tym okresie czasu stanie się coś strasznego (np. czy orbita Wenus przetnie orbitę Ziemi)? Nie, nic takiego się nie wydarzy. To jaki jest pożytek z takich badań? Podstawowy. Na przykład, gdyby chaosu nie było, to aktualny wygląd orbit planet i ustawienia ich osi obrotu dawałyby silne ograniczenia na możliwe do przyjęcia teorie dotyczące powstania Układu lub pochodzenia pojedynczych jego ciał.

Przyznać trzeba, że ci Francuzi to mają jednak finezję! Kto by przypuszczał, że tyle ciekawych rzeczy można zrobić z tak starą dziedziną?

Andrzej J. Maciejewski

postępki astronomów

3×milion złotych dla (astro)młodzieży

XXVI Zjazd PTA tuż, tuż...

Polskie Towarzystwo Astronomiczne

W dniach 21 - 24 września 1993 (wtorek - piątek) odbędzie się w Warszawie, XXVI Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego połączony z Walnym Zebraniem. Miejscem obrad będzie Centrum Astronomiczne im M. Kopernika w Warszawie, ul. Bartycka 18. Powołany już został Lokalny Komitet Organizacyjny pod przewodnictwem Wojciecha Dziembowskiego.

Na barkach tych wspaniałych ludzi spoczywa sprawne przeprowadzenie Zjazdu. Ale czy chodzi tylko o tę sprawność? Zjazd członków PTA ma wiele zadań do spełnienia, m.in.:

1) Rozliczenie Zarządu z efektów pracy 2-letniej kadencji od poprzedniego Zjazdu, który się odbył w Przegorzałach,

2) Powinien dać możliwość bezpośredniej wymiany myśli między astronomami z różnych ośrodków i różnych pokoleń,

3) Winien przynajmniej ułatwić spotkania - twarzą w twarz - z autorytetami w danej specjalności,

4) Podtrzymać dawne i umożliwić zadzierżgnięcie nowych przyjaźni, które mogą potem owocować przez lata; osobisty kontakt daje więcej, niż sucha znajomość tylko poprzez publikacje naukowe.

Aby spełnić te zadania, potrzebny jest w miarę możliwości dobry i ciekawy program, a przede wszystkim aktywni uczestnicy Zjazdu, tak aby mogli oddać należną cześć Uranii jak też innym Muzom, czy nawet Dionizosowi. Chętni uczestnicy Zjazdu spotkają się na uczcie duchowej, jaką niewątpliwie będzie zwiedzanie Zamku Królewskiego - rano w dniu 21 września. Stamtąd, aby zdążyć w południe na otwarcie Zjazdu, specjalny autobus zawiezie zwiedzających na ul. Bartycką.

Tam nastąpi uroczyste otwarcie Zjazdu Członków Towarzystwa, podczas którego będzie wręczony - najgodniejszej personie - medal im. Włodzimierza Zonna - nagroda za popularyzację wiedzy o Wszechświecie. Nowoprzyjętym członkom PTA Prezes uściśnie, lub w przypadku Pań, ucałuje dłoń.

Do tradycji już należy, że w Zjeździe mogą brać udział również nie członkowie PTA. Są to najczęściej osoby towarzyszące lub osoby specjalnie zaproszone oraz studenci astronomii z tym, że – podobnie do ryb - nie mają głosu i na Walnym Zebraniu nie mogą głosować.

Pragnę jednocześnie podkreślić, że liczba miejsc dla osób nie będących członkami PTA w hotelach, oferowanych przez LKO, jest ograniczona. O udziale w Zjeździe będzie zatem, w tym przypadku, decydowała kolejność zgłoszeń. Najlepiej jest, jak z tego widać - zostać członkiem PTA. Oczywiście członkowie honorowi są poza wszelką kolejnością.

Przypominam, że w tym roku mija 520 rocznica urodzin i 450 rocznica śmierci patrona CAMKu, oraz 450 lat od pierwszego wydania **De Revolutionibus**. Postarajmy się więc godnie uczcić pamięć **Mikołaja Kopernika**, biorąc liczny i czynny udział w XXVI Zjeździe.

Zarząd Główny PTA i LKO podjął starania o ściągnięcie na Zjazd najlepszych wykładowców z najciekawszymi referatami, będącymi ostatnim krzykiem mody w astronomii. I tak, po wspomnianym uroczystym, oficjalnym otwarciu Zjazdu, wykład inauguracyjny wygłosi Profesor Bohdan Paczyński - *Błyski Gamma* (jeszcze nie na 100% pewny przyjazd, ale chcieć to móc!). Inni zaproszeni wykładowcy to: Jerzy Jakimiec - *Badania wydzielania energii w rozbłyskach słonecznych i gwiazdowych*, Marcin Kubiak - *Dedykowany teleskop fotometryczny*, Bożena Czerny - *Spojrzenie pod kątem na aktywne jądra galaktyk*, Michał Ostrowski - *Procesy przyśpieszania cząstek promieniowania kosmicznego w relatywistycznych falach uderzeniowych*, Michał Jaroszyński *Soczewkowanie grawitacyjne*, Jan Piotr Lasota - *Ewolucja rentgenowskich układów podwójnych*, Zdzisław Musielak - *Ewolucyjne aspekty gwiazdowego promieniowania rentgenowskiego*, Marek Sarna - *Chemiczna ewolucja układów typu Algol*. Poza tym wystąpi: Marek Abramowicz, Henryk Cugier, Roman Juszkiewicz, Paweł Haensel, Paweł Moskalik i Aleksander Wolszczan.

Jak zwykle odbędą się dwie sesje plakatowe i sesja z krótkimi (10 minut) komunikatami – propozycje i krótkie streszczenie prosimy przesyłać wraz ze zgłoszeniem za Zjazd.

Ponieważ, jak wszyscy wiemy, ostatnio „piętą achillesową" naszego szkolnictwa jest nauczanie astronomii - i w zasadzie nic tu nie pomogło działanie w tej materii, chociaż nasz Prezes był w „Abwerze" – przewiduje się sesję poświęconą problemowi nauczania astronomii (Cecylia Iwaniszewska i Jerzy M. Kreiner) oraz dyskusję plenarną nt.: *Nauczanie astronomii na wszystkich szczeblach*. W imieniu ZG PTA i LKO, zapraszam serdecznie do tej dyskusji wszystkich chętnych, w dniu 22 września 1993.

Ponieważ nie samym niebem astronom żyje, przewidziane są przez LKO: składkowy wieczorek towarzyski i impreza kulturalna w teatrze lub filharmonii, że o tradycyjnie nieoficjalnych imprezach już nie wspomnę.

Walne Zebranie PTA odbędzie się 23 września (czwartek). Początek o godz. 15.15 (I termin) lub 15.30 (II termin). Pamiętajmy, że od n a s z e g o wyboru nowych władz, będą zależały losy Towarzystwa przez następne dwa lata!

Proponowane przez LKO zakwaterowanie to:

a) w hotelu Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Belwederskiej, (10 pokoi 2 osobowych, 25 pokoi 1 osobowych). Cena doby hotelowej (luty 93), ze śniadaniem, 150 kzł/osobę;

b) w hotelu UW przy ul. Smyczkowej (25 miejsc), Koszt: podobnie jak w a);

c) w CAMKu, CBKu, przy ul Bartyckiej 18 i 18a. Około 20 miejsc. Koszt rzędu 100 kzł/osobę (standard akademika). Wyżywienie: obiad w CAMKu, koszt mniej niż 50 kzł oraz bufet z kanapkami i napojami (kawa, herbata) na miejscu.

Kto może niech korzysta z tych ofert, ponieważ nie każdego stać na apartament w „Sobieskim"!

Przypominam, że otwarcie Zjazdu nastąpi w dniu 21 września o godz. 12.00. Gospodarzem XXVI Zjazdu PTA jest CAMK, ul. Bartycka18, 00-716 Warszawa, tel. 41-10-86 (Pani Elżbieta Kaliszewska).

Termin nadsyłania zgłoszeń na Zjazd, upływa z dniem 15 czerwca br. Zgłoszenia prosimy kierować na adres:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne, ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa.

Szczegółowe informacje na temat: dojazdu, przygotowania plakatów i imprez towarzyszących, zostaną rozesłane wraz z programem Zjazdu. A zatem, Uranio do dzieła - czyń cuda, ale bez głupstw!

Adam Michalec

Ze statutu PTA...

§11) *Członkiem zwyczajnym może zostać każda osoba posiadająca obywatelstwo polskie, która opublikowała co najmniej jedną pracę naukową z dziedziny nauk astronomicznych lub posiada dyplom ukończenia studiów astronomicznych.*
Członków zwyczajnych przyjmuje Zarząd Główny Towarzystwa na pisemny wniosek kandydata.

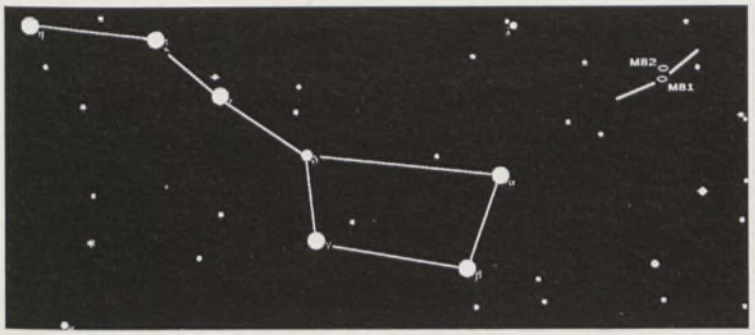
§12) *Członkiem honorowym może zostać osoba zasłużona dla rozwoju astronomii w Polsce, lub posiadająca wybitne osiągnięcia naukowe w dziedzinie astronomii.*

Stypendium Postępów Astronomii

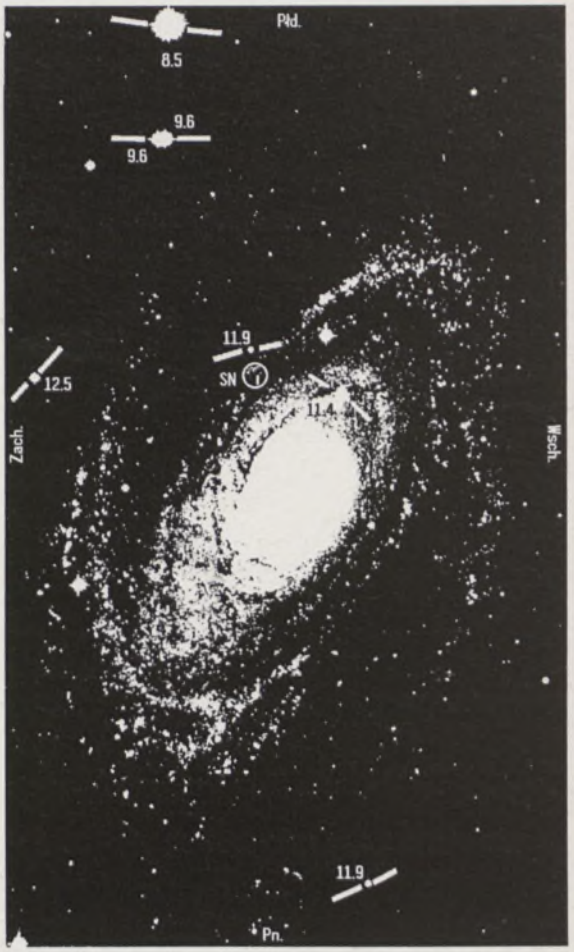
Pragnąc pomóc Czytelnikom nie będącym członkami PTA, Redakcja Postępów Astronomii (za akceptacją ZG PTA) może przyznać trzy, jednorazowe stypendia w wysokości **1 mln zł** na pokrycie kosztów udziału w XXVI Zjeździe Towarzystwa. Preferowane będą osoby spoza Warszawy i przede wszystkim młodzież: najlepsi studenci astronomii i fizyki, kończący szkołę średnią laureaci Olimpiady Astronomicznej i Ogólnopolskiego Seminarium Astronomicznego w Grudziądzu, etc. Zgłoszenia, wraz z krótką informacją na swój temat i ewentualną opinią (opiekuna naukowego, nauczyciela, etc) prosimy przesyłać na adres **Redakcji Postępów Astronomii w Toruniu** w terminie do 15 lipca br. Stypendia będą przyznane przez Redakcję w drodze konkursu i o wynikach poinformujemy w zeszycie PA3/93, a zainteresowanych odpowiednio wcześniej – listownie. Pieniądze będą do odebrania na miejscu, w dniu otwarcia Zjazdu.

ZDJĘCIE NA OKŁADCE (JESZCZE NIE) PRZEDSTAWIA...

SUPERNOWA 1993J w M81 !!!



Wykonane rano, 3 stycznia 1993, przy pomocy 90/60 cm teleskopu Schmidta w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach, przez Krzysztofa Rumińskiego zdjęcie (Fuji HG100, 40 min. ekspozycja), które reprodukujemy na okładce ... nie pokazuje jeszcze nic specjalnie dziwnego. Jak zwykle, w tym miejscu nieba, mniej więcej o jedną długość przekątnej za „tylnymi kołami" Wielkiego Wozu (patrz mapka), tkwią dwie malownicze galaktyki: spiralna M81 (na zdjęciu u góry) i nieregularna M82 (u dołu). A jednak, 28 marca pojawił się w galaktyce M81 obiekt, który zapewne stanie się astronomicznym szlagierem tego roku. Około 5' na południowy zachód od jądra galaktyki (α_{2000} $9^h55^m25^s$; δ_{2000} 69°01'13") odkryto – jako gwiazdę ok. 12 wielkości gwiazdowej – supernową! Jest to supernowa tzw. typu II i jeśli będzie się zachowywać podobnie do słynnej SN1987A z Wielkiego Obłoku Magellana, po dwóch-trzech miesiącach może osiągnąć jasność około 9^m. A więc będzie to zapewne najjaśniejsza supernowa na półkuli północnej od kilkuset lat i aby ją zobaczyć wystarczyć powinna niewielka lornetka. Już 1 kwietnia (wielu uznało to za Prima Aprilis!) rozpoczęliśmy w Piwnicach systematyczne, pięciobarwne, obserwacje fotometryczne. Z tego



co wiemy, obserwacje fotometryczne podjęto również w Obserwatorium Olsztyńskim. 31 marca gwiazda osiągnęła jasność prawie 10^m, by po krótkim minimum (w kilka dni po wybuchu ok. 12^m), w tej chwili sukcesywnie zwiększać blask (ok. $10^m.8$ – 20 kwietnia, kiedy piszę te słowa). Do tematu oczywiście wrócimy w najbliższym zeszycie, a dziś zachęcamy DO OBSERWACJI. Na mapce obok (galaktyka ma średnicę kilkunastu minut łuku) zaznaczyliśmy kółkiem przybliżoną pozycję supernowej SN1993J oraz kilka pospiesznie wybranych gwiazd porównania (jasności przybliżone). Może uda się sporządzić zbiorową krzywą blasku z obserwacji Naszych Czytelników? Zachęcamy do zabawy! Ściskamy kciuki za pogodę, supernową i ... naszych drukarzy: oby zdążyli, nim zgaśnie! Czekamy!

(MaMi)

A jednak! 20 kwietnia rano, Krzysztofowi Rumińskiemu udało się wykonać (ekspozycja 10 minut) na kolorowej kliszy, zdjęcie okolic supernowej. Teleskop 90 cm w Piwnicach współpracuje aktualnie ze spektrografem (próbujemy uzyskać widma supernowej!) i zdjęcia były wykonane teleskopem 60 cm. Powyżej wyraźnego jądra galaktyki widać charakterystyczną trójkę gwiazd. Ta z lewej (na zachód), to supernowa (zaznaczona strzałką). Jeszcze wyżej łatwo rozpoznać charakterystyczną gwiazdę podwójną (o jasnościach $9^m.6$) widoczną na pozostałych zdjęciach.

postępy astronomi

2/93

kwiecień-czerwiec
tom 41

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

Czarna dziura w NGC 4261?

Wielebinski o galaktykach

Supernowa w M81

PRESUPERNOWA
w Atlasie Hubble'a

SN1993J zelektryzowała astronomiczny świat. To dopiero druga supernowa w historii, dla której udało się zidentyfikować jej progenitora. Mamy nadzieję, że nam też! Na sąsiedniej stronie prezentujemy, pochodzący z Atlasu Galaktyk Hubble'a Allana Sandage'a (1961), obraz galaktyki M81 z zaznaczonym progenitorem supernowej. Ten wybuch, to ważne wydarzenie, zwłaszcza, że gdy wybuchała pierwsza – słynna SN1987A w Wielkim Obłoku Magellana – „nowych" Postępów jeszcze nie było. Pod winietą – na pierwszej stronie okładki – również supernowa, a raczej fragment tego co po niej, po tysiącach lat, pozostało. Mgławicę Cirrusową w całości można obejrzeć wewnątrz numeru.

Słynny radioastronom, Ryszard Wielebiński, występuje w podwójnej roli: wraz z Royem Boothem, jako doktor honorowy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu i, jako autor. Czytelnicy, którym za trudny wydawał się artykuł Kasi Otmianowskiej w poprzednim zeszycie, mają teraz szansę łatwiejszego zrozumienia trudnych zagadnień pól magnetycznych w galaktykach. Oba teksty znakomicie się uzupełniają. Do tego – malownicze mapy pól magnetycznych w galaktykach. Niektóre, warto było powtórzyć! Przy okazji doktoratów honorowych, coraz śmielej i głośniej o toruńskiej radioastronomii, zwłaszcza, że po drugiej stronie płotu – „Sajgon" (patrz felieton). Profesor Wielebiński z sympatią wspomina rodzinną aptekę Suchockich w Pleszewie, ale żebyśmy nie byli posądzeni o prowadzenie kampanii wyborczej, pani premier „obrywa się" od sprowokowanego przez nas astronoma-posła, Edmunda Krasowskiego. To i tak za dużo polityki, jak na Postępy Astronomii.

Mieliśmy numer krakowski, wileński; ten tak jakby trochę toruński. Najwyższa pora sięgnąć do Wrocławia i Warszawy. Stamtąd mamy teksty o soczewkach grawitacyjnych: słynnym podwójnym kwazarze i o soczewkujących się same, gwiazdach neutronowych. Przy okazji pofolgował sobie Jacek Drążkowski – nie odważylibyśmy się zilustrować jego rysunkami artykułu Krzysztofa Stanka i samego Bohdana Paczyńskiego, którym będziemy kontynuować temat w następnym numerze.

W donosie Jacka Krełowskiego poszukujemy identyfikacji substancji, które najprawdopodobniej oblepiają ziarna pyłu międzygwiazdowego. Nie mówimy, że równo, bo zrobiłby się ... rym. To tylko nasza, redakcyjna hipoteza, rozwiązująca od razu problem pochodzenia życia we Wszechświecie. Czytelnikom, którzy szukają lektury do poduszki, polecamy barwny opis wyprawy Edith Pilskiej do Ensisheim.

Za to w korespondencji – awantura! Awantura o Gas(pr)ię, jak u Makuszyńskiego! Z Listów Czytelników, robi się nam Forum Autorów: z Galicji nas poklepują, z Wielkopolski – ganią. Młody autor napisał ciekawy tekst, obłożył wspaniałymi, legalnie zdobytymi ilustracjami... Jego starsi koledzy, sugerują że jest ukrywającym się pod pseudonimem, literatem. Nie przejmuj się Tomku! W Postępach najwspanialsi są Czytelnicy, doskonali – Autorzy, „literatura" (str. 23 poprzedniego zeszytu) – to my! A swoją drogą, to od poklepywania – miód z apteki Suchockich w sercu (albo wazelina z drugiej strony) i garby na plecach; od łajania – nakład rośnie! Co wybrać? Najlepiej, nową redakcję!

A za kwartał, specjalnie dla Ani Jakubowskiej, najmilszej czytelniczki PA (ile ich Naczelny ma?): Poradnik Miłośnicy Astronoma! Pilna sprawa, bo piękniejsze dwie trzecie Redakcji, za granicą...

REDAKTOR – (m)

POSTĘPY ASTRONOMII
(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym oragnem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. POSTĘPY ASTRONOMII ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

Kolegium Redakcyjne:
Bożena Czerny (CAMK Warszawa)
Joanna Mikołajewska (CAMK Warszawa)

Redaktor naczelny:
Maciej Mikołajewski (IA UMK Toruń)

Żart rysunkowy: Jacek Drążkowski
Korekta: Alojzy Burnicki,
Małgorzata Śróbka–Kubiak

Redakcja w Toruniu:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń
telefon 11655, 783390, 487144
telex 0552234 astr pl

Poczta elektroniczna (E-mail address):
MAMIKO@PLTUMK11.bitnet

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18; 00-716 Warszawa
tel. 410041 w. 48 (B. Cz.), w. 26 (J. M.)

Skład komputerowy: Sławomir Kruczkowski, MIZAR

Projekt winiety: Tadeusz Jodłowski

Druk: Zakład Poligraficzny pp. Neuman
Grudziądz, ul. Filomatów 1a

Opracowanie techniczne:
Firma MIZAR Grudziądz, ul. Królewska 3

Dystrybucja: Sławomir Kruczkowski
86-300 Grudziądz, ul. Królewska 3b/22
tel. 26650

Skład ukończono 22 lipca 1993

❍ Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca ❍ Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji ❍ Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa ❍

© POSTĘPY ASTRONOMII 1993

Uwaga

DYREKTORZY SZKÓŁ I NAUCZYCIELE
KIEROWNICY KÓŁEK ASTRONOMICZNYCH
GRUPY MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII
PRENUMERATORZY

postępy astronomii

OGŁASZAJĄ

WIELKI KONKURS

na największą ilość prenumeratorów w roku 1994. Warunkiem przystąpienia do konkursu jest prenumerata POSTĘPÓW ASTRONOMII w roku 1993. Rozstrzygnięcie konkursu w zeszycie 2/94.

Szczegóły w następnym numerze.

OGŁOSZENIA I REKLAMY

Zapraszamy do ogłaszania się w POSTĘPACH ASTRONOMII, w szczególności:

❑ firmy komputerowe ❑ firmy produkujące profesjonalny sprzęt naukowy ❑ firmy produkujące sprzęt dla miłośników astronomii ❑ wydawnictwa o tematyce astronomicznej

CENNIK:
★ Jedna strona czarno-biała wewnątrz numeru – 1.5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na wewnętrznej stronie okładki i wkładce – 5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na czwartej stronie okładki – 8 mln zł ★ 1 cm^2 – 8 tys. zł ★ Opracowanie graficzne czarno-białe – 150-200 tys. za stronę ★ Stosujemy znaczne ulgi przy powtórzeniach i w przypadku akcji reklamowych popieranych przez Redakcję ★ Redakcja nie odpowiada za treść płatnych ogłoszeń

ZDJĘCIE NA OKŁADCE PRZEDSTAWIA...

...mały fragment Mgławicy Cirrusowej w gwiazdozbiorze Łabędzia (zwanej również Pętlą Łabędzia) – słynnej pozostałości po wybuchu supernowej (więcej na ten temat wewnątrz numeru). Zdjęcie to jest złożeniem niezależnych obrazów uzyskanych przy pomocy szerokokątnej kamery (WFC) Teleskopu Kosmicznego, w trzech różnych barwach – filtrach, w kwietniu 1991 r. Kolor niebieski odpowiada zjonizowanym atomom tlenu emitującym promieniowanie w przedziale temperatur od 30000 do 60000 K; zielony – emisji atomów wodoru w obszarze ogrzewanym przez falę uderzeniową; czerwony zaś – emisji atomów siarki, powstającej w tych obszarach, gdzie gaz chłodzi się do mniej więcej 10000 K (zdjęcie uzyskane dzięki uprzejmości dr-a F. Ducio Maccheto i Space Telescope Scientific Institute, Baltimore, USA).

W NUMERZE:

56 **Gwiazdy neutronowe jako soczewki grawitacyjne**
Janusz Osarczuk

Nie możemy zobaczyć drugiej strony Księżyca bez wysłania tam rakiety. Gwiazda neutronowa pokazuje nam jednak także swoją drugą stronę. Tym kosmicznym peryskopem jest jej własne pole grawitacyjne.

donosy *krótkie nowinki z różnych dziedzin astronomii:*
Międzygwiazdowe linie rozmyte (54), Grawitacyjna linijka (74)

65 Pola magnetyczne, rotacja galaktyk i teoria dynamo
Ryszard Wielebiński

Bardzo często, interpretując zjawiska astrofizyczne zaniedbujemy pole magnetyczne. Tymczasem, ponieważ pole magnetyczne wyróżnia kierunek, jego wpływ na różne zjawiska dynamiczne może być decydujący.

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A obserwuje
Teleskop Kosmiczny „robi" remanent po supernowej sprzed 15000 lat (72), Galaktyki w stadium embrionalnym (wkładka), Dysk akrecyjny wokół czarnej dziury w centrum NGC 4261? (73), Podwójne jądro galaktyki Markarian 315 (73)

83 **Supernowa 1993J w galaktyce M81**
Joanna Mikołajewska & Maciej Mikołajewski

Tym razem nam się udało! Wiadomość o supernowej w poprzednim zeszycie podaliśmy jednocześnie ze Sky & Telescope. Przesadziliśmy jednak chyba zachęcając do obserwacji. Supernowa ewoluowała niezmiernie szybko. Już po 20 dniach osiągnęła wtórne maksimum – zaledwie ok. 11^m – i teraz powoli gaśnie. A jednak, będzie to – obok słynnej SN1987A z Wielkiego Obłoku Magellana – jedna z najważniejszych supernowych.

52 **WYWIADY: Astrolustracja posła** KRASOWSKIEGO
76 **SYLWETKI: Roy S. Booth & Ryszard Wielebiński**
86 **Esej, felieton:** *S(U)PERNOWO W PIWNICACH*
89 **Podróże:** Veni, vidi... Ensisheim 1992
93 ***Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII***
94 *Listy Czytelników*

Dzięki astronomii, jestem tym - kim jestem!

WYWIADY postępów astronomii

Astrolustracja posła KRASOWSKIEGO

Specjalnie dla *Postępów Astronomii*
z Edmundem Krasowskim rozmawia Robert Szaj

Spotykaliśmy Ediego – tak go wówczas nazywaliśmy – najpierw na Olimpiadzie Astronomicznej, później na studiach. Część z nas trafiła do instytutów naukowych, do planetariów, do biznesu, po części słuch zaginął... Wielu astronomów brało udział w działalności opozycyjnej, ale chyba tylko on zawędrował do parlamentu. Zadawaliśmy sobie pytanie: jak to jest możliwe? Potem, ze wzruszeniem słuchaliśmy relacji z dziewiczego rejsu posła, z Elbląga do Gdyni przez Zalew Wiślany. Wreszcie, dzięki Robertowi Szajowi dotarliśmy do Edmunda Krasowskiego i próbujemy zlustrować jego astronomiczną przeszłość. Dziś przynajmniej wiemy dlaczego Sejm został rozwiązany: posłowie nie czytają Postępów Astronomii!

Edmund KRASOWSKI urodził się 30 VIII 1955 w Elblągu. Absolwent I LO w Elblągu. Astronom, absolwent Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Od 1987 roku żonaty. Wybrany do Sejmu 4 VI 1989 roku jako członek Komitetu Obywatelskiego. Poseł ostatniej kadencji. Przewodniczący Komisji Stosunków Gospodarczych z Zagranicą i Gospodarki Morskiej. Autor książki „Czarna dziura", w której opisuje aferę wykrytą przez siebie, a dotyczącą rubli transferowych przelewanych na konta w Polsce.

– Czyta Pan Postępy Astronomii?

– Nie czytam. Kiedyś, gdy zajmowałem się astronomią, czytałem wszelkie czasopisma astronomiczne ukazujące się w Polsce. Astronomia była moją miłością i nie chcę teraz do tego powracać. Nie chcę powracać do tego, co kiedyś kochałem. Nie chcę rozdzierać starych ran.

– Jak zainteresował się Pan astronomią?

– To była chyba szósta klasa podstawówki. Zacząłem czytać wiele książek o tematyce astronomicznej W bibliotekach było niewiele książek poświęconych astronomii i dlatego wiele sam kupowałem. Sam też budowałem lunety z soczewek okularowych.

– Ale jakie były same początki? Co Pana skłoniło do zajmowania się niebem?

– Moja mama opowiadała mi, że gdy miałem 4 lata zauważyła, że przez otwarte okno wpatruję się w niebo. Myślę, że był to dzień, w którym niebo mnie zafascynowało. Fascynacja ta przetrwała do lat szkolnych i tam wybuchła ze zwielokrotnioną mocą.

– A co było potem?

– Astronomii uczyłem się z książki prof. E. Rybki „Astronomia ogólna". Po szkole podstawowej poszedłem do I Liceum Ogólnokształcącego w Elblągu. Pociągała mnie astronomia obserwacyjna.

– Czy brał Pan udział w jakiś konkursach lub olimpiadach tematycznie związanych z astronomią lub fizyką?

– W trzeciej klasie liceum brałem udział w olimpiadzie astronomicznej. Pierwszy i drugi etap przeszedłem bez problemów i dostałem się do finałów centralnych w Chorzowie. Niestety, nie udało mi się wygrać.

– A kto wtedy wygrał?

– Najprawdopodobniej Maciej Mikołajewski... Ja nie lubię rywalizować, ścigać się. Cenię stałą, systematyczną pracę. Na olimpiadzie popełniłem bardzo proste błędy. Ale i tak byłem pierwszym uczniem z Elbląga, który zakwalifikował się do zawodów centralnych jakiejkolwiek olimpiady przedmiotowej.

– Kiedy Pan postanowił, że będzie studiował astronomię?

– Wiedziałem to od samego początku. Po maturze dostałem propozycję studiowania astronomii w Toruniu, bez zdawania egzaminów. Jednak pojechałem do Warszawy, gdzie musiałem zdawać egzaminy.

– Dlaczego pojechał więc Pan do Warszawy zdawać egzaminy. Przecież nie lubił Pan rywalizacji?

– Miałem koleżankę w klasie, która była moją nieodwzajemnioną miłością i która pojechała do Warszawy studiować socjologię. A ja pojechałem za nią.

– Który to był rok?

– 1974.

– W tym roku ja się urodziłem... Jak wspomina Pan czasy studenckie?

– Egzaminy zdałem bez problemów. Już teraz mogę powiedzieć, że to właśnie dzięki astronomii jestem tym, kim jestem. To właśnie podczas studiów zacząłem poznawać środowisko opozycji demokratycznej. W roku 1977, jako jeden z pierwszych, podpisałem list protestacyjny dotyczący zapisu w Konstytucji o przyjaźni polsko–radzieckiej. Nie podpisało go wtedy wielu. Ale najwięcej z nas , list ten podpisali studenci Wydziału Fizyki, pod który podlegała astronomia. Już od 1976 roku zajmowałem się kolportażem prasy podziemnej.

– Czy na studiach nie miał Pan z tego powodu jakiś nieprzyjemności?

– Nie, nigdy. Mieszkałem w akademiku, a tam trudniej było prowadzić inwigilację osób działających w opozycji. W 1978 roku z kolegami założyłem wydawnictwo. Dzięki panu, który na ksero odbijał mi książki astronomiczne, udało mi się w sześćdziesiątą rocznicę odzyskania niepodległości wydrukować plakat przedstawiający J. Piłsudskiego. Cała Warszawa była wtedy oblepiona tymi plakatami. U tego wspaniałego człowieka odbijaliśmy książki i wydawnictwa zakazane przez cenzurę.

– Na jaki temat pisał Pan swą pracę magisterską?

– Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego zajmowało się głównie pracami teoretycznymi. Ja pozostałem przy obserwacjach. Dzięki sześćdziesięciocentymetrowemu teleskopowi w Ostrowiku i spektrografowi zamontowanemu przy tym teleskopie prowadziłem, jako jeden z pierwszych w tym obserwatorium, obserwacje fotograficzne widm gwiazd. Obserwacje te nauczyły mnie ogromnej cierpliwości i wytrwałości. Zdjęcia wykonywało się niekiedy przy strasznym mrozie, a czas naświetlania błony wynosił niekiedy prawie 10 godzin. Nauczyło to mnie wewnętrznej dyscypliny. Obserwacje wykonywałem także w Piwnicach. I właśnie katalogowanie oraz analiza tych obserwacji było tematem mojej pracy magisterskiej.

– Czy po studiach powrócił Pan do Elbląga?

– Pracę magisterską obroniłem jako pierwszy na naszym roku i już następnego dnia wszedłem na statek do Anglii. Chciałem tam zarobić na wyjazd do Australii lub Nowej Zelandii, gdzie chciałem pracować jako astronom. Przez 4 miesiące pracowałem w pralni i udało mi się zarobić ponad 1000 funtów na czysto. To był mój cały majątek. Napisałem do ambasady Nowej Zelandii pytając się o możliwość pracy w jakimś obserwatorium astronomicznym. Ku mojemu zaskoczeniu otrzymałem odpowiedź pozytywną. Ciągnęło mnie jednak do Polski i w grudniu powróciłem do Elbląga.

– Potem był Frombork?

– Tak, 1 lutego zatrudniłem się w Planetarium we Fromborku. Miałem wielkie plany. Chciałem kontynuować swe wcześniejsze prace obserwacyjne. Obiecano mi także wyjazdy do Ostrowika. Były to jednak puste obietnice i wiedziałem, że nie będę mógł tam zrealizować swych planów. Dusiłem się w Muzeum Mikołaja Kopernika, pod które podlega Planetarium i 7 kwietnia zwolniłem się.

– Czy znowu zatrudnił się Pan jako astronom?

– Miałem z tym ogromny kłopot i postanowiłem wrócić do Warszawy. Prowadziłem jeszcze działalność w Ostrowiku. Ale trzeba było zarabiać na życie. Zająłem się działalnością gospodarczą i sprzedawałem na „Zieleniaku" na Świerczewskiego. Po czterech miesiącach wzięto mnie do wojska (...) Po wyjściu z wojska poszedłem do prof. Stępnia – promotora mojej pracy magisterskiej – z prośbą o list rekomendujący moją osobę. Postanowiłem wyjechać z Polski. Był to okres największej popularności Solidarności (...) Wróciłem do Elbląga skąd przez Szwecję dotarłem do Hamburga.

– Czy zdawał Pan sobie sprawę z sytuacji w kraju w tym czasie? Czy spodziewał się Pan wprowadzenia stanu wojennego?

– Wiedziałem, że stan wojenny w Polsce zostanie wprowadzony. Upewniłem się jeszcze w tym, gdy dowiedziałem się o pacyfikacji Wyższej Szkoły Pożarnictwa w Warszawie. W Hamburgu postanowiłem zarobić na wyjazd do Nowej Zelandii. Coś jednak ciągnęło mnie do Polski. Stojąc na rogatkach Hamburga miałem ogromnego pecha, bo nikt nie chciał się zatrzymać. Tak więc z ciężkim plecakiem zacząłem iść w stronę granicy z NRD. I nikt nie chciał się zatrzymać. Tak, jakby los mówił mi „nie wracaj, jeszcze masz szansę zostać". Jednak wróciłem, przez Berlin Zachodni, do Elbląga. Za kilka dni wprowadzono stan wojenny. Już wtedy wiedziałem, że nigdy nie uda mi się zrealizować swoich planów, marzeń.

– W czasie stanu wojennego prowadził Pan działalność w podziemiu?

– Przekonałem się wtedy, że większość działaczy Solidarności to tchórze. Byli to ludzie o słabej psychice, uginający się pod każdym naciskiem. W styczniu 1983 aresztowano mnie. Po lipcowej amnestii wyszedłem na wolność i od razu zacząłem działać w podziemiu. W październiku 1985 roku aresztowano mnie po raz drugi. W areszcie rozpocząłem protest głodowy, który trwał 5 miesięcy. Dzięki apelacji biskupa Dąbrowskiego, w sierpniu 1986 roku, zostałem zwolniony. I znowu prowadziłem działalność opozycyjną. W roku 1987 ożeniłem się i sprowadziłem do Gdańska. Z Elblągiem pozostawałem jednak w ścisłych kontaktach. Dwukrotnie zostałem wybierany na posła ziemi elbląskiej (1989 i 1991).

– Jako poseł, jak Pan widzi naukę w państwie prawicowo-kościelnym?

– Jakim państwie?

– Prawicowo–kościelnym.

– Astronomia nauczyła mnie wiele, między innymi przyjmowania i analizowania samych faktów. Obecnie Polską rządzi lewica. Rząd Pani Suchockiej to rząd lewicowy, a lewica jest największym przeciwnikiem kościoła...

– Dobrze, więc niezależnie od tego, jak nazwiemy nasze państwo, jak powinna w nim wyglądać nauka i oświata?

– To, co dzieje się w polskiej nauce i oświacie to jest tragedia. Strajki w oświacie czy nauce są w cywilizowanych krajach nie do pomyślenia. Sytuacja w nauce i oświacie jest dramatyczna. Powoduje to niedouczenie społeczeństwa i jego degradację. Byłem nauczycielem i wiem, jak dużo zależy od pracy z uczniem. A gdy doprowadzi się do degradacji nauczyciela, naukowca to do degradacji doprowadzi się również ucznia czy studenta...

– Jako jeszcze nie zdegradowany uczeń dziękuję panu za rozmowę i jeszcze raz namawiam do czytania Postępów Astronomii.

– To, co było nie wróci. Ja cenię wszystkich tych, którzy zajmują się astronomią, ale ja już tym nie będę się zajmował.

– Jeszcze raz dziękuję za rozmowę.

Poseł Krasowski (na rufie) na Zalewie Wiślanym, w dziewiczym rejsie z Elbląga do Gdyni.

Identyfikacji jak nie było, tak nie ma! Być może badania bardzo słabych struktur pozwolą wyróżnić, niezbędne w tym celu grupy podobnie zachowujących się linii.

Międzygwiazdowe linie rozmyte

Jacek Krełowski

Historia rozmytych linii międzygwiazdowych ciągnie się od 1922 roku, kiedy to po raz pierwszy dwie takie struktury widmowe zostały opisane w literaturze (wtedy zresztą bez przymiotnika „międzygwiazdowe" – ten doszedł dopiero w połowie lat trzydziestych). Po dziś dzień pozostają one wszakże zagadką – najdłużej niezidentyfikowanymi tworami widmowymi w dziejach spektroskopii. Próbowano je już kojarzyć ze wszelkimi formami materii, jakie tylko zdołano sobie wyobrazić w przestrzeni międzygwiezdnej: ziarnami pyłu różnych rozmiarów i konstrukcji, rozmaitymi molekułami, a nawet ujemnym jonem wodoru. Wszystko na nic. Identyfikacji jak nie było, tak i nie ma.

Przed równo 10 laty coś jednak „drgnęło". Zdarzyło mi się być jednym z pierwszych obserwatorów, którzy widzieli linie rozmyte w widmach gwiazd zarejestrowanych na ścieżce diod krzemowych. Wtedy też po raz pierwszy okazało się, że stosunki natężeń silnych linii rozmytych o długościach fal ok. 5780 i 5797 Å mogą różnić się znacznie od obiektu do obiektu. Tego zjawiska nie było widać na kliszach fotograficznych. Znaczny szum owych tradycyjnych odbiorników pozwalał na rejestrację wyłącznie silnych struktur widmowych. W przypadku ciemnej materii międzygwiazdowej wymusza to obserwacje wyłącznie odległych, silnie poczerwienionych gwiazd. Wzdłuż linii widzenia do takich obiektów spotkać można zwykle po kilka obłoków, co zdradza rozszczepienie dopplerowskie widoczne w liniach atomów np. sodu. Dopóki nie zdawano sobie sprawy z poważnych różnic pomiędzy widmami poszczególnych obłoków, skupienie uwagi na gwiazdach silnie poczerwienionych wydawało się to być całkiem dobrym sposobem rejestracji linii rozmytych. Obserwacje dwu gwiazd: HD 147165 i HD149757 wykonane przez Bengta Westerlunda i niżej podpisanego wykazały niewłaściwość takiego podejścia. Henk van de Hulst skomentował to krótko: „Musimy radykalnie porzucić idee jednorodnego ośrodka międzygwiazdowego".

Naturalną konsekwencją dostrzeżenia zmiennych stosunków natężeń była konstatacja niejednakiego pochodzenia całego widma, jakie tworzą linie rozmyte. Powstało pytanie: jak wiele substancji musimy zidentyfikować aby wyjaśnić pochodzenie tajemniczych struktur międzygwiazdowych? Pociągnęło to za sobą próby podziału linii rozmytych na „rodziny", wewnątrz których stosunki natężeń pozostają stałe. Wyniki są wszakże mało zachęcające. Prawie każde kolejne obserwacje przynosiły coś nieoczekiwanego, co zmuszało do rewizji dotychczasowych ustaleń. Wśród w miarę silnych linii rozmytych, skatalogowanych przez Herbiga w 1975 roku, trudno doszukać się dwóch takich, których stosunek natężeń pozostaje zawsze stały. Prawie dla każdej możliwej pary istnieje już jakiś wyjątek...

Tak więc, poprawa stosunku sygnału do szumu umożliwiła odkrycie nowych zjawisk, co oznacza niewątpliwy przełom w fizyce ośrodka międzygwiazdowego, ale nie rozwiązanie zagadki pochodzenia linii rozmytych. Spektroskopia nie zezwala na identyfikację pojedynczych linii. Zawsze musi to być pewien system struktur o różnych długościach fal. Skąd zatem dobrać towarzystwo dla znanych, w miarę silnych struktur?

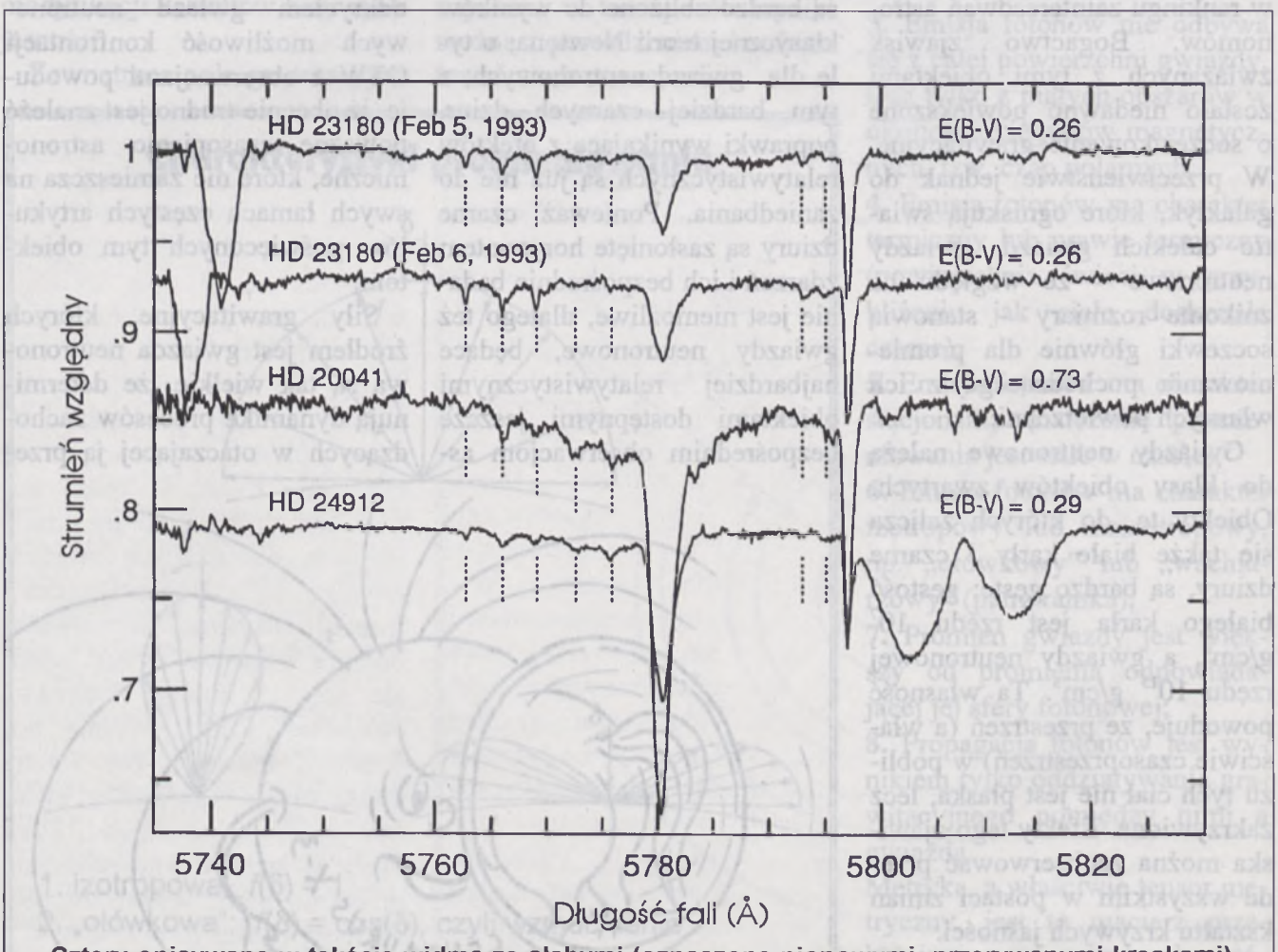
Już od czasów wspomnianej pracy Herbiga, pojawiają się w literaturze wzmianki o możliwych, bardzo słabych liniach międzygwiazdowych, być może do skojarzenia ze znanymi liniami rozmytymi. Szerszym badaniom tego rodzaju tworów stawały jednak na przeszkodzie... rozmiary odbiorników. Odbiorniki typu „silicon diode array" lub CCD są po prostu bardzo krótkie i tylko niewielki fragment widma w dużej dyspersji daje się zarejestrować. Lekarstwem na tę bolączkę okazują się spektrografy typu *echelle*. Pozwalają one „poszatkować" widmo na kilkanaście do kilkudziesięciu fragmentów i zapisać je, jeden pod drugim, na jednym CCD co daje pokrycie od 500 do ponad 2000 Å w jednej ekspozycji, bez poświęcania ani zdolności rozdzielczej, ani też stosunku sygnału do szumu.

Spektrografy tego typu zainstalowano w drugiej połowie ubiegłego roku na obydwu dużych teleskopach (2.7 m i 2.1 m) Obserwatorium McDonald w Teksasie. Oferują one, jak już wspomniałem, ogromne „przyspieszenie" procesu zbierania danych. Poza tym, przy pokryciu szerokiego zakresu długości fal, można rozpocząć poszukiwania licznych słabych struktur przy okazji badania linii dobrze znanych. Obserwacje nierozpoznanych odcinków widma przy pomocy „zwykłych" spektrografów są zbyt ryzykowne: nikt nie lubi programów, których wynik może być w szczególności żaden: jakiś odcinek widma może nie zawierać w ogóle tworów spektralnych pochodzenia międzygwiazdowego.

Obserwacje spektrografem typu *echelle* są w tym względzie „bezpieczne". Trudno się zatem dziwić, że kiedy, dzięki Fundacji Fulbrighta, trafiła mi się okazja pobytu w USA, wybrałem ten właśnie ośrodek.

Widma uzyskane spektrografem – nazwanym imieniem zmarłego konstruktora Sandiforda – okazują się być bardzo dobrej jakości. Zamieszczony rysunek zawiera fragmenty widm o zdolności rozdzielczej $\lambda/\Delta\lambda \sim 60000$ i stosunku sygnału do szumu od 500 do 700. Oprócz dobrze znanych linii rozmytych 5780 i 5797 widać w nich szereg słabych struktur oznaczonych pionowymi, kropkowanymi liniami. Głębokości centralne tych linii nie przekraczają na ogół 1% wartości kontinuum! Jak widać z rysunku, struktury te (podobnie jak znane, silne linie rozmyte) nie biorą udziału w dopplerowskim „tańcu", który tu, w widmie ciasnego układu podwójnego (HD23180) wykonuje linia zjonizowanego krzemu ok. 5740 Å. Duża prędkość rotacji HD 24912 (widoczna w silnie poszerzonych liniach C IV poniżej 5800 Å) też najwyraźniej pozostaje bez wpływu na wygląd owych struktur. Ponadto (czego już na rysunku nie widać) struktur tych nie obserwuje się ani w gwiazdach niepoczerwienionych, ani w wymodelowanych teoretycznie widmach. Widać je natomiast na kilku spektrogramach uzyskanych innymi instrumentami, co wyklucza ich aparaturowe pochodzenie. Tak więc diagnoza jest jednoznaczna: obserwowane linie, czy też pasma są pochodzenia międzygwiazdowego.

Inne ciekawe zjawisko, to fakt (widoczny na rysunku) zmienności obrazu słabych struktur wraz ze zmianą stosunku natężeń struktur silnych. Stwarza to nadzieje na powiązanie silnych linii rozmytych ze słabymi, których mnóstwo „wychyla" się obecnie z krótko przyciętej „trawki" szumów... Jeśli to się powiedzie, to być może uda się skonstruować widma poszczególnych substancji, obecnych w ciemnych obłokach międzygwiazdowych i nareszcie zidentyfikować tajemnicze linie międzygwiazdowe.



Cztery opisywane w tekście widma ze słabymi (oznaczone pionowymi, przerywanymi kreskami) i silnymi (5780 i 5797 Å) liniami rozmytymi. Widma zostały znormalizowane do poziomu widma ciągłego (kontinuum) i dla uwypuklenia omawianych struktur, poprzesuwane o ok. 0.05 wzdłuż osi strumienia.

Gwiazdy neutronowe jako soczewki grawitacyjne

Janusz Osarczuk

Nie możemy zobaczyć drugiej strony Księżyca bez wysłania tam rakiety. Gwiazda neutronowa pokazuje nam jednak także swoją drugą stronę. Tym kosmicznym peryskopem jest jej własne pole grawitacyjne.

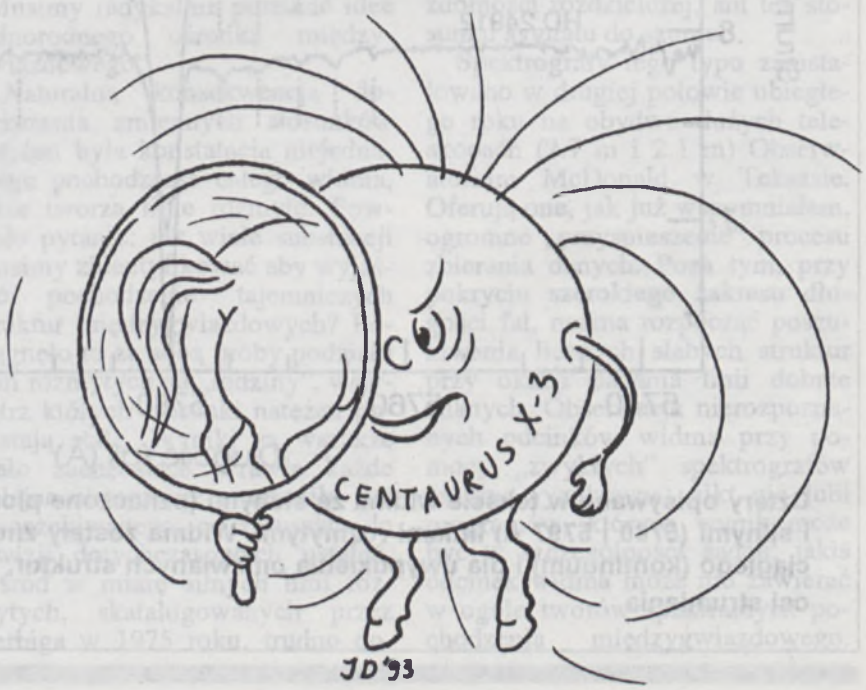
dla M. D.

Odkryte ćwierć wieku temu gwiazdy neutronowe wciąż zajmują jedną z czołowych pozycji w rankingu zainteresowań astronomów. Bogactwo zjawisk związanych z tymi obiektami zostało niedawno powiększone o soczewkowanie grawitacyjne. W przeciwieństwie jednak do galaktyk, które ogniskują światło dalekich gwiazd, gwiazdy neutronowe – ze względu na znikome rozmiary – stanowią soczewki głównie dla promieniowania pochodzącego z ich własnych powierzchni.

Gwiazdy neutronowe należą do klasy obiektów zwartych. Obiekty te, do których zalicza się także białe karły i czarne dziury, są bardzo gęste; gęstość białego karła jest rzędu 10^7 g/cm^3, a gwiazdy neutronowej rzędu 10^{15} g/cm^3. Ta własność powoduje, że przestrzeń (a właściwie czasoprzestrzeń) w pobliżu tych ciał nie jest płaska, lecz zakrzywiona. Efekty tego zjawiska można zaobserwować przede wszystkim w postaci zmian kształtu krzywych jasności.

Poprawną interpretację zjawisk zachodzących we wnętrzach i w pobliżu takich gwiazd można otrzymać jedynie w oparciu o relatywistyczną teorię grawitacji. O ile w przypadku białych karłów wyniki uzyskiwane dzięki zastosowaniu OTW są bardzo zbliżone do wyników klasycznej teorii Newtona, o tyle dla gwiazd neutronowych, a tym bardziej czarnych dziur, poprawki wynikające z efektów relatywistycznych są już nie do zaniedbania. Ponieważ czarne dziury są zasłonięte horyzontem zdarzeń i ich bezpośrednie badanie jest niemożliwe, dlatego też gwiazdy neutronowe, będące najbardziej relatywistycznymi obiektami dostępnymi jeszcze bezpośrednim obserwacjom astronomicznym, skupiają duże zainteresowanie uczonych. Niespotykana na taką skalę przed odkryciem gwiazd neutronowych możliwość konfrontacji OTW z obserwacjami powoduje, iż obecnie trudno jest znaleźć poważne czasopismo astronomiczne, które nie zamieszcza na swych łamach częstych artykułów poświęconych tym obiektom.

Siły grawitacyjne, których źródłem jest gwiazda neutronowa są tak wielkie, że determinują dynamikę procesów zachodzących w otaczającej ją prze-



strzeni i powodują powstanie jakościowo nowych zjawisk (nie obserwowanych w przestrzeni płaskiej). Jednym z nich jest zakrzywienie torów fotonów poruszających się w pobliżu gwiazdy neutronowej sprawiające, że działa ona jak soczewka ogniskująca je pod wpływem własnej grawitacji.

Istnieje wiele relatywistycznych teorii opisujących oddziaływania grawitacyjne, lecz powszechnie akceptowana i najczęściej używana jest Ogólna Teoria Względności (OTW) Alberta Einsteina. Czytelników odsyłamy do artykułu T. Jarzębowskiego (PA 3/91).

Implikacje obserwacyjne tego zjawiska przejawiają się m.in. w modyfikacji kształtów krzywych jasności.

Zewnętrzne pole grawitacyjne gwiazdy neutronowej należy zawsze opisać jakąś metryką. Ze względu na własności typowej gwiazdy neutronowej (duża gęstość i szybka rotacja) wydaje się, że najlepszym przybliżeniem jej rzeczywistego pola jest metryka Kerra. Niestety, wyznaczenie krzywych jasności w takiej czasoprzestrzeni jest kłopotliwe matematycznie (np. brak symetrii sferycznej pola grawitacyjnego). Z tego powodu najczęściej prowadzi się obliczenia w czasoprzestrzeni Schwarzschilda (istnieje tu symetria sferyczna pola), która (pomimo pewnych upraszczających założeń) zadowalająco opisuje rzeczywistość fizyczną wokół gwiazdy neutronowej, a uzyskane w ten sposób wyniki można z powodzeniem konfrontować z obserwacjami.

Dziesięć lat temu grupa astrofizyków z Pensylwanii (Kay Pechenick, Chris Ftaclas i Jeffrey Cohen) zapoczątkowała program badań wpływu efektów grawitacyjnych na krzywe jasności gwiazdy neutronowej. W pierwszej pracy z tego cyklu, zamieszczonej w *Astrophysical Journal* (1983; **274**, 846), rozważyli to zagadnienie właśnie w czasoprzestrzeni Schwarzschilda. Przed przystąpieniem do obliczeń przyjęli następujące założenia:

1. Gwiazda neutronowa rotuje powoli;

2. Jej wnętrze jest całkowicie nieprzezroczyste, a obszar ponad powierzchnią jest przezroczysty dla promieniowania;

3. Emisja fotonów nie odbywa się z całej powierzchni gwiazdy, lecz tylko z małych obszarów w okolicach biegunów magnetycznych, tzw. czap polarnych;

4. Emisja fotonów ma charakter termiczny lub prawie termiczny (powierzchnia świeci w przybliżeniu jak ciało doskonale czarne);

5. Emisja fotonów ma charakter stacjonarny (natężenie promieniowania jest stałe w czasie);

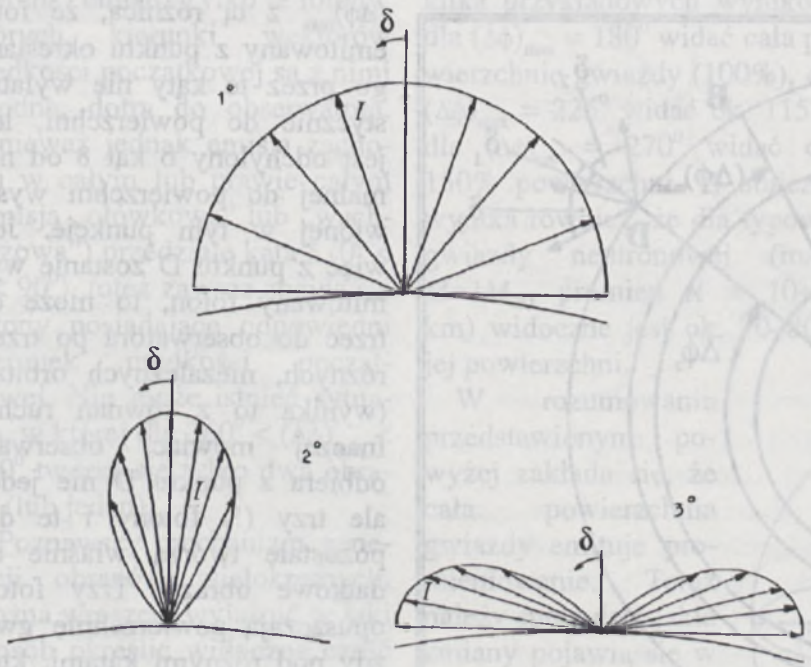
6. Emisja fotonów ma charakter izotropowy lub nieizotropowy, np. „ołówkowy" lub „wachlarzowy" (patrz ramka);

7. Promień gwiazdy jest większy od promienia odpowiadającej jej sfery fotonowej;

8. Propagacja fotonów jest wynikiem tylko oddziaływania grawitacyjnego pomiędzy nimi a gwiazdą.

Metryka, a właściwie tensor metryczny, jest to macierz przekątniowa czwartego rzędu, której składowe zawierają informacje o obecności i rozkładzie pola grawitacyjnego (a także o wybranym w danym przypadku

Charakterystyki promieniowania

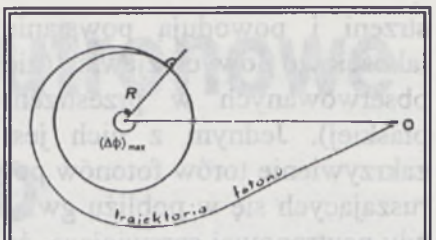


1. izotropowa: $f(\delta) = 1$
2. „ołówkowa": $f(\delta) = \cos(\delta)$, czyli wzmocnienie promieniowania w kierunku radialnym
3. „wachlarzowa": $f(\delta) = \sin(\delta)$, czyli stłumienie promieniowania w kierunku radialnym

I jest wektorem natężenia promieniowania.

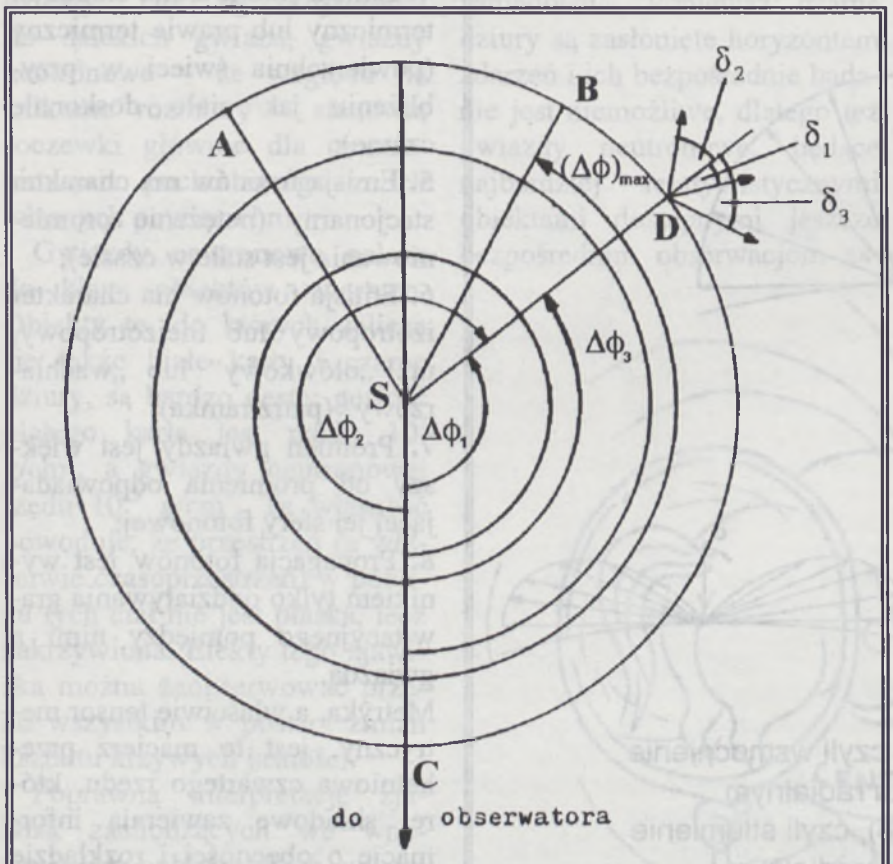
układzie współrzędnych). Metryka Kerra opisuje pole grawitacyjne rotującej czarnej dziury, a metryka Schwarzschilda opisuje pole grawitacyjne nierotującej czarnej dziury oraz pole grawitacyjne na zewnątrz każdej nierotującej gwiazdy. Powyższe założenia są w różnym stopniu zgodne z fizyczną rzeczywistością gwiazdy neutronowej, np. poważne zastrzeżenia może budzić zwłaszcza założenie pierwsze, za to założenie trzecie jest bardzo dobrze poparte obserwacjami.

Soczewkowanie grawitacyjne sprawia, że więcej niż połowa powierzchni gwiazdy neutronowej jest dostępna do obserwacji (w czasoprzestrzeni płaskiej tylko połowa). Aby ocenić jej wielkość należy wyznaczyć maksymalny kąt odchylenia fotonów $(\Delta\phi)_{max}$. W tym celu trzeba rozwiązać równania ruchu fotonów. Pozwala to na wyznaczenie ich orbit. Ze względu na symetrię sferyczną czasoprzestrzeni Schwarzschilda, nie tracąc ogólności rozważań, obliczenia można ograniczyć do dowolnej płaszczyzny (zazwyczaj wybiera się tzw. płaszczyznę równikową, dla której $\theta = \pi/2$, gdzie θ jest jedną z kątowych współrzędnych sferycznych opisujących powierzchnię gwiazdy). Kąt $(\Delta\phi)_{max}$, liczony więc w dowolnej płaszczyźnie, zawarty jest pomiędzy linią widzenia i linią łączącą środek gwiazdy z punktem na jej powierzchni, z którego wylatuje foton. Foton ten jest emitowany stycznie do powierzchni i może jeszcze dotrzeć do obserwatora (rys. 1).



Rys. 1. Maksymalny kąt ugięcia fotonów $(\Delta\Phi)_{max}$,(R – promień gwiazdy neutronowej; O – obserwator)

Ponieważ nie jest wykluczone istnienie bardzo gęstych gwiazd neutronowych (choćby o gęstości 10^{17} g/cm^3 !), dlatego też kąt $(\Delta\phi)_{max}$ może przybierać wartości większe od 180^0, a to oznacza, że niektóre części powierzchni gwiazdy można zobaczyć więcej niż raz! Na niebie obserwatora tworzą się obrazy wielokrotne. Na rys. 2 zaznaczony jest maksymalny kąt odchylenia określony nierównością $360^0 < (\Delta\phi)_{max} < 540^0$. Obserwator widzi całą powierzchnię gwiazdy dwukrotnie, a obszar ACBSA trzykrotnie. Punktowi D odpowiadają trzy różne kąty $\Delta\phi$, dla których prawdziwy jest zespół nierówności $0^0 < \Delta\phi_1 < 180^0 < \Delta\phi_2 < 360^0 < \Delta\phi_3 < (\Delta\phi)_{max}$.



Rys. 2. Określenie kątów δ i ΔΦ w przypadku powstawania obrazów wielokrotnych.

Kąty odchylenia $\Delta\phi_1$, $\Delta\phi_2$ i $\Delta\phi_3$ są zdefiniowane podobnie jak $(\Delta\phi)_{max}$ z tą różnicą, że foton emitowany z punktu określanego przez te kąty nie wylatuje stycznie do powierzchni, lecz jest odchylony o kąt δ od normalnej do powierzchni wystawionej w tym punkcie. Jeśli więc z punktu D zostanie wyemitowany foton, to może dotrzeć do obserwatora po trzech różnych, niezależnych orbitach (wynika to z równań ruchu). Inaczej mówiąc, obserwator odbiera z punktu D nie jeden, ale trzy (!) fotony i te dwa pozostałe tworzą właśnie dodatkowe obrazy. Trzy fotony opuszczają powierzchnię gwiazdy pod różnymi kątami, które łączy związek równoważny zapisanemu nieco wyżej zespołowi nierówności $0^0 < \delta_1 < \delta_2 < \delta_3 < 90^0$.

Tak więc w zależności od wielkości kąta odchylenia (ugięcia) istnieją uprzywilejowane, z punktu widzenia obserwatora,

SFERA FOTONOWA

Z równań ruchu cząstek o masie spoczynkowej równej zero wynika, że powyżej pewnej odległości R od centrum gwiazdy neutronowej fotony mogą poruszać się tylko po orbitach niezwiązanych. Silna grawitacja sprawia jednak, że istnieje także orbita kołowa fotonów (nie istnieje ona w czasoprzestrzeni płaskiej). Jest ona niestabilna. Ponieważ w przestrzeni wokół gwiazdy jest wiele takich orbit różnie nachylonych względem jej płaszczyzny równikowej, toteż tworzą one pewną sferę. Promień takiej sfery, zwanej sferą fotonową, można oznaczyć R_{sf}, jest on równy

$$R_{sf} = 1.5\,M\,[1+(1-\frac{8Q^2}{9M^2})^{1/2}]$$

dla gwiazdy typu Reissnera – Nordströma lub

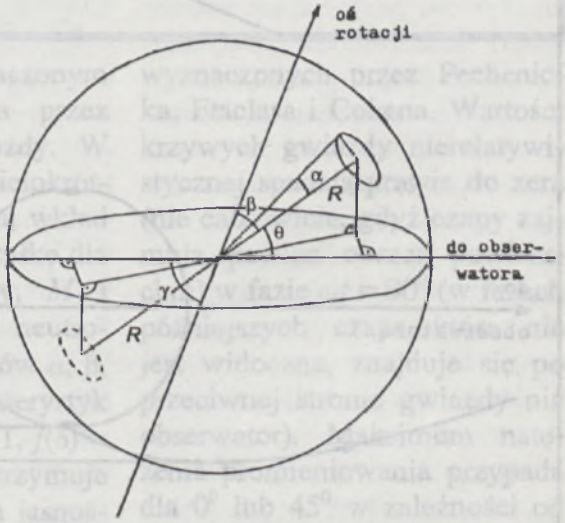
$$R_{sf}=3M$$

dla gwiazdy typu Schwarzschilda, gdzie M jest masą, a Q ładunkiem elektrycznym (ogólnie także magnetycznym) gwiazdy neutronowej. Obowiązuje również związek $0 < Q < M$ (w przypadku granicznym, gdy nie ma ładunku, czyli $Q = 0$, gwiazda typu Reissnera – Nordströma staje się gwiazdą typu Schwarzschilda). Powyższe wzory są słuszne w przypadku użycia tzw. jednostek zgeometryzowanych, tzn. $G = c = 1$, gdzie G jest stałą grawitacji, a c prędkością światła. Fizyczna interpretacja znaczenia sfery fotonowej dla odległego obserwatora może być następująca: foton emitowany z gwiazdy neutronowej o promieniu $R = R_{sf}$ stycznie do jej powierzchni, okrążałby ją nieskończenie wiele razy zanim dotarłby do obserwatora. Dużo ciekawego materiału na temat konsekwencji istnienia sfery fotonowej można było znaleźć w artykule Marka Abramowicza w majowym numerze „Świata Nauki".

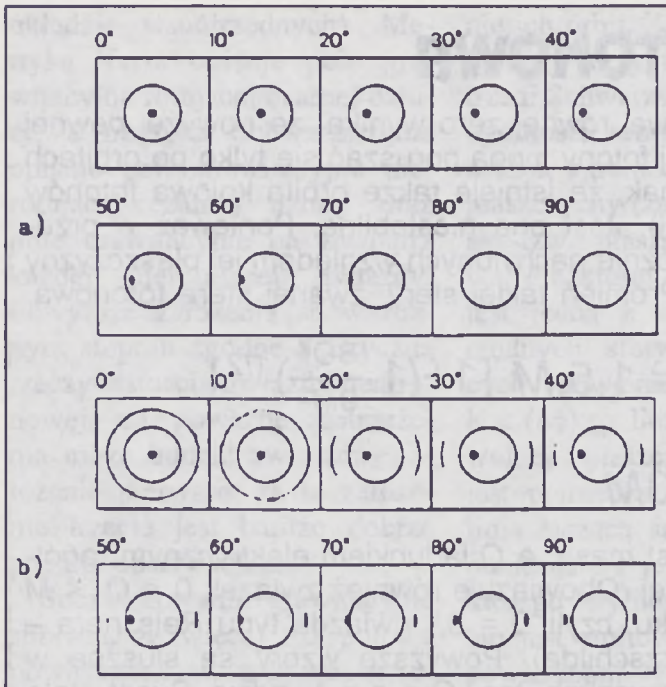
kierunki emisji. Tylko te fotony, których kierunki wektorów prędkości początkowej są z nimi zgodne, dotrą do obserwatora. ponieważ jednak emisja zachodzi w całym lub prawie całym (emisja „ołówkowa" lub „wachlarzowa") przedziale kąta δ ($0^0 < \delta < 90^0$), toteż zawsze znajdą się fotony posiadające odpowiedni kierunek prędkości początkowej. Nie może istnieć sytuacja, w której dla $360^0 < (\Delta\phi)_{max} < 540^0$ tworzą się tylko dwa obrazy (lub jeden).

Poznawszy mechanizm generacji obrazów wielokrotnych, można wreszcie wyjaśnić w jaki sposób określić widoczną część powierzchni gwiazdy neutronowej. Otóż, oblicza się to poprzez porównanie wielkości odpowiednich części powierzchni niewidocznej (dla $(\Delta\phi)_{max} < 180^0$) lub widzianej więcej niż raz (dla $(\Delta\phi)_{max} > 180^0$) z wielkością całej powierzchni gwiazdy. Oto kilka przykładowych wyników: dla $(\Delta\phi)_{max} = 180^0$ widać cała powierzchnię gwiazdy (100%), dla $(\Delta\phi)_{max} = 225^0$ widać ok. 115%, dla $(\Delta\phi)_{max} = 270^0$ widać ok. 150% powierzchni. Z obliczeń wynika również, że dla typowej gwiazdy neutronowej (masa $M=1M_\odot$, promień R = 10–15 km) widoczne jest ok. 70–80% jej powierzchni.

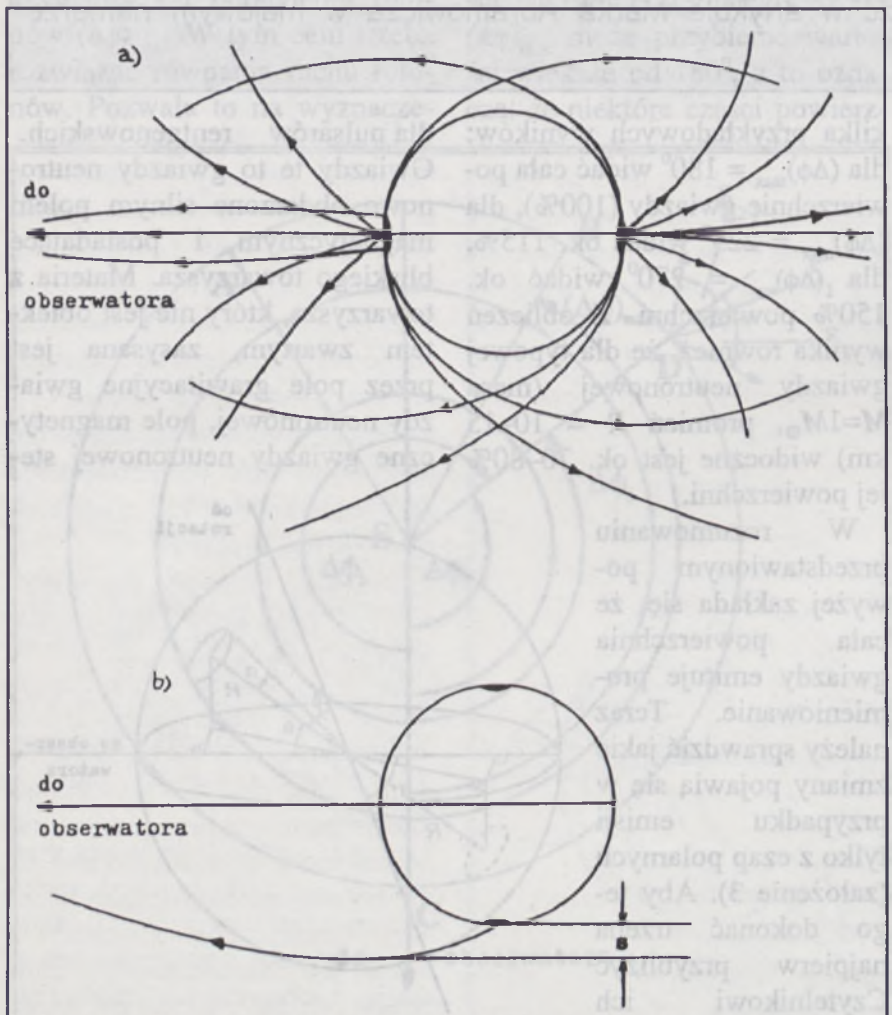
W rozumowaniu przedstawionym powyżej zakłada się, że cała powierzchnia gwiazdy emituje promieniowanie. Teraz należy sprawdzić jakie zmiany pojawią się w przypadku emisji tylko z czap polarnych (założenie 3). Aby tego dokonać trzeba najpierw przybliżyć Czytelnikowi ich model. Czapy polarne są charakterystyczne dla pulsarów rentgenowskich. Gwiazdy te to gwiazdy neutronowe obdarzone silnym polem magnetycznym i posiadające bliskiego towarzysza. Materia z towarzysza, który nie jest obiektem zwartym, zasysana jest przez pole grawitacyjne gwiazdy neutronowej, pole magnetyczne gwiazdy neutronowej ste-



Rys. 3. Położenie czap polarnych na powierzchni gwiazdy neutronowej.



Rys.4. Obraz tej samej samej gwiazdy neutronowej, posiadającej czapy polarne o promieniu $\alpha = 10°$, w różnych fazach na niebie obserwatora:
a) czasoprzestrzeń płaska (gwiazda nielatywistyczna)
b) czasoprzestrzeń zakrzywiona (gwiazda relatywistyczna).
Pełne koło oznacza powierzchnię gwiazdy, plamy są obrazem czap, a zewnętrzny okrąg (pierścień) jest obrazem zaćmionej czapy, która leży na osi optycznej układu (Rysunek wykonany na podstawie Fig. 5. z pracy C. Ftaclasa, M. W. Kearney'a i K. Pechenicka (Astrophysical Journal, 1986; **300**, 203)).



Rys. 5. a) Orbity fotonów emitowanych z czap polarnych;
b) Odległość s, w której tworzą się obrazy czap w fazie 90°

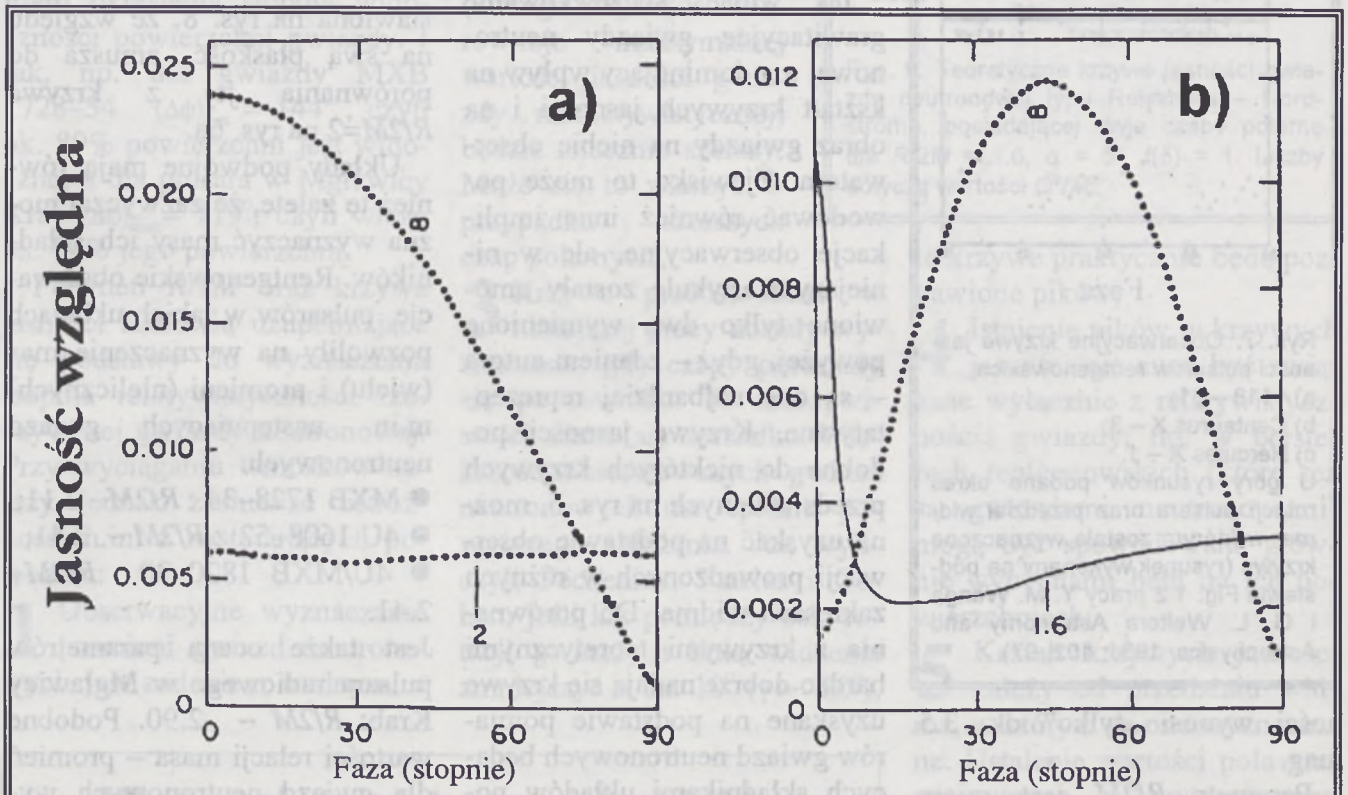
ruje spadkiem materii na jej powierzchnię. Gaz zatem osiada wzdłuż linii sił pola w okolicach biegunów, a uderzając o powierzchnię gwiazdy ogrzewa się i świeci. Mogą istnieć dwie czapy polarne (lub jedna), każda o promieniu kątowym α (rys. 3.). β jest kątem pomiędzy osią rotacji i prostą łączącą środki antypolarnych czap, γ – kątem pomiędzy osią rotacji i linią widzenia, θ – kątem pomiędzy linią widzenia i prostą łączącą środki czap. Dla rotującej gwiazdy θ jest funkcją czasu i fakt ten daje możliwość uzyskania krzywych jasności. Bez straty ogólności β i γ można ograniczyć od 0^0 do 90^0. Krzywe przedstawione w dalszej części artykułu będą odpowiadały jeszcze bardziej ograniczonemu przypadkowi, gdy $\beta = \gamma = 90^0$ (czapy poruszają się po równiku), ale jest on o tyle reprezentatywny, że daje największy możliwy zakres jasności. θ można wówczas przedstawić w postaci $\theta = \omega t$, gdzie ω jest prędkością kątową gwiazdy. Zakres zmienności ωt można przyjąć następująco: $0^0 < \omega t < 90^0$ w przypadku istnienia tylko jednej czapy i $0^0 < \omega t < 180^0$ w przypadku istnienia dwóch czap. Nałożenie takiego ograniczenia nie powoduje straty żadnej informacji i całkowicie wystarcza do narysowania krzywych jasności, gdyż powtarzają się one jako cykliczne odbicia.

Pora wreszcie przedstawić wyniki, czyli odpowiedzieć na pytanie o wpływ soczewkowania grawitacyjnego na to co zobaczy obserwator. Otóż, jeśli znajduje się on bardzo daleko od gwiazdy neutronowej (w nieskończoności), to będzie widział punktowy obraz gwiazdy, ale jaśniejszy (wpływ obrazów wielokrotnych) od obrazu tej samej

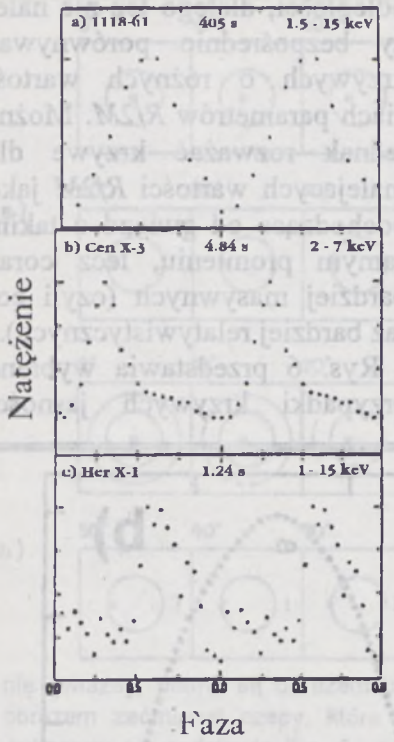
gwiazdy w czasoprzestrzeni płaskiej. Jeśli natomiast obserwator jest wystarczająco blisko gwiazdy, aby widzieć jej tarczę, to obraz gwiazdy dla poszczególnych faz jej obrotu przedstawia rys. 4. Gdy czapy znajdują się na linii widzenia to ta, która jest z tyłu gwiazdy (względem obserwatora) jest widoczna w postaci pierścienia. Czapa przednia wysyła promieniowanie we wszystkich możliwych kierunkach (tak samo jak tylna), ale soczewkowanie grawitacyjne sprawia, że tory fotonów są zakrzywione i do obserwatora docierają tylko te, których kierunki wektorów prędkości początkowej niewiele różnią się od kierunku radialnego (wąski „stożek" promieniowania na rys. 5a). Warto także zwrócić uwagę, że w fazie $\omega t = 90^0$ czapy polarne są widoczne jako obszary świecące nad powierzchnią gwiazdy. Wynika to z faktu, że – jak zostało wcześniej powiedziane – do obserwatora mogą docierać fotony emitowane pod różnymi kątami δ. Zanim dotrą one do obserwatora muszą oddalić się od czap na odległość s (rys. 5b), w której formują się ich (tzn. czap) obrazy.

Jasność obserwowana (czyli strumień promieniowania w danej długości fali) jest całką z natężenia promieniowania po kącie bryłowym, wyznaczonym na niebie obserwatora przez świecące obszary gwiazdy. W przypadku obrazów wielokrotnych wszystkie one dają wkład do całki. Obliczając tę całkę dla różnych wartości masy, M i promienia, R, gwiazdy neutronowej, dla różnych kątów α, β, γ i dla różnych charakterystyk promieniowania ($f(\delta) = 1$, $f(\delta) = \sin(\delta)$, $f(\delta) = \cos(\delta)$) otrzymuje się cała gamę krzywych jasności. Ponieważ rozpatrywany model nie zawiera zależności od odległości, dlatego też nie należy bezpośrednio porównywać krzywych o różnych wartościach parametrów $R/2M$. Można jednak rozważać krzywe dla malejących wartości $R/2M$ jako pochodzące od gwiazd o takim samym promieniu, lecz coraz bardziej masywnych (czyli coraz bardziej relatywistycznych).

Rys. 6 przedstawia wybrane przypadki krzywych jasności wyznaczonych przez Pechenicka, Ftaclasa i Cohena. Wartości krzywych gwiazdy nierelatywistycznej spadają prawie do zera (nie całkowicie, gdyż czapy zajmują pewien obszar powierzchni) w fazie $\omega t = 90^0$ (w fazach późniejszych czapa która nie jest widoczna, znajduje się po przeciwnej stronie gwiazdy niż obserwator). Maksimum natężenia promieniowania przypada dla 0^0 lub 45^0 w zależności od charakterystyki promieniowania, a maksymalna różnica jas-



Rys. 6 Teoretyczne krzywe jasności gwiazdy neutronowej typu Schwarzschilda, posiadającej dwie czapy polarne, w przypadkach: a) $\alpha = 5°$, $f(\delta) = 1$; b) $\alpha = 5°$, $f(\delta) = \sin(\delta)$. Liczby dotyczą wartości $R/2M$. Rysunek wykonany na podstawie Fig. 3 i Fig. 11 z pracy K. R. Pechenicka, C. Ftaclasa, J. M. Cohena, Astrophysical Journal, 1983; **274**, 846.



Rys. 7. Obserwacyjne krzywe jasności pulsarów rentgenowskich:
a) 1118 – 61;
b) Centaurus X – 3;
c) Hercules X – 1.
U góry rysunków podano okres rotacji pulsara oraz przedział widma, w którym została wyznaczona krzywa (rysunek wykonany na podstawie Fig. 1 z pracy Y. M. Wanga i G. L. Weltera Astronomy and Astrophysics, 1981; **102**, 97).

ności wynosi „tylko" ok. 3.5 mag.

Parametr $R/2M$ jest miarą relatywistyczności (gęstości) gwiazdy neutronowej. Gdy $R/2M = \infty$, to gwiazda neutronowa jest nierelatywistyczna (czasoprzestrzeń płaska). Wraz ze spadkiem wartości $R/2M$ relatywistyczność gwiazdy rośnie. Kształt krzywych jasności gwiazdy relatywistycznej różni się znacznie od kształtu krzywych gwiazdy nierelatywistycznej. Średni poziom jasności maleje wraz ze spadkiem wartości $R/2M$. Następuje wypłaszczenie krzywych, szczególnie dobrze widoczne w przypadku $R/2M$=2 na rys. 6a. Pojawia się gwałtowny wzrost jasności (tzw. pik; $R/2M$ = 1.6 na rys. 6b) przy 0^0 lub 180^0 (na skutek wspomnianego już cyklicznego odbicia krzywych). Jest on spowodowany dodatkowym wkładem promieniowania, pochodzącym od czapy znajdującej się z tyłu gwiazdy (pierścień wokół gwiazdy w fazach 0^0 i 10^0 na rys. 4). Wkład ten jest tak duży, że jasność piku może dorównać maksymalnej jasności gwiazdy nierelatywistycznej.

Jak widać, soczewkowanie grawitacyjne gwiazdy neutronowej ma dominujący wpływ na kształt krzywych jasności i na obraz gwiazdy na niebie obserwatora. Zjawisko to może powodować również inne implikacje obserwacyjne, ale w niniejszym artykule zostały omówione tylko dwa wymienione powyżej, gdyż – zdaniem autora – są one najbardziej reprezentatywne. Krzywe jasności podobne do niektórych krzywych przedstawionych na rys. 6, można uzyskać na podstawie obserwacji prowadzonych w różnych zakresach widma. Do porównania z krzywymi teoretycznymi bardzo dobrze nadają się krzywe uzyskane na podstawie pomiarów gwiazd neutronowych będących składnikami układów podwójnych i emitujących promieniowanie rentgenowskie.

Rys. 7 i 8 przedstawiają obserwacyjne krzywe następujących pulsarów rentgenowskich:,

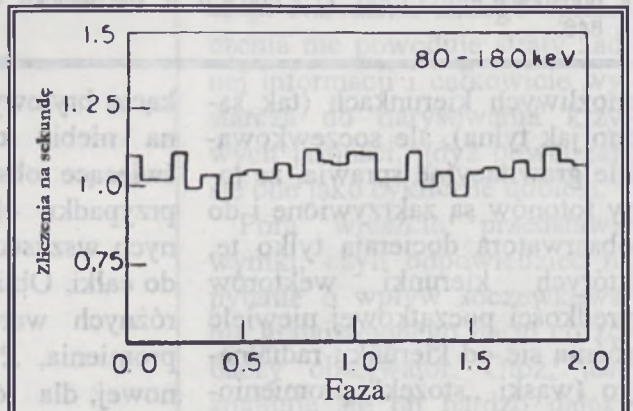
- 1118–61;
- CentaurusX–3;
- Hercules X–1;
- 38 sekundowy pulsar znajdujący się w pobliżu obiektu V861 Sco.

Pierwszy z nich wydaje się być gwiazdą nierelatywistyczną o gładkiej, powtarzającej się regularnie krzywej jasności i „wachlarzowej" charakterystyce promieniowania. Cen X–3 i Her X–1 posiadają mniej gładkie krzywe, w których można wyróżnić bardziej gwałtowny wzrost jasności i – ze względu na to, że nie jest on zbyt szeroki – próbować utożsamić go z pikiem. Natomiast krzywa przedstawiona na rys. 8, ze względu na swą płaskość, zmusza do porównania jej z krzywą $R/2M$=2 na rys. 6a.

Układy podwójne mają również tę zaletę, że zazwyczaj można wyznaczyć masy ich składników. Rentgenowskie obserwacje pulsarów w takich układach pozwoliły na wyznaczenie mas (wielu) i promieni (nielicznych) m.in. następujących gwiazd neutronowych:

- MXB 1728–34 : $R/2M$~ 2.11;
- 4U 1608–52 : $R/2M$ ~ 2.41;
- 4U/MXB 1820–30 : $R/2M$~ 2.41.

Jest także ocena parametrów pulsara radiowego w Mgławicy Krab: $R/2M$ ~ 2.90. Podobne wartości relacji masa – promień dla gwiazd neutronowych wyznaczył w 1979 Holender van



Rys. 8. Obserwacyjna krzywa jasności 38 sekundowego pulsara rentgenowskiego znajdującego się w pobliżu obiektu V861 Sco. U góry rysunku podano przedział widma, w którym została wyznaczona krzywa (rysunek wykonano na podstawie Fig. 1 z pracy P. F. Byrne'a i innych autorów (Astrophysical Journal, 1981; **246**, 951).

Paradijs w oparciu o obserwacje bursterów rentgenowskich. Dane empiryczne wskazują więc, że rzeczywiste gwiazdy neutronowe są najlepiej opisane modelem przedstawionym w niniejszej pracy, jeśli parametr $R/2M$ przyjmuje wartości od 2 do 3.

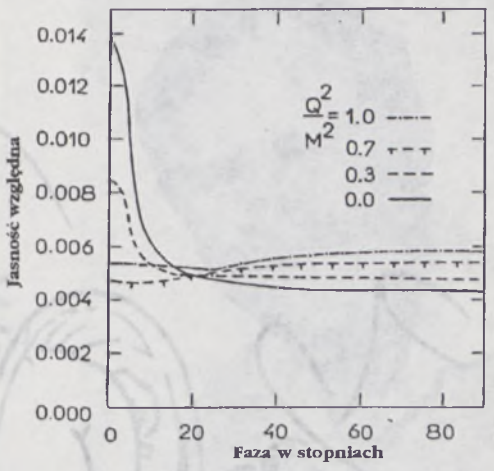
Znajomość wartości parametru $R/2M$ daje możliwość wyznaczenia kąta $(\Delta\phi)_{max}$, a tym samym określenia stopnia widoczności powierzchni gwiazdy. I tak, np. dla gwiazdy MXB 1728–34 $(\Delta\phi)_{max} = 144^0$, czyli ok. 89% powierzchni jest widoczne, a dla pulsara w Mgławicy Krab $(\Delta\phi)_{max} = 119^0$, czyli widać ok. 74% jego powierzchni.

Parametr $R/2M$ oraz krzywa jasności stanowią uzupełniające się podstawy do wyznaczenia stopnia relatywistyczności rzeczywistej gwiazdy neutronowej. Przy wyciąganiu wniosków należy jednak zachować ostrożność m.in. z następujących powodów:

1 Obserwacyjne wyznaczanie promieni gwiazd neutronowych jest zadaniem trudnym, a otrzymywane wyniki są obarczone dużymi błędami. Wpływa to na małą dokładność przy określaniu wartości parametru $R/2M$;

2 Krzywe jasności gwiazd nierelatywistycznych i gwiazd najbardziej relatywistycznych mogą być nie do odróżnienia, jeśli pik (którego wysokość dorównuje maksymalnej wartości jasności gwiazdy niereatywistycznej) będzie znacznie szerszy. Może się to zdarzyć w przypadku szerszych czap polarnych;

3 Krzywe przedstawione w niniejszej pracy zostały wyznaczone, gdy czapy poruszały się po równiku. W rzeczywistości zdarza się to rzadko. Większość obserwowanych gwiazd neutronowych nie spełnia powyższego założenia. Jak wyliczyli Pechenick, Ftaclas i Cohen, jeśli kąt pomiędzy osią rotacji gwiazdy i linią widzenia zmniejszyć o ok. 10^0 ($\gamma \sim 80^0$), to krzywe praktycznie będą pozbawione pików;



Rys. 9. Teoretyczne krzywe jasności gwiazdy neutronowej typu Reissnera – Nordströma, posiadającej dwie czapy polarne dla $R/2M$ = 1.6, α = 5°, f(δ) = 1. Liczby dotyczą wartości Q^2/M^2.

4 Istnienie pików w krzywych jasności nie musi być związane wyłącznie z relatywistycznością gwiazdy; np. w bersterach rentgenowskich (które też są gwiazdami neutronowymi) mogą być spowodowane głównie wybuchami helu na ich powierzchniach;

5 Kształt krzywych jasności zależy od przedziału widma, w którym są one wyznaczane. Ustalenie wartości pola grawitacyjnego wytwarzanego przez gwiazdy neutronowe oraz ich gęstości pozwala na budowanie coraz lepszych modeli tych obiektów. Uzyskane na tej podstawie dane stanowią cenne poprawki potrzebne do prawidłowego modelowania zarówno ich wnętrz jak też atmosfer. Mogą stanowić także pomoc dla lepszego zrozumienia pewnych zagadnień dotyczących pulsarów rentgenowskich i bersterów.

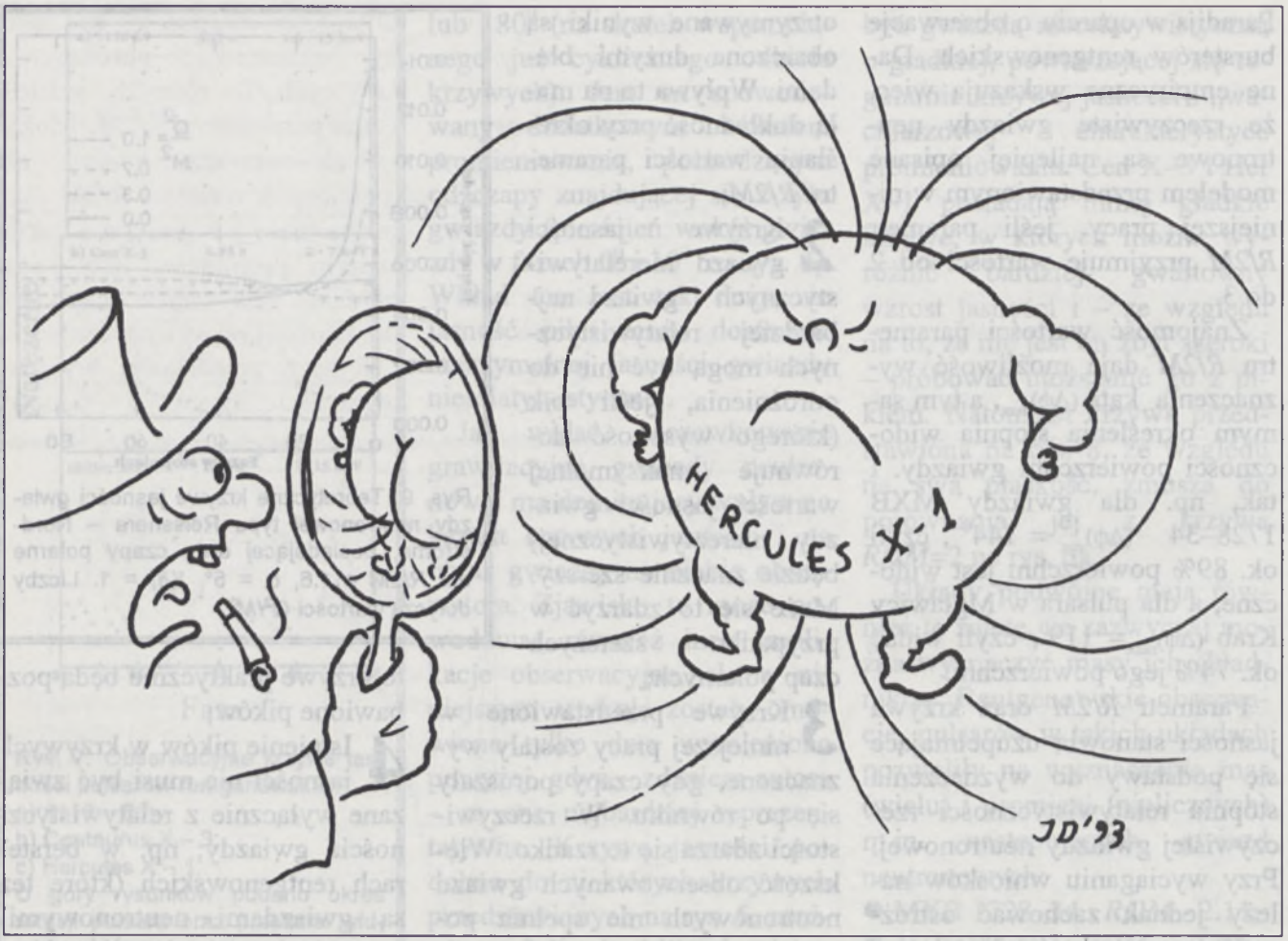
Problem soczewkowania grawitacyjnego gwiazdy neutronowej został rozważony również przy zastosowaniu metryki Reissnera – Nordströma. Dokonał tego w zeszłym roku autor tego artykułu, zbadawszy jaki wpływ

Miara relatywistyczności obiektu

Miarą relatywistyczności obiektu (czyli tego, czy efekty ogólnej teorii względności są ważne) jest stosunek masy M do promienia R, pomnożony przez stałą grawitacji G, a podzielony przez kwadrat prędkości światła: $\mu = GM/Rc^2$. Czasami jest też wygodnie posługiwać się wielkością R/R_{Sch}. Oczywiste czynniki G/c^2 pomija się i pisze $R/2M$ mając na myśli stosunek promienia do promienia

	μ	R/R_{Sch}
Ziemia	10^{-10}	10^{+10}
Słońce	10^{-6}	10^{+6}
biały karzeł	10^{-4}	10^{+4}
gwiazda neutronowa	1/4 – 1/6	2 – 3
nierotująca czarna dziura		1
rotująca czarna dziura	1	1/2

(b)



na krzywe jasności ma ładunek elektryczny, który mogłaby posiadać gwiazda. Okazało się, że gwiazda neutronowa typu Reissnera–Nordströma stanowi przypadek pośredni pomiędzy gwiazdą nierelatywistyczną, a gwiazdą typu Schwarzschilda. Krzywe jasności zawierają wszystkie cechy typowe dla gwiazdy relatywistycznej, lecz przy ustalonym parametrze $R/2M$ i zmieniających się wartościach ładunku Q (ta sama gwiazda w różnym stopniu naładowana elektrycznie) widać zmniejszenie lub całkowity zanik pików (rys. 9). W stosunku do gwiazdy schwarzschildowskiej krzywe są mniej płaskie, a średni poziom jasności trochę wyższy. Również o kilka procent zmniejsza się wielkość widocznej powierzchni. Warto także zwrócić uwagę na fakt, że w najbardziej relatywistycznym przypadku ($R/2M = 1.01$, $Q = M$) różnica jasności wynosi aż 4.9 mag! (ok. 100 razy!), czyli przewyższa maksymalną jasność gwiazdy nierelatywistycznej.

Na koniec chciałbym zastanowić się krótko nad zakresem stosowalności modelu czap polarnych. Pomimo, że zawiera on wiele upraszczających założeń, to uzyskane w oparciu o niego wyniki można z powodzeniem konfrontować z obserwacjami. Dalsze badania idące w tym kierunku mogłyby się opierać np. na użyciu metryki Kerra, pozwalającej na rozpatrywanie gęstych, szybko rotujących obiektów, lub na nowych założeniach dotyczących emisji. W szczególności dla pulsarów rentgenowskich istnieje już konkurencyjny model obszarów emisji – model kolumn. Który z nich najlepiej opisuje akreującą magnetyczną gwiazdę neutronową? Należy mieć nadzieję, że zapowiadający się coraz bardziej w latach dziewięćdziesiątych dynamiczny rozwój praktycznie wszystkich dziedzin astronomii pozwoli uzyskać odpowiedź także i na to pytanie. A może, choć nie to jest ich głównym celem, będą mieli w tym swój udział także warszawscy astronomowie skupieni wokół projektu obserwacji mikrosoczewkowania grawitacyjnego, opisanego w zeszycie 4/91 „Postępów Astronomii"?...

Artykuły do Postępów Astronomii piszą nie tylko ludzie zatrudnieni w kilku najlepszych polskich placówkach... Wysoki profesjonalizm jest jednak niezbędny. Janusz Osarczuk jest obecnie nauczycielem w jednej z wrocławskich szkół podstawowych. Ukończył jednak niedawno studia i właśnie soczewkowanie grawitacyjne było przedmiotem jego pracy magisterskiej. Wyniki jego pracy zostały częściowo opublikowane w ramach serii „Lectures Notes in Physics".

Bardzo często, interpretując zjawiska astrofizyczne, zaniedbujemy pole magnetyczne. Tymczasem, ponieważ pole magnetyczne wyróżnia kierunek, jego wpływ na różne zjawiska dynamiczne może być decydujący.

POLA MAGNETYCZNE, ROTACJA GALAKTYK I TEORIA DYNAMO

Ryszard Wielebiński

Prof. Richard Wielebinski wybitny astrofizyk i radioastronom, dyrektor Instytutu Radioastronomii Maxa Plancka w Bonn, dysponującego największym na świecie w pełni sterowalnym radioteleskopem (patrz 4 str. okładki), członek zagraniczny Polskiej Akademii Nauk. Sylwetkę Profesora przedstawiamy w relacji z nadania Mu tytułu Doctor honoris causa Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

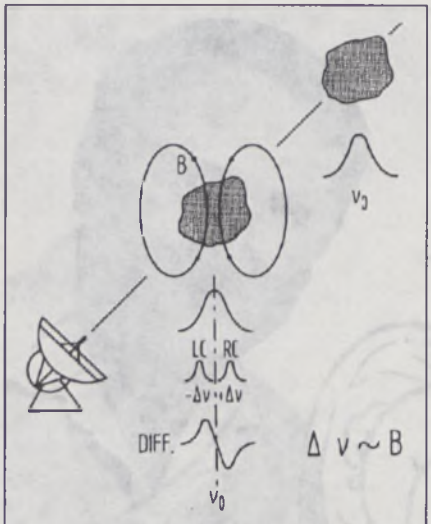
Wprowadzenie

Pola magnetyczne zostały odkryte już w starożytności. Fakt, że Ziemia jest dwubiegunowym magnesem, który wpływa na orientację igły magnetycznej, doprowadził do zbudowania kompasu, który umożliwił żeglarzom pływać po morzach. Eksperymenty z magnesami prowadzono już w średniowieczu, a pierwszy traktat o magnetyzmie został napisany przez Williama Gilberta (1540-1603). Zjawisko elektromagnetyczne polegające na generacji pola magnetycznego przez prąd elektryczny zostało odkryte przez Hansa Oersteda (1777-1851). To nadzwyczajne odkrycie zapoczątkowało rozwój epoki nowoczesnej technologii. Wynalezienie dynamo przez Wernera von Siemensa (1816-1892) było bezpośrednią konsekwencją fundamentalnego odkrycia Oersteda. Pomiar pola magnetycznego wykorzystuje odwrotne zjawisko elektromagnetyczne: przewód w kształcie pętli jest podłączony do miernika elektrycznego, tworząc w ten sposób magnetometr.

Pola magnetyczne w obiektach niebieskich mierzy się pośrednio. Nie możemy umieścić pętli z drutu przewodzącego w odległej galaktyce. Przez wiele lat, podstawowa metoda pomiarów polegała na wykorzystaniu efektu Zeemana - rozszczepienia linii widmowej w polu magnetycznym na dwie składowe o przeciwnych polaryzacjach kołowych. Pozwoliło to odkryć pola magnetyczne w Słońcu i niektórych gwiazdach. Radiowe obserwacje efektu Zeemana umożliwiły pomiary pól magnetycznych w galaktycznych obłokach molekularnych. Informacji o takich polach mogą nam również dostarczyć obserwacje optycznej polaryzacji światła gwiazd. Jednakże to właśnie radioastronomia oferuje nam zupełnie wyjątkowe możliwości badania pól magnetycznych. Badając stan polaryzacji nietermicznej synchrotronowej emisji z Drogi Mlecznej, bliskich galaktyk i odległych galaktyk radiowych, uzyskujemy o tych polach jedyną w swoim rodzaju informację.

Próby wyjaśnienia przyczyn wywołujących pola magnetyczne w obiektach astronomicznych podążają w dwóch kierunkach. Jedną z możliwości jest generacja takiego pola w wyniku rotacji (Ziemi, Słońca oraz gwiazd) w procesie „dynamo". Inną możliwością (mającą lepsze zastosowanie w przypadku obiektów rozciągłych) jest kompresja pierwotnego pola. Obydwie teorie mają swoje uroki i zajmują poczesne miejsce w badaniach astrofizycznych.

Podstawowym punktem wyjściowym jakiejkolwiek teorii magnetyzmu kosmicznego jest znajomość ruchów ciał niebieskich. Klasyczne metody pomiaru takich ruchów polegają na obserwacjach przesunięcia dopplerowskiego optycznych linii emisyjnych (np. linii H_α lub C III). Radioastronomia dostarczyła ogromnej bazy danych na temat rotacji galaktycznej dzięki obserwacjom linii H I 21 cm (neutralnego wodoru)*). Linie



Rys. 1. Zjawisko Zeemana. Linia widmowa zostaje rozszczepiona przez równoległe pole magnetyczne na dwie składowe o przeciwnych polaryzacjach kołowych. Różnica daje charakterystyczny znak „S".

H I zarówno optyczne (seria Balmera) jak i radiowe (21 cm) dostarczają nam jednak niewiele informacji na temat rotacji w wewnętrznych obszarach galaktyk. Ostatnio tę lukę udało się wypełnić dzięki obserwacjom linii emisyjnych CO na falach milimetrowych.

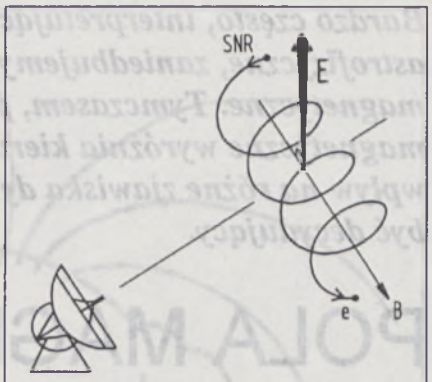
W ostatniej dekadzie nasza wiedza o polach magnetycznych w galaktykach uległa radykalnej zmianie. W ogólności, w galaktykach mamy do czynienia z wielkoskalowym uporządkowaniem pól, odzwierciedlającym strukturę spiralną (tzn. pola równoległe do dysku galaktycznego). W jądrach galaktyk obserwujemy wertykalne pola magnetyczne. W połączeniu z informacją o rotacji galaktyk dostarczaną przez linie H I i CO, pozwala to na badanie mechanizmów generacji pola magnetycznego.

*) Szczegółowe informacje na temat powstawania tej linii można znaleźć w artykule S. Bajtlika w PA 1/92. (red.)

Metody pomiaru pól magnetycznych

Pole magnetyczne Ziemi było gruntownie analizowane przy pomocy różnych, coraz bardziej wyszukanych magnetometrów. Podobnie, za pomocą magnetometrów umieszczonych na pokładzie statków kosmicznych, były badane pola magnetyczne planet. Badanie pól magnetycznych na Słońcu wymaga zdalnych metod sondowania. Już w 1908 r., Hale wykorzystał zjawisko Zeemana do odkrycia silnych (~1.0 tesla = 10^4 gausów) pól magnetycznych w plamach słonecznych. Rozwój czulszych technik pomiarowych, umożliwił Babcokowi, w 1946r., detekcję pól magnetycznych w gwiazdach osobliwych *Ap*. Dolna granica detekcji, za pomocą efektu Zeemana, pól magnetycznych w gwiazdach została obecnie obniżona do ~100 μgausów.

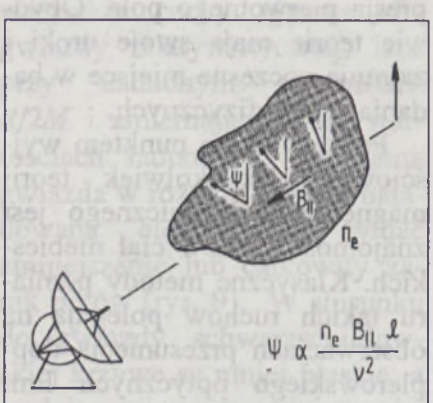
Zjawisko Zeemana, zilustrowane na rys. 1, można również



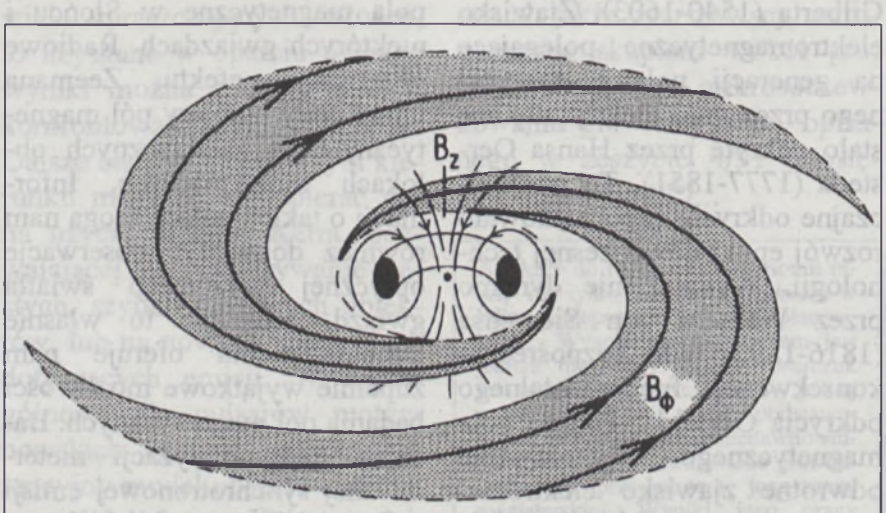
Rys. 2. Emisję synchrotronową możemy wykryć dzięki bezpośrednim pomiarom polaryzacji. Kierunek polaryzacji takiego promieniowania (czyli „wektora E") jest prostopadły do kierunku pola magnetycznego.

obserwować na falach radiowych. Udało się je wykryć w obłokach molekularnych H I i CO w naszej Galaktyce. Można w ten sposób badać pola magnetyczne rzędu 10 mikrogausów i większe. Wykorzystując efekt Zeemana zaobserwowano również pola rzędu 10 miligausów w obszarach maserów H_2O. Niestety, liczba obserwowanych obiektów jest raczej niewielka, nie wystarczająca dla jakichkolwiek uogólnień.

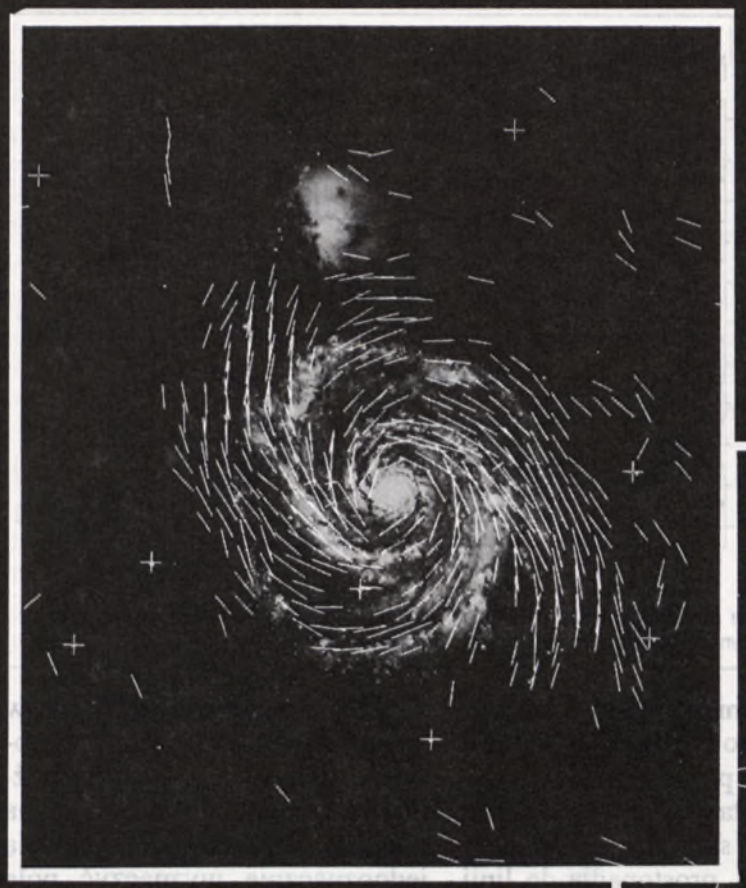
Optyczna polaryzacja jest wynikiem rozpraszania światła w obłokach pyłowych (zjawisko Rayleigha). Jeżeli ziarna pyłu znajdą się w ośrodku z polem magnetycznym, ustawiają się wówczas dłuższą osią w kierunku linii sił pola, co powoduje



Rys. 3. Efekt Faradaya polega na zmianie kierunku (rotacji) wektora polaryzacji. Kierunek polaryzacji (czyli kierunku „wektora E") promieniowania, wywołanej składową pola magnetycznego równoległą do linii widzenia.

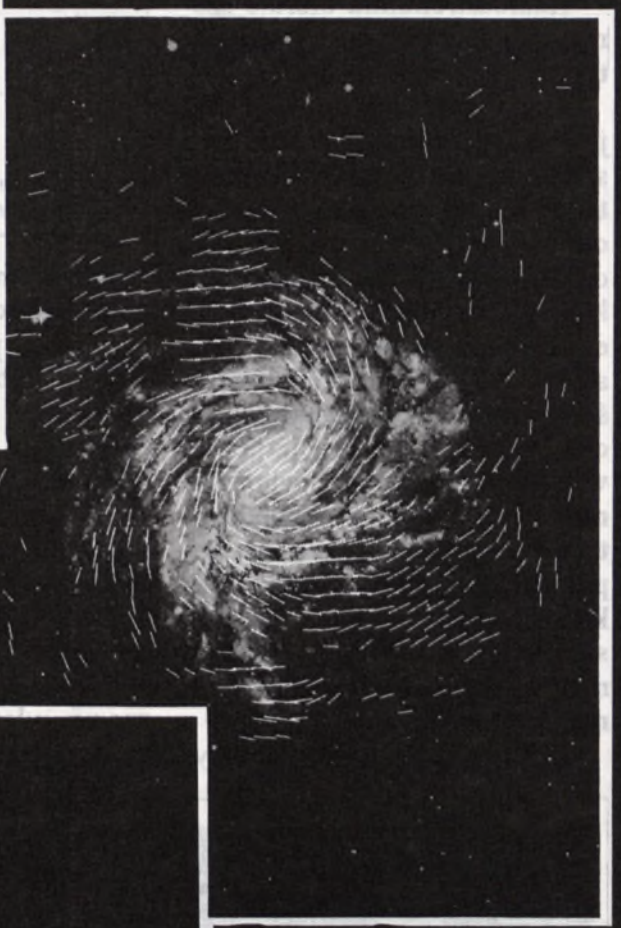


Rys. 4. Model pól magnetycznych w naszej Galaktyce. W dysku orientacja pól jest *równoległa* do płaszczyzny galaktyki. W centrum, gdzie obserwuje się rotujący pierścień gazu molekularnego, pola magnetyczne są *prostopadłe* do płaszczyzny galaktyki.

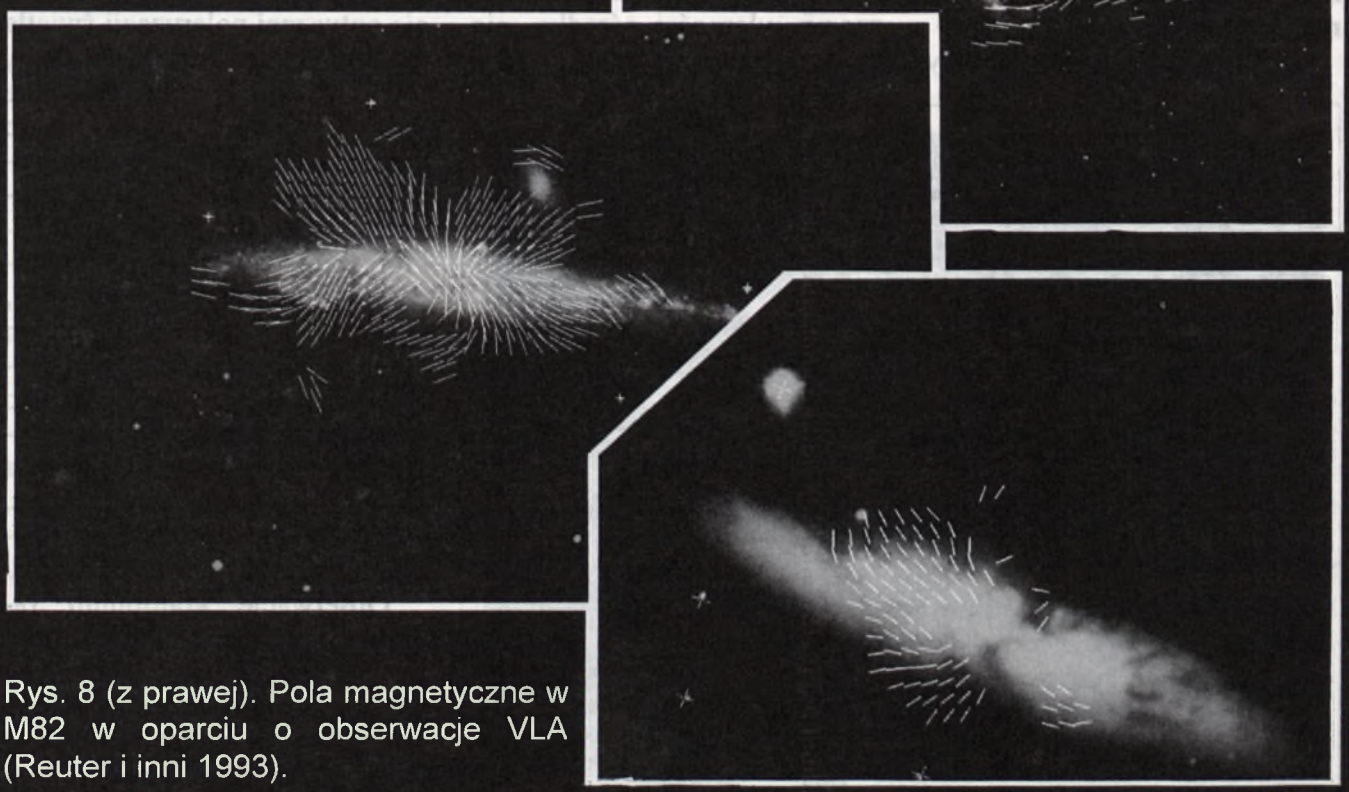


Rys. 5 (z lewej). Orientacja wielkoskalowych pól magnetycznych w M51. (Neininger 1992)

Rys. 6 (poniżej). Wielkoskalowe pola magnetyczne w M83 (Neininger i inni 1991).



Rys. 7 (poniżej). Pola magnetyczne w NGC 4631 wyznaczone z obserwacji na długości fali 2.8 cm. Pola są wertykalne w obszarze centralnym i niemal równoległe w dysku (dzięki uprzejmości Goetz Golla).



Rys. 8 (z prawej). Pola magnetyczne w M82 w oparciu o obserwacje VLA (Reuter i inni 1993).

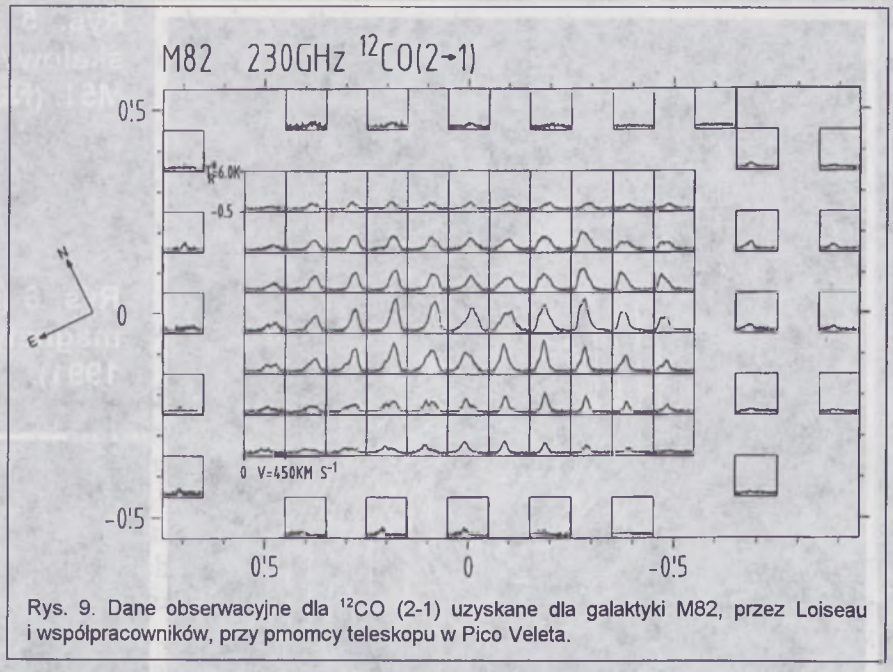
jeszcze wyraźniejszą polaryzację. Zjawisko to nosi nazwę efektu Davisa-Greensteina. Ponieważ w ośrodku międzygwiazdowym obydwa mechanizmy mogą działać równocześnie, ich separacja jest trudna. Niemniej jednak, jedne z najwcześniejszych obserwacji pola magnetycznego w naszej Galaktyce zostały wykonane przez astronomów optycznych.

Radioastronomia oferuje szereg metod detekcji pól magnetycznych:

1. W polu magnetycznym jest generowana nietermiczna synchrotronowa emisja. Proces ten (zobrazowany na rys. 2) jest odpowiedzialny za przeważającą część emisji radiowej na niskich częstościach. Właśnie tę emisję radiową odkrył Karl Jansky w 1934 r. Na niskich częstościach radiowych zazwyczaj nie obserwujemy polaryzacji, ponieważ promieniowanie pochodzi z różnych obszarów i wskutek rotacji Faradaya (rys. 3) ulega depolaryzacji. Mapy radiowe całkowitej emisji radiowej na częstościach $\phi < 1$ GHz, dostarczają nam informacji o średnim polu magnetycznym <B>.

2. Pomiary liniowo spolaryzowanej emisji radiowej na średnich częstościach (1 GHz < ϕ < 30 GHz), pozwalają nam wyznaczyć rotację Faradaya, i stąd oryginalną składową pola magnetycznego, prostopadłą do linii widzenia $B_{\perp}$.

3. Pomiar rotacji Faradaya, w szczególności dla pozagalaktycznych źródeł punktowych, umożliwia wyznaczenie składowej pola równoległej do linii widzenia $B_{||}$, pod warunkiem, że znamy własności ośrodka międzygwiazdowego (patrz rys. 3).



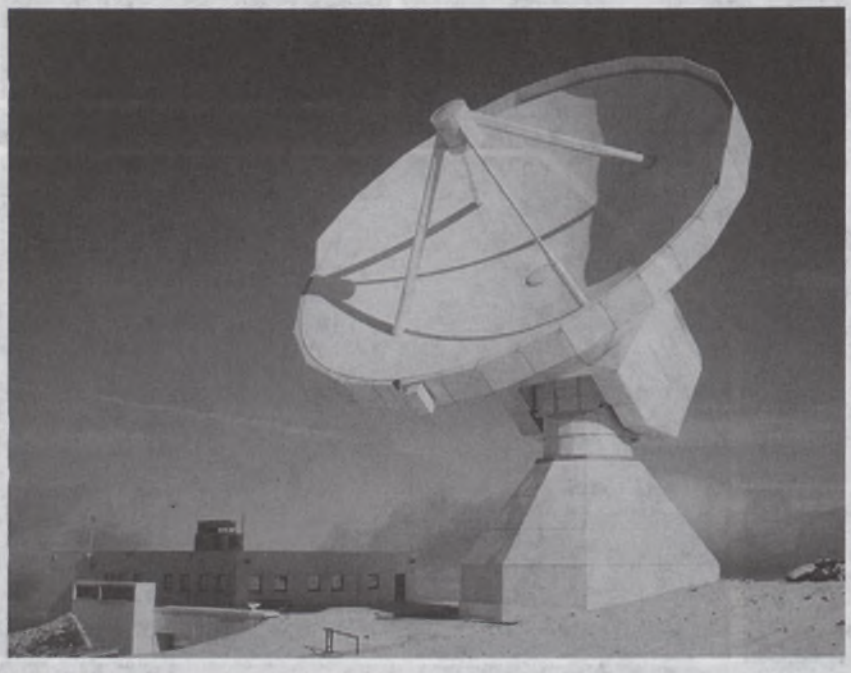
Rys. 9. Dane obserwacyjne dla ^{12}CO (2-1) uzyskane dla galaktyki M82, przez Loiseau i współpracowników, przy pmomcy teleskopu w Pico Veleta.

4. Pomiar efektu Faradaya w pulsarach, w połączeniu z obserwacją dyspersji – czyli opóźnienia w pojawianiu się pulsu na różnych częstościach, pozwala jednoznacznie wyznaczyć pole magnetyczne.

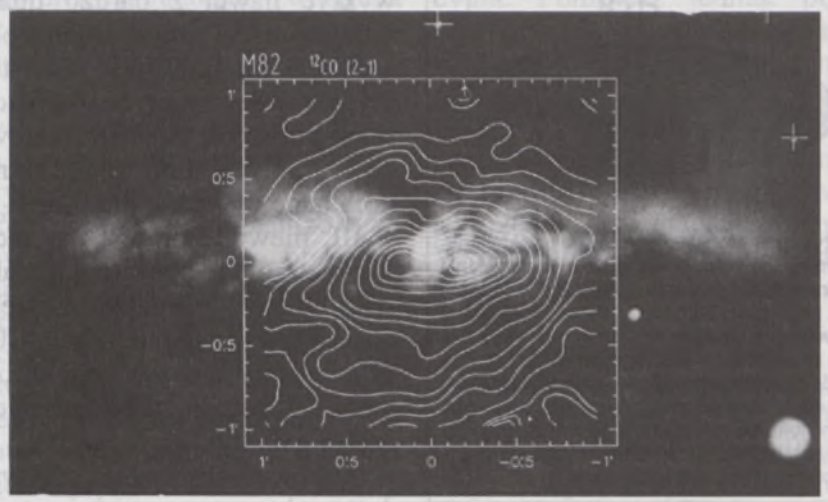
Pola magnetyczne w Drodze Mlecznej

Pierwszej informacji o polach magnetycznych w Drodze Mlecznej dostarczyły, rozpoczęte w latach czterdziestych, obserwacje optycznej polaryzacji światła gwiazd. Ogólnie rzecz biorąc, wynikało z nich, że lokalne pole magnetyczne jest równoległe do dysku Galaktyki. Zaobserwowano również pewne lokalne struktury, które przypisano pobliskim pozostałościom po wybuchach supernowych. Jednakże, tak jak w wielu podobnych przedsięwzięciach, nie było możliwe uzyskanie całościowego rozkładu pola magnetycznego – fakt, że oglądamy naszą własną Galaktykę jedynie od wewnątrz, stanął na przeszkodzie w uzyskaniu takiego ogólnego obrazu.

Obserwacje kontinuum radiowego (emisji synchrotronowej) zostały uwieńczone nieco większym powodzeniem w wyznaczaniu pól magnetycznych w Drodze Mlecznej. Radiowa mapa nieba dla emisji na częstości


Rys. 10. 30-metrowa antena w Pico Veleta.

408 MHz (zdjęcie na rozkładówce) wskazuje obszary występowania procesu synchrotronowego i tym samym pól magnetycznych. Na zdjęciu widzimy silną emisję wzdłuż płaszczyzny galaktycznej, jak również liczne pętle. Emisja płaszczyzny galaktycznej pochodzi częściowo od pozostałości po supernowych, dyskretnych obszarów H II (zjonizowanego wodoru), a także rozmytej nietermicznej „emisji tła". Pętle uważa się za bardzo bliskie pozostałości po supernowych, w których jesteśmy zanurzeni.



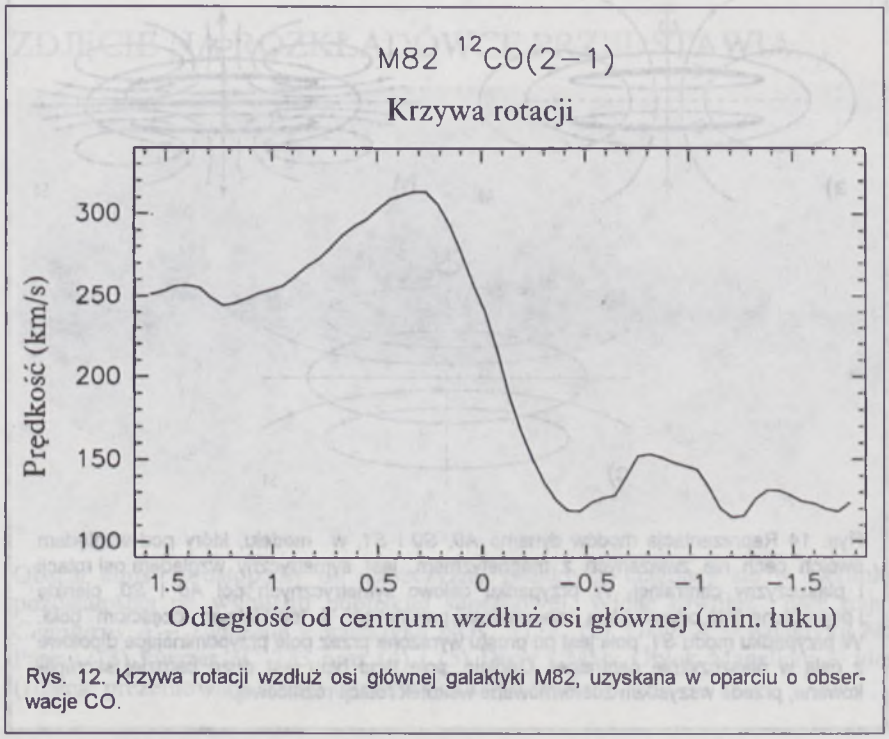
Rys. 11. Rozkład całkowitego natężenia CO w M82. W jądrze widoczna jest struktura przypominająca pierścień.

Liniowo spolaryzowana emisja radiowa jest bezpośrednim indykatorem pól magnetycznych. Obserwacje takiej emisji, w których brał udział również autor tego artykułu, w Cambridge w 1962 r. potwierdziły ogólny obraz uzyskany w oparciu o badania optyczne. Pola magnetyczne w pobliskich ramionach spiralnych Drogi Mlecznej były w ogólności równoległe do dysku galaktycznego. Najnowsze obserwacje na wysokich częstościach radiowych (10.6 GHz) ujawniły również wertykalne pola magnetyczne w centrum galaktycznym. Model pól magnetycznych naszej Galaktyki, uzyskany na podstawie wszystkich zebranych danych obserwacyjnych jest przedstawiony na rys. 4.

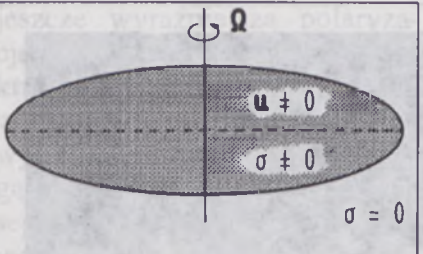
Pola magnetyczne w sąsiednich galaktykach

Wszystkie bliskie galaktyki, które były pod tym kątem obserwowane, wykazują obecność pola magnetycznego. Sąsiadujące z Drogą Mleczną Obłoki Magellana mają zdumiewająco jednorodne pola magnetyczne. Ponieważ obydwa są sklasyfikowane jako „galaktyki nieregularne", długie linie pól magnetycznych są rzeczywiście zadziwiające. Bardzo regularne pole magnetyczne ma też Mgławica Andromedy (galaktyka M31). Pola magnetyczne odzwierciedlają kształt głównych ramion spiralnych, dając wrażenie struktury w kształcie pętli.

Klasyczny obraz pól magnetycznych prezentuje galaktyka spiralna M51 (rys. 5). Pola magnetyczne wydają się przenikać ciemne pasma pyłu wewnątrz jasnych ramion spiralnych. Podobnie, galaktyka spiralna z poprzeczką M83 (rys. 6), pokazuje pola magnetyczne układające się zarówno wzdłuż poprzeczki jak i ramion spiralnych. Na końcu poprzeczki widoczna jest bardzo gwałtowna zmiana, niemal dokładnie o 90°, kierunku linii pola. Linie sił pól magnetycznych w galaktykach widocznych „z góry" wydają się nie zamykać. Ponieważ z fizycznego punktu widzenia jest to niemożliwe, spodziewamy się zamknięcia linii pola poprzez halo galaktyczne. Dlatego też bardzo pożądane są badania galaktyk widzianych „z boku". Kilka takich obiektów zbadano ostatnio. W umiarkowanie aktywnej galaktyce NGC 4631 zaobserwowano wertykalne pola magnetyczne w pobliżu jądra i skierowane zgodnie z płaszczyzną dysku



Rys. 12. Krzywa rotacji wzdłuż osi głównej galaktyki M82, uzyskana w oparciu o obserwacje CO.



Rys. 13. Model dynamo dla obiektu kosmicznego, zbudowanego z elektrycznie przewodzącej cieczy, rotującego wokół osi z prędkością kątową Ω. Ciecz zawarta jest wewnątrz obszaru otoczonego przestrzenią o własnościach izolacyjnych (próżnia). Oprócz ogólnej rotacji, w cieczy występują ruchy wewnętrzne. Wszelkie własności modelu nie związane z polem magnetycznym wykazują symetrię względem osi rotacji i płaszczyzny równikowej.

pola w pozostałych obszarach (patrz rys. 7). Podobny wynik uzyskano dla M82 (rys. 8), galaktyki, w której zachodzą bardzo aktywne procesy powstawania gwiazd. W galaktykach, w których procesy powstawania gwiazd są mało intensywne (np. NGC 891 i NGC 4565), pola magnetyczne są równoległe do płaszczyzny dysku.

Rotacja galaktyk

Od czasu jak Hubble ogłosił słynne prawo, według którego prędkość recesji galaktyk jest proporcjonalna do odległości, wiadomo, że wszystkie galaktyki się poruszają. Ruch galaktyk można wyznaczyć przy pomocy obserwacji spektroskopowych. Przede wszystkim pokazują one dopplerowskie przesunięcie linii odpowiadające prędkości układu, a dopiero na to nałożone są przesunięcia linii spowodowane rotacją galaktyki. Z takich danych można wyznaczyć krzywą rotacji galaktyki.

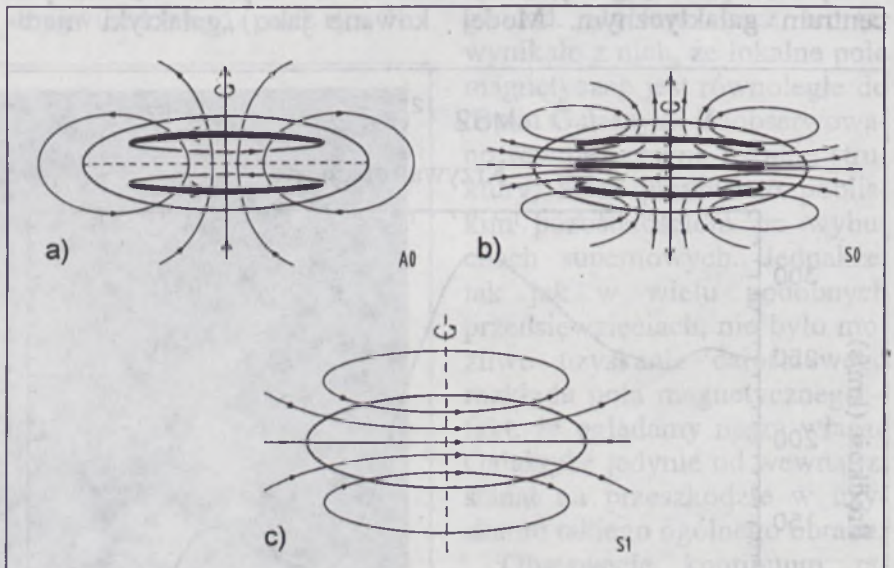
W optycznym zakresie widma występuje wiele linii przydatnych do wyznaczania przesunięcia ku czerwieni (tzw. redshiftu) danej galaktyki. Radioastronomia i tu oferuje dodatkowe możliwości. Przez wiele lat bardzo intensywnie wykorzystywano w tym celu obserwacje linii neutralnego wodoru (H I) o długości fali 21 cm. Linia H I 21 cm ma tę zaletę, że można ją wykryć nawet z bardzo dużej odległości. W rzeczy samej obserwacje tej linii stały się istotnym źródłem danych o rotacji setek galaktyk. Niestety, zarówno wyniki dla linii H I 21 cm, jak i dane optyczne dla linii H_α i C III, niewiele mówią o rotacji wewnętrznych obszarów galaktyk. Dopiero niedawno, dzięki obserwacjom molekuły CO, uzyskaliśmy nowy rodzaj informacji o rotacji wewnętrznych części galaktyk.

Typowa obserwacja prowadząca do wyznaczenia rotacji galaktyki została przedstawiona na rys. 9. Są to widma linii ^{12}CO (2-1) wspomnianej już galaktyki M82, zaobserwowane przy pomocy 30-metrowego teleskopu (rys. 10) pracującego w zakresie fal milimetrowych (IRAM) w Pico Veleta w Hiszpanii. Wyraźnie widać przesunięcie dopplerowskie widm świadczące o rotacji galaktyki wokół jądra. Całkowite natężenie linii CO, pokazane w postaci poziomic na rys. 11, sugeruje rotujący pierścień. Krzywa rotacji wzdłuż głównej (wielkiej) osi (rys. 12) uzupełnia tego typu badania. Jak pokażemy w następnym rozdziale, taka krzywa rotacji jest jednym z podstawowych parametrów wejściowych niezbędnych dla interpretacji pól magnetycznych.

Interpretacja pól magnetycznych

Pochodzenie pól magnetycznych Ziemi, Słońca i planet jest chyba najlepiej wyjaśnione w ramach teorii dynamo. Pionierskie prace Eugene Parkera w USA oraz Maxa Steenbecka i Fritza Krause w Niemczech pokazały, że przy zadanej turbulencji wewnątrz rotującego ciała niebieskiego, początkowe zalążkowe pole magnetyczne ulega wzmocnieniu. Natężenie pola magnetycznego większości planet (w tym również Ziemi) jest skorelowane z okresem rotacji. Oczekujemy (w zgodzie z pomiarami), że Wenus, której okres rotacji wynosi 244 dni, jest pozbawiona pola magnetycznego. Pole magnetyczne Marsa jest również bardzo słabe, ponieważ nie posiada on ciekłego (a więc przewodzącego) jądra.

Alternatywna interpretacja pól magnetycznych opiera się na



Rys. 14 Reprezentacja modów dynamo *A0*, *S0* i *S1*, w modelu, który pod względem swoich cech nie związanych z magnetyzmem, jest symetryczny względem osi rotacji i płaszczyzny centralnej. W przypadku osiowo symetrycznych pól *A0* i *S0*, cienkie i pogrubione linie odpowiadają odpowiednio poloidalnym i toroidalnym częściom pola. W przypadku modu *S1*, pole jest po prostu wyrażone przez pole przypominające dipolowe z osią w płaszczyźnie centralnej. Ogólnie, pole tego typu jest dużo bardziej skomplikowane, przede wszystkim zdeformowane wskutek rotacji różnicowej.

założeniu, że obserwowane obecnie pola magnetyczne są wynikiem kompresji, spowodowanej ruchami ośrodka międzygwiazdowego, pierwotnego pola magnetycznego pochodzenia kosmologicznego. Wiadomo, że pola magnetyczne są wmrożone w obłoki molekularne, a więc kompresja jest prawdopodobna. Niewątpliwie, w niektórych specyficznych obiektach kosmicznych, takich jak pozostałości po supernowych, taka kompresja zachodzi na naszych oczach. Z kolei w radiogalaktykach, dżety z ich skomplikowaną strukturą pola magnetycznego, są wynikiem oddziaływań energetycznych z ośrodkiem międzygwiazdowym.

Teoria dynamo jest oparta na rozwiązaniu równań Maxwella. Przy zadanych wyidealizowanych warunkach brzegowych, można uzyskać rozwiązania dla szeregu modelowych przypadków. Mamy więc rozwiązania dla cienkiego dysku oraz rotującej sfery. W przypadku rotującego dysku (dynamo α–ω) założono spiralną turbulencję. W przypadku rotującej sfery mamy do czynienia z dynamo typu α^2. Najbardziej udane było zastosowanie teorii dynamo do interpretacji galaktyk, zwłaszcza po tym jak zauważono, że mogą występować różnorakie mody.

Model dynamo przedstawia rys. 13, a rys. 14a, b i c pokazują rozwiązania dla podstawowych modów *A0*, *S0* i *S1*. Kiedy porównamy te wyidealizowane wyniki z pięknymi obserwacjami pokazanymi na rys. 5-8, liczne podobieństwa stają się oczywiste. Właściwie każdy mod pokazuje pola magnetyczne równoległe do płaszczyzny rotacji. W rozwiązaniach dla niektórych modów widzimy również wertykalne pola w centrum. Złożenie odpowiednich modów można dopasować właściwie do każdego wyniku obserwacji. Z tego właśnie powodu uważa się, że rozszerzona (wielomodalna) teoria dynamo jest w stanie wytłumaczyć globalną morfologię pól magnetycznych w galaktykach. Wyjaśnienie poszczególnych (małoskalowych) zjawisk wymaga szczegółowych badań lokalnego ośrodka międzygwiazdowego.

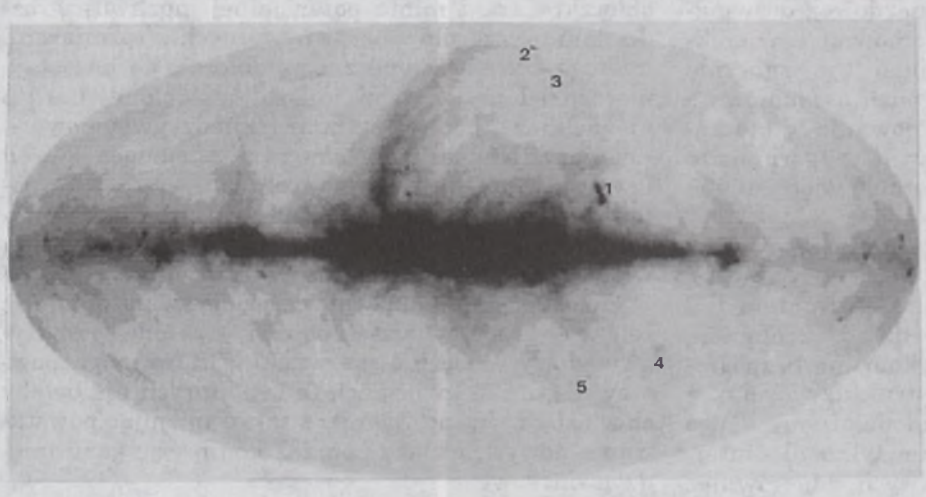
Interpretując zjawiska astrofizyczne, bardzo często zaniedbuje się pola magnetyczne. Tłumaczy się to tym, że energia pola magnetycznego jest znacznie mniejsza (stanowiąc może tylko 1%) niż energia grawitacyjna. Ponieważ jednak pole magnetyczne wyróżnia kierunek, jego wpływ na różne dynamiczne zjawiska może być dość znaczny. Najnowsze wyniki dotyczące galaktycznych pól magnetycznych dały nam nowe spojrzenie na otaczający nas Wszechświat, ale zarazem stawiają szereg nowych pytań.

Podziękowanie

Prezentowane wyniki na temat pól magnetycznych w galaktykach są rezultatem wysiłków wspaniałego zespołu astronomów, gości i studentów w Instytucie Radioastronomii Maxa Plancka w Bonn. Uzyskano je przy pomocy 100-metrowego radioteleskopu w Effelsbergu (koło Bonn), VLA w Soccoro, Nowy Meksyk oraz 30-metrowego teleskopu w Pico Veleta (obserwacje w liniach CO). Ostatnio, 64-metrowa antena w Parkes oraz Teleskop Australijski (AT), dostarczyły nowych danych na temat pól magnetycznych w galaktykach na południowej półkuli, a 15-metrowy teleskop SEST w La Silla, Chile, pracujący w zakresie fal milimetrowych dostarczył odpowiednich danych dla linii CO.

(z języka angielskiego tłumaczyła **J. Mikołajewska**)

ZDJĘCIE NA ROZKŁADÓWCE PRZEDSTAWIA...



...Mapę całego nieba (we współrzędnych galaktycznych) na częstotliwości 408 MHz, uzyskaną przy pomocy radioteleskopów w Jordell Bank, Effelsberg i Parkes. Obróbkę obrazu wykonano w Instytucie Radioastronomii Maxa Plancka w Bonn. Intensywność emisji radiowej wzrasta od barwy niebieskiej do czerwonej. Centrum galaktyki zajmuje środek obrazu, natomiast jej płaszczyzna – widoczna na niebie jako Droga Mleczna – pokrywa się z horyzontalną osią rysunku. Emisja w całości pochodzi od relatywistycznych elektronów promieniujących w polu magnetycznym. Obszar emisji prostopadły do płaszczyzny Galaktyki, ciągnący się w kierunku północnego bieguna galaktycznego jest pozostałością po wybuchu pobliskiej supernowej. Widać również parę najsilniejszych źródeł pozagalaktycznych: (1) *Cenaturus A* – związane z galaktyką NGC 5128, (2) *Virgo A* – galaktyka M87 i gromada galaktyk w gwiazdozbiorze Panny, (3) kwazar 3C 273 oraz (4) i (5) Duży i Mały Obłok Magellana – identyfikacja na fotografii czarnobiałej obok. (zdjęcie prezentowane dzięki uprzejmości Glyn Haslam).

Teleskop Kosmiczny „robi" remanent*) po supernowej sprzed 15000 lat

W 1784 r. Sir William Herschel odkrył bardzo malowniczą mgławicę *Welon* w gwiazdozbiorze Łabędzia. Mgławica znana jest również jako *Cirrusowa*, dzięki zadziwiającemu podobieństwu do warstwowo–pierzastych chmur zwanych cirrostratusami, na które zwrócił uwagę już Herschel. Początkowo sądzono, że obiekt składa się z wielu mgławic (NGC 6960, 6979 oraz 6992 do 6995). Całość nazwano *Pętlą Łabędzia*, ponieważ przypomina gigantyczną pętlę o średnicy 3°. Lord Rosse pierwszy zauważył duże podobieństwo poszczególnych fragmentów mgławicy, a doskonałe zdjęcie uzyskane przez R. Minkowskiego przy pomocy 48-calowego teleskopu Schmidta obserwatorium Palomar potwierdziło, że łączą się one w jedną całość (zdjęcie obok). Obserwacje radiowe, a zwłaszcza uzyskane widma, ujawniły cechy charakterystyczne dla pozostałości po wybuchach gwiazd supernowych, co ostatecznie przypieczętowało pochodzenie tej mgławicy.

Pętla Łabędzia określa brzegi ekspandującej fali podmuchowej – przypominającej coś w rodzaju olbrzymiego bąbla – powstałej wskutek gigantycznej eksplozji supernowej. Tempo tej ekspansji, 6 sekund łuku na 100 lat, w połączeniu z odległością około 2600 lat świetlnych sugeruje, że wybuch zdarzył się jakieś 160 tysięcy lat temu. Oczywiście, założenie, że pozostałość po supernowej rozszerzała się zawsze z tą samą prędkością, jest z gruntu błędne. W rzeczywistości, fala podmuchowa musiała wymieść ogromną masę materii międzygwiazdowej, doświadczając przy tym bardzo silnego hamowania. W efekcie, obecne tempo ekspansji musi być znacznie niższe niż bezpośrednio po wybuchu. Najnowsze oszacowania, uwzględniające hamowanie w otaczającym ośrodku międzygwiazdowym, sugerują, że wybuch supernowej miał miejsce mniej więcej 15000 lat temu.

Obrazy Pętli Łabędzia, uzyskane przy pomocy Teleskopu Kosmicznego (patrz zdjęcie na okładce), pokazują szczegóły struktury gazu za frontem fali uderzeniowej z niespotykaną dotąd zdolnością rozdzielczą. To pozwala astrofizykom, na bezpośrednie porównanie rzeczywistej struktury szoku z wyrafinowanymi rachunkami modelowymi. Tego typu modelowanie jest ważne nie tylko dla interpretacji pozostałości po supernowych, ale również dla zrozumienia znacznie szerszej klasy zjawisk astrofizycznych, praktycznie wszędzie tam gdzie spotykamy się z oddziaływaniami mniej lub bardziej gwałtownych wiatrów gwiazdowych z otaczającą materią wokółgwiazdową.

Mgławica Cirrusowa z Atlasu Palomarskiego w świetle czerwonym

Fala podmuchowa supernowej wciska się w rozrzedzone obłoki gazu międzygwiazdowego. To powoduje kompresję i ogrzewanie gazu, który zaczyna świecić. Fala uderzeniowa działa tu jak swego rodzaju reflektor, obnażając strukturę ośrodka międzygwiazdowego.

Zdjęcia uzyskane za pomocą Teleskopu Kosmicznego pokazują falę podmuchową forsującą gęste obłoczki gazu i mimo potencjalnej możliwości rozdzielenia szczegółów porównywalnych z rozmiarami naszego Układu Słonecznego, obłoczki te pozostają nierozdzielone. Zatem muszą mieć one bardzo niewielkie – jak na standard międzygwiazdowy – rozmiary. Niebieskawa smuga rozciągająca się od lewej do prawej w poprzek obrazu, może być „podróżującym" z prędkością ponad 5 milionów km/h zgęstkiem gazu wyrzuconym przez supernową, który właśnie jest porywany przez czoło fali uderzeniowej.

Pozostałości po supernowych odgrywają ogromną rolę w ewolucji gwiazd wzbogacając ośrodek międzygwiazdowy w ciężkie pierwiastki, które mogą powstawać tylko w gwiazdach (a bez których nie byłoby chociażby życia na Ziemi), a także inicjując powstawanie nowych gwiazd poprzez kompresję gazu międzygwiazdowego

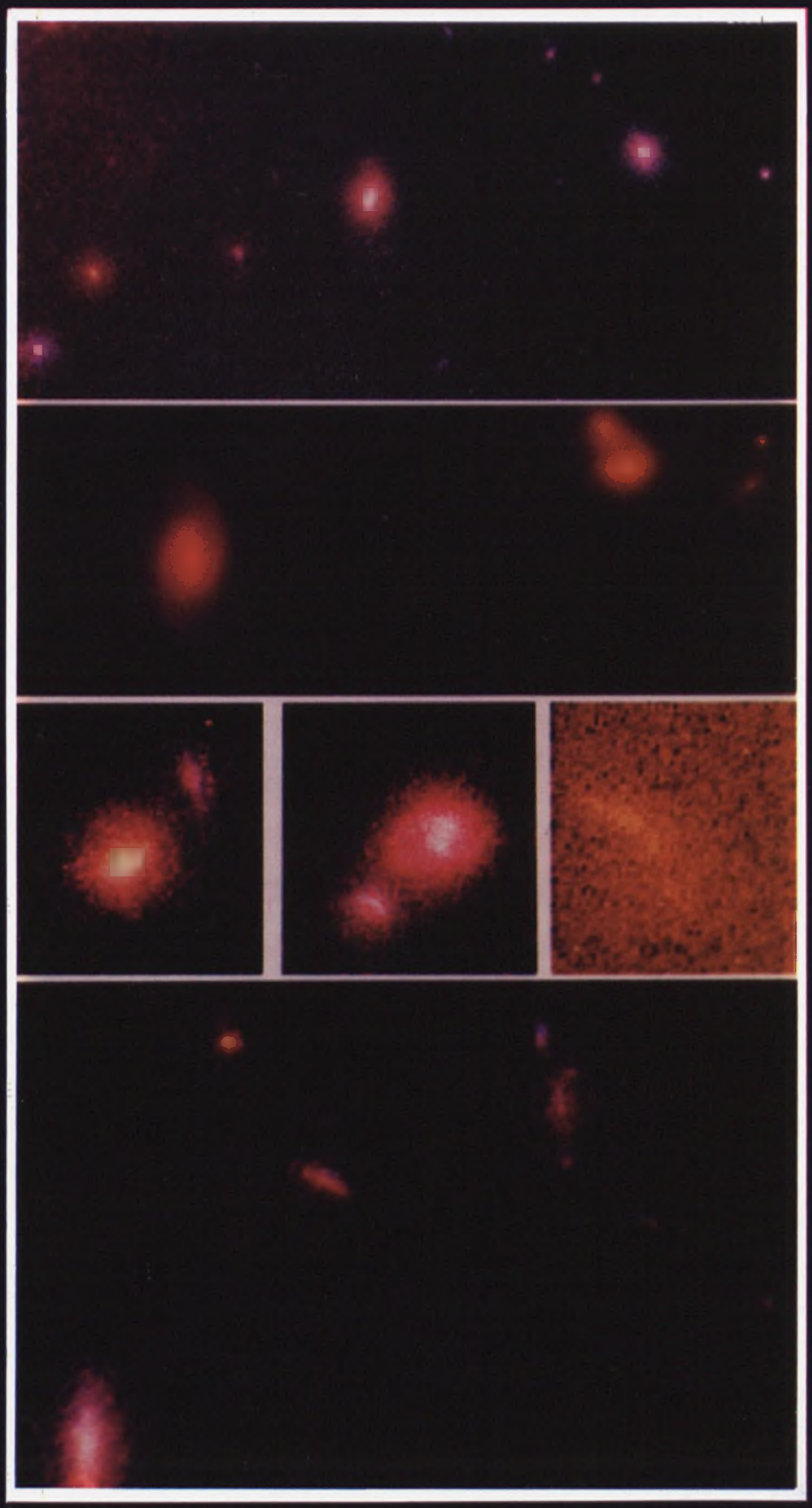
(j)

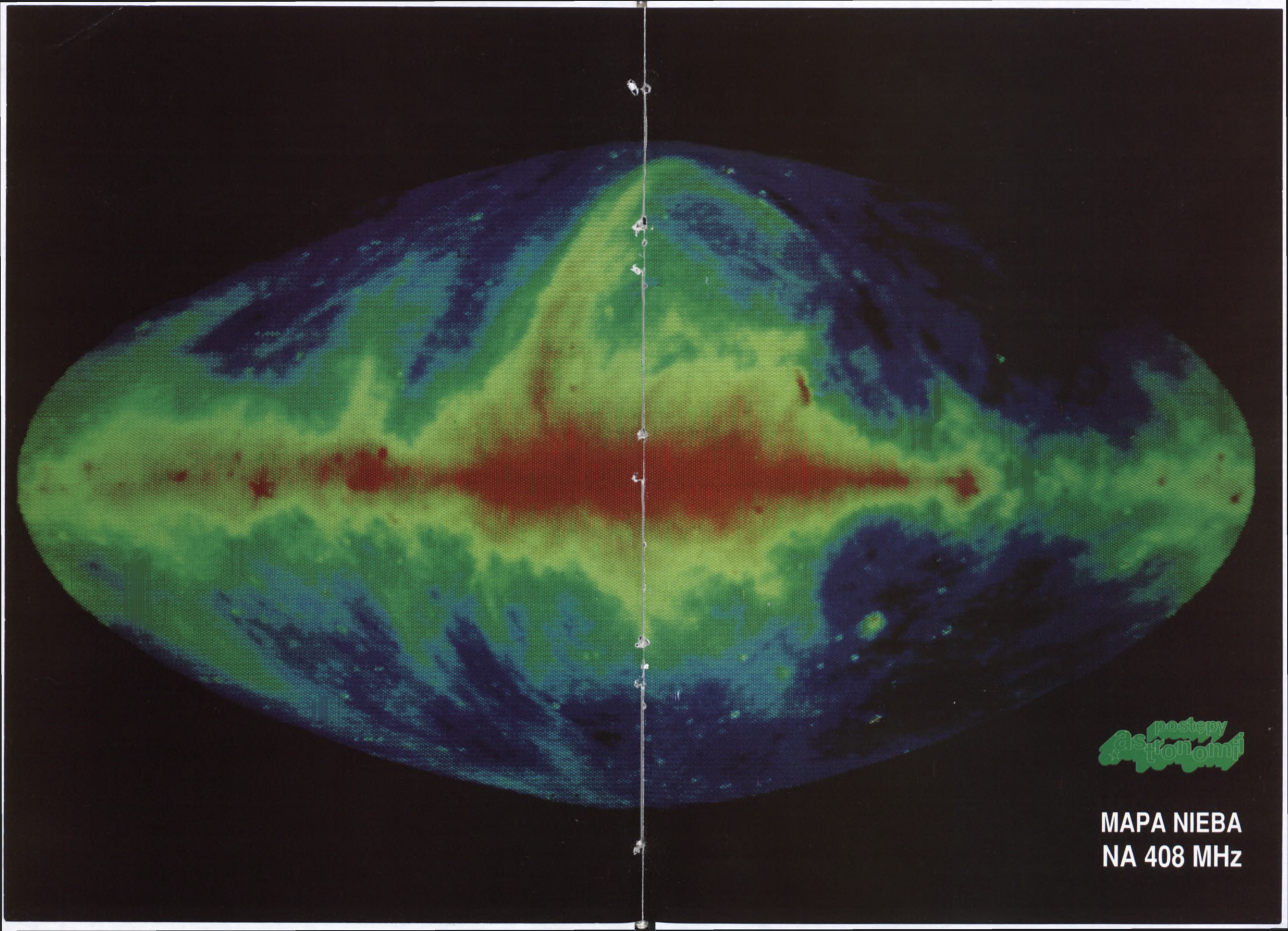
Wszystkie materiały dotyczące wyników z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a uzyskano dzięki uprzejmości dr-a F. Duccio MACHETTO, przedstawiciela Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w Space Telescope Science Institute, Baltimore, USA.

*) Autorkę niedawno bardzo rozbawił tytuł seminarium w OA UW: *Remanenty po supernowych.*

Galaktyki w stadium embrionalnym

Przedstawiamy wybór obrazów (każdy jest złożeniem 2 zdjęć, wykonanych w świetle widzialnym – kolor żółty i w podczerwieni – czerwony) niezwykłych galaktyk odkrytych w trakcie „przypadkowego" przeglądu nieba prowadzonego za pomocą szerokokątnej (WFC) kamery Teleskopu Kosmicznego. Poszczególne galaktyki leżą w odległości od około 3 do 10 miliardów lat świetlnych. Wyraźnie widać ich bardzo urozmaicone, nieregularne kształty, niepodobne do znanych spiralnych i eliptycznych galaktyk w naszym sąsiedztwie. Być może, te „fragmentaryczne" galaktyki oddziaływują ze sobą – świadczą o tym niektóre z obrazów, na których widać wyraźnie fuzje – budując bryły dzisiejszych olbrzymich galaktyk. Byłoby to potwierdzeniem przewidywań jednego z modeli kosmologicznych: we wczesnym Wszechświecie galaktyki miałyby intensywnie oddziaływać dynamicznie i powiększać swoje rozmiary kosztem mniejszych sąsiadów. (j)





postępy astronomii

MAPA NIEBA
NA 408 MHz

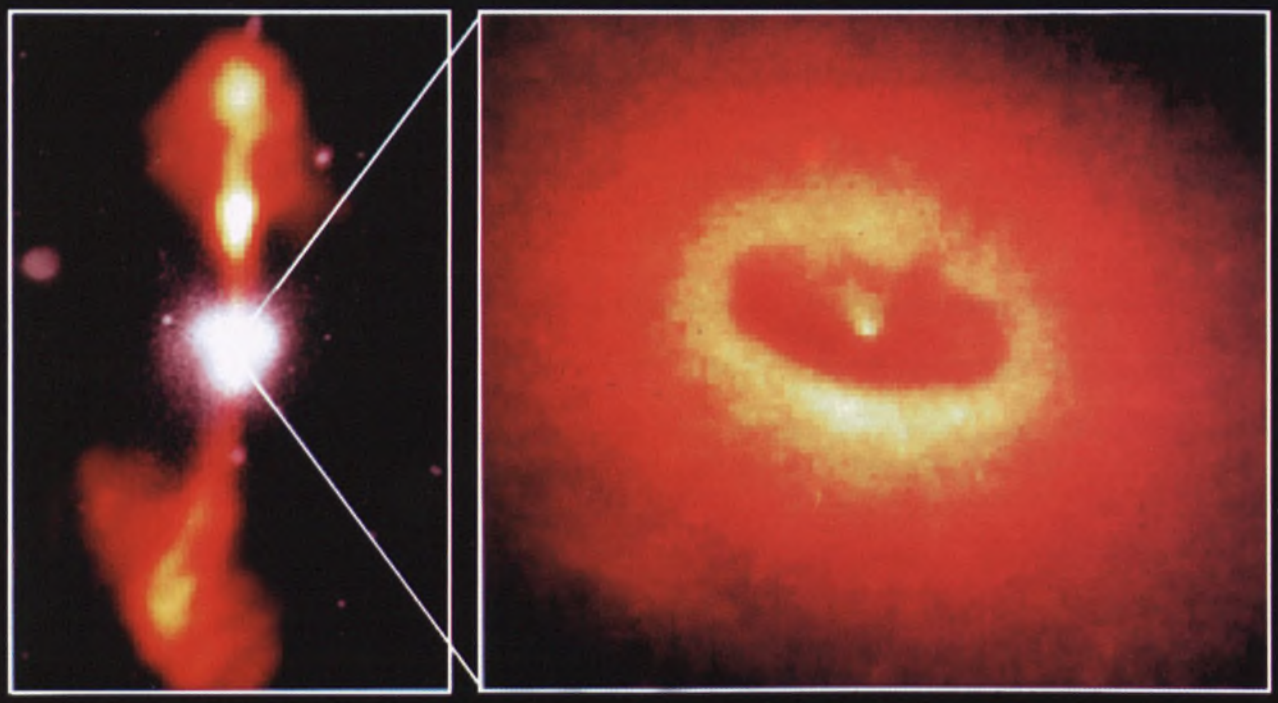
TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

obserwuje

Jądro galaktyki NGC 4261

Optyczne i radiowe obserwacje z Ziemi...

... i z teleskopu kosmicznego



380 sek. łuku
88.000 lat świetlnych

17 sek. łuku
400 lat świetlnych

Podwójne jądro Galaktyki Seyferta Markarian 315

Dysk akrecyjny wokół czarnej dziury w centrum NGC 4261?

Niewykluczone, że astronomowie uzyskali wreszcie bezpośredni dowód na istnienie czarnych dziur w jądrach galaktyk*). Obrazy centrum jasnej galaktyki eliptycznej NGC 4261 w gromadzie Panny, uzyskane za pomocą kamery WF/PC Teleskopu Kosmicznego, wykazały obecność dysku (zdjęcie obok na wkładce). Dysk ma średnicę 400 lat świetlnych i jest nachylony pod kątem 60° do linii widzenia, dzięki czemu można zobaczyć jasny „pępek" galaktyki. Zdaniem W. Jaffe, jednego ze współautorów tego odkrycia, jasne jądro zawiera najprawdopodobniej czarną dziurę (jej masę szacuje się na około 10 milionów mas Słońca).

Obserwacje NGC 4261 były częścią szerokiego programu obserwacji centralnych obszarów galaktyk, prowadzonych między innymi w poszukiwaniu dowodów na obecność czarnych dziur w centrach galaktyk (szerzej o wynikach tych poszukiwań napiszemy w PA jeszcze w tym roku). Wybór tej właśnie galaktyki nie był przypadkowy. NGC 4261 jest jedną z najjaśniejszych galaktyk w gromadzie, a ponadto wcześniejsze obserwacje radiowe wykazały obecność symetrycznych dżetów wypływających z jądra i rozciągających się na odległość 88000 lat świetlnych. Dane spektroskopowe wskazują na obecność w pobliżu jądra galaktyki zjonizowanego gazu, poruszającego się z prędkością ponad 10 milionów km/h (około 1% prędkości światła). Ciemny dysk pyłowy, o średnicy około 400 lat świetlnych, reprezentuje zewnętrzne, chłodne obszary, rozciągające się do wewnątrz aż do mniej więcej kilkuset milionów km od hipotetycznej czarnej dziury. Dysk dostarcza materię do czarnej dziury, w pobliżu której pod wpływem grawitacji gaz ulega kompresji i nagrzewa się do temperatur rzędu 10^7 K. Pewna część tego gorącego gazu jest wyrzucana na zewnątrz, wzdłuż osi rotacji dysku, dając początek dżetom**). Rzeczywiście, z obserwacji wynika (zdjęcie obok), że radiowe dżety w NGC 4261 są mniej więcej prostopadłe do osi dysku.

Obecność takiego dysku w centrum galaktyki eliptycznej stanowi zagadkę, ponieważ z reguły galaktyki eliptyczne nie zawierają pyłu ani chłodnego gazu (neutralnego wodoru). Jednym z możliwych wyjaśnień jest przypuszczenie, że dysk jest pozostałością po spiralnej galaktyce pochłoniętej przez NGC 4261 w niedawnej przeszłości.

(j)

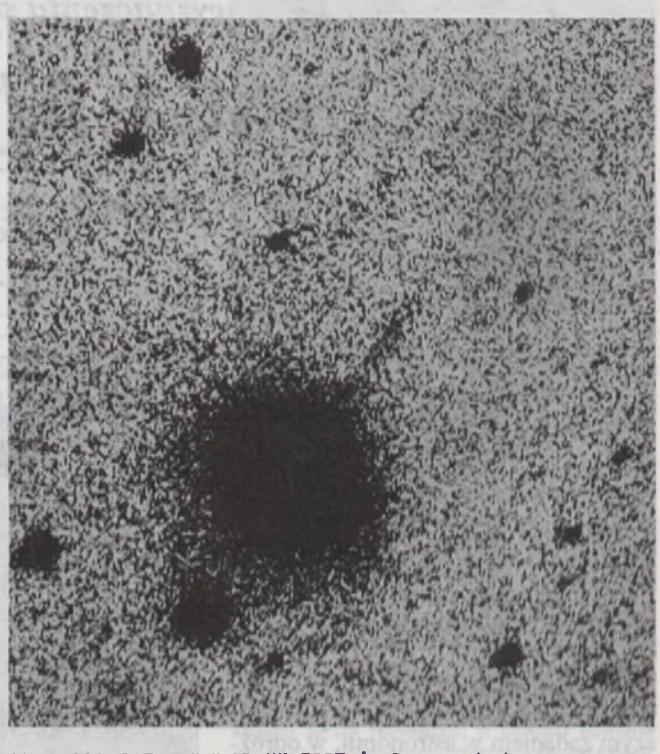
*) O poszukiwaniach czarnych dziur pisaliśmy w PA 1/91, str. 24.

**) O powstawaniu dżetów w galaktykach pisaliśmy w PA 3/91, str. 121 oraz 1/92 str. 25.

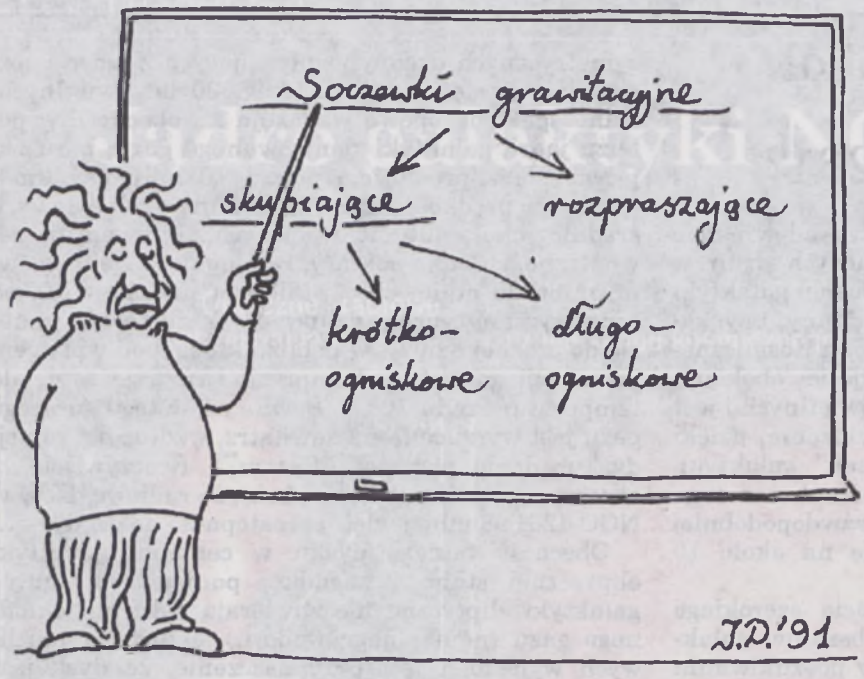
Podwójne jądro aktywnej galaktyki Markarian 315

W połowie lat osiemdziesiątych, w niczym nie wyróżniającej się galaktyce Seiferta Markarian 315 odkryto niezwykłą strukturę, o długości około 80 kpc (260 lat świetlnych), przypominającą „zakręcony" dżet (zdjęcie obok). John MacKenty, autor tego odkrycia, zasugerował, że może to być ślad oddziaływań przypływowych. Nie znaleziono jednak żadnych śladów ewentualnego towarzysza.

Niedawno „zagadkę" udało się rozwiązać – obraz jądra Mrk 315 uzyskany przy pomocy planetarnej kamery (WF/PC) Teleskopu Kosmicznego ujawnił, w odległości około 2 sekund łuku od jasnego centrum (około 5000 lat świetlnych), obecność znacznie słabszego towarzysza (barwna fotografia obok na wkładce). Odkrycie to jest pięknym potwierdzeniem wcześniejszej hipotezy J. MacKenty, a co więcej, może również wyjaśnić dlaczego jądro Mrk 315 jest aktywne. Prawdopodobnie, w centrum tej galaktyki Seiferta znajduje się masywna czarna dziura, zasilana materią z mniejszej galaktyki towarzyszącej. Astronomowie przypuszczają, że takie galaktyczne fuzje mogą być doskonałym mechanizmem doprowadzającym gaz do centralnych obszarów galaktyki. Gaz ten zasila następnie masywne czarne dziury, które zdaniem teoretyków stanowią „centralną machinę" w galaktykach Seiferta i innych galaktykach aktywnych. (j)



Obraz Mrk 315 w linii [O III] 5007 Å. Smuga zjonizowanego gazu przypominająca dżet rozciąga się na odległość 60 kpc w kierunku NW, a dalej zakręca z powrotem w kierunku SE. Całkowita długość dżetu – 80 kpc. Dla porównania, odległość jasnej gwiazdy, w kierunku SSE od jądra Mrk 315, wynosi 29.5 sekund łuku – 22.5 kpc.



Względne opóźnienia zmian jasności obrazów rozszczepionego przez grawitacyjną „lupę" kwazara, kluczem do niezależnego wyznaczenia stałej Hubble'a

Q 0957+561 A/B:
grawitacyjna linijka

Bożena Czerny

Udręką współczesnej kosmologii jest fakt, że wciąż nie znamy dokładnej wartości stałej Hubble'a, czyli tempa, w jakim rozszerza się Wszechświat. Różne metody stosowane do oceny odległości dalekich galaktyk prowadzą do różnych wyników, najczęściej 50 km/s/Mps lub dwukrotnie większej.

Standardowy sposób na pomiar stałej Hubble'a to niezależnie wyznaczenie kosmologicznej prędkości ucieczki galaktyki oraz jej odległości. Zadanie jest jednak trudne. Pomiar odległości przestrzennych zawsze był najtrudniejszym zadaniem w astronomii, w odróżnieniu od pomiaru odległości kątowych na sferze niebieskiej. Precyzyjnie konstruowana drabinka ocen odległości pozwala sięgać poprzez gwiazdy w naszej Galaktyce do całych galaktyk. Im jednak dalsza galaktyka, tym większy błąd pomiaru. Z kolei dla bliskich galaktyk ocena ekspansji kosmologicznej staje się trudna ze względu na lokalne (niekosmologiczne) prędkości galaktyk, czyli lokalne odstępstwa od prawa Hubble'a (patrz na przykład artykuł B. Tully, *Postępy Astronomii* 1/91). Poszukuje się więc innych, niezależnych metod.

Rok temu w *Nature* (vol. 352, str. 45) autorzy – D. H. Roberts, J. Lehar, J. N. Hewitt i B. F. Burke wykorzystali do pomiaru stałej Hubble'a podwójny kwazar Q 0957+0561, czyli słynną soczewkę grawitacyjną.

Kwazar ten jest pierwszym z obecnie liczącej kilkanaście obiektów listy kwazarów, dzięki którym zaobserwowano przewidywany przez ogólną teorię względności efekt uginania się promieni świetlnych w polu grawitacyjnym.

Istotę zjawiska można łatwo zrozumieć. Jeśli bieg fotonu od kwazara do nas jest niczym nie zaburzony, to fotony biegną prosto i na niebie widać jeden obraz obiektu. Jeśli jednak tak się zdarzy, że pomiędzy kwazarem a nami, praktycznie na linii widzenia, znajdzie się jakaś galaktyka, to fotony ulegają zakrzywieniu i docierają do nas łukiem. Kilka różnych dróg może prowadzić od kwazara do obserwatora, omijając z różnych stron centrum soczewkującej galaktyki. Oznacza to, że fotony od kwazara docierają do nas z kilku różnych kierunków i widzimy jakby kilka kwazarów.

Kwazar Q 0957+0561 tworzy dwa jasne obrazy, A i B, po dwóch stronach ogniskującej galaktyki. Ich odległość kątowa wynosi zaledwie 6″. Sam kwazar ma przesunięcie ku czerwieni 1.41, natomiast galaktyka – 0.36. Fakt, że są to dwa obrazy tego samego źródła, a nie po prostu dwa różne kwazary, wynika nie tylko z identyczności przesunięcia ku czerwieni, ale silnego podobieństwa widm obu tych obiektów. Jasności obrazów nie są jednakowe, ale jest to spowodowane efektem soczewkowania: tak położenie i liczba obrazów jak i ich względne jasności zależą od wzajemnego położenia kwazara, galaktyki i obserwatora oraz od potencjału grawitacyjnego ogniskującej galaktyki.

Gdyby ogniskująca galaktyka leżała

Stała Hubble'a

Stała Hubble'a to współczynnik proporcjonalności w związku między kosmologiczną prędkością ucieczki galaktyki v i jej odległości od nas r:

$$v = H \cdot r$$

Odwrotność stałej Hubble'a, to orientacyjna ocena wieku Wszechświata. Zasadniczą jednostką stałej Hubble'a powinna być zatem odwrotność sekundy, czyli Hz. Jednak zwyczajowo, właśnie ze względu na powyższy wzór, podaje się ją w km/s/Mps, tak aby jej wartość pomnożona przez odległość galaktyki podaną w megaparsekach dawała od razu wartość prędkości ucieczki w km/s.

Idealnie centralne soczewkowanie grawitacyjne, czyli *pierścień Einsteina* wg. Dana Berry'ego z Instytutu Teleskopu Kosmicznego. Wzór na średnicę pierścienia Czytelnik znajdzie w ramce w PA 4/91, str. 149.

dokładnie na osi widzenia kwazara, to zamiast kilku pojedynczych obrazów powstałby cały jasny pierścień z galaktyką w środku. Tak idealna sytuacja się jeszcze nie zdarzyła, ale niewiele do niej brakuje. Obserwowane na niebie jasne łuki wokół gromad galaktyk, Paczyński (patrz *Postępy Astronomii* 1/92 str. 42) zinterpretował właśnie jako efekt ogniskowania grawitacyjnego. Wróćmy jednak do naszego obiektu.

Podwójność kwazara Q 0957+0561 została odkryta i zinterpretowana w roku 1979 przez Walsha, Carswella i Weymanna. Od tego czasu obiekt był obserwowany wielokrotnie, także przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a.

Szczególnie staranne obserwacje przeprowadzili autorzy wymienionej na początku pracy. Są to obserwacje nie optyczne, a radiowe, wykonane za pomocą kompleksu radioteleskopów pod nazwą VLA – Very Large Array (czyli Bardzo Duża Tablica; jego zdjęcie zdobi tylną stronę okładki zeszytu 1/92 *Postępów*). Obserwacje powtarzane były prawie co miesiąc od 1979 roku, a zatem w ciągu 11 lat otrzymano aż 80 „ujęć" kawałka nieba obejmującego oba obrazy kwazara.

Następnie autorzy wykonali żmudną i trudną analizę. Jasności obu obrazów zmieniały się, niemal systematycznie słabnąc przez pierwsze kilka lat. Porównując obie krzywe blasku udało się stwierdzić, że zmiany jasności obrazu A wyprzedzały zmiany jasności obrazu B o około 511 dni (dokładniej o 1.40 ± 0.1 roku).

Otrzymanie tej wartości liczbowej jest niezwykle ważne, ponieważ opóźnienie zmian obrazów to po prostu różnica w długości drogi dla obu promieni świetlnych zmierzona w latach świetlnych. To prawie tak, jakbyśmy wysłali do kwazara linijkę!

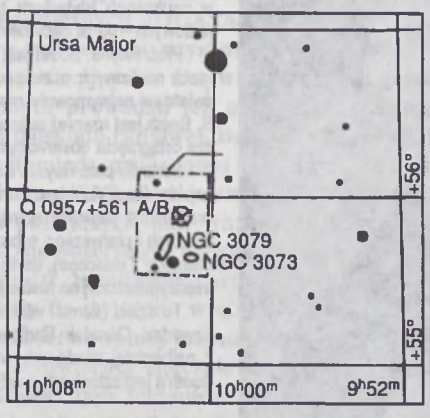
Dalsza analiza jest zasadniczo prosta, choć oczywiście wymaga znajomości procesu soczewkowania grawitacyjnego oraz pewnych informacji na temat ogniskującej galaktyki. Znajomość położeń i względnej jasności obrazów pozwala określić kształt torów promieni i wszystkie względne odległości w układzie: kwazar, soczewkująca galaktyka i obserwator. Znajomość jakiejkolwiek odległości w wartościach bezwzględnych oczywiście pozwala na wyznaczenie wszystkich innych odległości. Różnica długości drogi obu promieni jest dokładnie tym. Na jej podstawie możemy określić odległość do kwazara i galaktyki, a mając odległość i przesunięcie ku czerwieni możemy policzyć stałą Hubble'a. Potencjalne zastosowanie soczewkowania grawitacyjnego do tego celu było proponowane przez Refsdala już w 1966 roku, a zatem jeszcze przed odkryciem podwójnego kwazara.

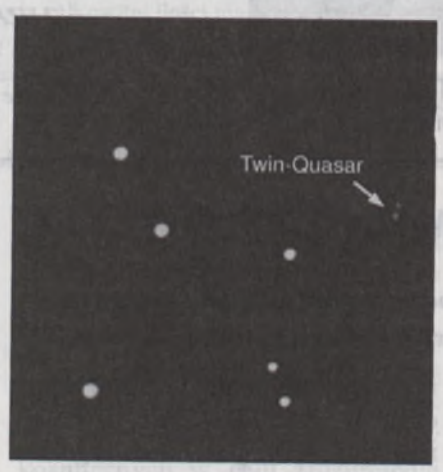
Otrzymana przez autorów wartość stałej Hubble'a wynosi 46 ± 14 km/s/Mps. Oznacza ona stosunkowo duże wartości wszystkich odległości i wiek Wszechświata raczej bliższy 20 mld lat niż 10 mld. Jest to korzystne z punktu widzenia kosmologii. Oceny wieku Wszechświata oparte o znajomość ewolucji gwiazd i wyznaczanie wieku gromad kulistych, wskazują na wartości raczej większe niż 12 – 14 mld lat.

Podanie wartości stałej Hubble'a wraz z błędem jej określenia nie wyczerpuje jednak dyskusji. Diabeł, jak zwykle, tkwi w szczegółach. Choćby samo wyznaczanie opóźnienia obrazów A i B naprawdę nie jest proste. Wcześniej wyznaczona wartość na podstawie obserwacji optycznych (i to przez dwie grupy niezależnie) wynosiła około 415 dni... Dlatego wartość stałej Hubble'a podana przez G. Rhee kilka miesięcy wcześniej była nieco większa, jako że zachodzi odwrotna proporcjonalność między tymi wielkościami. Powtórna analiza optycznych krzywych blasku sugeruje, że to jednak autorzy obserwacji radiowych mieli rację.

Jak jednak ostrzegają nas autorzy, nie jest to koniec problemów. Kształt toru promieni świetlnych zależy od własności ogniskującej galaktyki, czyli soczewki. Jeżeli założymy, że galaktyka ogniskująca jest zanurzona w masywnym obłoku ciemnej materii, to otrzymana wartość stałej Hubble'a zmieni się i wyniesie 69 ± 21 km/s/Mps.

Kontrowersja co do wartości stałej Hubble'a zatem do końca nie znikła, ale pocieszającym jest fakt, że nasza niepewność znajomości odległości kosmologicznych jest rzeczywiście nie większa niż czynnik 2!





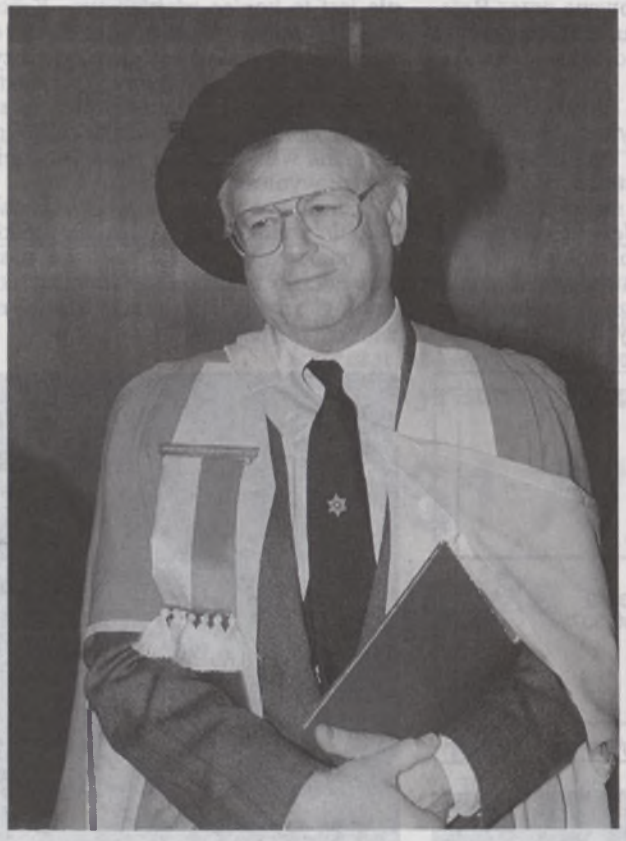
Kolejne zbliżenia do podwójnego kwazara: fragment atlasu *Uranometria 2000.0* i dwa zdjęcia wykonane 30 cm teleskopem w ognisku Newtona (obejmuje galaktykę NGC 3079) i w ognisku Cassegraina (Sterne und Weltraum 6/93, str. 475). Obraz podwójnego kwazara wraz z widoczną galaktyką soczewkującą pokazaliśmy w PA 4/91, str. 148.

SYLWETKI postępów astronomii

Roy S. Booth & Ryszard Wielebiński

Doktoraty *Honoris Causa* na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu

19 lutego 1993 roku, w rocznicę urodzin Patrona Uczelni, na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, odbyła się bardzo miła dla nas uroczystość: nadanie, pierwszych od dwudziestu lat, astronomicznych Doktoratów Honorowych. Swoją najwyższą godność Uczelnia przyznała słynnym profesorom, Royowi S. Boothowi i Ryszardowi Wielebińskiemu. Obydwaj uczeni są radioastronomami i uroczystość zdaje się sygnalizować, że o toruńskiej radioastronomii już wkrótce będzie coraz głośniej – oto coraz bliższa jest ukończenia budowa nowego, 32-metrowego radioteleskopu w Piwnicach. Uhonorowani profesorowie wnieśli ogromną pomoc merytoryczną, organizacyjną i materialną w urzeczywistnienie tej inwestycji. Gratulujemy obydwu Doktorom z tym większą satysfakcją, że podczas tego samego Święta Uczelni swoje dyplomy (na razie zwykłe, nie honorowe, doktorski i habilitacyjny) odbierały ... 2/3 Redakcji. Właściwie to miały odebrać, ale nie zdążyły..., z powodu obowiązków dziennikarskich, których rezultatem jest niniejsza relacja.



Profesor Roy S. BOOTH
(fot. Stanisław W. Reszkiewicz)

Profesor Roy S. BOOTH urodzony 30.06.1938 roku w północnej Walii, studia fizyczne ukończył na Uniwersytecie Walijskim w Cardiff. Pracował naukowo początkowo w Associated Electrical Industries w Manchesterze, a następnie w Queens University w Belfaście. Studia doktoranckie odbył w jednym z najlepszych w świecie ośrodków radioastronomicznych – Naffield Radio Astronomy Laboratories w Jordell Bank na Uniwersytecie w Manchester (Ph. D. w 1962 roku).

Podczas swojej pracy w NRAL Jordell Bank dwukrotnie otrzymał i przyjął propozycję współpracy jako Visiting Scientist. Pierwszą w NRAO (National Radio Astronomy Observatory) w USA, drugą Max–Planck–Institut für Radioastronomie w RFN.

Od roku 1982 jest dyrektorem, do niedawna jedynego w Skandynawii ośrodka radioastronomicznego – Onsala Space Observatory w Szwecji. Pozycję swoją uzyskał w wyniku przeprowadzonego przez Szwedów międzynarodowego konkursu. Uzyskanie stanowiska dyrektora Onsala Space Observatory, obecnie jednego z najbardziej prestiżowych w świecie ośrodków radioastronomicznych jest najlepszym wyrazem uznania wkładu prof. R. S. Booth'a w rozwój nowych technik i zastosowań w naukowych badaniach radioastronomicznych w bardzo szerokim zakresie fal radiowych – od fal decymetrowych do fal submilimetrowych.

Prof. Roy S. Booth jest autorem ponad 130 prac opublikowanych w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym. O znaczeniu tych prac dla nauki światowej najwymowniej może świadczyć bardzo duża liczba ich cytowań. Prof. Roy S. Booth jest również autorem bardzo licznych artykułów popularyzujących najnowsze osiągnięcia obserwacyjne i teoretyczne astronomii i radioastronomii [...]

Ponadto prof. Roy. S. Booth jest jednym z głównych inicjatorów powstania Europejskiej Sieci VLBI tzw. European VLBI Network (EVN). Jest również budowniczym oraz osobą odpowiedzialną za program badawczy (obserwacyjny) jednego z najlepszych i pierwszego submilimetrowego tzw. radioteleskopu SEST (Swedish Submilimeter Telescope), usytuowanego w Andach, przeznaczonego do badań materii międzygwiezdnej na niebie południowym.

To dzięki Niemu i właściwie dobranemu przez prof. Roya S. Booth'a zespołowi, Szwedzki Ośrodek Radioastronomiczny (OSO) zajmuje obecnie pozycję jedną z najbardziej wiodących w świecie. Wyrazem uznania osiągnięć prof. Roya S. Booth'a jest członkostwo w Swedish Royal Academy of Sciences [...]

Z UZASADNIENIA wniosku o nadanie godności Doktora Honoris Causa UMK profesorowi Royowi S. Boothowi (odczytane przez Dziekana Wydziału Mat–Fiz–Chem, Michała Rozwadowskiego)

RADIOASTRONOMIA BEZ GRANIC

Przemówienie Profesora Roya S. Bootha z okazji nadania Jemu tytułu Doktora Honoris Causa przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Magnificencjo Rektorze, Czcigodni Goście, Panie i Panowie! Nadanie Doktoratu Honorowego przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika jest dla mnie wielkim zaszczytem. Jako astronom, a w tym radioastronom, jestem szczególnie zachwycony tym, że zostałem tak uhonorowany w miejscu urodzin tak wielkiego Astronoma, jak Mikołaj Kopernik. Pragnąłbym mieć takie zdolności jak On, aby wnieść tak wielki wkład do nauki, jak On to uczynił.

W waszym uzasadnieniu moich zasług wymieniliście VLBI (Very Long Baseline Interferometry),

czyli Interferometrię na Bardzo Długich Bazach. Być może powinienem powiedzieć coś na ten temat i opisać znaczenie VLBI jako narzędzia badań astronomicznych oraz jako wysiłek intelektualny i kulturalny wychodzący poza granice międzynarodowe i czerpiący z ekspertyzy kultur znacznie różniących się od siebie.

Być może Państwo nie wiecie o tym, że rodzimy Polak zajmuje poczesne miejsce w historii VLBI, a przynajmniej jako wynalazca pierwszego interferometru tego rodzaju, jaki używany jest w VLBI. Był nim Albert Michelson urodzony w Polsce w 1852 roku, zabrany potem przez rodziców do Ameryki. W latach 1880-tych Michelson wynalazł system pozwalający uzyskać wyższą zdolność rozdzielczą w obserwacjach astronomicznych posługując się dwoma oddalonymi od siebie lustrami lub teleskopami i użył ich do pomiaru średnic gwiazd. Wykazał On, że dla danej częstości obserwacyjnej, zdolność rozdzielcza rośnie ze wzrostem odległości między teleskopami; jest to zasada na której opiera się VLBI. Wynalazek Michelsona użyty był w eksperymencie przeprowadzonym wspólnie z Edwardem Morley'em w 1887 roku, aby zmierzyć ruch Ziemi poprzez hipotetyczny eter, który zakończył się fiaskiem. Ten negatywny wynik miał jednak zasadnicze znaczenie dla rozwoju nowoczesnej fizyki ponieważ zasugerował nową zasadę fizyki: szybkość światła w próżni jest wszędzie taka sama, niezależnie od dowolnego ruchu źródła światła lub obserwatora. Ale jest to tylko dygresja!

Zawsze, jak i obecnie, astronomowie starają się osiągnąć wzrost zdolności rozdzielczej aby zmierzyć strukturę odległych obiektów kosmicznych w celu zrozumienia ich natury. Tak więc po drugiej wojnie światowej, kiedy radioastronomia stała się już faktem, Martin Ryle i jego Koledzy z Cambridge nie potrzebowali wiele czasu aby zrealizować pierwszy interferometr Michelsona na falach radiowych. Zasada działania polegała teraz na elektronicznym mnożeniu sygnału z dwóch oddalonych od siebie teleskopów, które śledziły na niebie obserwowane radioźródło. Kształt wynikającego stąd sygnału i jego zmiany w czasie wraz ze zmieniającym się rzutem bazy dawały informację o rozmiarach i strukturze radioźródła.

Z czasem stało się technicznie możliwe uzyskanie interferencji na coraz dłuższych bazach, a obecnie regularnie mierzymy struktury radioźródeł na bazach transkontynentalnych ze zdolnością rozdzielczą lepszą od 0.1 milisekundy łuku. Jest to co najmniej tysiąc razu dokładniej niż rozdzielczość orbitalnego teleskopu Hubble'a. W najbliższych kilku latach powiększymy nasze bazy aż do przestrzeni kosmicznej i obejmą one wtedy nie tylko nasze radioteleskopy naziemne ale i radioteleskopy satelitarne zawieszone na orbitach przy pomocy potężnych rakiet.

Ja osobiście, włączyłem się do interferometrii radiowej w 1965 roku, jeszcze jako student w Jordell Bank w Anglii, zainteresowany maserami międzygwiazdowymi i ich intensywną emisją w liniach emitowanych przez molekuły

Wielką zasługą prof. Bootha jest rozwinięcie metod techniki interferometrii międzykontynentalnej VLBI. Przeprowadzone przez prof. Bootha techniką VLBI obserwacje kwazara 0947+561 stanowiły pierwszy dowód na występowanie soczewkowania grawitacyjnego. Kwazar 0947+561 to pierwsza znana soczewka grawitacyjna. Obecnie odkryto kilkanaście obiektów, w których występuje soczewkowanie grawitacyjne. Badania tych obiektów pozwoliły na uzyskanie dokładniejszych informacji o rozmieszczeniu materii we Wszechświecie. Wykorzystanie przez prof. Bootha technik VLBI na falach milimetrowych pozwoliło na osiągnięcie najwyższej w historii badań astronomicznych, kątowej zdolności rozdzielczej sięgającej 50 mikrosekund łuku. Ta fantastyczna zdolność rozdzielcza umożliwiła szczegółowe badania struktury centralnych części aktywnych jąder galaktyk. Te badania pozwoliły na uzyskanie unikalnych danych obserwacyjnych o obszarach, w których następuje przyspieszanie cząstek do prędkości bliskich prędkości światła i formowanie się wąskich wiązek strumieni relatywistycznych cząstek oraz odkrycie w kilku kwazarach pozornych ruchów z prędkościami przekraczającymi prędkość światła. Powszechnie przypuszcza się, że procesy te zachodzą w bezpośrednim otoczeniu obracającej się czarnej dziury o bardzo dużej masie. Obserwacje prof. Bootha doprowadziły m.in. do powstania tzw. jednolitego modelu aktywnych jąder galaktyk różnych typów i kwazarów. Obserwacyjne potwierdzenie poprawności tego modelu wymaga dokonywania jednoczesnych obserwacji tych źródeł w całym zakresie promieniowania elektromagnetycznego. Profesor Booth aktywnie uczestniczy w przygotowaniu i realizacji kilku ważnych programów kosmicznych (QUASAD, RADIOASTRON, IVS, etc.), które pozwolą na uzyskanie jeszcze dokładniejszych danych obserwacyjnych o aktywnych jądrach galaktyk.

Prof. Booth prowadził też pionierskie badania w dziedzinie spektroskopii radiowej. Badanie maserów OH w obłokach materii międzygwiazdowej stowarzyszonych z obszarami H II i obszarach formowania się gwiazd pozwoliły na określenie panujących tam warunków fizycznych. Radioastronomiczne obserwacje emisji CO w galaktykach, w których zachodzi gwałtowny proces powstawania gwiazd, doprowadziły do wykrycia występującej tam w dużej ilości materii nieobserwowalnej innymi metodami. Okazało się, że galaktyki te zawierają znacznie więcej materii niż przypuszczano. Dzięki tym badaniom trzeba było zmodyfikować oszacowania całkowitej ilości materii we Wszechświecie.

Z OPINII prof. Marka Demiańskiego o dorobku naukowym profesora Roya S. Bootha (w postępowaniu o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa UMK).

Tematyka badań naukowych prof. R. S. Bootha pokrywa bardzo szerokie spektrum zagadnień współczesnej radioastronomii, a pełne wyszczególnienie Jego osiągnięć badawczych zajęłoby zbyt wiele miejsca aby je tu przytoczyć. Uwypuklę jedynie te z nich, które weszły na stałe do literatury światowej i wywarły bezcenny wpływ na rozwój współczesnej radioastronomii i astrofizyki. W szczególności chciałbym wymienić Jego badania dotyczące:

- **spektroskopowych obserwacji w radiowym zakresie fal submilimetrowych i ich astrofizycznej interpretacji, które dotyczą molekuł wieloatomowych związków chemicznych w obłokach molekularnych naszej Galaktyki i w innych bliskich galaktykach;**
- **badań nad mechanizmami maserowymi molekuł OH, H_2O i innych w obłokach materii międzygwiazdowej oraz własności fizycznych obszarów, w których dochodzi do formowania się nowych gwiazd;**
- **warunków procesów maserowych molekuł OH i SiO w otoczkach gwiazd późnego typu i gwiazd podczerwonych;**
- **badań obserwacyjno–teoretycznych emisji promieniowania CO w galaktykach o dużej zawartości pyłu i odkrycie istnienia dużych ilości tzw. ciemnej materii, dotychczas nie obserwowanej, zmieniającej tym samym istniejące oszacowania mas galaktyk;**
- **badań techniką VLBI (Very Long Baseline Interferometry) jąder kwazarów oraz niektórych radiogalaktyk i odkrycie tzw. „pozornie nadświetlnych" prędkości ruchu plazmonów w odległościach kiloparsekowych od jądra kwazara;**
- **rozwoju nowych metod techniki VLBI na falach milimetrowych, prowadzących do uzyskania najwyższych zdolności rozdzielczych, rzędu kilkudziesięciu mikrosekund łuku w skali kątowej, a więc danych obserwacyjnych dotyczących fizycznych mechanizmów kolimacji dżetów w bezpośrednim nieomal otoczeniu jądra kwazara.**

Z OPINII prof. Józefa Masłowskiego o dorobku naukowym Profesora Roya S. Bootha (w postępowaniu o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa UMK).

w obszarach międzygwiazdowych. Nasze pierwsze pomiary, przy pomocy teleskopów oddalonych od siebie o 100 km wykazały, że były one punktowymi latarniami radiowymi, wskazującymi miejsca narodzin gwiazd w naszej Galaktyce, w takich mgławicach jak w Orionie. Dwa lata później próbowaliśmy rozdzielić te masery przy pomocy – wówczas jeszcze prymitywnych – obserwacji VLBI, na bazie Jordell Bank i obserwatorium Haystack w USA, ale bez powodzenia. Czułość naszej aparatury była wtedy za mała.

Było to w 1967 roku, kiedy astronomowie kanadyjscy wykonali pierwsze udane pomiary VLBI, a techniki pomiarowe były stopniowo udoskonalane w USA. W połowie lat 1970–tych prowadzono regularne obserwacje VLBI w USA i okazjonalnie poprzez Atlantyk. Jedynymi europejskimi obserwatoriami, uczestniczącymi na tym etapie, były Onsala Space Observatory, którego obecnie jestem dyrektorem i Max–Planck Institut für Radioastronomie w Bonn, Obserwatorium Profesora Wielebińskiego.

Było to w czasie mojego urlopu naukowego w Jordell Bank, gdy pracowałem w Instytucie Maxa–Plancka w 1975 roku, wtedy to zdałem sobie sprawę z potencjalnych możliwości Europy w VLBI. Zwołałem zebranie zainteresowanych reprezentantów ze wszystkich Europejskich Obserwatoriów Radiowych we wrześniu 1975 roku. Pomysł współpracy VLBI został przyjęty entuzjastycznie. Przystąpiliśmy potem do gromadzenia potrzebnego sprzętu i przeprowadziliśmy pierwszy eksperyment w 1978 roku z udziałem Jordell Bank (Zj. Królestwo), Onsala (Szwecja), Dwingeloo (Holandia) i Instytutu Maxa Plancka w Effelsbergu (RFN). Europejska Sieć VLBI utworzona została w 1980 roku w wyniku porozumienia dyrektorów następujących obserwatoriów radiowych: Jordell Bank (Zj. Królestwo), Westerbork (Holandia), Effelsberg (RFN), Bologna (Włochy), Onsala (Szwecja), Meudon (Francja), Toruń (Polska), Simeis (ZSRR), Wetzell (RFN).

Od tego czasu prowadzimy regularne obserwacje VLBI w Europie oraz we współpracy z siecią VLBI w USA.

Obserwacje VLBI prowadzone są w szczególny sposób. Jest niemożliwością połączenie uczestniczących w obserwacjach teleskopów w czasie rzeczywistym. W zamian za to, rejestrujemy dane obserwacyjne na taśmach magnetowidów, łącznie z precyzyjną

W najbardziej podniosłej części uroczystości, dyplom uzyskania tytułu Doktora Honoris Causa odczytuje promotor, Andrzej Kus. W głębi: rektorzy, dziekani, znakomite władze Uniwersytetu, w odświętnych szatach. (fot. Stanisław W. Reszkiewicz)

ASTRONOMOWIE - DOKTORZY HONORIS CAUSA UNIWERSYTETU MIKOŁAJA KOPERNIKA

Uniwersytet Mikołaja Kopernika wśród 45 przyznanych Doktoratów Honorowych, aż 12 razy nadał tę najwyższą godność, astronomom. Patron Uczelni może chyba być spokojny o swoje imię.

1. **Bertil LINDBLAD - Szwecja (1959)**
2. **Władysław DZIEWULSKI - Polska (1961)**
3. **Wiktor A. AMBARCUMIAN - Armenia (1973)**
4. **Georgij N. DUBOSZIN - Rosja (1973)**
5. **Martin RYLE - Wlk. Brytania (1973)**
6. **Harlan J. SMITH - USA (1973)**
7. **Pol SWINGS - Belgia (1973)**
8. **Kenneth O. WRIGHT - Kanada (1973)**
9. **Wilhelmina IWANOWSKA - Polska (1973)**
10. **Jan Hendrik OORT - Holandia (1973)**
11. **Roy S. BOOTH - Szwecja (1993)**
12. **Ryszard WIELEBIŃSKI - Niemcy (1993)**

informacją o czasie, a potem odtwarzamy dane z taśm i korelujemy je w ośrodku z centralnym procesorem. W Europie, mieliśmy szczęście, mogąc korzystać z procesora VLBI w Instytucie Radioastronomicznym Maxa Plancka w Bonn. VLBI jest techniką obserwacyjną opartą na współpracy, każde obserwatorium niezależnie od tego jak jest małe, jest istotną częścią całości. Im więcej teleskopów mamy do dyspozycji, tym bardziej szczegółową informację możemy zebrać o naszych radioźródłach. Obecnie jesteśmy zdolni do tworzenia obrazu kwazarów i radiogalaktyk o bardzo wysokiej jakości. Wewnątrz sieci miejscowi astronomowie obserwują na swych teleskopach, dla potrzeb swych kolegów, znajdujących się gdzie indziej i na odwrót.

Biorąc pod uwagę, że dzisiejsza nauka ma tendencje stawać się bardzo konkurencyjną, jest rzeczą zdumiewającą i krańcowo zadowalającą, że konflikty są rzadkie w naszej specjalności. Wobec tego VLBI jest, socjologicznie rzecz biorąc, wzorowym przykładem współpracy w skali międzynarodowej. Poza tym VLBI nie uznaje granic politycznych, a nawet w czasie ciemnych dni zimnej wojny, współpraca wschód–zachód w VLBI była prawdopodobnie najlepszą wśród wszystkich współpracy naukowych.

Tak więc dzięki VLBI, miałem przywilej spotkania Andrzeja Kusa, obecnie Profesora, i Profesora Stana Gorgolewskiego z Torunia. Nasza zawodowa współpraca zakwitła wkrótce przekształcając się w silne więzy przyjaźni trwającej już blisko 20 lat. Moja rodzina, wraz ze mną, złożyła po raz pierwszy wizytę w Toruniu 12 lat temu, w Boże Narodzenie 1980 roku. W tym czasie kraj wasz był praktycznie w stanie oblężenia, z radzieckimi czołgami na granicy. Prasa brytyjska donosiła, że żywność jest trudna do nabycia i zastanawialiśmy się czy możemy narażać naszych gospodarzy na trudności organizowania naszej wizyty. Nie trzeba było się martwić. Taka była gościnność Andrzeja i Stana oraz ich rodzin, że mieliśmy rzeczywiście cudowny pobyt – traktowali nas po królewsku, przekarmiano nas i zabrano do Zakopanego abyśmy poznali polskie góry. Gościnność taka jest rzadkością – było to w czasie, gdy Polska znajdowała się w stanie kryzysu.

Cieszy mnie to, że ta wizyta w Toruniu ma miejsce w szczęśliwszych czasach. W Europie rozkwita obecnie współpraca naukowa i kulturalna, a w dziedzinie astronomii utworzenie Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego jednoczy rutynowo wszystkich astronomów do wspólnego grona i to nie tylko tych z VLBI. Następne spotkanie Towarzystwa nastąpi w Toruniu *) i mamy nadzieję, że będzie to podczas otwarcia w tym Obserwatorium 32-metrowego radioteleskopu.

Jesteśmy dumni z naszych Polskich Kolegów za ich pełną poświęcenia pracę i ogromny wysiłek jakim zdobywali fundusze na projekt ich radioteleskopu i osiągnięty tak duży postęp. Nowy radioteleskop będzie najwyższej wartości wkładem do sieci VLBI i do astronomii w ogóle. Kompetencje i nadzieje wiązane z tym zespołem znalazły również uznanie Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej, która przyznała znaczną sumę pieniędzy na rozwój radioastronomii w Toruniu. Zasługujecie również na gratulacje za wasze osiągnięcia dydaktyczne, które wyłaniają młodych, zdolnych astronomów i naukowców. Obecnie przebywa w Onsala Space Observatory młody polski astronom. Jego opanowanie prac na komputerach i w inżynierii systemowej, jak również jego entuzjazm, przewyższa znacznie poziom średni.

Dziękuję wam za waszą uprzejmość w przyznaniu mi Doktoratu Honorowego. Patrzę w przyszłość z serdecznym oczekiwaniem trwałej i jeszcze bardziej owocnej współpracy między Toruniem i Onsalą, zarówno w VLBI, jak i w innych naukach astronomicznych.

tłumaczyli
Stanisław Gorgolewski
i **Andrzej Kus**

*) Informacja na ten temat znajduje się na trzeciej stronie okładki (red.).

Profesor Ryszard WIELEBIŃSKI
(fot. Stanisław W. Reszkiewicz)

Profesor **Ryszard WIELEBIŃSKI**, urodził się 12.02.1936 roku w Pleszewie (Wielkopolska). W latach wojny wyemigrował z rodzicami do Australii. Tam, jako obywatel Australii, kończy studia wyższe na Uniwersytecie w Tasmanii uzyskując w roku 1961 stopień Master of Engineering Sciences. W roku 1963, na Uniwersytecie w Cambridge (Anglia), pod kierunkiem Sir Martina Ryle'a (laureata Nagrody Nobla z fizyki z 1974 roku) kończy studia doktoranckie, uzyskując stopień Doctor of Philosophy z zakresu radioastronomii, nowej dziedziny astronomii.

Dzięki nieprzeciętnym i wrodzonym zdolnościom, nadzwyczajnej aktywności naukowej oraz organizacyjnej, staje się w krótkim czasie jednym z najbardziej cenionych i uznanych w świecie naukowym, radioastronomem.

Tuż po uzyskaniu stopnia doktora na Uniwersytecie w Cambridge, powraca do Australii i obejmuje stanowisko Senior Lecturer na Uniwersytecie w Sydney, Departament of Electrical Engineering. W tym właśnie czasie ujawniły się w całej pełni jego nieprzeciętne predyspozycje do pracy naukowej i organizacyjnej, bez reszty ukierunkowanej na badania radioastronomiczne i ich rozwój. Tworzy wokół siebie specjalistyczny zespół, którego wkład naukowy w rozwój nowych i pionierskich technik obserwacyjnych na falach radiowych, a zwłaszcza nowych metod kalibracyjnych i fizycznych interpretacji, trudno byłoby obecnie przecenić.

Nic więc dziwnego, że w roku 1969 Max–Planck Geselschaft (RFN) poprosiło Go o objęcie stanowiska dyrektora powstającego właśnie, nowego instytutu radioastronomicznego w Bonn – pod nazwą Max–Planck–Institut für Radioastronomie (MPIfR), wyposażonego, jak dotychczas, w największy na świecie, w pełni sterowany radioteleskop o średnicy 100 m. Stanowisko to piastuje do chwili obecnej (Executive Director). Głównie dzięki prof. Wielebińskiemu i Jego pionierskim rozwiązaniom oraz wdrożeniom nowoczesnej instrumentacji, niezbędnej przy tym radioteleskopie, MPIfR stał się i jest w dalszym ciągu, jednym z wiodących w świecie ośrodków radioastronomicznych, zarówno pod względem prac obserwacyjnych, jak i teoretycznych.

Prof. Wielebiński jest autorem ponad 230 prac naukowych, które opublikowane zostały w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym. O znaczeniu jego prac dla nauki światowej najlepiej świadczy olbrzymia liczba ich cytowań wg *Citacion Index*.[...]

W roku 1991 prof. Wielebiński został wybrany na członka zagranicznego Polskiej Akademii Nauk. [...]

Z UZASADNIENIA wniosku o nadanie godności Doktora Honoris Causa UMK profesorowi Ryszardowi Wielebińskiemu (odczytane przez Dziekana Wydziału Mat-Fiz-Chem, Michała Rozwadowskiego)

Z PLESZEWA DO GALAKTYK

Przemówienie Profesora Ryszarda Wielebińskiego z okazji nadania Jemu tytułu Doktora Honoris Causa Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Rektor Magnificus, Szanowni Państwo!

Będę mówił po polsku, ale proszę pamiętać, że ja mówię po polsku przeważnie raz do roku, kiedy pojadę do Sydney odwiedzić rodzinę...

Jak każdy astronom jeżdżę po całym świecie. Moim światem jest nie tylko Instytut Maxa Plancka w Bonn, moim światem jest też nasz inny teleskop w Granadzie, drugi teleskop w Grenoble, teleskop profesora Bootha w Chile etc. Cały świat jest otwarty dla astronomii i sam Kopernik też jeździł po ówczesnym świecie.

Urodziłem się w Pleszewie. Ostatnio, kiedy byłem w Australii dowiedziałem się, że mój ojciec, który hodował pszczoły, dostarczał lipowy i akacjowy miód do... apteki Suchockich. Lipy rosły wokół cmentarza, akacje były koło szkoły.

W 1939 roku, byliśmy na drugim miejscu listy do wysiedlenia (widziałem to potem w książce o dziejach Pleszewa) i od tego zaczęła się odyseja mojej rodziny. Przez Generalną Gubernię, przez Kraków, przez Niemcy i przez Włochy, przez Australię, dotarliśmy do Tasmanii. Dlaczego do Tasmanii? Miałem wtenczas trzynaście i pół lat. Emigranci przyjeżdżający do Australii musieli – mając lat czternaście – iść do pracy kontraktowej na dwa lata, z wyjątkiem tych, którym udało przedostać się do Tasmanii. Muszę tu podziękować swoim rodzicom, którym udało się przedostać do Tasmanii. Dzięki temu mogłem pójść do szkoły i na studia, a nie do pracy, co wówczas było normalne dla ludzi przyjeżdżających do Australii. Studia w Tasmanii dotyczyły raczej nie astronomii, a radiotechniki, no i do dziś pracuję na pograniczu między rozwojem technicznym – elektrotechniką – i astronomią. Również moja praca doktorska w Cambridge, polegała na tym, że ja wiedziałem jak się używa anteny: przez dwa lata pracowałem na poczcie australijskiej, budując telewizyjne stacje nadawcze i umiałem mierzyć polaryzację fal radiowych. Jak się okazało polaryzacja jest potrzebna by móc badać pola magnetyczne we Wszechświecie. Właśnie to jest specjalnością radioastronomii – *niewidzialny Wszechświat*, a więc pola magnetyczne: miejsca w których elektrony emitują fale radiowe i my te fale odbieramy. Studia pól magnetycznych mają fundamentalne znaczenie dla poznania naszego świata w innej dziedzinie obserwacyjnej, niż optycznej. Nasze oczy są detektorami optycznymi i nawet śliczne, kolorowe zdjęcia galaktyk, robi się w tym bardzo wąskim paśmie fal elektromagnetycznych. Ale w innych dziedzinach widma, też jest widoczny cały Wszechświat; są inne rodzaje obiektów, gwiazd, chmur i obłoków molekularnych. I takie obserwacje, obserwacje Wszechświata radiowego, są moją specjalizacją.

To wiąże się również z tym, o czym tutaj była już mowa, z interferometrią wielkobazową – VLBI. W bardzo odległych źródłach, które się w ten sposób obserwuje, wielka energia która jest przez te źródła emitowana, też jest formowana poprzez pola magnetyczne. Pola magnetyczne są bardzo ważne również w naszym życiu codziennym:

Tematyka badań naukowych prof. R. Wielebińskiego wiąże się ściśle z radioastronomią zarówno obserwacyjną jak i teoretyczną. Przytoczę tu może tylko najważniejsze:

- **opracowanie nowych technik obserwacyjnych i ich praktyczne wdrożenie;**
- **pomiary rozkładu nietermicznego promieniowania radiowego naszej Galaktyki i jego interpretacja fizyczna;**
- **obserwacje wodoru neutralnego i obłoków molekularnych;**
- **obserwacje pulsarów jako gwiazd neutronowych i otaczającego je ośrodka galaktycznego;**
- **obserwacje obiektów pozagalaktycznych – radioźródeł, związanych głównie z bliskimi galaktykami spiralnymi i nieregularnymi, ich pól magnetycznych oraz kwazarów.**

W oparciu o uzyskane obserwacyjne wyniki, opracował i opublikował cykl fundamentalnych prac dotyczących morfologii pól magnetycznych w galaktykach, fizycznej roli pól magnetycznych i galaktycznego dynamo magnetycznego w strukturze i ewolucji tych galaktyk.

W ostatnim okresie, na szczególne podkreślenie zasługują Jego badania na falach milimetrowych molekuły CO, które doprowadziły Go do odkrycia bardzo istotnej zależności CO z rotacją galaktyk i ich polami magnetycznymi.

Obecnie prof. R. Wielebiński jest w skali międzynarodowej niekwestionowanym autorytetem w dziedzinie pól magnetycznych w galaktykach spiralnych.

W związku z postępowaniem o nadanie prof. R. Wielebińskiemu tytułu Doktora Honoris Causa UMK w Toruniu, chciałbym, prócz uznania jego ważnej roli w rozwoju nauki podkreślić życzliwe i bardzo owocne kontakty, które mogę określić jako Jego nieprzeciętny wkład w rozwój radioastronomii w Polsce i to w obu ośrodkach radioastronomicznych, tj. toruńskim i krakowskim.

Z OPINII prof. Józefa Masłowskiego o dorobku naukowym prof. Ryszarda Wielebińskiego (w postępowaniu o nadanie tytułu Doctora Honoris Causa UMK).

siedzimy tutaj w cieple i przy światłach, bo pola magnetyczne pozwalają wytworzyć prąd etc. Studia pól magnetycznych są podstawą zrozumienia Wszechświata jako całości.

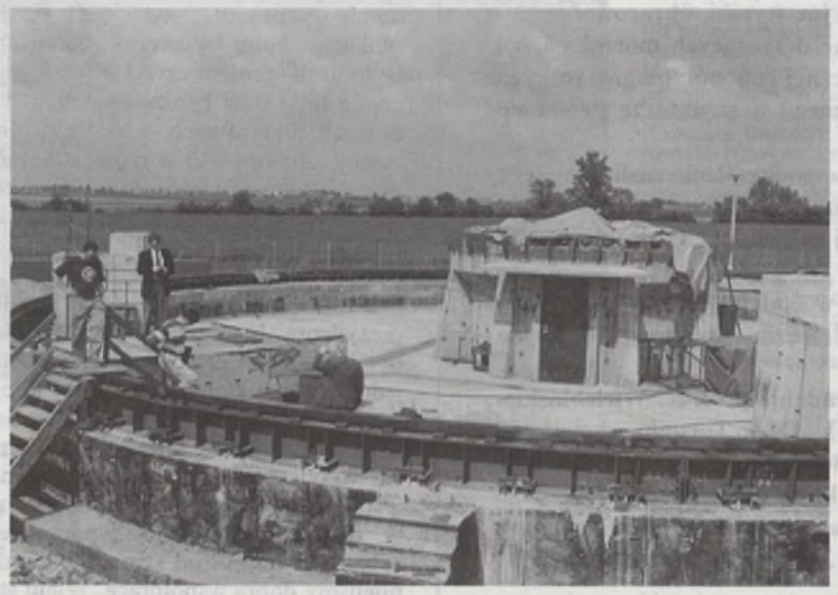
Obecnie pojawiają się bardzo interesujące możliwości rozwoju tej dziedziny badań. Na przykład przy pomocy fal milimetrowych można mierzyć prędkość rotacji galaktyk: badać jak one się kręcą. A jeśli sobie ktoś przypomni jak działa dynamo w rowerze, może sobie wyobrazić jak wygląda generacja pól magnetycznych w galaktykach. Te mechanizmy mają bardzo podobne podstawy i bardzo bliskie podobieństwa. Dotyczy to teoretycznej części naszej pracy, gdzie próbujemy zrozumieć, dlaczego pola magnetyczne tam występują, w jaki sposób zostały tam wygenerowane i w jaki sposób się dalej rozwiną. Pola magnetyczne mają też moim zdaniem, bardzo bliski związek ze strukturą spiralną galaktyk, tych pięknych obiektów, które się tak często widzi czy w książkach, czy nawet w telewizji.

Chciałbym teraz jeszcze coś powiedzieć o moich kontaktach z Toruniem. Zaczęło się od tego, że po powrocie z Cambridge do Australii, spotkałem pana doktora Jana Hanasza, który właśnie był Sydney. Zaprzyjaźniliśmy się i on powiedział mi, że podczas następnej wizyty w Europie powinienem wstąpić do Torunia i poznać jego kolegę, Stanisława Gorgolewskiego. Tak też zrobiłem. Przywitany z ogromną przyjaźnią, obejrzałem mały radioteleskop, tutaj w Piwnicach. Odbyliśmy bardzo wiele dyskusji jak rozwinąć radioastronomię w Toruniu, w tych ciężkich warunkach, które wówczas panowały. Było to dla mnie niezwykle interesujące, że tutaj – w bardzo trudnych warunkach finansowych – ludzie tu pracujący, utrzymywali w radioastronomii wysoki standard techniczny, który później pomógł wskoczyć na międzynarodowy poziom badawczy.

Sam byłem zdziwiony, kiedy mając zaledwie 32 lata, naraz otrzymałem list prezydenta Instytutu Maxa Plancka, pytający mnie czy chciałbym zostać jednym z dyrektorów. Otwierało to ogromne możliwości: 100-metrowy, największy na świecie teleskop, znakomite wyposażenie i ogromne szanse współpracy. Po przeniesieniu do Bonn, w naturalny sposób przypomniałem sobie o Toruniu i od samego początku mieliśmy dobrą współpracę. Wielu studentów pana Gorgolewskiego było u mnie, w Bonn. Myśmy mogli im dać możliwość używania nowoczesnych przyrządów, najnowocześniejszych

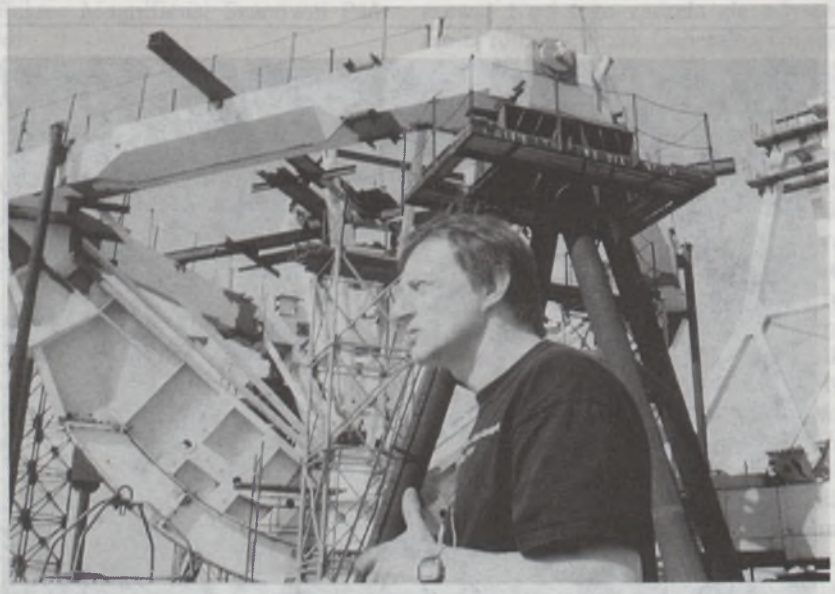
Promotorem Ryszarda Wielebińskiego był Stanisław Gorgolewski
(fot. Stanisław W. Reszkiewicz)

komputerów, a oni nas uczyli również, jak się żyje i jak się pracuje w trudnych warunkach. Myślę, że dla studentów niemieckich była też bardzo ważna więź kulturowa z wami. Z tej współpracy zyskaliśmy wiele nowych wiadomości i wiele nowych przyjaźni. Później były może mniej przyjemne, ale poważne dyskusje skąd wziąć pieniądze, aby wreszcie zbudować w Toruniu instrument o światowych możliwościach. W tej chwili to właśnie stało się! Myślę, że jeśli w tej chwili wszyscy tutejsi astronomowie będą starać się, żeby ten instrument został ukończony, żeby mógł być później włączony do europejskich i światowych sieci teleskopów, będzie w Toruniu centrum na poziomie światowym. Jest to niezwykła możliwość, że przez budowę mniejszego instrumentu, który może jako pojedynczy instrument, nie mógłby robić tak ważnych prac, w tej sieci będzie on częścią światowej astronomii. Cieszę się, że rozwój astronomii w Toruniu idzie teraz w dobrym kierunku, cieszę się też, że zostałem tutaj zaproszony żeby dostać ten najwyższy dyplom. Dla mnie i dla mojej rodziny jest to bardzo ważny dzień. Chciałbym podziękować wszystkim, którzy to poparli.



Najpierw wylano tony betonu... Oto budowa 32–metrowego radioteleskopu, o którym tyle tutaj mowy, przed rokiem, podczas wizyty w Piwnicach Aleksandra Wolszczana (w połowie schodów). Poza tym, inne znane już Czytelnikom postaci z PA 2/92.

(fot. Michał Hałaburda)



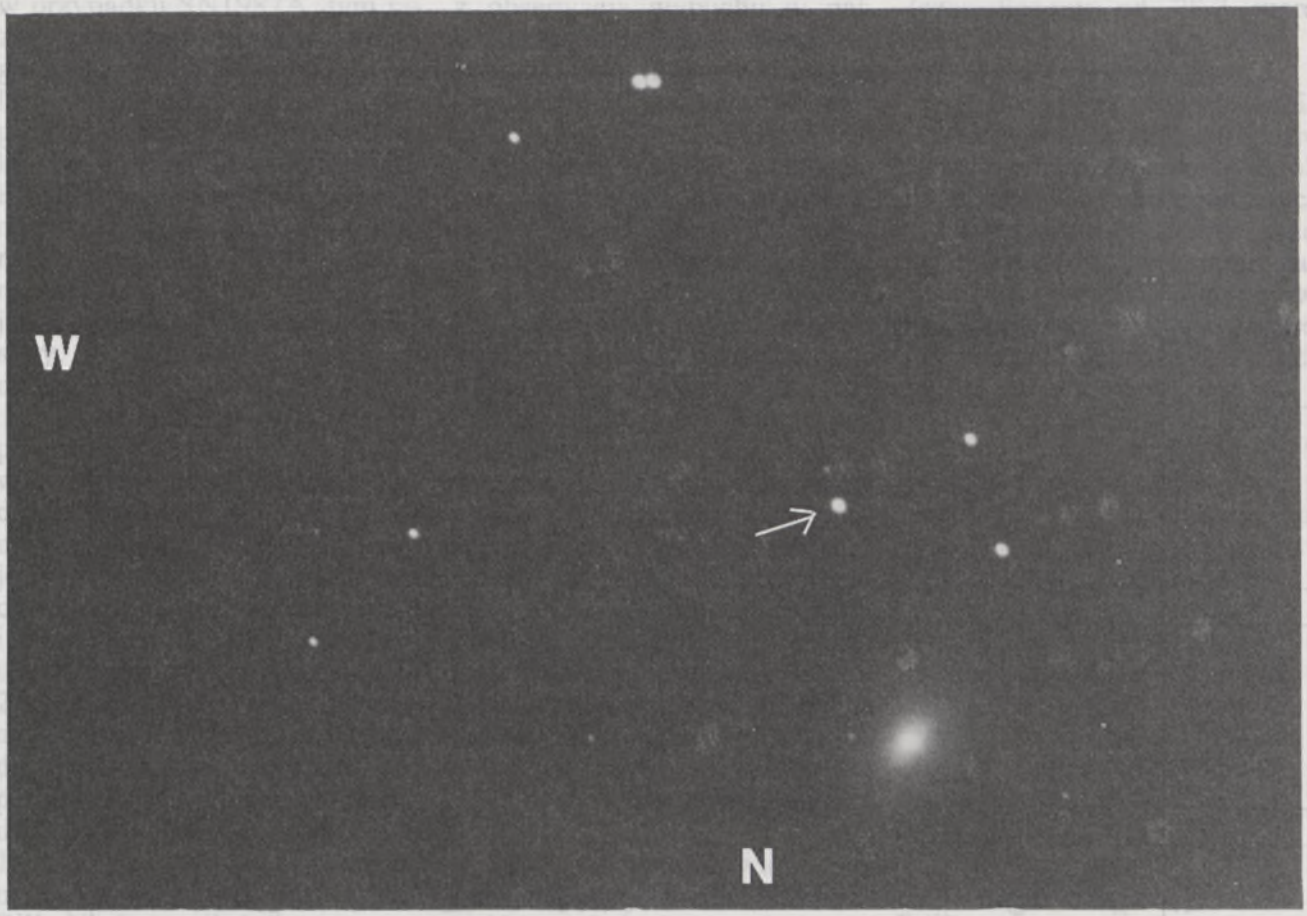
Po roku, w maju 1993, konstrukcje stalowe sięgają już kilku pięter. Pod bacznym okiem szefa toruńskiej radioastronomii, Andrzeja Kusa (na zdjęciu) teleskopy widać rosną jak grzyby po deszczu.

(fot. Krzysztof Rumiński)

kasetę z nagraniem przemówienia uzyskano dzięki uprzejmości P. B. Horbaczewskiego
(tytuły przemówień pochodzą od Redakcji)

Zreferowanie tutaj, nawet skrótowe, całości dorobku naukowego Prof. Wielebińskiego jest niemożliwe, gdyż wykaz Jego publikacji naukowych obejmuje 234 pozycje. Dorobek naukowy Profesora obejmuje zarówno dziedziny instrumentów radioastronomicznych jak również obserwacje radioastronomiczne i interpretację ich wyników. Profesor Wielebiński ma poważny udział w budowie i opracowaniu najnowszej instrumentacji dla 100–metrowego radioteleskopu w Effelsbergu w okolicy Bonn. Dzięki temu radioteleskopowi Instytut Radioastronomii Maxa Plancka wysunął się do czołówki ośrodków obserwacji radioastronomicznych na świecie. W ciągu ostatnich 20 lat, Prof. Wielebiński odgrywał czołową rolę w bardzo szerokim spektrum wielu projektów i badań radioastronomicznych. Szczególnie wiele Jego badań dotyczyło problematyki pól magnetycznych we Wszechświecie, w Galaktyce i poza nią. Badania te były prowadzone zarówno za pomocą 100–metrowego radioteleskopu, jak również za pomocą interferometrów. W wyniku interpretacji obserwacji, Profesor Wielebiński opublikował fundamentalne prace dotyczące morfologii pól magnetycznych we wszystkich pobliskich galaktykach. Bardzo duże są zasługi Profesora w organizacji sieci VLBI (interferometria o bardzo dużych bazach). Między innymi profesor udzielił znacznej pomocy dla umożliwienia włączenia radioteleskopu w Toruniu do europejskiej sieci VLBI.

Z OPINII prof. Stefana Hahna o dorobku naukowym Profesora Ryszarda Wielebińskiego (w postępowaniu o nadanie tytułu Doktora Honoris Causa UMK)



Supernowa 1993J w M81 20 kwietnia, w okolicach wtórnego maksimum blasku. Jest to kolejne z serii zdjęć uzyskanych przez K. Rumińskiego 60 cm teleskopem w Piwnicach. Jeśli nasi drukarze się postarają, będzie widać więcej gwiazd. Supernowa ma jasność ok. 11^m.

Supernowa 1993J w galaktyce M81

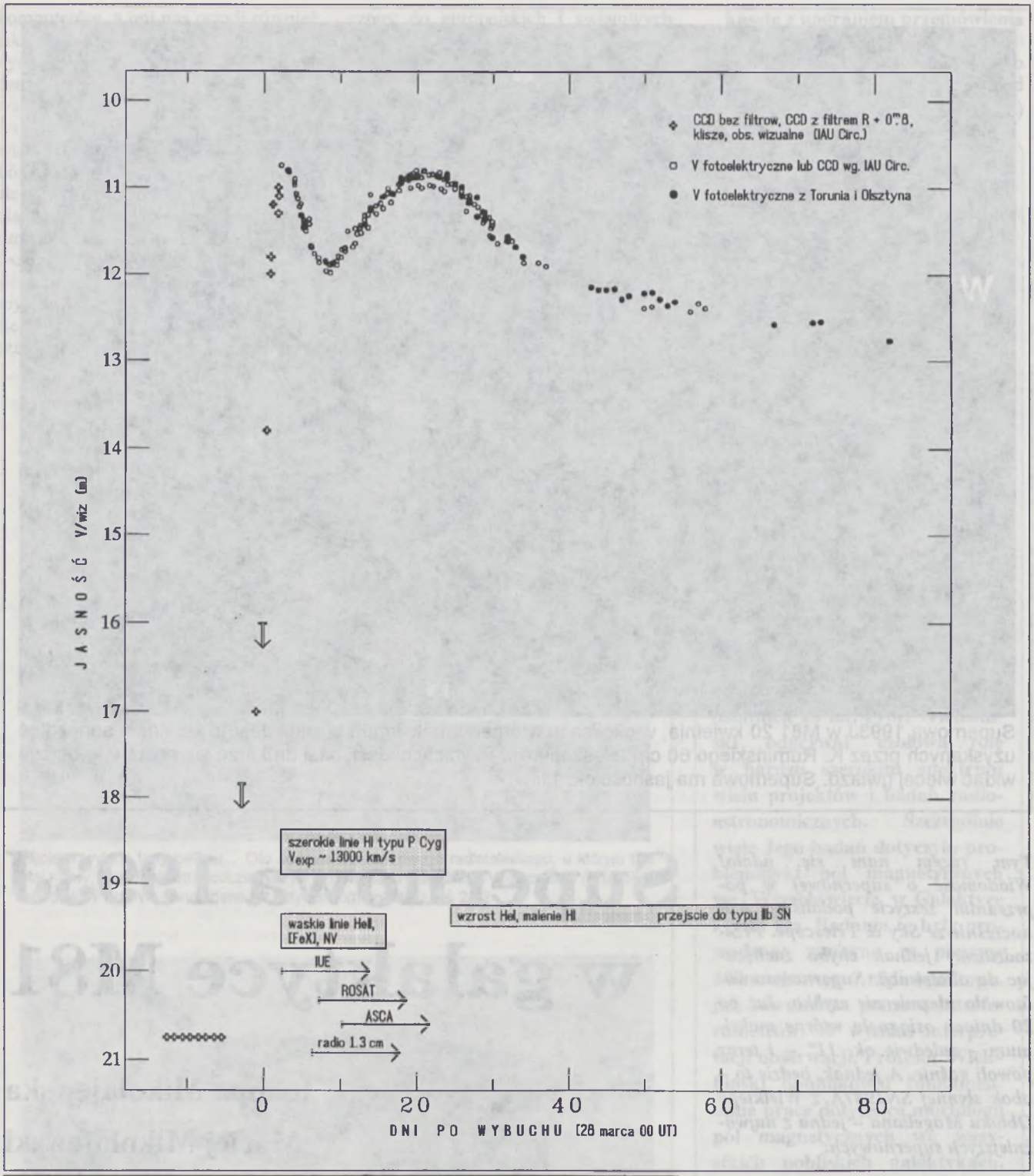
Joanna Mikołajewska

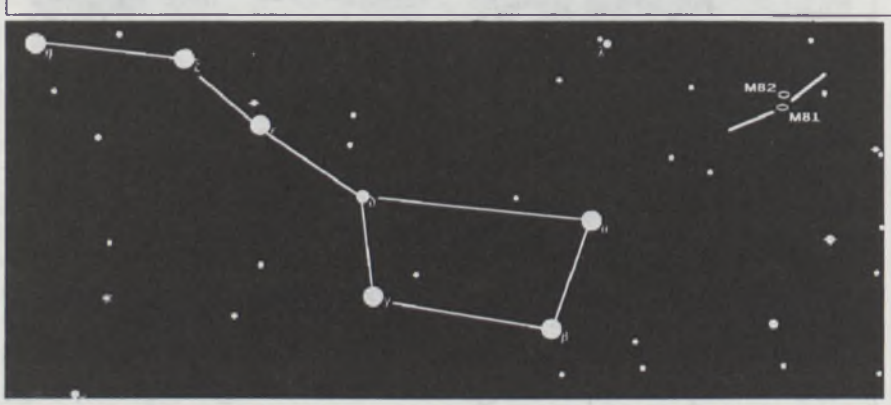
Maciej Mikołajewski

Tym razem nam się udało! Wiadomość o supernowej w poprzednim zeszycie podaliśmy jednocześnie ze Sky & Telescope. Przesadziliśmy jednak chyba zachęcając do obserwacji. Supernowa ewoluowała niezmiernie szybko. Już po 20 dniach osiągnęła wtórne maksimum – zaledwie ok. 11^m – i teraz powoli gaśnie. A jednak, będzie to – obok słynnej SN1987A z Wielkiego Obłoku Magellana – jedna z najważniejszych supernowych.

Wybuch – pierwsze obserwacje

W ostatnich dniach marca, astronomów na całym świecie zelektryzowała wiadomość o odkryciu 28 marca przez Francisco Garcię z Hiszpanii, supernowej o jasności 12^m, w stosunkowo bliskiej galaktyce spiralnej M81. Wprawdzie w telegramach Międzynarodowej Unii Astronomicznej wprost roi się od doniesień o wybuchach supernowych – zwykle odkrywa się 1–2 tygodniowo – jednak dotyczą one bardzo odległych galaktyk. Jasne supernowe zdarzają się, niestety, bardzo rzadko. Supernowa, o której mowa, jest najjaśniejszą – po supernowej w Wielkim Obłoku Magellana w 1987 – supernową w ciągu ostatnich 30 lat. Jest więc dopiero drugą supernową, którą można obserwować przy pomocy w pełni współczesnych metod obserwacyjnych, w całym zakresie widma elektromagnetycznego, od promieni gamma, do fal radiowych. Niespodziewanie szybko dostaniemy więc materiał porównawczy do obserwacji tamtej, słynnej supernowej z Obłoku Magellana. Neutrin, które takie poruszenie wywołały





Rys. 1. Przypominamy jak znaleźć galaktykę M81. A warto!

Rys. 2. Pełna krzywa blasku w barwie *V* i świetle widzialnym (vis), obejmująca najwcześniejsze, publikowane w IAU Circ. obserwacje. Seria najwcześniejszych danych została uzyskana przy użyciu kamery CCD z filtrem *R* i tu zoastała naniesiona z założeniem, że *V-R* jest stałe i wynosi 0.m8. W dolnej części rysunku zaznaczono schematycznie przebieg zmian widmowych oraz początek obserwacji satelitarnych i radiowych.

w przypadku SN1987A, tym razem nie zarejestrowano. Odległość do M81, to około 10 mln lat świetlnych, a więc ponad pięćdziesiąt razy dalej niż Wielki Obłok Magellana (porównaj PA 2/91, str. 73). Zakładając, że obserwowały te same detektory neutrin co w roku 1987, powinny zarejestrować nie więcej niż jedną setną (0.01!) cząstki. Niestety, na neutrina to wciąż za daleko!

Popularność M81 – leżącej na północnej półkuli nieba (rys. 1), w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy – wśród astronomów sprawiła, że dysponujemy jej fotografiami wykonanymi dosłownie parę godzin przed i po wybuchu! I tak na zdjęciu uzyskanym około północy (UT) 27 marca przez francuskiego astronoma–amatora Jean–Claude Merlina nie ma śladu supernowej, gdy tymczasem 9 godzin później widać ją już jako 13.8 mag obiekt na elektronicznym obrazie uzyskanym przez Billa Neely – miłośnika astronomii z Nowego Meksyku. Zasięg obrazu J.–C. Merlina ocenia się na 16^m, podobnie jak wykonanego dwa dni wcześniej, również przy użyciu detektora CCD, w czerwonej barwie *R*. Regularne obserwacje P. Prunigela w Obserwatorium Haute Provence pokazują, że między 16 a 23 marca presupernowa miała raczej stały blask: jej jasność wynosiła ok. 20^m w barwie czerwonej (R_c) i była słabsza niż 21^m w barwie niebieskiej (*B*). Nieco zamieszania może narobić informacja, podana po około miesiącu po wybuchu, przez O. Schneidera z Niemiec. Otóż, na zdjęciu wykonanym około północy 26 marca (dobę przed obserwacją Billa Nelly) zauważa on najprawdopodobniej (pre–?)supernową jako obiekt o jasności około 17^m. Rzut oka na rysunek 2, na którym zaznaczono wszystkie wczesne obserwacje (łącznie z górnymi ograniczeniami) pokazuje, że wynik ten nie jest sprzeczny z pozostałymi. Być może więc mamy do czynienia z obserwacją wybuchu w najwcześniejszej fazie, bądź też presupernowa doznaje jakiegoś „wzbudzenia" tuż przed eksplozją.

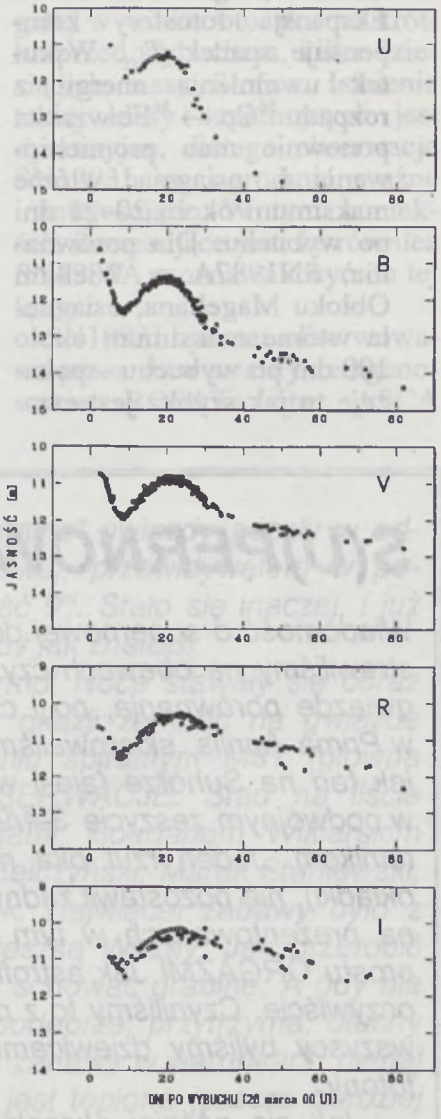
30 marca, ~2 godz. po północy, supernowa była już obiektem o jasności około 11^m, uzyskano też jej pierwsze widmo, na którym widać bardzo niebieskie kontinuum z nałożonymi wąskimi międzygwiazdowymi linia- mi absorpcyjnymi Ca II H + K i Na I D. Takie widmo jest charakterystyczne dla bardzo wczesnych faz wybuchu supernowej. O ósmej rano (UT), obserwacjami w Victorii w Kanadzie, rozpoczyna się pozbawiona już wątpliwości fotoelektryczna (przy użyciu CCD i fotometrów diafragmowych) historia gwiazdy: powstaje wielobarwna krzywa blasku (rys. 2 i 3).

Krzywa blasku

Fotometryczne obserwacje supernowej podjęło kilka obserwatoriów na świecie, przede wszystkim te, którym udało się „złapać" obiekt w pierwszych kilkudziesięciu godzinach po odkryciu. Oczywiście posiadane przez nas dane nie są kompletne i opierają się wyłącznie na doniesieniach publikowanych w Telegramach Międzynarodowej Unii Astronomicznej (*IAU Circ.*). Bardzo znaczna część obserwacji *UBVRI* to nasze własne dane pochodzące z obserwatorium Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Piwnicach. Szczęśliwe układy wyżów i niżów nad Toruniem, spowodowały że jest to najobszerniejszy zbiór jednolitych danych, którymi dysponujemy. Kilka obserwacji *BV*, póki supernowa była dostatecznie jasna, wykonał Bogdan Kulesza w Olsztynie, przy pomocy 15cm (sic!) teleskopu na olsztyńskiej wieży ciśnień.

Krzywa blasku (rys. 2 i 3) pokazuje przede wszystkim bardzo szybką ewolucję jasności SN1993J. Można na niej wyróżnić 4 fazy oraz krótki okres przed osiągnięciem maksimum (czas liczony od 28.3 marca UT):

(0) $-1^d.3(?) \div +2^d$: *eksplozja*
Krótki okres przed osiągnięciem maksimum, zarejestrowany na przypadkowych obrazach elektronicznych, zdjęciach i wizualnie przez odkrywców. Maksimum jasności ($V \approx 10.7$) supernowa osiąga ok. 30.25 (UT) marca i data ta oznacza też począ-



Rys. 3. Krzywa blasku SN 1993J w pięciu kolorach: *U* – atmosferycznym ultrafiolecie (~ 3600 Å), *B* – niebieskim (~ 4400 Å), żółtym – (~ 5500 Å), *R* – czerwonym (~ 7000 Å) i bliskiej podczerwieni (~ 9000 Å). Wypełnione punkty to obserwacje pochodzące z Torunia (*UBVRI*) i Olsztyna (*BV*). Kółka pochodzą z innych obserwatoriów i zostały zgromadzone na podstawie *IAU Circ.*

tek regularnych obserwacji fotoelektrycznych.

(1) $2^d \div 9^d$: *początkowy spadek blasku*
Po początkowym rozbłysku ultrafioletowym, spada T_{eff}. W tej fazie wybuchu supernowa świeci kosztem energii początkowej fali uderzeniowej zdeponowanej w otoczce.

(2) $9^d \div \sim 21^d$: *wzrost do maksimum wtórnego*
Ekspansja fotosfery kompensuje spadek T_{eff}. Wskutek uwolnienia energii z rozpadu $^{56}Co \rightarrow {}^{56}Fe$ wzrasta ponownie moc promieniowania L, osiągając wtórne maksimum około 20–21 dni po wybuchu. Dla porównania, SN1987A w Wielkim Obłoku Magellana, osiągnęła wtórne maksimum około 100 dni po wybuchu – pokazuje to jak szybka jest ewolucja SN1993J.

(3) $21^d \div \sim 35^d$: *szybki spadek blasku po wtórnym maksimum*

(4) *od* $\sim 35^d$: *liniowy spadek blasku.*
Wolniejszy spadek jasności w zakresie czerwonym (R) i bliskiej podczerwieni (I – rys. 3) jest spowodowany spadkiem temperatury ekspandującej otoczki i wzrostu emisji H II.

Ewolucja widma

Na widmach optycznych uzyskanych 30 marca, około 7^h, widać już szeroki profil P Cyg*) w H–alfa, sugerujący $v_{exp} \sim 13000$ km/s. Ponadto widać wąskie linie emisyjne o wysokim stopniu wzbudzenia, m.in. He II i [FeX], pochodzące z materii wokółgwiazdowej, najprawdopodobniej pozostałości po fazie silnego wiatru gwiazdowego z progenitora, fotojonizowanej przez ultrafioletowe promieniowanie z powierzchni supernowej w pierwszej fazie wybuchu. Profile tych linii sugerują powstawanie w grubej powłoce materii (szelu), rozszerzającej się z prędkością około 300 km/s. Na widmach IUE, uzyskanych 2 godziny wcześniej, widać wąską emisję N V o takim samym pochodzeniu. Natężenie tych linii szybko maleje: na widmach IUE z 4 kwietnia, nie widać już pra- ktycznie N V, podobnie na wid- mach optycznych z 13 kwietnia nie ma śladu wąskich wysoko wzbudzonych emisji. Zniknięcie tych emisji jest

*) Profilem typu P Cygni nazywa się linię emisyjną, z nałożonym krótkofalowym składnikiem absorbcyjnym. Profile takie powstają w ekspandujących otoczkach, wskutek projekcji zbliżającej się do obserwatora części otoczki na powierzchnię fotosfery gorącej gwiazdy, lub pseudofotosferę (miejsce gdzie staje się gruba optycznie) ekspandującej otoczki. (patrz również PA 2/91, str. 74)

postępy astronomii

S(U)PERNOWO W PIWNICACH

Wiadomość o supernowej dotarła do Torunia nazajutrz po wybuchu. Trzy dni niepogody strawiliśmy na obawach czy uda nam się zidentyfikować obiekt, czy mądrze wybieramy gwiazdę porównania, no i czy w ogóle warto... Wreszcie, jak na ironię losu, dokładnie w Prima Aprilis, skierowaliśmy w kierunku M81 nasz 60cm teleskop, dokładnie taki sam jak ten na Suhorze (ale i w Ostrowiku, i w Białkowie), który pokazaliśmy bez podpisu w podwójnym zeszycie 3-4/92 PA, czyniąc tym niezamierzoną przykrość autorowi i Czytelnikom. Jeden rzut oka na zdjęcie z 5 metrowego (sic!) teleskopu (patrz 2 strona okładki), nie pozostawił żadnych wątpliwości. JEST! Wyglądało to prawie dokładnie tak jak na prezentowanych w tym i poprzednim zeszycie zdjęciach Krzysia Rumińskiego, po prostu ORGAZM! Jak astrofilia, to astrofilia! Trzeba... wprowadzić, gwiazdę w diafragmę oczywiście. Czyniliśmy to z niekłamanym drżeniem członków (rąk i nóg): w supernowych wszyscy byliśmy dziewicami. No i weszła. Chwilę potem, komputer policzył pierwsze fotony.

Jak się później okazało była to pierwsza, przynajmniej z tych publikowanych na bieżąco, w pełni pięciobarwna obserwacja UBVRI i najwcześniejszy pomiar w U. Wraz z danymi z IUE, można będzie się pokusić o analizę początkowego błysku w ultrafiolecie. Przy okazji jakby, okazało się, że niby anachroniczny już fotometr jednokanałowy, ale z dobrą automatyką, ma swoje zalety. Nie trzeba się martwić o gwiazdy porównania – zawsze dosięgnie się jakiegoś standardu, no i ten ultafiolet – właściciele CCD mogą tylko pomarzyć!

W tym momencie staliśmy się niewolnikami supernowej. Diabli wiedzą, czy i kto ją będzie obserwował, a uzyskanie krzywej blasku jednym instrumentem ma zawsze swoje znaczenie. Fantastycznie dopisywała pogoda, bywały tygodnie, że mieliśmy obserwacje codziennie. Aż byliśmy przerażeni: jeśli ewolucja będzie wyglądała tak jak słynnej

najprawdopodobniej związane z dotarciem do tego obszaru materii wyrzuconej z dużą prędkością w czasie wybuchu supernowej. Oddziaływanie szybko ekspandującej otoczki supernowej z materią wokółgwiazdową prowadzi do powstania fali uderzeniowej propagującej się z dużą prędkością oraz drugiej fali wstecznej produkującej miękkie promieniowanie X oraz radiowe. Detekcja w tym samym mniej więcej czasie emisji X i radiowej potwierdza taką interpretację.

Po wtórnym maksimum krzywej blasku, intensywność szerokich linii H I zaczyna spadać, pojawiają się linie He I 6678 i 4921 i ich intensywność rośnie. W końcu maja, emisje He I są dość silne, a ponadto pojawiają się liczne linie wzbronione**), [Ca II], [Fe II] i [O I]. Widmo supernowej, zaraz po wybuchu typowe dla SN II, zaczyna coraz bardziej przypominać widma SN typu Ib (lub Ic). Zdaniem S. E. Woosley'a SN1993J należy zaliczyć do supernowych klasy IIb, niedawno przez niego wyodrębnionej. Supernowe typu IIb w początkowej fazie wybuchu charakteryzowały się obecnością silnych emisji H I (czyli miały cechy widma SN II typu), później jednak emisje H I znikałyby i widmo przypominałoby raczej SN Ib i Ic, czyli takie, w których widmach nie ma linii H I. Progenitorami SN IIb byłyby gwiazdy, w których wskutek intensywnej utraty masy na rzecz towarzysza w układzie podwójnym, doszłoby do znacznej redukcji bogatej w wodór otoczki. Szybka ewolucja jasności bolometrycznej i widma SN 1993J przemawia na korzyść takiej hipotezy. Woosley, w oparciu o wstępne rachunki modelowe szacuje masę początkową progenitora, na ciągu głównym, na 10–20 mas Słońca, a masę bogatej w wodór otoczki, na krótko przed wybuchem, kilka dziesiątych masy Słońca. Istnienie takiej klasy supernowych jest dyskusyjne, dlatego obserwacje SN1993J są ogromnie ważne i interesujące. W tym kontekście interesujące jest, że również SN1987A można zaliczyć do tej klasy.

SN1993J była też obserwowana przez dwa satelity rentgenowskie: ROSATa oraz ASCA

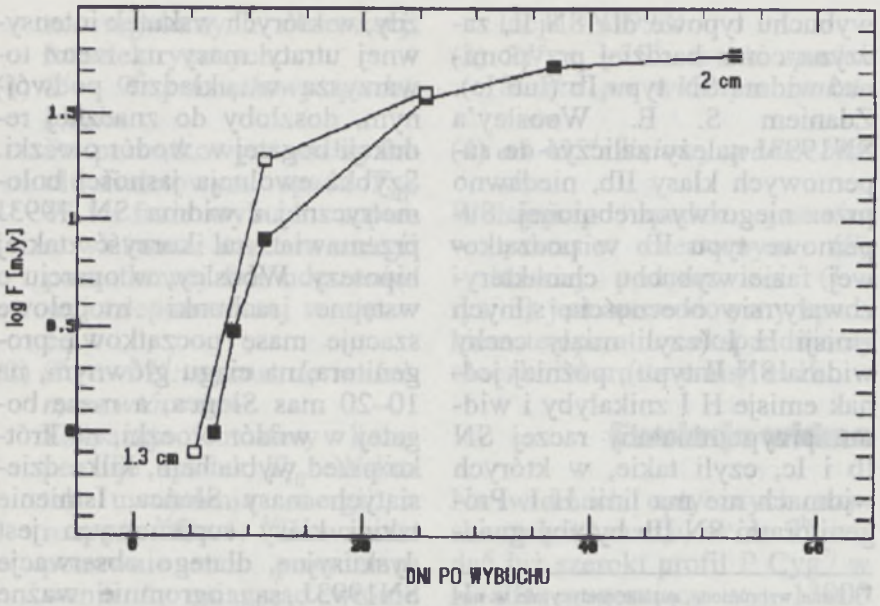
**) Linie wzbronione, pisane tradycyjnie w nawiasach kwadratowych, np. neutralnego lub dwukrotnie zjonizowanego tlenu (odpowiednio [O I] i [O III]), pochodzą z przejść zabronionych (!) przez kwantowe reguły wyboru. Niezmiernie małe gęstości i ogromne objętości obłoków międzygwiazdowych, mgławic planetarnych, czy otoczek wokółgwiazdowych, powodują, że linie takie są obserwowane. Po prostu częstość zderzeń jest jeszcze mniejsza niż częstość takich „nieprawdopodobnych" przejść. (patrz również PA 1/92, str. 15)

SN1987A – pół roku przegwizdane. Wszystkie nasze „normalne" gwiazdy poszły w odstawkę. Właśnie poprzez analogię do tej słynnej supernowej, przewidywałem w poprzednim zeszycie maksimum po trzech miesiącach i jasność 9^m. Stało się inaczej, i już przychodzi nam się żegnać z supernową. Oj, teraz CCD byłoby jak znalazł!

Wiele osób chciało obejrzeć supernową. Ale nic za darmo! Noce stawały się coraz krótsze. Kto chciał popatrzeć na supernową, musiał przy okazji zerknąć na gwiazdę porównania i skontemplować jasność tła nieba w ramieniu spiralnym M81 (główna trudność obserwacji), a więc faktycznie WYKONAĆ OBSERWACJE. Stąd na liście obserwatorów, poza autorem tego felietonu i jego kolegami, Bogdanem Wikierskim i Krzysiem Rumińskim, znaleźli się liczni studenci: Krzysztof Belczyński, Marek Staniewski, Marek Gołębiewski, Małgosia Redmerska i Darek Graczyk. Najwięcej zabawy było z dwiema czarującymi licealistkami, Dorotką Wysocką i Agnieszką Woźny. Jak przerobić miłośniczki astronomii na miłośnice astronomów? Po prostu schować drabinę. A gdy nie można sięgnąć okularu – usłużny astronom rękę ci poda, podeprze, przytrzyma, otuchy doda... Oj, gdybym był tak z 20 lat młodszy! A wszystkie te zabawy w warunkach pełnej konspiracji, jako że obecność studentów w obserwatorium jest tępiona jeszcze bardziej bezwzględnie niż astronomów. Niech to będzie przestrogą dla innych uniwersyteckich obserwatoriów, przestrogą wołającą o pomstę do nieba na odległość 10 mln lat świetlnych, tj. odległość do M81. Bez pomocy i zapału tych młodych ludzi nie byłoby tych obserwacji! Ślusarz – chociaż niebieski – zamki pozamienia, nie w niebie ale na ziemi, astronomów nie wpuści, komputery wywiezie, teleskopy sprzeda. Ale tak to już chyba musi być, że gdy idea sięga niebios, ideał pada na bruk. No bo po cóż teleskopy, one sięgną najwyżej do M81, może trochę dalej... Tylko ludzka głupota jest w stanie przekroczyć granice obserwowalnego Wszechświata. Horyzont zdarzeń to dla niej fraszka i nie zagina się przy wielkich masach.

MaMi

postępki astronomów



Rys. 4. Wybuch radiowy SN 1993J na długościach fal 1.3 cm (23 GHz) i 2 cm (15 GHz). Obserwacje wykonano teleskopem Ryle'a i VLA.

(*Advanced Satellite for Cosmology and Astrophysics*). Zaraz po detekcji 3 kwietnia, SN była jasnym źródłem o stosunkowo twardym widmie, a jej jasność w zakresie 0.1–2.4 keV była około 1000 razy mniejsza niż L_{opt}, w tym samym czasie. Przebieg zmian spektroskopowych oraz momenty włączania się do obserwacji teleskopów satelitarnych, został schematycznie zaznaczony na rysunku 2.

Obserwacje radiowe (rys. 4) również pokazują bardzo szybką ewolucję supernowej i sugerują stosunkowo niską masę progenitora (nie więcej niż 15 mas Słońca). Jednocześnie, na razie trudno je pogodzić z istniejącymi modelami radiowej emisji supernowych. Być może wiąże się to z innymi osobliwościami tej SN (krzywa blasku, transformacja widma SN II – SN IIb, etc.).

Zupełnie fantastyczne możliwości daje radiowa interferometria wielkobazowa VLBI (patrz PA 1/91 str. 36). W nocy, 24/25 kwietnia przeprowadzono sesję obserwacyjną z udziałem zaledwie 2 anten: 70 m radioteleskopu NASA w Madrycie i 18 m anteny w Westford (USA). Zakładając kształt kołowy źródła określono jego średnicę: 0.00025 ± 0.0001 sekundy łuku.

Progenitor

To obco brzmiące słowo oznacza obiekt, z którego narodziła się nasza supernowa. Nie mieliśmy lepszego pomysłu językowego, więc niech zostanie – w końcu pochodzi z łaciny.

1 kwietnia, A. V. Filipienko identyfikuje presupernową na zdjęciu Atlasu Galaktyk Hubble'a, jako wyraźną gwiazdową lub gwiazdopodobną kondensację, w środku ramienia spiralnego. Znaleźliśmy i my! Wykonane 5–metrowym teleskopem zdjęcie reprodukujemy na drugiej stronie okładki, korzystając z pierwszego wydania tego atlasu (Sandage 1961).

Jak dotąd doniesiono o 6 pomiarach fotometrycznych presupernowej, wykonanych między marcem 1982 a marcem 1993. Jasność V waha się w granicach $20–21^m$, jasność R ~ $19–20^m$, podczas gdy wskaźnik barwy jest – o dziwo – dość stabilny, $V–R$ = 0.8+/-0.1. Takie założenie pozwoliło nam nanieść kilka obserwacji R tuż przed wybuchem na krzywą blasku (rys. 2.). Przy poczerwienieniu E(B–V) ~ 0.1–0.4 (IUE 2200Å daje 0.07; gęstość kolumnowa Na I D daje 0.1- 0.4) odpowiada to typowi F9– G1 Ia – Iab i jasności absolutnej M_{bol}~ -8^m – -7^m (dla modułu odległości 27.5 dla M81. Niewykluczone, że jest to zmienna nieregularna, stąd rozbieżności w ocenie jasności, chociaż wspomniane wyżej obserwacje Prunigela, wykluczają silną zmienność w krótkich skalach czasowych. Obserwacje nie wykazały też śladu obszaru H II związanego z presupernową. Wprawdzie wszystko to sugeruje, że nadolbrzym, który wybuchł jako supernowa, nie był tak niebieski (i gorący) jak progenitor SN1987A, jednak nie był też aż tak czerwony jak astrofizycy by tego oczekiwali. Czyżby więc kolejna jasna supernowa była nietypowa, być może wskutek podwójności jej progenitora?

Niniejsza, pisana na gorąco relacja, opiera się głównie na doniesieniach podawanych w Telegramach Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Być może pewne rzeczy trzeba będzie sprostować, inne udokładnić, dodać nowe fakty. Czujni na tę wystrzałową gwiazdę na niebie i na Ziemi (tzn. prowadząc obserwacje i czytając publikacje) będziemy Czytelników o wszystkim informować.

Biała Lista PTA:

Lista członków Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, którzy dobrowolnie podwyższyli składki członkowskie za rok 1992:

1. **Biesiada Marek 195.000**
2. **Dobrzycka Maria 130.000**
3. **Dobrzycki Adam 130.000**
4. **Dobrzycki Jerzy 130.000**
5. **Dziembowski Wojciech 130.000**
6. **Głębocki Robert 320.000**
7. **Grabowski Bolesław 130.000**
8. **Grzędzielski Stanisław 133.000**
9. **Kanthak Jan 265.000**
10. **Madej Jerzy 130.000**
11. **Michałowska-Smak Anna 130.000**
12. **Mikołajewska Joanna 130.000**
13. **Mikołajewski Maciej 130.000**
14. **Smak Józef 130.000**
15. **Stawikowski Antoni 140.000**
16. **Ruciński Sławomir 300.000.**

Veni, vidi... Ensisheim 1992

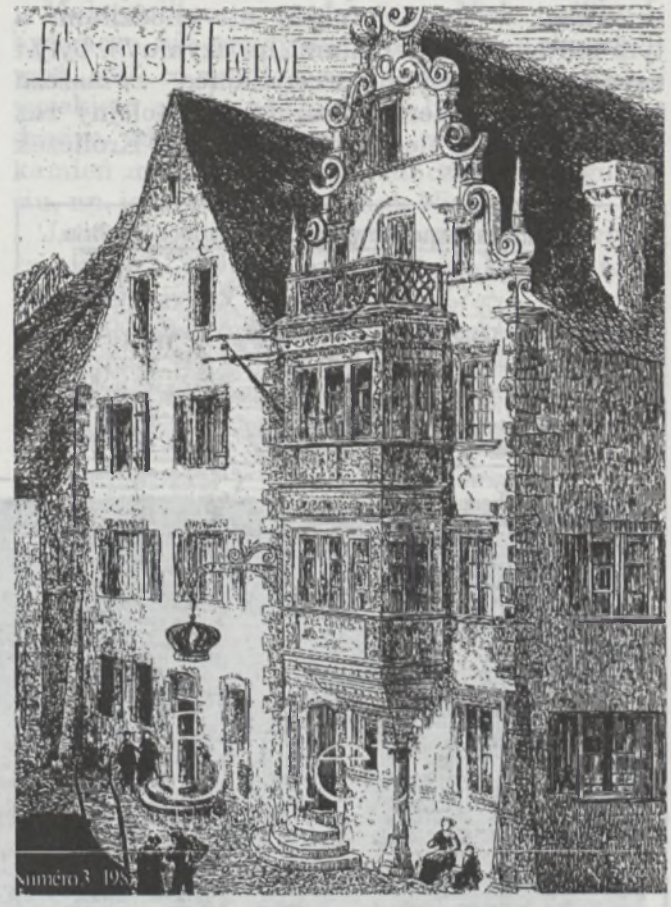
Rok 1992 jest rokiem obfitującym w rocznice, ale dwie są naprawdę wielkie: 500 rocznica odkrycia Ameryki przez Kolumba i 500 rocznica spadku meteorytu koło Ensisheim. Z racji własnych zainteresowań zawodowych moją uwagę przykuła ta druga. Myśl o odwiedzeniu miejsca spadku bardzo niegdyś słynnego meteorytu nie opuszczała mnie od dłuższego czasu; być może zrodziła się ona 4 lata temu, gdy w trakcie przygotowywania materiałów do wystawy o meteorytach „Kamienie spadają z nieba" natrafiłam na cytowany niżej opis.

„Ensisheim leży na szerokim szlaku wiodącym ze Strasbourga przez Colmar do Bazylei. Otoczona żyznymi polami uprawnymi, czysta, miła, niemal bezludna w upalne dni letnie mieścina ta nie różni się od innych miasteczek górnej Alzacji. Automobiliście, który zboczywszy z głównej szosy znajdzie się na rynku, rzuca się w oczy imponujący stary ratusz [...] Stary ratusz posiada salę obrad, której wysokie sklepienie spoczywa na potężnych kolumnach. [...] przybyły tutaj turysta [...] może [...] w tymże budynku znaleźć coś niezwykłego: najstarszy meteoryt, którego spadek został zaobserwowany w czasach historycznych i który zachował się do dzisiaj, przynajmniej częściowo."

W Sali Sprawiedliwości mieściło się muzeum. „Tam pośród skorup z czasów rzymskich, obok staroświeckiej flinty, kamieni granicznych, rożka na proch strzelniczy, kamiennych kul armatnich i różnych innych przedmiotów znalezionych w piwnicach i oborach na terenie gminy znajduje się pretensjonalna skrzynia. W skrzyni, za szybami przechowywany jest meteoryt z Ensisheim. Każdy miejscowy człowiek wie, że to właśnie ten meteoryt jest największą lokalną osobliwością. Ale skrzynia ochronna ma tylko symboliczne znaczenie: zamek i klucz dawno zaginęły, a młoda panienka nie czekając na prośbę zwiedzającego zdejmuje z meteorytu szklaną osłonę. I oto meteoryt, o kształcie jajowatym i szarej barwie spoczywa tu pokryty kurzem."

Po przeczytaniu takiego opisu, w sercu każdego astronoma rodzi się smutek. Zwykłe kamienie ziemskie (skały - powiadają geolodzy) znajdują swoje miejsce w kolekcjach muzeów geologicznych, a tu chodzi przecież o coś więcej – pierwszego powitanego gościa z Kosmosu, którego waga dochodziła przed 500 laty do 3 i pół cetnara (podobno 127 kg).

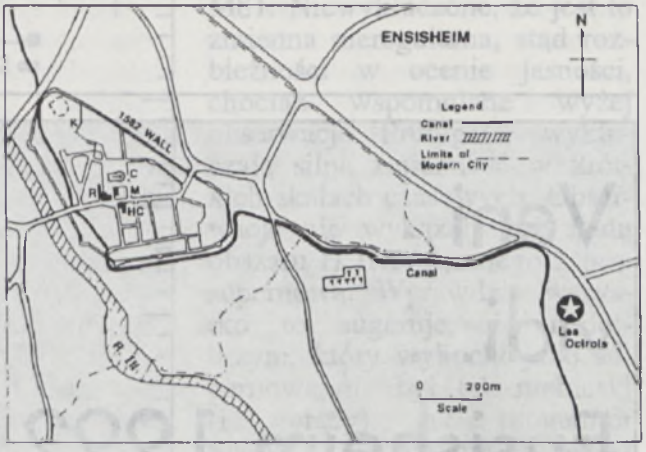
W marcu tego roku, na osiem miesięcy przed ewentualnymi obchodami rocznicy, wyruszyłam więc w podróż. Chciałam sprawdzić, czy ten tak niezwykły gość z nieba spoczywa w zapomnieniu pośród innych osobliwości w sali ratuszowej w Ensisheim.



Ensisheim – dom z 1609 roku

Wybrałam się więc w daleką drogę, liczącą w całości ok. 4 tys. km. Towarzyszyła mi moja mama, której pomoc w porozumieniu się z mówiącym tylko po francusku kustoszem muzeum w Ensisheim okazała się nieodzowna. Podróżowałyśmy polskim dużym fiatem (może ktoś powie – o święta naiwności!). Było to zaledwie w rok po uzyskaniu przeze mnie prawa jazdy, ale za to po przejechaniu prawie 1/2 ob-

Widok miasta w roku 1644



Gwiazdką zaznaczono miejsce spadku meteorytu

wodu kuli ziemskiej, co podobno nie jest mało. Wolałam jednak bardziej liczyć na opiekę Boską, niż na zdobyte doświadczenie. Przygody, które wydarzyły się po drodze, związane z moim prawie całkowitym brakiem poczucia orientacji w terenie (nigdy nie chodziłam, a tym bardziej nie jeździłam „na azymut"), były i zabawne i czasami przerażające, zwłaszcza wtedy, gdy stwierdzałam, że już kolejny raz mijam ten sam element krajobrazu! Króliczek Bugs opowiada od czasu do czasu historyjki na temat autostrad – można tam podobno jeździć w nieskończoność... Pogoda podczas podróży była bardzo kapryśna, wręcz bardzo zła. Od Magdeburga prawie stale padał duży deszcz, wiały silne wiatry. Wzgórza mozelskie koło starożytnego miasta Thrier tonęły we mgle. Nie lepiej było przed Colmar. W drodze do samego Ensisheim, po minięciu Colmar, jakby się nieco przejaśniło. Samochód jednak na szczęście sprawował się bez zarzutu.

Ulotka Sebastiana Branta opisująca fakt spadku meteorytu.

Ensisheim przywitało nas nieśmiałym uśmiechem wieczornego Słońca. Deszcz ustał i można było rozejrzeć się za noclegiem. Pierwszy napotkany hotel przy głównej ulicy Ensisheim mieścił się w przepięknym budynku, jak się niebawem okazało z 1609 roku. Wspaniała, koronkowa architektura, cudowne wnętrza – to po prostu Hotel de la Couronne! Miejsce, w którym nocował sam cesarz Francuzów Napoleon I. O tej porze roku nie było gości, więc stało się coś nadzwyczajnego – dano nam ten sam pokój, co cesarzowi Francji.

Vis a vis – pałac Regencji i tam właśnie w otwartym w 1987 roku Muzeum Historii i Archeologii spoczywa meteoryt z Ensisheim.

Samo Ensisheim jest miastem bardzo starym. Kurhany w jego pobliżu kryją szczątki ludzkie z czasów bardzo odległych, kiedy zamieszkiwała na tych terenach ludność celtycka. Do Alzacji dotarli, poszerzając swoje cesarstwo, Rzymianie. Rozpoczęli od budowy słynnych dróg rzymskich, których ślady są do dzisiaj widoczne. Potem jednak przybyli Germanowie, co spowodowało wycofanie się Rzymian. Po jakimś czasie miejscowej, pozostałej przy życiu ludności celtycko – rzymskiej, narzucono nowe obyczaje i nowy język.

Pierwsze wzmianki o mieście pochodzą z 765 roku. Nazwa miasta pojawia się w formie - Engisehaim. W roku 768 już zmieniona na Engehiseshain, a w roku 825 – Enisgesheim.

Znawcy Średniowiecza tłumaczą nazwę miasta jako „Miasto Miecza" lub „Miasto Sprawie-

Pałac Regencji.
Widoczne schody prowadzą do muzeum.

dliwości", bo tu właśnie było centrum sprawowania sądów nad ludnością. Pojawia się też i takie wytłumaczenie: Angise lub Ansige to imię jakiegoś właściciela domu (Heim – po niemiecku do dzisiaj znaczy dom, ale nie w sensie budynku).

Położenie Ensisheim w dolinie rzeki Ill jest bardzo korzystne – są tu żyzne pola. Ma to jednak i swoje złe strony. Miasto i jego okolice nawiedzały straszne powodzie, niszczące doszczętnie na zawsze całe wioski. Położenie na szlaku między Strasbourgiem i Bazyleą miało także swoje dobre i złe strony. Walki religijne, wojna 30-letnia, przemarsze wojsk, Rewolucja Francuska, najazd Szwedów, wreszcie I i II wojna światowa (a także epidemie czarnej ospy od czasu do czasu nawiedzające miasto i okolice) – te wszystkie wydarzenia sprawiły, że ginęła często prawie połowa ludności (obecnie Ensisheim liczy ok. 6000 mieszkańców), a także zniszczona została większość pięknych budowli. Z ponad 250 takich domów zachowało się do dziś zaledwie kilka. Muzeum Historii i Archeologii jest jednym z nich.

Dopiero nazajutrz poznałam przemiłego kustosza Muzeum pana Georga Mathieu i dane mi było wreszcie ujrzeć meteoryt. Jest czarny i ma kształt spłaszczonej wielkiej głowy Murzyna. Umieszczony w szklanym prostopadłościanie, w specjalnej sali nie wygląda na zaniedbany, porzucony eksponat muzealny.

Wokół meteorytu – wystawa fotograficzna poświęcona „Donnerstein'owi", czyli kamieniowi z nieba, który spadając na Ziemię 7 listopada 1492 roku, około południa, narobił tyle hałasu, że podobno słychać go było nawet w Lucernie, o czym donoszą m.in. najwcześniejsze informacje wydrukowane w postaci jednostronnych ulotek (praprababek współczesnej gazety) przez Sebastiana Branta, profesora prawa na uniwersytecie w Bazylei, wziętego poety.

Spadł daleko za murami miasta i zgodnie z „Protokołem miasta Ensisheim", którego oryginał zaginął i pozostała tylko jakaś kopia, jedynym naocznym świadkiem spadku meteorytu był mały chłopiec, może pastuszek.

Meteoryt wbił się na głębokość pół człowieka.

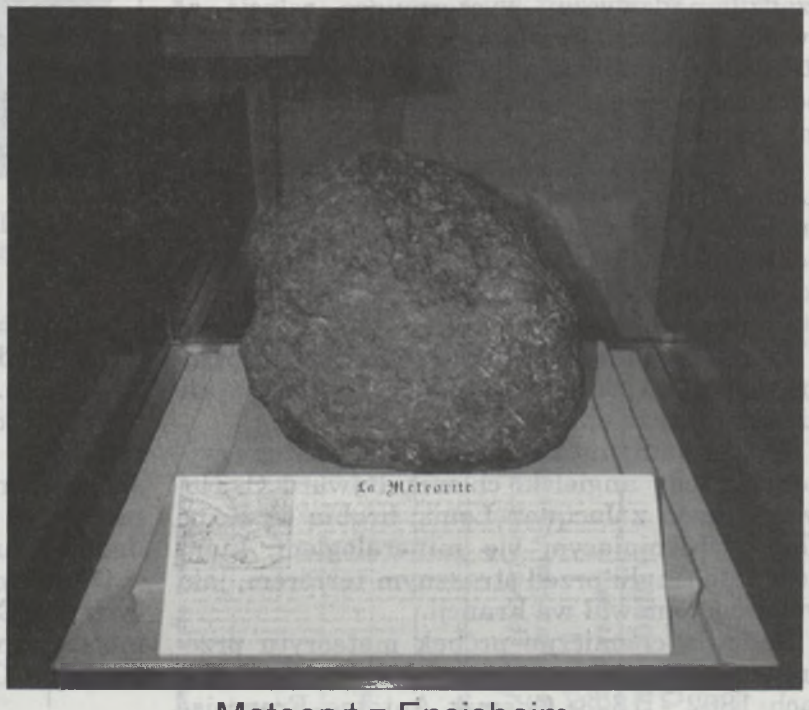
Miejscowa ludność zgromadziła się wokół kamienia i zaczęła obłupywać kawałki, co trwało aż do pojawienia się przedstawiciela władzy miejskiej tzw. prevota, który natychmiast zakazał dalszego pomniejszania masy meteorytu. Kamień został przewieziony, podobno z wielką pompą, do miasta.

Prevot posłał umyślnego z wiadomością o wydarzeniu do króla Maksymiliana.

Maksymilian, przyszły cesarz Maksymilian I, być może nie przybyłby tylko po to, aby obejrzeć „coś", co spadło z nieba, ale ciągnął i tak z wojskiem na Francuza, więc było mu jakby po drodze. Może też powstała w nim myśl, że kamień może mieć jakieś znaczenie w jego życiu, np. jako przychylny znak Niebios?

Jakkolwiek było, w dwa tygodnie po wydarzeniu, w 1200 koni przybył Maksymilian do Ensisheim.

Kazał kamień sprowadzić na zamek. Miał go tam przez dwa dni, po czym, po odłupaniu dwóch kawałków, jednego dla siebie, drugiego dla przyjaciela Zygmunta von Habsburg, zaka-



Meteoryt z Ensisheim

Tak miał wyglądać moment spadku meteorytu. (Ulotka Sebastiana Branta)

zał dalszego odłupywania kawałków od meteorytu. Kamień, z rozkazu królewskiego, znalazł się w parafialnym kościele – przykuty do ściany łańcuchem.

Tam spoczywał aż do roku 1793, kiedy to nowe władze rewolucyjne kazały przewieźć go do Biblioteki municypalnej w Colmar. W tych czasach masa jego jeszcze bardziej zeszczuplała – pobierano próbki do pierwszych badań składu chemicznego i mineralogicznego. Być może niejedna prywatna kolekcja powiększyła się w ten sposób o szczególnie wartościowy okaz.

Kamień powrócił do Ensisheim w 1803 roku po usilnych staraniach jego mieszkańców. W tym samym roku, 26 kwietnia, spadł słynny deszcz meteorytowy w L'Aigle. Paryska Akademia Nauk wysłała na miejsce spadku swojego przedstawiciela, fizyka J. B. Biota, który sporządził nadzwyczaj wyczerpującą relację ze swoich oględzin. Przełom XVIII i XIX wieku (także po opublikowaniu pracy Chladniego) to początek rozwoju nauki, którą dzisiaj nazywamy meteorytyką.

W 1854 roku wieża kościelna zawaliła się – kamień powędrował do Pałacu Regencji i tam znajdował się w jednej sali wraz z innymi eksponatami, świadczącymi o niezwykłej przeszłości miasta, aż do roku 1987, kiedy otwarte zostało nowe Muzeum.

Pierwsze badania składu chemicznego przeprowadził w 1800 roku Charles Barthold, ale nie uznał go za obiekt pozaziemski.

W tym samym czasie analizę chemiczną wykonał młody angielski chemik Edward C. Howard razem z Jacques–Louis, hrabią de Bournon, wyróżniającym się mineralogiem, który uciekł do Anglii przed strasznym terrorem, jaki wówczas panował we Francji.

Badania chemiczne próbek meteorytu przeprowadzono także we Francji i Niemczech w latach 1802 - 1803. Chemik Antoine–Francoise de Foucroy otrzymał z Colmar, gdzie w tym czasie pozostawał meteoryt, 11–kilogramową próbkę. Pozostałość tej próbki ważąca około 9 kg, znajduje się obecnie w Muzeum Historii Naturalnej w Paryżu.

Dzisiaj wiemy, że meteoryt z Ensisheim jest klasy LL6 – kamiennym chondrytem.

Miasto Ensisheim jest dumne z tego, że posiada taką osobliwość w swoim Muzeum. Z okazji 500–lecia spadku zorganizowało sesję naukową i wystawę, którą otwarto 5 czerwca (trwała do 8 listopada). Meteoryt podziwiają nie tylko naukowcy. Pięknej, fascynującej bryle uwagę poświęcił słynny malarz Albrecht Dürer, przebywający podczas spadku w Bazylei. Także Wolfgang von Goethe, po drodze ze Strasbourga, odwiedził wraz z przyjaciółmi Ensisheim w 1771 roku.

„Eksplozja pod Ensisheim"" (mal. Albrecht Dürer)

Początkowo nie uwierzył w pozaziemskie pochodzenie kamienia, a sam pomysł wydał mu się zabawny. Ale po rozmowie z Chladnim zdanie swoje zmienił, podobnie jak Paryska Akademia Nauk, po zapoznaniu się z relacją Biota.

Od marca 1992 roku grono osób przybywających do Ensisheim tylko po to, aby obejrzeć meteoryt powiększyło się jeszcze o moją skromną osobę. Co widziałam – opisałam.

Edith Pilska

Najpewniejszym i najtańszym sposobem zapewnienia sobie dostępu do POSTĘPÓW ASTRONOMII jest prenumerata

- Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym obok przekazie
- Prosimy o czytelne wypełnienie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu
- POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy
- Cena prenumeraty na rok 1993 wynosi 120.000,- zł, a pojedynczego zeszytu 30.000,- zł
- Można jeszcze zamawiać zeszyty 2, 3, 4 z roku 1991 w cenie 15.000,- zł oraz 1, 2 z roku 1992 w cenie 20.000,- zł za egzemplarz, a także podwójny zeszyt 3-4/1992 w cenie 30.000,- zł
- Koszt przesyłki w kraju jest wliczony w koszt prenumeraty
- Cena prenumeraty do krajów europejskich jest zwiększona o 75%
- Cena prenumeraty do krajów pozaeuropejskich jest zwiększona o 150%
- Wysyłka POSTĘPÓW ASTRONOMII za granicę będzie realizowana pocztą lotniczą
- Podane ceny pozostają aktualne aż do wydania zeszytu 3/93

Reklamacje

dotyczące prenumerat prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora pod adresem:

Sławomir Kruczkowski,
ul. Królewska 3b/22,
86-300 Grudziądz,
tel. (0-51) 26650.

W następnych numerach

Postępów astronomii

- **Najsłynniejsze soczewki grawitacyjne**
- **Rodzina Krabów**
- **Poradnik Miłośnicy Astronoma**
- **Proplydy – dyski protoplanetarne w Orionie**
- **450 lat De Revolutionibus**

Odcinek dla banku

zł .....
Słownie złotych .....
.....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....
.....

Dokładna nazwa: na r-k „Postępy Astronomii" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa

nazwa banku: BANK GDAŃSKI IV Oddział w Warszawie
Nr r-ku 300009-6536-132

Pobrano opłatę zł .....

Podpis przyjmującego .....

stempel

Odcinek dla posiadacza rachunku

zł .....
Słownie złotych .....
.....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....
.....

Dokładna nazwa: na r-k „Postępy Astronomii" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa

nazwa banku: BANK GDAŃSKI IV Oddział w Warszawie
Nr r-ku 300009-6536-132

Pobrano opłatę zł .....

Podpis przyjmującego .....

stempel

Pokwitowanie dla wpłacającego

zł .....
Słownie złotych .....
.....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....
.....

Dokładna nazwa: na r-k „Postępy Astronomii" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa

nazwa banku: BANK GDAŃSKI IV Oddział w Warszawie
Nr r-ku 300009-6536-132

Pobrano opłatę zł .....

Podpis przyjmującego .....

stempel

WYPEŁNIĆ I WYCIĄĆ

Listy Czytelników

Dzisiaj mój kolega, Tadeusz Michałowski, przyszedł do pracy trzymając w ręku ostatni numer „Postępów". „Co za bzdury tu wypisujesz" – rzekł, pokazując mi mój artykuł o Gasprze i Toutatis, a konkretnie znajdującą się w środku „ramkę". Na moje próby tłumaczenia, że to nie ja, pokazał mi zdanie w moim artykule, które wyraźnie wskazywało więź między moim tekstem a ramką (brzmi ono: „Uzyskanie tak cennych zdjęć Gaspry nie byłoby możliwe bez wcześniejszych naziemnych obserwacji (patrz ramka na sąsiedniej stronie)"). Podpis pod ramką – tajemnicze „j" – mógł być moim pseudonimem literackim...

Oczywiście Tadeusz mi uwierzył, lecz nie czuję się zbyt pewnie mając świadomość, że do takich samych wniosków, co do mojej wiedzy o planetoidach, mogą dojść inni czytelnicy.

Nie czuję się na siłach, by krytykować tajemniczą „j", która w swoim tekście wykazała brak znajomości tematu – zrobi to zapewne Tadeusz Michałowski, który jako uczestnik wspomnianej kampanii jest do tego najbardziej predysponowany. Ja chcę tylko prosić o zamieszczenie informacji, że nie byłem autorem tekstu: „Jak przygotowywano się do spotkania Galileo z Gasprą".

Tak na marginesie to mi żal, że to właśnie w „Postępach"... Na przyszłość życzę wam unikania tego typu sytuacji.

Tomasz Kwiatkowski – Poznań

Niedawno otrzymałem nowy numer PA (tzn. 1/93). Ze zrozumiałych względów zacząłem lekturę od tekstu napisanego przez Tomka Kwiatkowskiego. Nie widziałem tej pracy w wersji ostatecznej, ale dużo spędziliśmy czasu na omawianiu tego tekstu. Wiedząc to wszystko i znając Tomka wiedziałem, że zrobi to dobrze. Trochę zdziwiła mnie notka odwołująca się do tekstu w ramce na stronie 23 pt. „Jak przygotowano się do spotkania Galileo z Gasprą". O ile dobrze pamiętałem on nie planował niczego takiego pisać, ale doszedłem do wniosku, że postanowił to dołożyć w ostatniej chwili. Niestety po przeczytaniu tej strony (nr 23) mogłem odczuć, że pisała to osoba zupełnie niezorientowana w tematyce. Tomek w swoim tekście napisał, że w kampaniach przygotowujących przeloty Galileo koło Gaspry i Idy bierze udział nasze Obserwatorium. Dlatego tym bardziej strona 23 wydała mi się tak kompromitująca w tym kontekście. Ten tekst w ramce został umieszczony w środku jego pracy, bez żadnej adnotacji o innym autorze, więc mogłem moje zarzuty kierować pod jego adresem. Na całe szczęście okazało się, że to nie on „stworzył" tę ramkę i całkowicie zgodził się z moją opinią o tym tekście. Mogę sądzić, że ten tekst nieznanego mi autora powstał z inicjatywy Redakcji.

Chciałbym więc wykazać nieścisłość tego tekstu. W ramce odnotowana jest tylko jedna publikacja i z całego tekstu czytelnik mógłby wnioskować, że na jej podstawie przygotowano spotkanie sondy z planetką. Aby takie spotkanie zakończyło się sukcesem, przelot sondy należało zaplanować tak aby jej aparatura pokładowa „widziała" w czasie tego krótkiego spotkania jak największą część oświetlonej powierzchni planetki. W tym celu należało z pewnym wyprzedzeniem określić gwiazdowy (a nie synodyczny) okres rotacji, orientację osi obrotu i kształt planetki, opisany trójosiową elipsoidą. Z „ramki" na stronie 23 wynika, że zrobiono to na podstawie obserwacji wykonanej w ciągu 9 nocy, w okresie od stycznia do maja 1990 roku. Jest to absolutna nieprawda. Aby wyznaczyć wspomniane parametry musimy dysponować obserwacjami z trzech lub nawet czterech różnych opozycji. Nie spełniały tego warunku obserwacje wzmiankowane w ramce. Z drugiej strony, autorzy wzmiankowanej publikacji nie postawili sobie takiego zadania. Ich obserwacje miały być tylko jednym z kroków do osiągnięcia tego celu. Na całe szczęście dysponowaliśmy, jeszcze przed październikiem 1991 wymaganym materiałem obserwacyjnym. Mogę więc tutaj napisać, że Gaspra była obserwowana w ciągu 74 nocy (!) w czterech opozycjach: 1982 (3 noce – jeszcze nieopublikowane), 1988 – 2 noce (opublikowane), 1989/90 – 33 noce (21 nieopublikowanych) i 1991 – 36 nocy (25 nieopublikowanych). Na bazie tych wszystkich obserwacji zostały wyznaczone potrzebne parametry Gaspry – można to znaleźć w pracy Magnusson *et al.* 1992, *Icarus* 97, 124. Oczywiście te dane trafiły wcześniej do NASA niż do redakcji *Icarusa* i pozwoliły prawidłowo zaplanować przelot sondy koło planetki. I z grubsza na tym polegało przygotowanie tego spotkania.

Warto jeszcze dodać, że obserwacje w ciągu 22 nocy wykonał nasz rodak Wiesław Wiśniewski (University of Arizona). Jego praca stanowi więc prawie 30% materiału obserwacyjnego. I to zapewne jest powód, że pozostałe obserwacje dotyczące Gaspry ukażą się lada moment w *Icarusie* jako Wiśniewski *et al.* (22 współautorów). Mogę przypuszczać, że prędzej czy później ten numer PA trafi do jego rąk i w jego oczach tekst Tomka wypadnie, ze względu na tę 23 stronę bardzo kompromitująco. Z tego co jednak napisałem wyżej, opinia ta byłaby bardzo krzywdząca zarówno dla Tomka jak i dla mnie osobiście. Sądzę, że możemy oczekiwać ze strony Redakcji jakiegoś sprostowania w najbliższym numerze PA.

Tadeusz Michałowski – Poznań

Red. Prostujemy, prostujemy. Ale, co? Oczywiście, w żadnym wypadku nie wstrzymujemy wysyłki PA do Arizony. Przy okazji, mniej domyślnym Czytelnikom wyjaśniamy, że teksty powstające w Redakcji i noszące cechy opracowań pojedynczych publikacji, przez zwykłą skromność podpisujemy: (b) – Bożena, (j) – Joanna, (m) – Maciej. Oczywista reszta, w stopce. Red. Mikołajewska z uśmiechem pozdrawia Wiesława Wiśniewskiego, nie podejrzewając go o wielkopolską mało–stkowość. Obserwacji gratulujemy, publikację może skomentujemy!

„Kompromitujące bzdury" na stronie 23 dedykujemy wszystkim naszym P.T. Autorom, którzy jeszcze nie zrozumieli, że Postępy Astronomii, to po prostu... propaganda. Tyle, że propaganda czegoś naprawdę bardzo szlachetnego. No bo jeśli chcecie dostawać pieniądze, np. z KBN, na swoje badania – posyłajcie prace do NATURE, AJ, etc. Jeśli jednak pamiętacie, że KBN, daje wam forsę podatnika – piszcie artykuły do Postępów. Taka jest nasza rola!

P.S. We wzmiankowanej ramce na str. 23 pozostawiono angielskie opisy na Rys. 1, zabrakło opisu skali i wymienionych w podpisie strzałek na Rys. 3. „Jasność" w opisie skali Rys.2 też wygląda dziwnie. To już wyłącznie nasza wina i chochlika.

Krakowski numer PA w moim odczuciu wypadł bardzo dobrze, szczególnie mnie cieszy w miarę obiektywna ocena sytuacji jaka była w Krakowie w połowie lat 70-tych. Szkoda, że gdzieś zagubił się podpis fotografii z ostatniej strony. Życzę nadrobienia opóźnień.

Jerzy Kreiner – Kraków

Zamówienie na następujące zeszyty postępów astronomii (wpisać ilość egzemplarzy w odpowiednie kratki)

1991 1992

2	15000 zł	1	20000 zł
3	15000 zł	2	20000 zł
4	15000 zł	3-4	30000 zł

1993 (prenumerata)

1	30000 zł	3	30000 zł
2	30000 zł	4	30000 zł

razem: ..... zł

ceny aktualne do wydania PA3/93

Zamówienie na następujące zeszyty postępów astronomii (wpisać ilość egzemplarzy w odpowiednie kratki)

1991 1992

2	15000 zł	1	20000 zł
3	15000 zł	2	20000 zł
4	15000 zł	3-4	30000 zł

1993 (prenumerata)

1	30000 zł	3	30000 zł
2	30000 zł	4	30000 zł

razem: ..... zł

ceny aktualne do wydania PA3/93

Zamówienie na następujące zeszyty postępów astronomii (wpisać ilość egzemplarzy w odpowiednie kratki)

1991 1992

2	15000 zł	1	20000 zł
3	15000 zł	2	20000 zł
4	15000 zł	3-4	30000 zł

1993 (prenumerata)

1	30000 zł	3	30000 zł
2	30000 zł	4	30000 zł

razem: ..... zł

ceny aktualne do wydania PA3/93

WYCIĄĆ I WYPEŁNIĆ

Red. Dziś są lata 90-te, a bywa podobnie... Podpis do zdjęcia z 4 strony okładki (PA 3-4/92) zniknął... pod Kalendarzem Astronomicznym. Oczywiście jest to zdjęcie teleskopu na Suhorze, wykonane przez autora artykułu (i listu). Szkoda, że ma zasłonięte lustra.

Zadaję sobie pytanie, kto wpadł na pomysł „uzupełnienia" nazwiska Arenda na „Arendt" (podpis pod zdjęciem na str. 176, PA 3-4/92). Zauważyłem także „połknięcie" fragmentu zdania na pierwszej stronie artykułu o krakowianach, gdzie mowa o definicji matematyka, podanej przez Ważewskiego. Rozumiem, że Redakcja sama już zauważyła przestawienie fotografii kopuł „Maksutowa" i „Grubba" (str. 114).

Moje błędy i niedoróbki to: nieodszukanie w Muzeum Historycznym M. Krakowa nazwiska autora oryginału rysunku przedstawiającego Collegium Śniadeckiego z początkiem XIX w. (str. 103); niepodanie nazwiska malarki, siostry prof. Witkowskiego (str. 107 i 109) – powinienem był napisać do Lozanny, do p. Anny Marii Witkowskiej, córki Profesora; powiększenie o jeden numeru roku ucieczki prof. Zięby z Krakowa, stało się to bowiem w jesieni 1978 (nie jest to data tak ważna, jak data hidżry – ucieczki Mahometa z Mekki – ale jednak...); i wreszcie, niepodanie nazwiska owego geodety, słuchacza mojego odczytu w Olsztynie, który dał mi przeźrocza (str. 176) – był tu wczoraj dr K. Schilling z Olsztyna i próbowałem wycisnąć tę informację z niego, gdyż on był przy tym, ale uzyskałem tylko tyle, że nie wykluczone, iż był to p. Oziewicz.

Jan Mietelski – Kraków

Red. Definicja – to chyba my, zdjęcia i Arend vel Arendt – chochlik! Dziękujemy.

Oprócz matematyczno–fizycznych zainteresowań jestem miłośnikiem astronomii. Od pewnego czasu jestem w posiadaniu teleskopu, lecz niestety mieszkam w mieście, co jest prawdziwą zmorą przy obserwacjach. Teleskop mój ma zasięg do $11^m.5$, a z ledwością dostrzegam mgławicę planetarną w Lutni (M57) o jasności $9^m.3$. Jednak nie można się załamywać i trzeba wytrwale dążyć do celu. W końcu np. Uran i Neptun były odkryte zanim je dostrzeżono.

„Postępy Astronomii" są w zasadzie jedynym czasopismem, które kupuję (obecnie prenumeruję). Jeśli chodzi o moją recenzję na ich temat, to jest one raczej pozytywna, choć przyznam szczerze, że często chętniej w miejscu historii jakiejś placówki astronomicznej widziałbym informacje bardziej ścisłe i teoretyczne. Poza tym myślę, że wielu czytelników mile zaskoczyłaby dokładniejsza mapka okolic ekliptyki, a głównie tych, którzy bliżej są zainteresowani szukaniem „śmieci" Układu Słonecznego.

Arkadiusz Piwoński – Włocławek

Red. Zapewniamy, że są tacy czytelnicy, którzy czytają tylko nasze wstępniaki, felietony i... listy czytelników. Oni też są dla nas bardzo ważni. „Ocalić od zapomnienia" to część naszej misji. O mapce, pomyślimy.

Panie Redaktorze, pamięta mnie Pan chyba z Grudziądza? Którejś nocy mówił Pan z nami o formie Seminarium, głównie o jego brakach. Nie byłam może wtedy idealnie trzeźwa, ale to zapamiętałam. No i piszę. Jestem uczennicą liceum. Interesuję się astronomią od dwóch lat. W tym roku brałam udział w Seminarium Astronomiczno–Astronautycznym w Grudziądzu.

Przyjeżdża na nie kilkudziesięciu uczniów szkół średnich z całej Polski. Prezentują oni swoje referaty, a ocenia ich jury złożone z astronomów. Na Seminarium można się sporo dowiedzieć, słuchając referatów i komentarzy jury. Może trochę szkoda, że kiedy już zebrała się młodzież zainteresowana astronomią oraz ludzie mający z nią kontakt na co dzień, że nie mogą oni nam czegoś ciekawego opowiedzieć – o swojej pracy, najnowszych odkryciach, przyszłości astronomii w Polsce itp.

Drugą ważną sprawą jest przeładowanie programu Seminarium. 20 referatów dziennie – to zbyt dużo! Nawet najwytrwalsi pod koniec byli znudzeni.

Bardzo interesująca była prezentacja nowej aparatury Planetarium, a miłym akcentem – kończące Seminarium spotkanie w kawiarni. Ogólnie rzecz biorąc – mile wspominam IX OMSA, choć marzy mi się ono w nieco innej formie. Myślę o Seminarium, na którym referaty nie są oceniane, nie przyznaje się miejsc, mówią tylko ci, którzy rzeczywiście pragną coś przekazać. Astronomowie swobodnie rozmawiają z nami, wyjaśniają wątpliwości, odpowiadają na pytania, uczą nas. To chyba jednak nieprawdopodobne, aby ktokolwiek znalazł czas, pieniądze i ochotę na zorganizowanie czegoś takiego.

Pozdrawiam serdecznie Redakcję i Czytelników „Postępów Astronomii", a szczególnie uczestników IX OMSA.

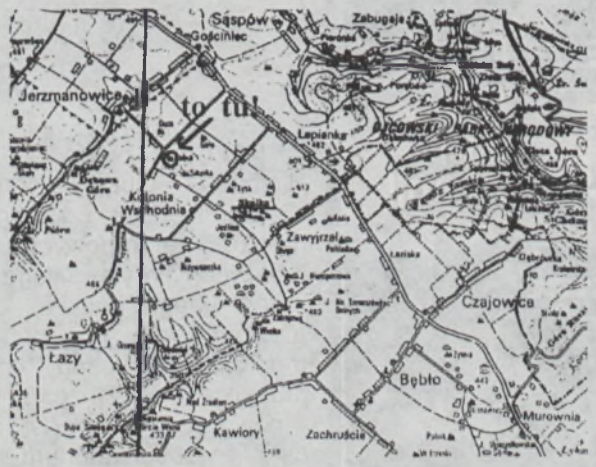
Magdalena Bajtlik – Chorzele

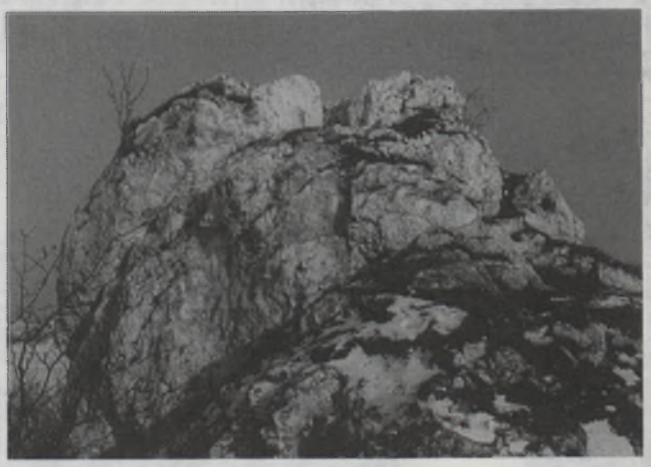
PS. Chodzi tylko o to, żeby zmieniła się forma OMSA. Poza tym Seminarium było odlotowe!

Red. Takich nocy i w tak czarującym towarzystwie w moim wieku już się nie zapomina! W końcu, od dwudziestu lat, nie próbowałem Ciociosanu! Jak się okazało, nie przeszkodził myśleć i rozmawiać o sprawach ważnych i ciekawych. Do formy Seminarium postaramy się wrócić – czekamy na dalsze listy. Poza tym, rzeczywiście – było bosko!

Meteoryt (?) Jerzmanowicki

Około godz. 19 czasu środkowoeuropejskiego, w czwartek 14 stycznia 1993 roku „coś" uderzyło i znacznie zniszczyło skałę zwaną Babią, pod Jerzmanowicami, w okolicach Ojcowskiego Parku Narodowego. Zjawisko być może poprzedził przelot bolidu (obserwowany nawet w znacznych odległościach) i być może był to meteoryt (patrz Wiedza i Życie 5/93, Urania 6/93). Przygotowujemy materiał na ten temat i poszukujemy świadków obserwowanych wówczas zjawisk. Dysponujemy dużą ilością zdjęć (patrz poniżej) Babiej Skałki po zderzeniu, ale szczególnie cenne byłyby zdjęcia SPRZED katastrofy: nawet zupełnie przypadkowe, pamiątkowe, z wujkiem, ciocią, a nawet (może zwłaszcza) opalającą się kuzynką Jolą. Materiały prosimy nadsyłać na toruński adres Redakcji.





zdjęcie i mapkę nadesłał Marcin Filipek z Jerzmanowic

CZYTAJCIE postępy astronomii

- *To nie zwyczajne pismo popularnonaukowe – to pismo „o nauce" dla każdego*
- *Pismo dla ludzi z wyobraźnią, fantazją i otwartym umysłem: dla profesora uniwersytetu i ośmioklasisty, dla humanisty i astronoma*
- *Rzetelna informacja, spektakularne odkrycia, esej, felieton i humor*
- *Astronomia polska i polscy astronomowie na świecie*
- *Teksty najlepszych autorów polskich i zagranicznych*
- *Pismo nie zastępuje podręcznika, ale daje wgląd w najnowsze wyniki badań*

Zeszyt 2/1991
Kosmiczny Teleskop Hubble'a ♦ Pulsary w gromadach kulistych ♦ Monoceros X-1: układ podwójny z czarną dziurą ♦ Gwiazdy Wolfa - Rayeta i gwiazdy symbiotyczne ♦ Planetarium w Olsztynie

cena: 15.000,- zł

Zeszyt 3/1991
Najodleglejsze kwazary ♦ Pulsar 1913+16 – niezwykłe laboratorium grawitacyjne ♦ Komety muskające Słońce ♦ K_α – niezwykła linia żelaza ♦ Obserwatorium w Alejach Ujazdowskich ♦ Konferencjologia stosowana

cena: 15.000,- zł

Zeszyt 4/1991
Polski teleskop w Chile ♦ Niezwykły nadolbrzym p Cassiopelae ♦ Maksimum aktywności Słońca ♦ Dysk protoplanetarny wokół β Pictoris ♦ Teleskopy promieniowania grawitacyjnego ♦ Planetarium w Grudziądzu ♦ O Einsteinie i Hawkingu

cena: 15.000,- zł

Zeszyt 1/1992
Aleksander Wolszczan o swoich planetach ♦ Naleśniki Zeldowicza ♦ Katastrofa Tunguska ♦ Skąd się biorą mgławice planetarne ♦ Błękitni maruderzy w 47 Tuc ♦ Ewolucja obłoków międzygwiazdowych ♦ 10-metrowy Teleskop Kecka

cena: 20.000,- zł

Zeszyt 2/1992
COBE – odkrycie anizotropii promieniowania reliktowego ♦ GRO – teleskop promieni gamma ♦ „Wywiad rzeka" z Aleksandrem Wolszczanem ♦ Jak mierzyć czas ♦ Planetarium Śląskie ♦ Słoneczne neutrina marki Philipsa

cena: 20.000,- zł

Zeszyt 3-4/1992
Historia Obserwatorium Krakowskiego ♦ Zderzenia gwiazd neutronowych ♦ Księżyce Kordylewskiego ♦ Pole Jagiellońskie ♦ „Czarna Wdowa" – pulsar modliszka ♦ Zasady kosmologiczne ♦ „Duże Bum" – nowa nazwa starego modelu ♦ Obserwatorium na Suhorze

cena: 30.000,- zł

postępy astronomii **zapraszają**

na serie **odczytów** *przeznaczonych dla wszystkich miłośników astronomii. Odczyty odbywają się w semestrze jesiennym i wiosennym.*

Warszawa: *Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN, Bartycka 18, poniedziałki godz. 17.00.*

Toruń: *Biała Sala Domu Kopernika, poniedziałki, godz. 18.00; po wykładzie herbatka w piwnicach Domu Kopernika.*

Olsztyn: *Planetarium Olsztyńskie, piątki, godz. 17.00; po wykładzie „kalendarzyk astronomiczny i krótkie informacje na temat najnowszych wydarzeń astronomicznych, pod kopułą planetarium.*

Wrocław: *Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego, ul. Kopernika 11, piątki, godz. 17.00 (od września do marca) i 19.00 (od marca do czerwca); po wykładzie pokazy nieba (jeśli jest pogoda).*

Dokładne terminy i nazwiska wykładowców podawane są na plakatach i w prasie.

---

postępy astronomii **zapraszają**

NICHOLAS COPERNICUS UNIVERSITY
Toruń, Poland 18-21 August 1993

EUROPEAN ASTRONOMICAL SOCIETY
2nd General Meeting

EXTRAGALACTIC ASTRONOMY AND OBSERVATIONAL COSMOLOGY

spotkanie w 450 rocznicę wydania *De Revolutionibus Orbium Celestium.*

Astronomia pozagalaktyczna i kosmologia obserwacyjna

TEMATY: bliskie galaktyki ❑ radiogalaktyki ❑ aktywne galaktyki ❑ pola magnetyczne we Wszechświecie ❑ Wszechświat w promieniach X i γ ❑ promieniowanie reliktowe ❑ wielkie struktury we Wszechświecie

KOMITET NAUKOWY: C. Balkowski, R. S. Booth, J. Einasto, W. Iwanowska, M. Longair, I. B. Novikow, B. Paczyński, R. Sunayev, J. P. Swings, G. A. Tammann, N. Vittorio, R. Wielebiński (Chairman)

Opłata Konferencyjna: ok. 700.000 zł

Bliższe informacje i zgłoszenia:
prof. Andrzej Kus
Toruń Radio Astronomy Observatory
Nicholas Copernicus University
Gagarina 11
PL – 87100 Toruń, POLAND
tel. (48) - 56 - 11651,
teleks: 0552324 trao
fax: (48) - 56 - 24602,
E - mail: eas@plutumk11.bitnet

ZDJĘCIE NA OKŁADCE PRZEDSTAWIA...

... 100 - metrowy radioteleskop Instytutu Radioastronomii Maxa Plancka w Effelsbergu (artykuł Richarda Wielebinskiego, dyrektora Instytutu znajduje się wewnątrz numeru).

postępy astronomii

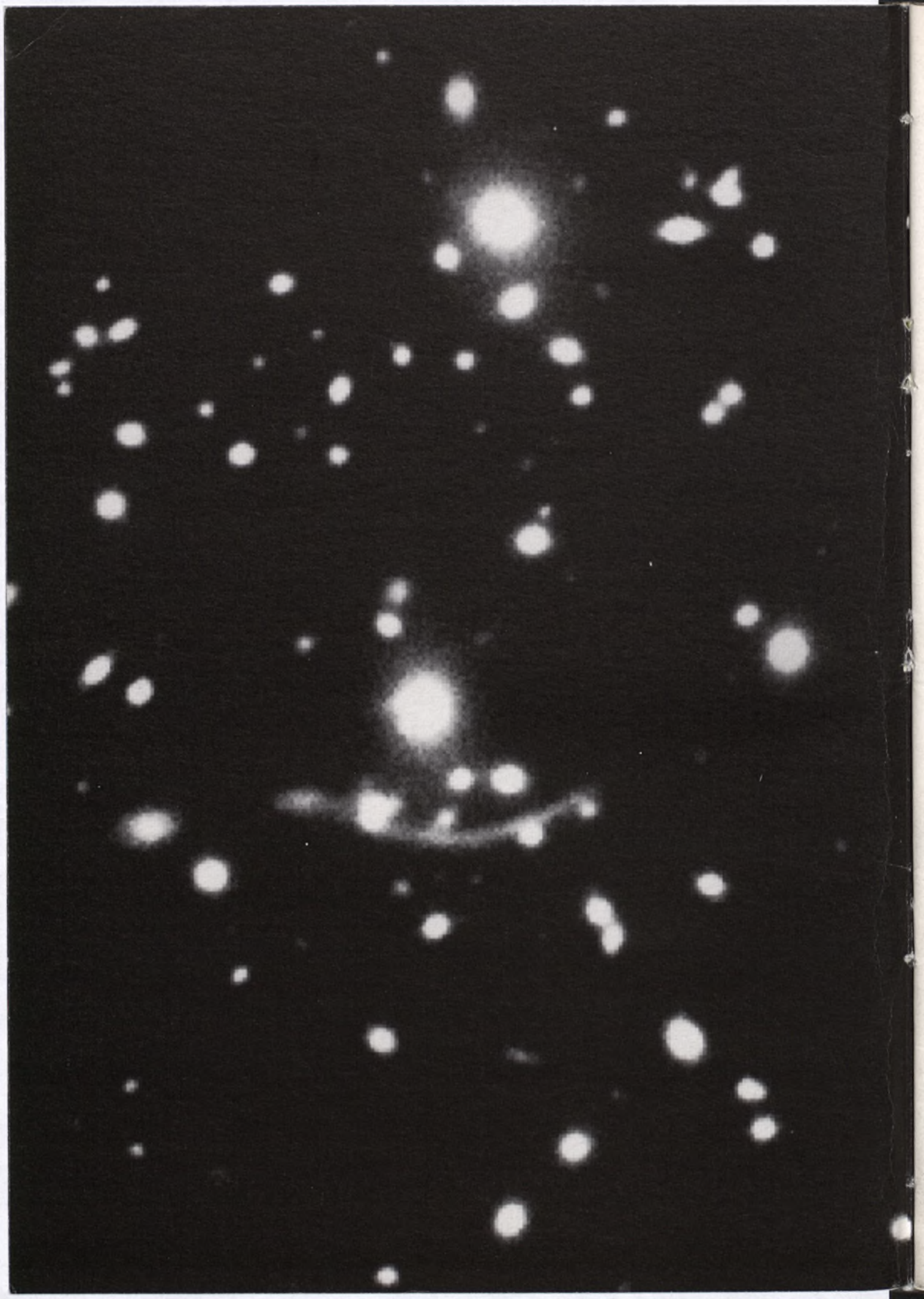
3/93

lipiec-wrzesień
tom 41

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

Soczewkowanie grawitacyjne
Komety atakują

KONKURS



ABELL 370

– jest to niezwykłe centrum gromady galaktyk, którego obraz otrzymaliśmy od Rogera Lyndsa. Zdobi sąsiednią stronę. Podobne zdjęcie innej gromady – uzyskane przez tego samego autora w Obserwatorium Kitt Peak – znajduje się na trzeciej stronie okładki. Takie obrazy od lat bulwersują część „astronomów-botaników", doszukujących się w nich wypustek i „nibynóżek" łączących galaktyki o skrajnie różnych przesunięciach ku czerwieni. Miałoby to niby dowodzić niekosmologicznego pochodzenia poczerwienienia i zaprzeczać ekspansji Wszechświata. Nic z tego – to tylko (aż?) fizyka! Przepiękne łuki i pierścienie obserwowane na zdjęciach są efektami soczewkowania grawitacyjnego. Oto, światło odległej galaktyki lub kwazara, napotykając po drodze inną galaktykę (a nalepiej gromadę), dzięki grawitacyjnemu zakrzywieniu przestrzeni dociera do nas „chyłkiem", tworząc tak fantazyjne kształty. Pisze o tym Krzysztof Stanek z Bohdanem Paczyńskim – najznakomitszym astrofizykiem polskim ostatnich dekad.

Czytelnikom, którzy nie chcą aż tak daleko sięgać w Wszechświat, a raczej obawiają się czy im coś nie spadnie na głowę, polecamy bogaty materiał o kometach. Tym, którzy chcieliby je obserwować, polecamy Konkurs. Jacek Uniwersał rozpoczyna produkcję teleskopów z prawdziwego zdarzenia: 25 cm Cassegrain! Pierwszy egzemplarz dla Czytelników Postępów!

Za autorem artykułu z cyklu obserwacji Teleskopem Hubble'a, promujemy nową nazwę obiektów astronomicznych. Proplydy – protoplanetarne dyski wokół młodych gwiazd – okazują się nie tak rzadkie, a być może nieuniknione w ewolucji młodej, pojedynczej gwiazdy.

Po zeszycie krakowskim, od dwóch numerów nie możemy uciec z Torunia. Bez zbędnych fanfar typu „najlepsi radioastronomowie w gminie", relacjonujemy podniesienie osi nowego radioteleskopu: na obrazkach. Niedługo zaczną się liczyć ludzie, a nie tony żelastwa – wówczas zapytamy o wyniki.

Wolny kraj – wolna prasa! No to i w Postępach pojawiają się ... ladacznice. Na razie niebieskie! Miłośników innych kolorów odsyłamy do pism bogaciej ilustrowanych. Problemy natury bardziej ogólnej podejmują: fizyk, Andrzej Krasiński w „Sprawie Galileusza" i matematyk, Adam Jakubowski, w eseju „Układ Odniesienia" . Przy okazji matematyczna sensacja – właśnie udowodniono Ostatnie Twierdzenie Fermata, na 200 stronach papieru! Jak to porównać z odkryciami astrofizyków publikowanymi na 1-2 stronach NATURE? To może być temat następnego tekstu – autorów zapraszamy.

No i nasz największy sukces. Jeśli tylko Państwo Neumanowie dopiszą z drukiem, będziesz nasz Drogi Czytelniku trzymał ten zeszyt jeszcze we wrześniu. Czyli, opóźnienie nadrobione! Może więc wreszcie złapiemy chwilę oddechu.

REDAKCJA

POSTĘPY ASTRONOMII
(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym organem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. POSTĘPY ASTRONOMII ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

Kolegium Redakcyjne:
Bożena Czerny (CAMK Warszawa)
Joanna Mikołajewska (CAMK Warszawa)

Redaktor naczelny:
Maciej Mikołajewski (IA UMK Toruń)

Żart rysunkowy: Jacek Drążkowski
Korekta: Małgorzata Śróbka–Kubiak

Redakcja w Toruniu:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń
telefon 11655, 783390, 487144
telex 0552234 astr pl

Poczta elektroniczna (E-mail address):
MAMIKO@VM.CC.TORUN.EDU.PL

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18; 00-716 Warszawa
tel. 410041 w. 48 (B. Cz.), w. 26 (J. M.)

Skład komputerowy: Sławomir Kruczkowski, MIZAR

Projekt winiety: Tadeusz Jodłowski

Druk: Zakład Poligraficzny pp. Neuman Grudziądz, ul. Filomatów 1a

Opracowanie techniczne:
Firma MIZAR Grudziądz, ul. Królewska 3

Dystrybucja: Sławomir Kruczkowski
86-300 Grudziądz, ul. Królewska 3b/22
tel. 26650

Skład ukończono 8 września 1993

O Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca O Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji O Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa O

© POSTĘPY ASTRONOMII 1993

KONKURS

wielka szansa dla
- szkół
- kółek astronomicznych
- miłośników astronomii

do wygrania
CASSEGRAIN UNIWERSAŁA
szczegóły wewnątrz numeru

OGŁOSZENIA I REKLAMY

Zapraszamy do ogłaszania się w POSTĘPACH ASTRONOMII, w szczególności:

❑ firmy komputerowe ❑ firmy produkujące profesjonalny sprzęt naukowy ❑ firmy produkujące sprzęt dla miłośników astronomii ❑ wydawnictwa o tematyce astronomicznej

CENNIK:
★ Jedna strona czarno-biała wewnątrz numeru – 1.5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na wewnętrznej stronie okładki i wkładce – 5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na czwartej stronie okładki – 8 mln zł ★ 1 cm^2 – 8 tys. zł ★ Opracowanie graficzne czarno-białe – 150-200 tys. za stronę ★ Stosujemy znaczne ulgi przy powtórzeniach i w przypadku akcji reklamowych popieranych przez Redakcję ★ Redakcja nie odpowiada za treść płatnych ogłoszeń

ZDJĘCIE NA OKŁADCE ...

...wykonane przy pomocy Teleskopu Kosmicznego Hubble'a, to słynna soczewka grawitacyjna G2237+0305, zwana krzyżem Einsteina (na cześć twórcy teorii względności, która efekt soczewkowania opisuje) lub soczewką Huchry (od nazwiska jej odkrywcy). Fotografia pokazuje cztery obrazy kwazara odległego o 400 milionów lat świetlnych, ogniskowane przez położoną centralnie i znajdującą się dwudziestokrotnie bliżej galaktykę. Odległość kątowa górnego i dolnego obrazu to zaledwie 1.6 sekundy łuku. Więcej o soczewkach grawitacyjnych wewnątrz numeru.

W NUMERZE:

100 **Soczewkowanie grawitacyjne**
Krzysztof Z. Stanek, Bohdan Paczyński
Rozchodzenie się światła w ośrodku jest zjawiskiem złożonym. Zajmijmy się więc czymś dużo prostszym: rozchodzeniem się światła w pustej przestrzeni. I tak pojawią się zaraz duchy i zjawy...

109 **Sprawa Galileusza**
Andrzej Krasiński
W roku 1981, papież Jan Paweł II powołał komisję, która miała ustalić okoliczności skazania Galileusza i wydać współczesną opinię Kościoła o tej sprawie. Przedsięwzięcie to było nazywane „rehabilitacją Galileusza", chociaż było jasne, że to nie Galileusz potrzebuje rehabilitacji. Jesienią 1992 roku komisja ogłosiła końcowy komunikat i rozwiązała się.

115 TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A obserwuje
Proplydy – dyski protoplanetarne w Orionie

121 Komety ostatnich lat
Bogdan Maciesowicz
Niektóre komety okresowe, obserwowane obecnie, były widziane przez ludzi żyjących w czasach Newtona, w średniowieczu czy starożytności i ponownie przylecą, gdy nas już nie będzie... Można też czasem zobaczyć kometę, na którą, być może, patrzyły dinozaury, albo taką, która przeleci tylko jeden jedyny raz w pobliżu Słońca i przez następne setki milionów lat błądzić będzie w pustej przestrzeni między gwiazdami...

donosy *krótkie nowinki z różnych dziedzin astronomii:*
PSR 1718-19 (135)

119 **Fotoreportaż:** OŚ
136 Astronomia w szkole: XXXVII Olimpiada Astronomiczna
138 **Poradnik Miłośnicy Astronoma:** Ladacznice niebieskie
139 *Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII*
140 *Listy Czytelników*
141 *Konkurs*
142 **Esej, felieton:** *UKŁAD ODNIESIENIA*

SOCZEWKOWANIE GRAWITACYJNE

Krzysztof Z. Stanek
Bohdan Paczyński

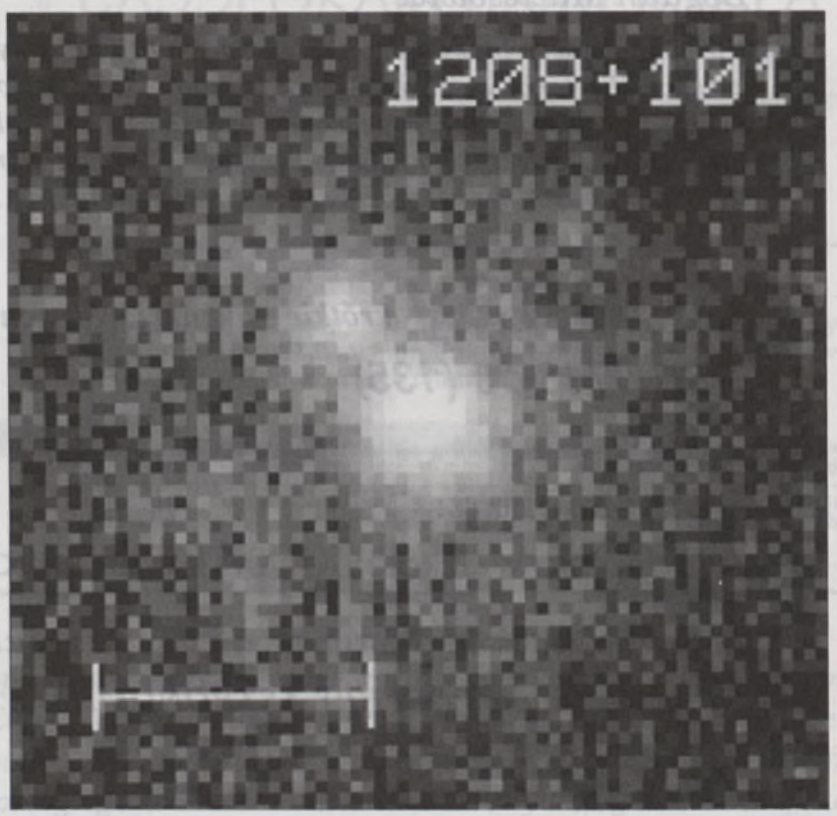
Rozchodzenie się światła w ośrodku jest zjawiskiem złożonym. Zajmijmy się więc czymś dużo prostszym: rozchodzeniem się światła w pustej przestrzeni. I tak pojawią się zaraz duchy i zjawy...

Rozchodzenie się światła w ośrodku jest zjawiskiem złożonym. Zajmijmy się więc czymś dużo prostszym: rozchodzeniem się światła w pustej przestrzeni. I tak pojawią się zaraz duchy i zjawy... Są nawet ich fotografie!

Soczewkowanie grawitacyjne, obecnie jeden z bardziej „gorących" działów astrofizyki, początek swój bierze w XVIII–wiecznych pracach Cavendisha i Laplace'a. Prawdziwe jednak podwaliny pod teorię ugięcia światła w polu grawitacyjnym dała dopiero ogólna teoria względności Einsteina, opublikowana w 1915 roku. Przewidziany przez OTW kąt ugięcia promienia świetlnego w polu grawitacyjnym (ramka na str. 101) jest dwukrotnie większy niż wynika to z obliczeń opartych na gruncie mechaniki Newtonowskiej. Pomiar tego kąta przez ekspedycję Eddingtona podczas zaćmienia Słońca w 1919 roku, mimo błędów sięgających około 30%, potwierdził przewidywania OTW, przynosząc jednocześnie ogromną sławę Einsteinowi. Współczesne pomiary potwierdzają przewidywania OTW z dokładnością sięgającą 0.1%, stanowiąc jeden z testów poprawności tej teorii.

Lata przed wybuchem drugiej wojny światowej przyniosły kilka ważnych publikacji dotyczących soczewkowania grawitacyjnego, m. in. zajmowali się soczewkowaniem Einstein, Eddington czy też Zwicky. Niestety, w latach 1938 – 1962 nie ukazała się ani jedna praca z tej dziedziny. Lata 1963 i 1964 przyniosły tu pewne ożywienie, spowodowane między innymi odkryciem kwazarów w 1963 roku, jednak soczewkowanie grawitacyjne nadal uważane było za wysoce hipotetyczną część astrofizyki. Dopiero odkrycie pierwszego soczewkowanego grawitacyjnie kwazara Q0957+561 w roku 1979 przyniosło ogromne ożywienie zainteresowania i wzrost ilości astrofizyków zajmujących się tą dziedziną*). Obe-

*) Dobrze oddaje to ilość publikacji omówionych w „Astronomical Abstracts" pod hasłami „Gravitational deflection" i „Gravitational lenses" w latach 1975-78, 79-83 i 84-88, odpowiednio: 36, 191 i 583.



Doskonała zdolność rozdzielcza Teleskopu Kosmicznego Hubble'a jest niezbędna, by uzyskać tak dobre zdjęcie kwazara 1208+101 soczewkowanego grawitacyjnie. Dwa obrazy tego samego kwazara (jak sądzimy) są od siebie odległe na niebie o mniej niż pół sekundy łuku! Takie podwójne obrazy są widoczne typowo na co trzechsetnym zdjęciu kwazara.

Soczewkowanie przez punktową masę

Geometrię układu obserwator (O) – soczewka grawitacyjna (L – *ang. – lens*) – źródło (S – *ang. – source*) przedstawia rys. A. Znaczenie symboli występujących na rysunku zostanie wyjaśnione w tekście. Zgodnie z ogólną teorią względności promień świetlny uginany jest w polu grawitacyjnym soczewki L o kąt

$$\alpha = \frac{4GM}{c^2 r} = \frac{2R_s}{r_{min}}, \quad (1)$$

gdzie M jest masą soczewki, r_{min} minimalną odległością promienia od soczewki, G jest stałą grawitacyjną, c prędkością światła, zaś $R_S \equiv 2GM/c^2$ jest promieniem Schwarzschilda (co wcale nie oznacza, że soczewka musi być czarną dziurą).

W wyniku ugięcia światła powstają dwa obrazy soczewkowanego źródła, jeden po każdej stronie soczewki, a ich odległość kątowa od osi optycznej OL dana jest wzorem („+" oznacza obraz leżący po tej samej stronie soczewki, co źródło S)

$$\theta_\pm = \frac{1}{2}\left(\beta \pm \sqrt{4\theta_*^2 + \beta^2}\right), \quad (2)$$

gdzie β jest odległością kątową między prawdziwym położeniem źródła a osią optyczną, natomiast Θ_* wyraża się wzorem

$$\theta_* = \sqrt{2R_s \frac{D_{LS}}{D_L D_S}}, \quad (3)$$

gdzie charakterystyczne odległości układu oznaczone przez D_L, D_S, D_{LS} są zdefiniowane na rys. A. Jak widać ze wzoru (2) w przypadku gdy $\beta = 0$ (a więc gdy źródło leży na osi optycznej), dostajemy

$$\theta_+ = \theta_- = \theta_* \quad . \quad (4)$$

W tym wypadku z symetrii układu spodziewamy się, że obraz źródła utworzy tzw. pierścień Einsteina, o promieniu kątowym danym przez wzór (3). Jeżeli pomnożymy tę wartość przez odległość źródła od obserwatora D_S, otrzymamy promień Einsteina w płaszczyźnie źródła

$$r_* = \theta_* D_S = \sqrt{2R_S \frac{D_{LS} D_S}{D_L}}. \quad (5)$$

Czytelnikowi zostawiamy jako proste ćwiczenie obliczenie wartości promienia Einsteina w przypadku soczewkowania gwiazdy z centrum Galaktyki ($D_S \approx 10$ kpc) przez gwiazdę o masie $M = 1M_\odot$ z dysku galaktycznego ($D_L \approx 5$ kpc) (proszę porównać z promieniem Słońca). Korzystając ze wzoru (2) łatwo pokazać, że jeden z obrazów powstaje zawsze wewnątrz pierścienia Einsteina, a drugi na zewnątrz, przy czym ich odległość kątowa jest zawsze większa niż $2\Theta_*$.

Wzmocnienie każdego z obrazów, będące z definicji stosunkiem jasności obrazu podzielonej przez jasność niesoczewkowanego źródła, wyraża się wzorem

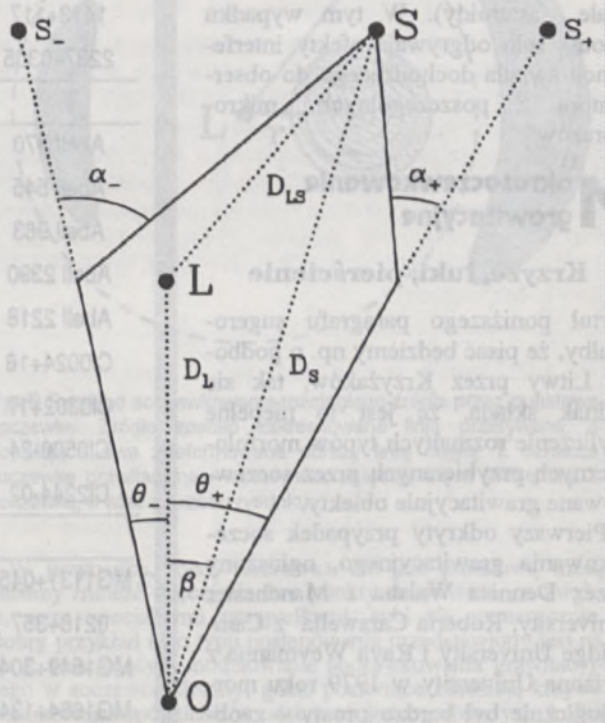
$$A_\pm \equiv \frac{F_\pm}{F_0} = \frac{1}{4}\left[\frac{r_S}{\sqrt{r_S^2+4}} + \frac{\sqrt{r_S^2+4}}{r_S} \pm 2\right], \quad (6)$$

gdzie r_S jest zdefiniowane jako $r_S \equiv \beta/\Theta_* = r/r_*$, zaś $r = \beta D_S$ jest fizyczną odległością źródła od osi optycznej (a zatem r_S mówi nam jak daleko jest źródło od osi optycznej w jednostkach promienia pierścienia Einsteina).

W przypadku kiedy obrazy są na tyle blisko siebie, że nie możemy ich rozdzielić i obserwujemy tylko jeden obraz (tak jest w przypadku mikrosoczewkowania), łączne wzmocnienie wynosi

$$A = A_+ + A_- = \frac{r_S^2+2}{r_S\sqrt{r_S^2+4}}. \quad (7)$$

Jak widać dla $r_S \to \infty$ wzmocnienie zmierza do jedynki (czyli nie ma wzmocnienia, bo i nie ma soczewkowania), zaś dla $r_S \to 0$ wzmocnienie staje się nieskończone (tylko formalnie, bo w przyrodzie nie występują źródła punktowe). Jako łatwą do zapamiętania „regułę kciuka" można podać fakt, że, jak łatwo widać stosując wzór (6), różnica jasności pomiędzy soczewkowanymi obrazami w przypadku soczewkowania przez punktowe źródło równa jest jasności niesoczewkowanego źródła (czyli $A_+ - A_- = 1$), przy czym obraz leżący po tej samej stronie soczewki co źródło jest zawsze jaśniejszy.



Rys. A Geometria układu obserwator – soczewka grawitacyjna – źródło.

cnie, jak to już zostało wspomniane na początku tego artykułu, soczewkowanie grawitacyjne stanowi bogaty i różnorodny, a co ważniejsze potencjalnie bardzo użyteczny dział astrofizyki.

Zanim przejdziemy do opisu, z natury niepełnego, różnorodnych zjawisk związanych z propagacją światła w polu grawitacyjnym, użyteczne z punktu widzenia konstrukcji tego opisu będzie podzielenie zjawisk soczewkowania na dwie kategorie: makrosoczewkowanie lub też zwykłe soczewkowanie grawitacyjne oraz mikrosoczewkowanie grawitacyjne. Do pierwszej kategorii zaliczają się przypadki soczewkowania przez galaktyki lub gromady galaktyk, a więc przez obiekty o masach pomiędzy $10^{10} - 10^{14}$ $M_\odot$; typowe kąty ugięcia wynoszą od 1 do 20 sekund łuku, a zatem wielokrotne obrazy są dobrze rozdzielone. W przypadku, gdy masa obiektu soczewkującego wynosi od $10^{-6} - 10^{6}$ $M_\odot$ (a więc włączając zwykłe gwiazdy), mówimy o mikrosoczewkowaniu grawitacyjnym – w tym wypadku obserwujemy jedynie kolektywny „makroobraz" złożony z wielu (w najprostszym przypadku dwóch) „mikroobrazów". Wreszcie w 1992 roku zaproponowano mechanizm femtosoczewkowania grawitacyjnego przez obiekty soczewkujące o masach w granicach $10^{-17} - 10^{-13}$ $M_\odot$ (a więc są to komety lub też małe asteroidy). W tym wypadku istotną rolę odgrywają efekty interferencji światła dochodzącego do obserwatora z poszczególnych „mikroobrazów".

Makrosoczewkowanie grawitacyjne

Krzyże, łuki, pierścienie

Tytuł poniższego paragrafu sugerowałby, że pisać będziemy np. o podboju Litwy przez Krzyżaków, tak się jednak składa, że jest to niepełne wyliczenie rozmaitych typów morfologicznych przybieranych przez soczewkowane grawitacyjnie obiekty.

Pierwszy odkryty przypadek soczewkowania grawitacyjnego, ogłoszony przez Dennisa Walsha z Manchester University, Roberta Carswella z Cambridge University i Raya Weymanna z Arizona University w 1979 roku morfologicznie był bardzo prosty – zaobserwowali oni na mapie radiowej podwójny obraz kwazara Q0957+561, o odległości obrazów od siebie o około 6″.0. Po otrzymaniu widm obu obrazów okazało się, że są one bardzo do siebie podobne i oba wykazują przesunięcie ku czerwieni wynoszące około $z_s \approx 1.4$. Dalszym argumentem wskazującym na to, że jest to rzeczywiście soczewka grawitacyjna był fakt podobnych stosunków jasności pomiędzy obrazami w świetle widzialnym i w falach radiowych – soczewkowanie grawitacyjne wzmacnia tak samo, niezależnie od długości fali (jest tak w przypadku, gdy stosujemy przybliżenie optyki geometrycznej - w przypadku femtosoczewkowania, które omówimy później, przybliżenie to załamuje się). Dodatkowo bardzo szczegółowe mapy radiowe otrzymane za pomocą VLBI (*ang. – Very Long Baseline Interferometer*[*]) pokazały, że oba obrazy w skali 5-100 milisekund łuku wykazują istnienie takich samych „dżetów". Wreszcie ostatecznym argumentem było znalezienie odgrywającej rolę soczewki galaktyki, o redshifcie wynoszącym $z_d \approx 0.36$.

Kolejny kandydat na soczewkę grawitacyjną był już morfologicznie bardziej skomplikowany – w 1980 roku zaobserwowano *trzy* obrazy kwazara PG1115+080, o redshifcie z_s=1.722, jeden znacznie jaśniejszy od dwóch pozostałych. Dalsze obserwacje

[*] O obserwacjach radiowych pisał w PA 1/91 A. Marecki.

Lista soczewek grawitacyjnych[*]

System	Ilość obrazów	Przesunięcie ku czerwieni soczewki	Przesunięcie ku czerwieni źródła	Maksymalna odległość (sekundy łuku)[**]
		Obrazy kwazarów		
0957+561	2	0,36	1,41	6,1
0142-100	2	0,49	2,72	2,2
0023+171	3	?	0,946	5,9
2016+112	3	1,01	3,27	3,8
0414+053	4	?	?	3
1115+080	4	?	1,72	2,3
1413+117	4	?	2,55	1,1
2237+0305	4	0,039	1,69	1,8
		Łuki		
Abell 370		0,374	0,752	
Abell 545		0,154	?	
Abell 963		0,206	0,77	
Abell 2390		0,231	0,913	
Abell 2218		0,171	0,702	
Cl0024+16		0,391	?	
Cl0302+17		0,42	?	
Cl0500-24		0,316	0,913	
Cl2244-02		0,331	2,237	
		Pierścienie		
MG1131+0456		?	?	2,2
0218+357		?	?	0,3
MG1549+3047		0,11	?	1,8
MG1654+1346		0,25	1,75	2,1
1830-211		?	?	1

[*] wg. Schneidera i Falco „Gravitational lenses", 1992, New York: Springer-Verlag.
[**] W przypadku pierścieni jest to promień pierścienia.

Soczewkowanie przez niepunktową masę – Zasada Fermata

Soczewkowanie grawitacyjne punktowego źródła przez punktową soczewkę dosyć łatwo uogólnić na przypadek niepunktowego źródła – w tym wypadku traktujemy poszczególne elementy źródła jako osobne punkty. Rys. B pokazuje, jak wyglądają obrazy rozciągłego, kulistego źródła powstające na skutek soczewkowania grawitacyjnego przez punktową masę. Przerywaną linią został zaznaczony okrąg o promieniu równym promieniowi Einsteina. Jak można się spodziewać, nasza „reguła kciuka" obowiązuje i w tym przypadku – jasność obrazu „+" jest większa od jasności obrazu „-" o tyle, ile wynosi jasność niesoczewkowanego źródła. Ponieważ jasność powierzchniowa jest zachowana, w związku z tym wzmocnienie objawia się poprzez powiększenie rozmiarów kątowych obrazów w stosunku do rozmiarów źródła – a zatem na rys. B obraz leżący po prawej stronie ma powierzchnię większą od lewego obrazu dokładnie o tyle, ile wynosi powierzchnia źródła. Warto tutaj dodać, że w przypadku gdy źródło leżałoby na osi optycznej, obrazem byłby pierścień o skończonej grubości i o promieniu równym promieniowi Einsteina – a zatem w tym przypadku wzmocnienie nie byłoby nieskończone.

W przypadku, gdy soczewka składa się z wielu punktowych mas lub gdy możemy ją opisać poprzez ciągły rozkład materii, skorzystać możemy z zasady Fermata, głoszącej, że spośród wszystkich możliwych dróg optycznych rzeczywiste promienie wybiorą te drogi, które spełniają warunek stacjonarności, tzn. wszystkie pochodne opóźnienia czasowego dla tych dróg znikają (opóźnienie czasowe definiujemy jako różnicę w czasie jaki potrzeba na dotarcie danemu promieniowi od źródła do obserwatora w porównaniu z przypadkiem, gdy światło biegnie po linii prostej (geodezyjnej) i nie podlega soczewkowaniu). Fizycznie zasada Fermata odpowiada temu, że tylko promienie biegnące po trajektoriach spełniających warunek stacjonarności nie ulegają wygaszaniu na skutek negatywnej interferencji ze światłem biegnącym po wszystkich innych trajektoriach.

Opóźnienie czasowe możemy podzielić na dwa składniki, o różnym pochodzeniu. Po pierwsze, promienie biegnące różnymi drogami mają do przebycia różne odległości, stąd mówimy o *opóźnieniu geometrycznym*. Po drugie, jak wynika z ogólnej teorii względności, światło poruszające się w polu grawitacyjnym przebywa dłuższą drogę (przestrzeń jest zakrzywiona). W tym wypadku mówimy o *opóźnieniu grawitacyjnym*.
Opóźnienie geometryczne, w przypadku gdy kąty załamania są bardzo małe (co zawsze jest prawdą przy soczewkowaniu grawitacyjnym), wyraża się wzorem

$$c\Delta t_{geom} = \frac{(\vec{r}_L - \vec{r})^2}{2D} \quad (8)$$

gdzie $\vec{r}_L$ odpowiada współrzędnym przecięcia promienia świetlnego z płaszczyzną soczewki, $\vec{r}$ odpowiada zrzutowanym na płaszczyznę soczewki współrzędnym źródła, a $D \equiv D_L D_{LS}/D_S$ jest kombinacją charakterystycznych odległości w układzie. Z kolei w przypadku opóźnienia grawitacyjnego w zwykle doskonale stosowalnym w astrofizyce tzw. przybliżeniu słabego pola przyrost opóźnienia wyraża się wzorem

$$c\,dt_{graw} = (1 - \frac{2U}{c^2})\,dl \quad (9)$$

gdzie dl jest Euklidesowym przyrostem długości, c prędkością światła, a U potencjałem grawitacyjnym w teorii grawitacji Newtona. Aby zatem otrzymać całkowitą wartość opóźnienia grawitacyjnego, należy scałkować dt dane wzorem (9) wzdłuż drogi przebytej przez promień.

Dla punktowej soczewki możemy, korzystając ze wzorów (8) i (9) zapisać

$$c\Delta t_{tot} = \frac{(\vec{r}_L - \vec{r})^2}{2D} - 2R_S \ln(r_L) + const, \quad (10)$$

gdzie *const* jest stałą jednakową dla wszystkich promieni świetlnych, a r_L jest odległością promienia świetlnego od soczewki (w płaszczyźnie soczewki). Aby zatem otrzymać położenia obrazów, należy dane wzorem (10) Δt_{tot} zróżniczkować i znaleźć w płaszczyźnie soczewki te punkty, gdzie dwuwymiarowa pochodna równa jest zeru.

Czytelnikowi proponujemy, aby w ramach w miarę prostego ćwiczenia wykazał, że dla soczewkowania przez punktową masę stosując zasadę Fermata otrzymujemy następujące własności obrazów:

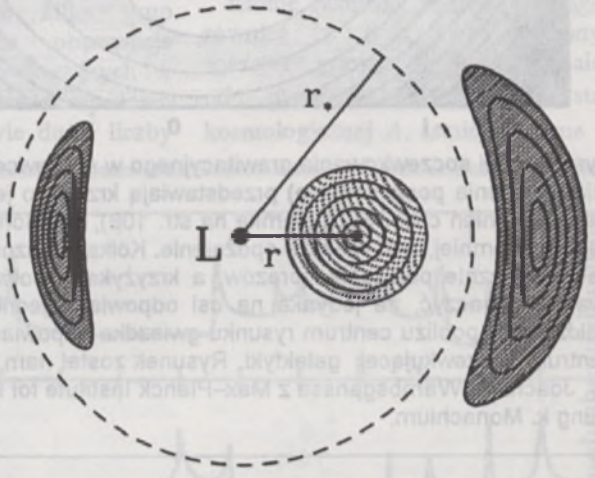
1. powstają dwa obrazy;
2. obrazy leżą na linii wyznaczonej przez soczewkę – źródło;
3. odległość obrazów od soczewki dana jest wzorem (2) z ramki na str. 101.

Po wykazaniu powyższych punktów łatwo pokazać jest, że różnica w opóźnieniu czasowym pomiędzy obydwoma obrazami dana jest wzorem

$$\Delta t_{-+} = \Delta t_- - \Delta t_+ =$$

$$\frac{4R_S}{c}\left[u^2 + 1 + \ln\left(u + \sqrt{u^2+1}\right)\right], \quad (11)$$

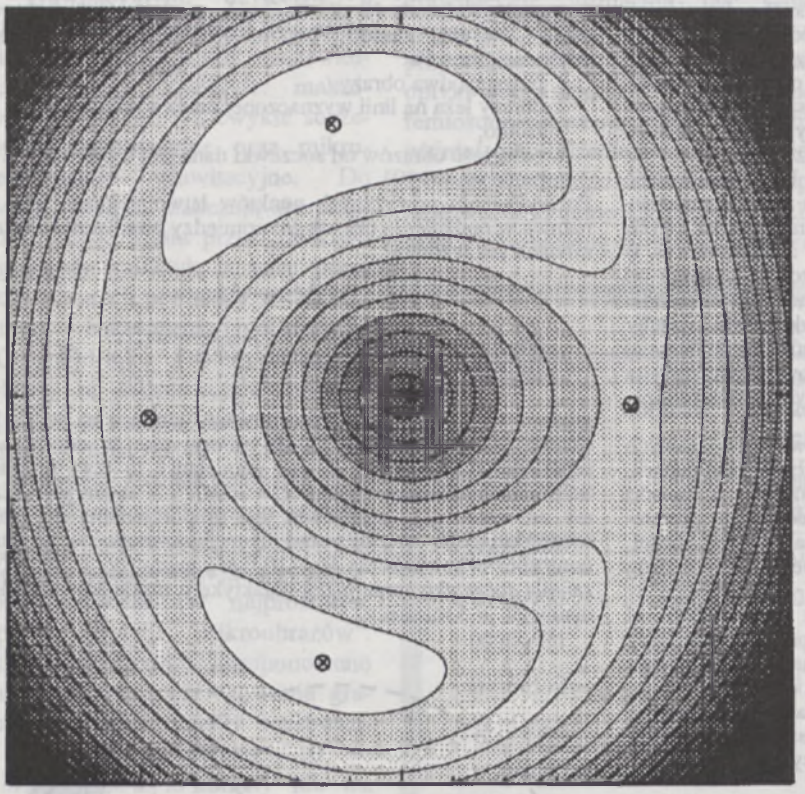
gdzie $u \equiv r_s/2$ (r_s zostało zdefiniowane w ramce na str. 101 i określa, jak daleko jest źródło od osi optycznej w jednostkach promienia Einsteina), a R_S jak pamiętamy to tzw. promień Schwarzschilda dany wzorem $R_S \equiv 2GM/c^2$. A zatem jak widzimy ze wzoru (11) różnica ta jest proporcjonalna do masy soczewkującego obiektu, stąd dla omawianego w artykule femtosoczewkowania dla $M_L \sim 10^{-15}\,M_\odot$ mamy $\Delta t_{-+} \approx 1\times10^{-19}$ s, zaś dla soczewkowania przez galaktykę o masie $M_L \sim 10^{10}\,M_\odot$ mamy $\Delta t_{-+} \approx 5$ miesięcy.



Rys.B Przykład soczewkowania rozciągłego źródła przez punktową soczewkę. Źródło zostało zakreskowane linią przerywaną, a powstające dwa zdeformowane obrazy linią ciągłą. L oznacza soczewkę grawitacyjną – obserwator znajduje się w jednej linii z soczewką, a więc z przodu rysunku.

W przypadku, kiedy soczewka nie jest punktową masą musimy znaleźć więcej niż dwa punkty stacjonarne, co zwykle, poza specjalnymi przypadkami, robi się numerycznie. Dobry przykład tego typu postępowania przedstawiony jest na rys.1, obrazującym modelowanie soczewkowania grawitacyjnego w soczewce Huchry, gdzie poziomice określają krzywe jednakowego opóźnienia w odstępach jednogodzinnych, kółka odpowiadają punktom stacjonarnym (a zatem przewidywanym teoretycznie położeniom obrazów), a krzyżykami zaznaczono położenie obserwowanych pozycji rzeczywistych obrazów. Jak widać, zgodność teorii i obserwacji jest w tym wypadku doskonała.

wykazały, że ten jaśniejszy obraz składa się z dwóch słabszych, oddalonych od siebie o około 0″.5 obrazów, przy odległości od pozostałych obrazów o ~ 2″.3, tak więc był to przykład poczwórnej soczewki grawitacyjnej, choć istnieją teoretyczne wskazania, że



Rys.1 Model soczewkowania grawitacyjnego w soczewce Huchry. Poziomice (dla ułatwienia pocieniowane) przedstawiają krzywe o jednakowych wartościach opóźnień czasowych (ramka na str. 103), oddalone od siebie o godzinę – im ciemniej, tym większe opóźnienie. Kółkami zaznaczono przewidywane teoretycznie położenia obrazów, a krzyżykami położenia obserwowane (warto zaznaczyć, że jedynka na osi odpowiada jednej sekundzie łuku!). Położona w pobliżu centrum rysunku gwiazdka odpowiada obserwowanemu centrum soczewkującej galaktyki. Rysunek został nam udostępniony przez Dr. Joachima Wambsganssa z Max–Planck Institute for Astrophysics w Garching k. Monachium.

jest to pięciokrotna soczewka, z jednym obrazem bardzo słabym i dlatego niewykrytym.

Jak się okazuje, później odkryto i potrójne soczewki, i obiektów takich znamy do tej pory przynajmniej 2 (tabela na str. 102), choć nie wiemy czy któryś z obrazów po prostu nie został do tej pory zidentyfikowany. Najbardziej znanym zaś przykładem wielokrotnego kwazara jest tzw. „krzyż Einsteina" (lub też „soczewka Huchry", od nazwiska odkrywcy), gdzie cztery obrazy kwazara o redshifcie z_s=1.695 są widoczne poprzez bardzo bliską galaktykę o redshifcie z_d=0.039. Znaczenie tej niezwykłej soczewki, widocznej na zdjęciu na okładce, omówione zostanie dokładniej nieco później przy omawianiu mikrosoczewkowania grawitacyjnego.

Wielokrotne obrazy kwazarów są przykładem soczewkowania źródeł punktowych. Możemy jednak również oczekiwać przypadków soczewkowania źródeł rozciągłych, takich jak galaktyki. I rzeczywiście, w 1986 roku w dwóch gromadach galaktyk znaleziono rozciągające się na ponad 100 kpc wąskie łuki, które zinterpretowano jako wysoce zdeformowane obrazy odległych galaktyk widoczne poprzez leżące bliżej nas gromady galaktyk. W przypadku łuku widocznego pośród galaktyk gromady Abell 370 rozciąga się on na około 20″, przy średniej szerokości zaledwie około 2″. Przy powstawaniu łuków rolę soczewki odgrywałaby cała gromada, włącznie z istniejącą w gromadzie ciemną materią. Nawiasem mówiąc, właśnie obserwacje i teoretyczne modele powstawania łuków stanowią jeden z silnych argumentów na rzecz ciemnej materii w gromadach galaktyk, przy czym w przeciwieństwie do metod używających twierdzenia o wiriale w wypadku soczewkowania grawitacyjnego informację o ilości materii otrzymujemy bezpośrednio z obserwowanej geometrii obrazów.

Wreszcie w 1988 roku znaleziono, używając obserwacji otrzymanych za pomocą VLA (*ang. – Very Large Array*), pierwsze źródło o kształcie pierścienia. Jak pokazują teoretyczne modele, pierścień ten jest wynikiem soczewkowania grawitacyjnego punktowego źródła radiowego z wybiegającym z niego dżetem, położonych niemal na osi obserwator – soczewka.

Tabela 1 przedstawia listę soczewek grawitacyjnych znanych pod koniec 1991 roku, z uwzględnieniem podziału morfologicznego. Zamieszczamy ją tutaj raczej jako przykład niż jako kompletną listę znanych przypadków soczewkowania, gdyż z uwagi na będące w toku programy badawcze skupione na poszukiwaniu nowych kandydatów na soczewki i badaniu tych już odkrytych lista taka byłaby trudna do skonstruowania. Z grubsza ocenia się, że na takiej liście znalazłoby się obecnie około 30 obiektów.

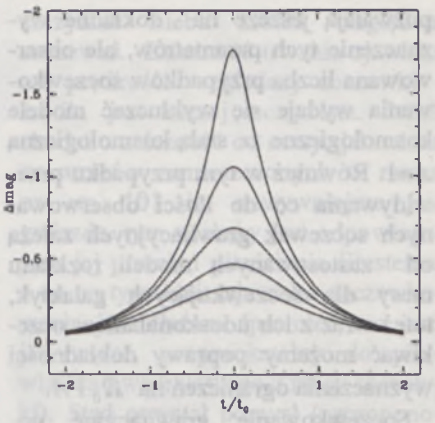
Zastosowanie makrosoczewkowania grawitacyjnego

Gdyby praca nad soczewkowaniem grawitacyjnym skupiała się jedynie nad ich wyszukiwaniem i klasyfikacją morfologiczną, soczewkowanie byłoby jedynie ciekawostką. Jak się jednak okazuje, makrosoczewkowanie grawitacyjne (także i mikrosoczewkowanie, ale o tym później) jest bardzo pożytecznym narzędziem, już częściowo wykorzystywanym, ale nadal o ogromnym potencjale.

Przede wszystkim makrosoczewkowanie grawitacyjne potwierdza poprawność ogólnej teorii względności w skali kosmologicznej. Jak wiemy, teoria ta sprawdza się znakomicie w skali naszego Układu Słonecznego (ugięcie światła w polu grawitacyjnym Słońca, ruch peryhelium Merkurego) oraz w układach podwójnych pulsarów (skracanie się okresu i przybliżanie się pulsarów wskutek promieniowania grawitacyjnego), stąd też możliwość niezależnego testu tej teorii w tak ogromnej skali jest bardzo cenna.

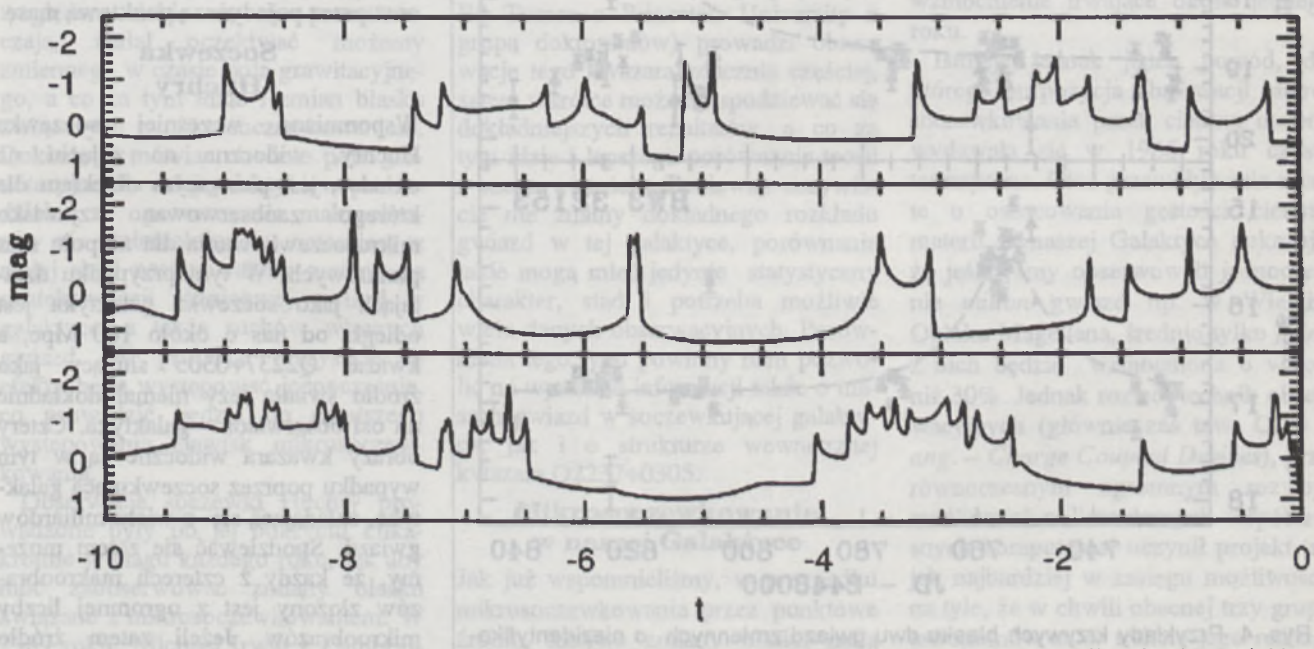
Następnie, soczewkowanie kwazarów jest dowodem ich kosmologiczności – aby galaktyka mogła działać jako soczewka, musi się znajdować *pomiędzy* nami a kwazarem. Dokładniejsze obliczenia pokazują, że przesunięcie ku czerwieni jest rzeczywiście dobrą miarą odległości i jest tym samym związane z rozszerzaniem się Wszechświata.

Z potencjalnych możliwości soczewkowania jedną z najbardziej istotnych jest możliwość pomiaru stałej Hubble'a, z pominięciem jakichkolwiek szczebli pośrednich. Zasada tego pomiaru opiera się na tym, że czas potrzebny na dotarcie do nas światła od różnych obrazów soczewkowanego kwazara nie jest jednakowy (ramka na str. 103). A zatem jeżeli kwazar wykazuje wewnętrzną zmienność, będziemy obserwować np. w przypadku podwójnego kwazara najpierw wzmocnienie jednego obrazu, a po pewnym czasie drugiego. Czas ten zależy od geometrii układu obserwator – soczewka – źródło – stąd potrzebna jest znajomość wszystkich kątów i przesunięć ku czerwieni, a także geometrii Wszechświata (czyli jego średniej gęstości). Różnica w czasie potrzebnym światłu na dotarcie do nas od różnych obrazów skaluje się także ze stałą Hubble'a H_0 – im ta stała jest większa, tym mniejszy jest Wszechświat, a tym samym i przewidywana różnica czasowa. Jak dotąd wyznaczona w ten sposób wartość stałej Hubble'a nie jest zbyt dokładna i zawiera się w zakresie 20-100 km s^{-1} Mps^{-1}. Warto jednak podkreślić, iż mimo że metoda ta jest zupełnie niezależna od innych metod wyznaczania stałej Hubble'a, uzyskana wartość nie jest rozbieżna z podawanym obecnie zakresem 50–100 km s^{-1} Mps^{-1}. Głównym powodem istniejącej niedokładności jest fakt zależności oczekiwanego opóźnienia czasowego od przyjętego modelu rozkładu masy w działającej jako soczewka galaktyce, a zatem dla różnych modeli otrzymujemy te same przewidywania co do geometrii układu (co poprzez porównanie z obserwacjami ogranicza swobodę parametrów modelu), ale różne przewidywania co do wartości opóźnienia czasowego, a tym samym i różną stałą Hubble'a (proszę porównać pokazane na rys. 4 obserwowane w soczewce Huchry położenia obrazów z przewidywaniami teoretycznymi, gdzie jak się okazuje jest cała grupa modeli *równie* dobrze oddających obserwowaną geometrię i stosunki wzmocnień obrazów). Innym, równie poważnym problemem jest mała liczba znanych opóźnień i niedokładność ich wyznaczenia. Obecnie kilka grup astronomów prowadzi obserwacje znanych soczewek grawitacyjnych w celu wyznaczenia wartości opóźnień czasowych dla możliwie dużej liczby kwazarów.



Rys. 2. Krzywe blasku dla mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Na osi poziomej odłożono czas podzielony przez charakterystyczny czas trwania zjawiska t_0, równy czasowi potrzebnemu źródłu na przebycie odległości równej promieniowi pierścienia Einsteina, przy czym $t/t_0=0$ odpowiada maksymalnemu wzmocnieniu. Krzywe różnią się minimalną odległością soczewki od linii obserwator – źródło: im dalej, tym mniejsze wzmocnienie. Wzmocnienie o ~ 1.7 mag odpowiada około pięciokrotnemu zwiększeniu jasności źródła.

Istotne wnioski można wyciągnąć również z ilości obserwowanych soczewek grawitacyjnych, która zależy od parametru gęstości Ω_0 i stałej kosmologicznej Λ. Istniejące dane nie



Rys. 3. Przykłady krzywych zmian blasku powstających w wyniku mikrosoczewkowania przez zespół gwiazd w galaktyce. Trzy pokazane krzywe odpowiadają różnym, przypadkowym rozkładom gwiazd w soczewkującej galaktyce. Wzmocnienie o 1 mag odpowiada zwiększeniu jasności źródła o czynnik 2.5. Na osi poziomej odłożony został czas (a raczej wielkość proporcjonalna do czasu, gdyż czas trwania zjawisk zależy tutaj od prędkości względnej galaktyki i soczewkowanego kwazara, a także innych czynników – szczegóły wyjaśnia tekst). Rysunek został nam udostępniony przez Dr. Hansa–Jorgena Witta z Hamburg Sternwarte (przebywającego obecnie w Princeton University Observatory).

pozwalają jeszcze na dokładne wyznaczenie tych parametrów, ale obserwowana liczba przypadków soczewkowania wydaje się wykluczać modele kosmologiczne ze stałą kosmologiczną Λ=1. Również w tym przypadku przewidywania co do ilości obserwowanych soczewek grawitacyjnych zależą od zastosowanych modeli rozkładu masy dla soczewkujących galaktyk, toteż wraz z ich udoskonalaniem oczekiwać możemy poprawy dokładności wyznaczenia ograniczeń na Ω_0 i Λ.

Soczewkowanie grawitacyjne pozwala także na stwierdzenie faktu istnienia ciemnej materii w gromadach galaktyk, który to fakt wynika także z innych obserwacji, przy czym jak podkreślone zostało w poprzedniej części artykułu, w przypadku soczewkowania grawitacyjnego argumenty na rzecz ciemnej materii są najbardziej bezpośrednie.

Jako ostatni przykład przydatności w kosmologii i astrofizyce makrosoczewkowania grawitacyjnego wymieńmy ich zastosowanie do wyznaczenia rozmiarów obłoków Lyman-α. Obłoki takie same świecą zbyt słabo, by można je było obserwować, natomiast leżąc na linii widzenia pomiędzy nami i dalekim kwazarem pochłaniają część przechodzącego przez nie promieniowania i powodują powstawanie wąskich linii absorpcyjnych. Możliwość zastosowania makrosoczewkowania wynika z obecności linii absorpcyjnych przypisywanych obłokom w widmach *obu* obrazów soczewkowanego kwazara. W dwu zbadanych przypadkach większość linii (o identycznych przesunięciach ku czerwieni) obecna była w obu widmach, co pozwoliło na oszacowanie charakterystycznych rozmiarów obłoków w granicach 10–40 kpc. Informacja o rozmiarach pozwala wyciągnąć wnioski co do gęstości obłoków, a co za tym idzie i ich masy.

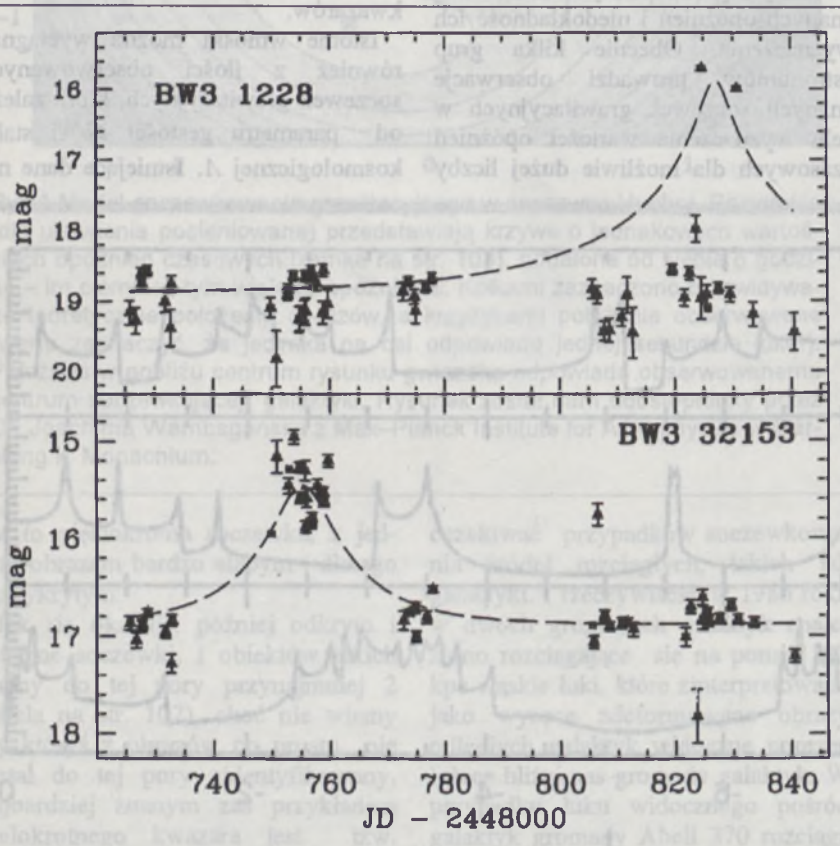
Mikrosoczewkowanie grawitacyjne

Jak już wspomnieliśmy wcześniej, o mikrosoczewkowaniu mówimy w wypadku, gdy rolę soczewek grawitacyjnych spełniają obiekty o masach mniej więcej odpowiadających masie naszemu Słońcu, a więc 10^{-6}-10^{6} $M_{\odot}$. W tym przypadku nie spodziewamy się obserwować poszczególnych obrazów soczewkowanego źródła, a jedynie makroobraz będący wypadkową mikroobrazów, o zmiennej w czasie jasności. Dlaczego jasność miałaby się zmieniać? Najprościej wyobrazić to sobie umieszczając obserwatora i soczewkę na osi optycznej. Spodziewamy się w tym przypadku, że źródło będzie się przemieszczać względem tej obranej jako układ odniesienia osi. Dla najprostszego przypadku soczewkowania przez punktowe źródło widzimy ze wzorów zamieszczonych w ramce na str. 101, że wtedy wzmocnienie źródła, zależne jedynie od jego odległości od osi optycznej, będzie zmieniać się w czasie. Przykład takiej zmienności czasowej widzimy na rys. 2. Krzywe o różnych amplitudach odpowiadają różnym minimalnym odległościom źródła od osi optycznej – im odległość ta jest mniejsza, tym wzmocnienie większe (formalnie, w przybliżeniu optyki geometrycznej w przypadku kiedy punktowe źródło znajduje się na osi optycznej wzmocnienie to jest nieskończone, ale po pierwsze nie ma punktowych źródeł, a po drugie nieskończoność tą usuwa zastosowanie optyki falowej).

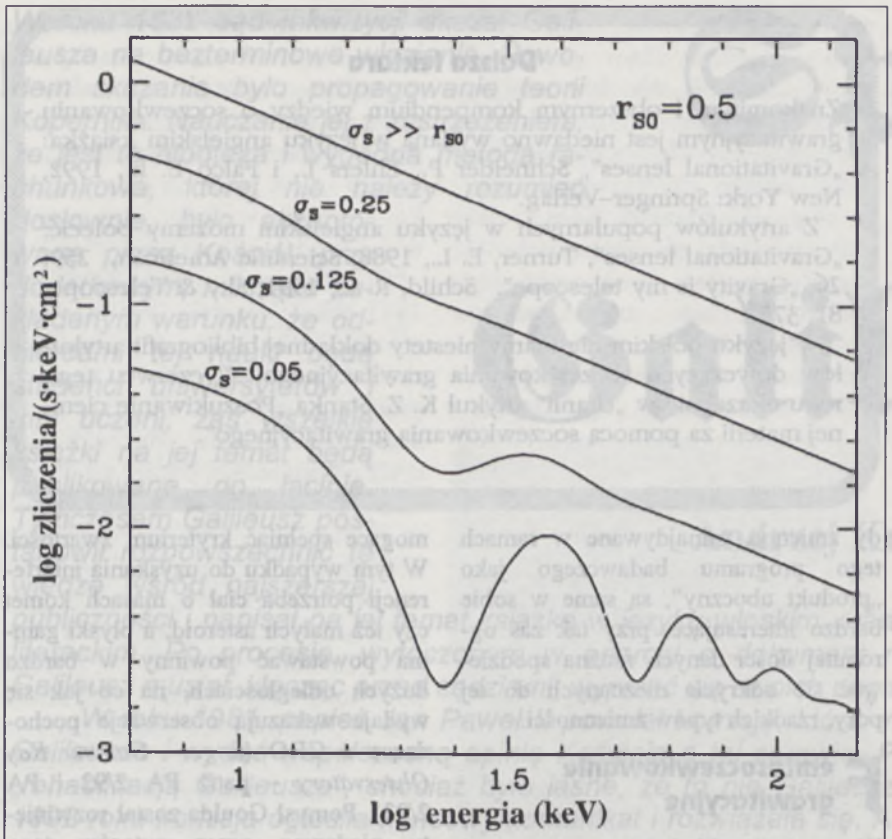
W przypadku, kiedy soczewka składa się z wielu punktowych mas, wypadkowy obraz składa się z wielu mikroobrazów, a kształt krzywej zmian blasku obserwowanego obrazu może być bardzo skomplikowany. Poniżej omówimy dwa przypadki reprezentujące odpowiednio mikrosoczewkowanie przez zespół punktowych mas oraz przez pojedynczą punktową masę.

Soczewka Huchry

Wspomniana wcześniej soczewka Huchry, widoczna na zdjęciu na okładce, jest pierwszym obiektem dla którego zaobserwowano zjawisko mikrosoczewkowania dla zespołu mas punktowych. W tym przypadku działająca jako soczewka galaktyka jest odległa od nas o około 100 Mpc, a kwazar Q2237+0305 służący jako źródło światła leży niemal dokładnie na osi obserwator – galaktyka. Cztery obrazy kwazara widoczne są w tym wypadku poprzez soczewkującą galaktykę, składającą się z wielu miliardów gwiazd. Spodziewać się zatem możemy, że każdy z czterech makroobrazów złożony jest z ogromnej liczby mikroobrazów. Jeżeli zatem źródło będzie się przesuwać względem galaktyki, możemy oczekiwać skomplikowanego przebiegu krzywych zmian blasku, podobnych do takich jakie pokazano na rys. 3.



Rys. 4. Przykłady krzywych blasku dwu gwiazd zmiennych o niezidentyfikowanym charakterze zmienności, wykrytych w tzw. Oknie Baadego przez polsko–amerykańską grupę poszukującą zjawisk mikrosoczewkowania przez ciemną materię w naszej Galaktyce. Jak wyraźnie widać, pokazana zmienność nie jest wynikiem mikrosoczewkowania (najlepsze możliwe dopasowania teoretycznych krzywych są zaznaczone na rysunku przerywaną linią).



Rys. 5 Przykład femtosoczewkowania widma błysku gamma przez ciało o masie $M = 5\times10^{-15}\ M_\odot$. Poszczególne krzywe różnią się wielkością źródła s_s wyrażoną w jednostkach promienia Einsteina r_s. Na osi poziomej odłożono logarytm energii fotonów wyrażonej w eV, a na osi pionowej ilość fotonów na jednostkę czasu, energii i powierzchni.

Jeśliby nawet zdarzyło się (co jest mało prawdopodobne), że odległy kwazar i bliska galaktyka praktycznie względem siebie się nie przemieszczają, nadal oczekiwać możemy zmiennego w czasie pola grawitacyjnego, a co za tym idzie i zmian blasku związanych z mikrosoczewkowaniem. Dokładniej mówiąc, średnie pole grawitacyjne dla całej galaktyki, odpowiedzialne za powstawanie makroobrazów nie zmieniałoby się, natomiast w małej skali następowałyby zmiany na skutek rotacji różnicowej gwiazd w galaktyce, a także ruchów własnych gwiazd. W praktyce wszystkie te efekty będą występować jednocześnie, co prowadzić będzie do częstszego występowania zjawisk mikrosoczewkowania.

Obserwacje soczewki Huchry prowadzone były po jej odkryciu kilkakrotnie w ciągu każdego roku, tak aby móc zaobserwować zmiany blasku związane z mikrosoczewkowaniem. W 1989 roku Michael Irwin z Cambridge, wraz ze współpracownikami, doniósł o pozytywnej detekcji mikrosoczewkowania w tej soczewce, ważne przy tym jest, że obserwowane wzmocnienia były *różne* dla każdego obrazu, w odróżnieniu od przypadku kiedy zmieniałaby się jasność źródła – czyli kwazara. Obecnie kilka grup (w tym Ed Turner z Princeton University z grupą doktorantów) prowadzi obserwacje tego kwazara znacznie częściej, zatem wkrótce możemy spodziewać się dokładniejszych rezultatów, a co za tym idzie i lepszego porównania teorii z rzeczywistością. Ponieważ oczywiście nie znamy dokładnego rozkładu gwiazd w tej galaktyce, porównania takie mogą mieć jedynie statystyczny charakter, stąd i potrzeba możliwie wielu danych obserwacyjnych. Porównania tego typu powinny nam pozwolić na wysnucie informacji także o masach gwiazd w soczewkującej galaktyce, jak i o strukturze wewnętrznej kwazara Q2237+0305.

Mikrosoczewkowanie w naszej Galaktyce

Jak już wspomnieliśmy, w przypadku mikrosoczewkowania przez punktowe źródło, krzywe zmiany blasku mają dobrze znany charakter (rys. 2). Ważne przy tym jest, że czas trwania zjawiska mikrosoczewkowania zależy od kombinacji dwu czynników – masy soczewki i wzajemnej prędkości w płaszczyźnie nieba źródła względem soczewki. Zależność trwania zjawiska od prędkości względnej soczewki i źródła jest raczej oczywista. Jeżeli chodzi o zależność od masy, jak widać ze wzorów zamieszczonych w ramce na str. 101 im masywniejsza jest gwiazda, tym większy jest odpowiadający jej promień pierścienia Einsteina, a co za tym idzie zjawisko soczewkowania jest dłuższe (promień ten jest, jak widać, proporcjonalny do pierwiastka kwadratowego z masy soczewki). Stąd powstał pomysł (zaproponowany w 1986 roku przez Bohdana Paczyńskiego) obserwacji gwiazd w pobliskich galaktykach (Obłoki Magellana, M31) w celu sprawdzenia czy istniejąca według licznych przesłanek w halo naszej Galaktyki ciemna materia składa się w znacznym stopniu z tzw. brązowych karłów, a więc gwiazd o masach poniżej 0.1 $M_\odot$. W tym wypadku gwiazdy z pobliskich galaktyk służyłyby jako źródła światła, a brązowe karły działałyby jako soczewki grawitacyjne. Ważne przy tym jest, że ponieważ brązowe karły nie są wystarczająco masywne, aby w ich wnętrzu zapoczątkowane zostały reakcje termojądrowe, do ich detekcji użyć musimy metod pośrednich, takich jak soczewkowanie grawitacyjne. Brązowy karzeł o masie dziesięciu Jowiszów spowodowałby wzrost jasności gwiazdy tła trwający kilka dni, czarna dziura zaś o masie stu Słońc spowodowałaby wzmocnienie trwające około jednego roku.

Istnieje jednak jeden powód, dla którego propozycja obserwacji mikrosoczewkowania przez ciemną materię wydawała się w 1986 roku czysto teoretyczna. Otóż przewidywania oparte o oszacowania gęstości ciemnej materii w naszej Galaktyce pokazują, że jeślibyśmy obserwowali jednocześnie *milion* gwiazd np. w Wielkim Obłoku Magellana, średnio tylko *jedna* z nich będzie wzmocniona o więcej niż 30%. Jednak rozwój technik obserwacyjnych (głównie zaś tzw. CCD – *ang. – Charge Coupled Devices*), przy równoczesnym ogromnym rozwoju możliwości obliczeniowych współczesnych komputerów uczynił projekt ten jak najbardziej w zasięgu możliwości, na tyle, że w chwili obecnej trzy grupy astronomów są w trakcie jego realizacji.

Grupa polsko–amerykańska (prowadzona przez Bohdana Paczyńskiego, przy czym trzon grupy stanowią astronomowie z Obserwatorium Astrono-

micznego Uniwersytetu Warszawskiego - patrz artykuł Marcina Kubiaka i Andrzeja Udalskiego w PA 4/91) obserwuje w Las Campanas – Chile – grupa amerykańsko–australijska obserwuje z Mount Stromlo w Australii, zaś grupa francuska obserwuje z La Silla, także w Chile. Każda z tych grup prowadzi obserwacje kilku milionów gwiazd przez kilka miesięcy w roku w celu wykrycia tych kilku, które są soczewkowane. Jak dotąd żadna z nich nie doniosła o zdecydowanej detekcji, co ważniejsze, do wysnucia jakichkolwiek wniosków statystycznych co do natury soczewkujących obiektów potrzeba kilkadziesiąt przypadków mikrosoczewkowania. Istotnym problemem, oprócz ogromnej ilości danych i potrzeby opracowania algorytmów automatycznej ich redukcji, jest istnienie w przyrodzie wielu rodzajów gwiazd zmiennych, które trzeba zidentyfikować i poklasyfikować w celu uniknięcia fałszywych detekcji. Grupa polsko-amerykańska, w pracy której niejaki udział ma także drugi autor tego artykułu (KZS), obserwuje gwiazdy położone w pobliżu centrum naszej Galaktyki, w tzw. Oknie Baadego. W tym przypadku oprócz przypadków soczewkowania przez, jak na razie hipotetyczne, brązowe karły powinniśmy być w stanie zaobserwować soczewkowanie przez zwykłe gwiazdy, które znajdują się w dysku galaktycznym pomiędzy Słońcem a centrum Galaktyki. Taki wybór pozwala na przetestowanie poprawności redukcji danych i algorytmów wyszukiwania gwiazd zmiennych. Rys.4 pokazuje przykłady krzywych zmian blasku dla dwóch z kilkuset znalezionych do tej pory gwiazd zmiennych, przy czym jak wyraźnie widać nie są to zmiany blasku spowodowane mikrosoczewkowaniem. Warto tutaj dodać, że gwiazdy zmienne, odnajdywane w ramach tego programu badawczego jako „produkt uboczny", są same w sobie bardzo interesujące, przy tak zaś ogromnej ilości danych można spodziewać się odkrycia nieznanych do tej pory, rzadkich typów zmienności.

Podziękowania

Pragniemy podziękować Dr Dr Joachimowi Wambsganssowi i Hansowi-Jorgenowi Wittowi za udostępnienie nam niepublikowanych dotąd wyników ich prac w postaci rys. 4 i 6, a także Space Telescope Institute za udostępnienie i zgodę na publikację fotografii pochodzących z Kosmicznego Teleskopu Hubble'a.

Dalsza lektura

Znakomitym i obszernym kompendium wiedzy o soczewkowaniu grawitacyjnym jest niedawno wydana w języku angielskim książka: „Gravitational lenses", Schneider P., Ehlers J., i Falco E. E., 1992, New York: Springer–Verlag.

Z artykułów popularnych w języku angielskim możemy polecić: „Gravitational lenses", Turner, E. L., 1988, Scientific American, 259, 26; „Gravity is my telescope", Schild, R. E., 1991, Sky & Telescope, 81, 375.

W języku polskim nie mamy niestety dokładnej bibliografii artykułów dotyczących soczewkowania grawitacyjnego. W czerwcu tego roku ukazał się w „Uranii" artykuł K. Z. Stanka „Poszukiwanie ciemnej materii za pomocą soczewkowania grawitacyjnego".

Femtosoczewkowanie grawitacyjne

W przypadku, kiedy przy rozpatrywaniu soczewkowania grawitacyjnego zaczynają być istotne efekty interferencyjne, musimy przejść od podejścia optyki geometrycznej do podejścia optyki falowej. Efektów tego typu spodziewamy się, gdy długość fali soczewkowanego światła jest porównywalna z różnicą dróg optycznych pomiędzy obrazami. Jak wynika ze wzorów zamieszczonych w ramce na str. 103, różnica ta jest proporcjonalna do masy soczewkującego obiektu, stąd dla gwiazd typu naszego Słońca efektów interferencyjnych spodziewać możemy się dla fal radiowych, zaś interferencja promieniowania gamma następować będzie gdy masa soczewki jest rzędu $10^{-15} M_{\odot}$.

Powodem, dla którego wszystkie opisane wcześniej w tym artykule obliczenia prowadzone były w przybliżeniu optyki geometrycznej nie jest bynajmniej ignorancja astrofizyków. Aby efekty interferencyjne mogły występować, źródło promieniowania musi być na tyle małe, by efekty te nie zostały rozmyte na skutek różnych długości dróg optycznych promieniowania pochodzącego z różnych obszarów źródła. Jak się okazuje, zwykle warunek ten nie jest spełniony i można bezpiecznie stosować przybliżenie optyki geometrycznej. Jednak w 1992 roku Andrew Gould z Institute for Advanced Study w Princeton wskazał na źródła błysków gamma jako mogące spełniać kryterium zwartości. W tym wypadku do uzyskania interferencji potrzeba ciał o masach komet czy też małych asteroid, a błyski gamma powstawać powinny w bardzo dużych odległościach, na co jak się wydaje wskazują obserwacje pochodzące z GRO (*ang. – Gamma Ray Observatory* – patrz PA 2/92 i PA 2/93). Pomysł Goulda został rozwinięty niedawno przez autorów tego artykułu przy współpracy Jeremiego Goodmana, również z Princeton University. Jak się okazuje, dla energii promieni gamma wynoszących około 20 keV i dla źródła położonego w odległości odpowiadającej przesunięciu ku czerwieni około z_s=2 otrzymujemy wyraźne linie interferencyjne, gdy rozmiary źródła nie przekraczają około 1000 km. Błyski gamma wykazują zmienność wskazującą na to, że ich rozmiary mogą być rzędu rozmiarów gwiazd neutronowych, a zatem około 10 km. Rys.5 pokazuje widmo soczewkowanego błysku gamma w zależności od rozmiarów źródła wyrażonego w jednostkach promienia pierścienia Einsteina. Warto tutaj dodać, że linie o podobnym charakterze były już obserwowane przez niektóre misje badawcze, ale jak dotąd nie ma zgody co do mechanizmu ich produkcji, nie mówiąc już o tym że niektórzy astrofizycy, sądzą że powstawały one... w instrumencie na pokładzie satelity!

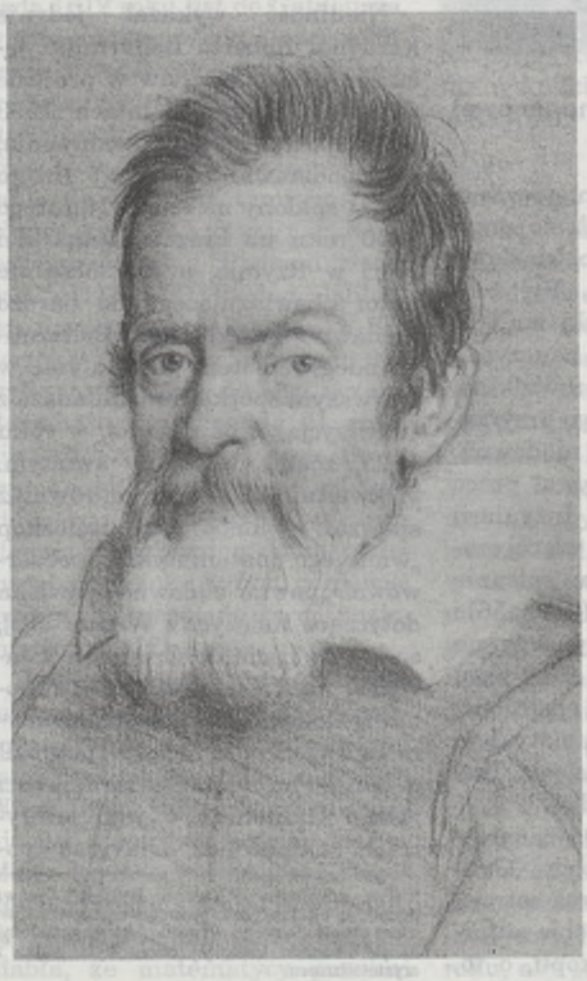
Sylwetkę profesora Bohdana Paczyńskiego mieliśmy już przyjemność przedstawić w Postępach Astronomii (PA 1/92) z racji przyznania mu Nagrody Heinemana przez Amerykańskie Towarzystwo Astronomiczne i Amerykański Instytut Fizyki. Drugi autor, Krzysztof Stanek, to przedstawiciel najmłodszego pokolenia astronomów polskich: ukończył studia w Warszawie, a od roku jest doktorantem Uniwersytetu w Princeton, USA.

Sprawa Galileusza

Andrzej Krasiński

W roku 1633 sąd Inkwizycji skazał Galileusza na bezterminowe więzienie. Powodem skazania było propagowanie teorii Kopernika. Nauczanie jej z zastrzeżeniem, że jest to hipoteza i wygodna metoda rachunkowa, której nie należy rozumieć dosłownie, było akceptowane przez Kościół, przy dodatkowym, milcząco zakładanym warunku: że odbiorcami tej nauki będą studenci uniwersytetów i inni uczeni, zaś wszelkie książki na jej temat będą publikowane po łacinie. Tymczasem Galileusz postanowił rozpowszechnić tę wiedzę wśród najszerszej publiczności i napisał na jej temat książkę w języku włoskim, starannie opracowaną pod względem literackim. Po procesie, wytoczonym w oparciu o dokument najprawdopodobniej sfałszowany, Galileusz musiał, klęcząc przed sędziami, wyprzeć się swoich poglądów i uznać je za fałszywe.

*W roku 1981, papież Jan Paweł II powołał komisję, która miała ustalić okoliczności skazania Galileusza i wydać współczesną opinię Kościoła o tej sprawie. Przedsięwzięcie to było nazywane „rehabilitacją Galileusza", chociaż było jasne, że to nie Galileusz potrzebuje rehabilitacji. Jesienią 1992 roku komisja ogłosiła końcowy komunikat i rozwiązała się. Autorzy komunikatu dość osobliwie potraktowali pojęcie rehabilitacji. Jest w tym tekście krótki fragment mówiący o błędnym przekonaniu sędziów Galileusza, że wydanie zakazu nauczania teorii Kopernika było ich obowiązkiem i że ten sam błąd „**kazał im także zastosować wobec Galileusza karę dyscyplinarną, która przysporzyła mu wielu cierpień**" [10]. To ukradkowe przyznanie się do winy jest przemycone w znacznie dłuższym tekście, który w całości sprawia wrażenie próby ponownego usprawiedliwienia XVII–wiecznych fanatyków i intrygantów. Dla ludzi XX wieku taka rehabilitacja jest nie do przyjęcia. Dla fizyków jest to sprawa dotykająca ich osobiście. Galileusz był, i pośrednio jest nadal, naszym wspólnym nauczycielem. Był współtwórcą do dziś skutecznie stosowanych metod badawczych, które pozwoliły stworzyć dzisiejszą cywilizację. Nasz stary nauczyciel ma prawo od nas właśnie oczekiwać ujawnienia okoliczności i przyczyn swojego nieszczęścia, skoro nie potrafili zdobyć się na to spadkobiercy jego prześladowców. Niniejszy artykuł przedstawia w wielkim skrócie opis wydarzeń, które doprowadziły do procesu Galileusza przed sądem Inkwizycji, przebieg procesu i wyrok. Literatura na ten temat jest bardzo obfita. Mimo upływu ponad 350 lat od opisywanych tu wydarzeń, można ustalić ich przebieg bardzo dokładnie. Dokumenty zawierają zapisy wypowiedzi poszczególnych osób, wielu ludzi z tamtych czasów przemawia do nas bezpośrednio za pomocą listów, które sami napisali. Przy takiej obfitości materiałów źródłowych żaden artykuł nie ma szans przedstawić sprawy Galileusza w sposób kompletny i wszechstronny. Celem tego artykułu jest przekonanie Czytelników, że dotarcie do szczegółów sprawy nie przedstawia wielkich trudności, i zachęcenie ich, aby sięgnęli sami po obszerniejsze opracowania dostępne w polskich bibliotekach.*



Część Pierwsza

1 Konstrukcja teleskopu i pierwsze problemy

W ciągu swojego długiego życia Galileusz dokonał wielu odkryć i wynalazków. W artykule przedstawimy tylko te z nich, które bezpośrednio wiążą się z późniejszymi procesami sądowymi.

Jeden z listów Galileusza ([2], s. 46–47) informuje, że w czerwcu 1609 rok dowiedział się on o skonstruowaniu teleskopu przez rzemieślników holenderskich. Na podstawie szczątkowych informacji Galileusz odgadł zasadę jego działania, wynalazł metodę precyzyjnego szlifowania soczewek i własnoręcznie skonstruował nowy egzemplarz, przewyższający jakością oryginał. Galileusz był wówczas wykładowcą matematyki na uniwersytecie w Padwie i poddanym doży weneckiego, miał 45 lat.

Wkrótce potem zaczął systematyczne obserwacje nieba. Zaobserwował, że powierzchnia Księżyca jest „podobnie jak powierzchnia Ziemi" ([2], s. 49) pokryta wzniesieniami i zapadliskami. Odkrył też cztery księżyce Jowisza i stwierdził, że krążą wokół niego. Obserwacja ta dostarczyła mu argumentu, którym miał nadzieję przekonać innych o prawdziwości teorii Kopernika (sam był o jej prawdziwości przekonany od dawna, o czym świadczy np. list do Keplera z 1597 roku, [1] s. 7). Wyniki obserwacji i ich interpretację ogłosił w dziele, wydanym w roku 1610 p.t. „Sidereus nuncius" (Gwiezdny posłaniec).

Przeciwnicy ujawnili się natychmiast. Galileusz proponował wielu z nich, aby sami popatrzyli przez teleskop. Cesare Cremonini, podobno największy wówczas filozof w Padwie, powiedział tak: „Nie wierzę, że ktokolwiek poza nim [Galileuszem] widział je [gwiazdy], a ponadto, to patrzenie przez szkła przyprawiłoby mnie o zawrót głowy. Dość, nie chcę więcej o tym słyszeć." ([1], s. 28). Inni twierdzili, że popatrzyli przez teleskop, ale nic nie zobaczyli. Jeszcze inni mówili, że i bez patrzenia wiedzą, że teleskop nie ukazałby im niczego wartościowego dla filozofii. Ktoś twierdził, że byłoby niemożliwością, by starożytni, tak znakomici we wszystkim, nie znali takiego przyrządu. Skoro nie ma o nim wzmianki w starożytnych pismach, to widocznie jego przydatność została oceniona negatywnie.

Giordano Bruno na anonimowej rycinie z XVII wieku.

W tym samym mniej więcej czasie Galileusz poczuł się przytłoczony nadmiarem obowiązków, jakie miał w Padwie. Był tam wykładowcą matematyki na uniwersytecie, prywatnym nauczycielem matematyki, kierownikiem warsztatu produkującego przyrządy geometryczne i, od niedawna, teleskopy, oraz wykonywał prace zlecone w dziedzinie inżynierii wojskowej. Chciał mieć więcej czasu, aby użyć go na spisanie „trzech ważnych dzieł" ([2], s. 56) i nie być zależnym od posady na uniwersytecie. W lecie 1610 roku jego życzenie zostało spełnione: został nadwornym matematykiem i filozofem wielkiego księcia Toskanii, Cosimo II de Medici.

Opieka książąt Medyceuszów nie powstrzymała wrogów Galileusza. Oskarżali go coraz ostrzej, np. o przywłaszczenie sobie autorstwa wynalazku teleskopu, o to, że obserwacje za pomocą teleskopu są kuglarską sztuczką i próbą wywołania halucynacji. Galileusz postanowił wyprawić się do Rzymu, aby tam zademonstrować teleskop i, jak miał na dzieję, przekonać przeciwników o prawdziwości swoich odkryć.

Do Rzymu przybył 29 marca 1611 roku i został tam przyjęty z wielkim szacunkiem przez różne osobistości polityczne, w tym przez papieża Pawła V oraz przez kardynała Maffeo Barberiniego, czyli późniejszego papieża Urbana VIII i głównego sprawcę całej afery. Przyjęto go do niedawno utworzonej Accademia dei Lincei[1)], a chwilą największego triumfu było zebranie u jezuitów w Collegio Romano w maju 1611 roku, podczas którego ojciec Ode Maelcote wygłosił mowę pochwalną na cześć Galileusza. Pokazy teleskopu, w zastosowaniu do obserwacji nieba oraz do obserwacji odległych miejsc w Rzymie, przekonywały wszystkich obecnych o prawdziwości jego odkryć i użyteczności przyrządu.

Nieufność wykazał jedynie kardynał Roberto Bellarmino, jezuita, jeden z sędziów w procesie Giordano Bruno w latach 1593 1600 i autor tekstu oskarżenia, na podstawie którego Bruno został spalony na stosie 16 lutego 1600 roku na Piazza Campo dei Fiori w Rzymie, a równocześnie autor obowiązującego do bardzo niedawna katechizmu. Bellarmino odegrał potem główną rolę w pierwszym spotkaniu Galileusza z Inkwizycją, a po śmierci, w roku 1623, został ogłoszony świętym. W kwietniu 1611 roku on również spojrzał w niebo przez teleskop „wielkiego matematyka" i obserwował „pewne cudowne zjawiska dotyczące Księżyca i Wenus" ([2], s. 67). W liście do Cristoforo Claviusa, najwybitniejszego astronoma w Collegio Romano, napisanym 19 kwietnia 1611 roku, poprosił o opinię na temat prawdziwości relacji Galileusza o jego odkryciach. Odpowiedź Claviusa po-

[1)] Tzn. dosłownie „Akademii Rysiów". Nazwa pochodzi od Linceusa, jednego z Argonautów, który słynął z ostrego wzroku. Akademię założył książę Federico Cesi, jej celem była walka z arystotelizmem.

twierdziła prawdziwość większości obserwacji, pozostawiając kwestię otwartą w kilku punktach, których jezuiccy astronomowie nie zdążyli jeszcze sprawdzić ([2], s. 68–69).

2 Intryga zawiązuje się

Pierwszy atak na Galileusza, podjął w roku 1611 florencki astronom Lodovico delle Colombe. W dziele zatytułowanym „Contro il movimento della Terra" wskazał na sprzeczność teorii Kopernika z dosłownie interpretowanym tekstem Pisma Świętego i przypomniał zakaz swobodnej interpretacji tekstu Pisma wydany na niedawnym Soborze Trydenckim.

Drugi atak nastąpił w dniu Wszystkich Świętych 1612 roku. Dominikanin, ksiądz Niccolo Lorini, profesor historii Kościoła, wygłosił w kościele San Matteo we Florencji kazanie, w którym skrytykował teorię Kopernika. Opinia publiczna i władcy miasta uznali użycie ambony do takiego celu za rzecz niewłaściwą. Wziąwszy to pod uwagę, Lorini napisał 5 listopada 1612 roku list do Galileusza, w którym wyparł się ataku w kazaniu i dodał: „Jednakże później, w dyskusji, tylko po to, aby nie stać tam jak słup, powiedziałem kilka słów, których znaczenie było takie, że doktryna tamtego Ipernikusa, czy jak go tam nazywają, jest sprzeczna z Pismem Świętym." ([1], s. 25). Pogląd Galileusza na relacje między nauką Kopernika i Pismem Świętym jest wyłożony w liście do jego ucznia, Benedetto Castellego, z 21 grudnia 1613 roku: „W Piśmie Świętym znajdują się pewne zdania, które wzięte dosłownie nie wyglądają na prawdopodobne. Niemniej są one w użytku, ponieważ lepiej przystosowane są do poziomu tłumu" ([2], s. 84).

Był to dopiero początek całej serii ataków, za którymi stała zorganizowana siła i przemyślana taktyka zakonu dominikanów. W kazaniu wygłoszonym 20 grudnia 1614 roku w kościele Santa Maria Novella w Pizie, dominikanin Tommaso Caccini stwierdził, że matematyka jest dziełem diabła, że matematycy powinni zostać wygnani z chrześcijańskich krajów, zaś myśli o poruszającej się Ziemi są bardzo bliskie herezji ([1], s. 41). Ksiądz Lorini miał jakoby potępić wystąpienie Cacciniego, ale w dniu 7 lutego 1615 roku napisał donos na Galileusza do Inkwizycji, do którego dołączył kopię listu do Castellego. Wypowiedzi Galileusza zostały w donosie podretuszowane i skomentowane jako „podejrzane lub zuchwałe" ([1], s. 44). Oto dwa przykłady ([1], s. 45). Druga część pierwszego zdania z powyższego cytatu w relacji Loriniego brzmiała: „które w dosłownym znaczeniu są fałszywe". Galileusz napisał: „Pismo nie powstrzymuje się przed zaciemnianiem swoich najbardziej zasadniczych dogmatów przypisując Bogu cechy bardzo odległe od Jego istoty i sprzeczne z nią". Lorini zmienił „zaciemnienie" na „wypaczenie". Myśl Galileusza ściślej oddaje następujący cytat z listu. Dosłowne rozumienie pewnych zdań Pisma Świętego prowadzi „nas do przypisania Bogu posiadania nóg, rąk, oczu oraz dolegliwości cielesnych i ludzkich, jak gniew, skrucha, nienawiść, a czasem zapominanie o rzeczach minionych lub nieznajomości przyszłych zdarzeń" ([2], s. 84).

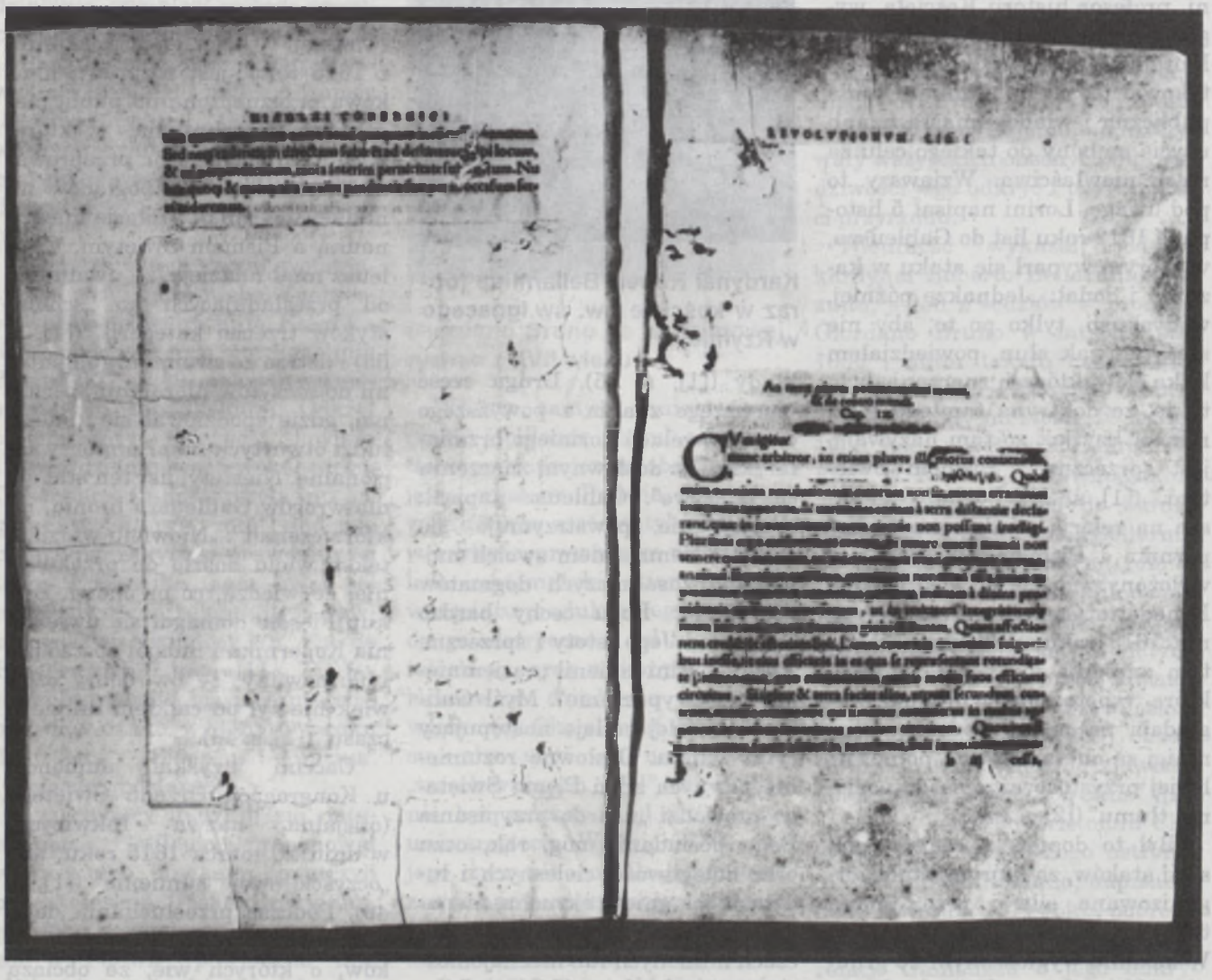
Kardynał Robert Bellarmine (obraz w kościele pw. św.Ignacego w Rzymie.

Urząd Święty zareagował na donos prośbą do arcybiskupa i inkwizytora Pizy z 26 lutego 1615 roku, aby „w zręczny sposób" ([1], s. 46) zdobył podpisany egzemplarz listu do Castellego, nie wzbudzając czujności. Naiwny Castelli poczuł się zaszczycony i wielokrotnie prosił mistrza o podpisaną kopię. Czujność Galileusza została jednak wzbudzona. Posłał Castellemu niepodpisaną kopię wraz z poleceniem niewypuszczania jej z rąk. Arcybiskup musiał zadowolić się odczytaniem mu listu na głos i dyplomatycznie uznał, że jego życzenie zostało spełnione. Następuje okres wymiany listów między wieloma autorami i odbiorcami. Galileusz, w swoim mniemaniu, broni się, ale naprawdę pogrąża się coraz bardziej, dostarczając wrogom coraz to nowych źródeł do plotek i przeinaczonych cytatów. Najważniejszy list z tego okresu, znany jako list do Krystyny Lotaryńskiej (wielkiej księżnej Toskanii), z 1615 roku, jest rozprawą naukową przeznaczoną do publicznego rozpowszechniania, w której na 40 stronach autor przeprowadza wykład swoich poglądów na naukę Kopernika i relacje między nauką a Pismem Świętym. Galileusz miał nadzieję, że uwolni się od prześladujących go „scholastyków trzeciej kategorii" ([1], s. 55) i dotrze ze swoimi argumentami do szczytów hierarchii kościelnej, gdzie spodziewał się znaleźć ludzi otwartych na argumenty racjonalne. Niestety, list ten stał się dla wrogów Galileusza bronią, na którą czekali[2]. „Niewielu widziało tekst, wielu doszło do przekonania, że wiedzą, co on mówi. Biskup Fiesole domagał się uwięzienia Kopernika i musiał zostać poinformowany, że ów dobry człowiek nie żył od całkiem długiego czasu" ([1], s. 40).

Caccini uzyskał audiencję u Kongregacji Urzędu Świętego (oficjalna nazwa Inkwizycji) w dniu 20 marca 1615 roku, aby „oczyścić swoje sumienie" ([1], s. 46). Podczas przesłuchania dalej nakręca intrygę. Wskazuje świadków, o których wie, że obciążą

[2] Pogląd Galileusza na interpretację Pisma Świętego stał się później oficjalną doktryną Kościoła. Dokładniej, stało się to w 280 lat później, po encyklice Leona XIII „Providentissimus Deus" z 1893 roku.

Poprawki nakazane przez cenzurę papieską, naniesione przez Galileusza na egzemplarzu „De Revolutionibus..., który był jego własnością. Galileusz skreślił ostatnie zdanie rozdziału 10, które brzmiało: „Tak ogromne, bez wątpienia jest boskie dzieło najwspanialszego Wszechmogącego". Tytuł następnego rozdziału został zmieniony z „O wyjaśnieniu potrójnego ruchu Ziemi" na „O hipotezie potrójnego ruchu Ziemi i jej wyjaśnieniu". Egzemplarz jest dziś własnością Centralnej Biblioteki Narodowej we Florencji.



Największa ingerencja cenzury w tekst Kopernika: usunięty cały rozdział 8 księgi I, o ruchu Ziemi. To jest jedyny egzemplarz, w którym tekst został fizycznie zniszczony: cały arkusz został wycięty, a pozostały tekst zaklejony. Proszę zwrócić uwagę na zaklejone kawałki linii na początku rozdziału 9. Egzemplarz pochodzi z Biblioteki Państwowej w Cremonie.

Galileusza jeszcze bardziej. Po kilku miesiącach spotyka się z Galileuszem i twierdzi, że to nie on uruchomił procedurę Inkwizycji. Galileusz tak go scharakteryzował: „W całej jego przemowie spostrzegłem bardzo wielką ignorancję, nic innego niż umysł pełen jadu i pozbawiony miłosierdzia" ([4], s. 51).[3]

3 Dekret z 1616 roku

Galileusz widział niekorzystny dla niego obrót sytuacji, ale ciągle wierzył w siłę racjonalnych argumentów. 12 grudnia 1615 roku przyjechał znów do Rzymu, aby szukać okazji do osobistego przedstawienia swoich wywodów rzymskim teologom. Spotkania ciągnęły się miesiącami, ale urzędnicy Urzędu Świętego nie chcieli go przyjąć. Przyjaciele do radzali mu, aby po cichu wycofał się ze sprawy i prowadził dalsze badania bez rozgłosu. Z różnych plotek i przecieków Galileusz wiedział jednak, że przy okazji rozprawy nad nim mogło dojść do zakazu nauczania teorii Kopernika. Do tego nie chciał dopuścić.

Tymczasem, księża z Urzędu Świętego od roku zbierali materiały do sprawy i wykorzystywali publiczne dyskusje Galileusza do uformowania własnej opinii. 18 lutego 1616 roku Urząd Święty zlecił Kwalifikatorom (ekspertom) wydanie opinii (cenzury) o dwu tezach. Najważniejszy fragment cenzury, ogłoszonej 24 lutego, brzmi następująco: „(...)Pierwsza: Słońce stanowi centrum świata i jest całkowicie nieruchome pod względem ruchów lokalnych. Cenzura: Teza ta została jednogłośnie uznana za bezsensowną i absurdalną z punktu widzenia filozoficznego i formalnie heretycką (...). Druga teza: Ziemia nie stanowi centrum świata, ani nie jest nieruchoma, lecz obraca się zarówno wokół samej siebie, jak i ruchem dobowym. Cenzura: Jednogłośnie stwierdzono, że teza ta podlega tej samej cenzurze filozoficznej, z punktu zaś widzenia teologii, jest co najmniej błędem w wierze." ([3], s. 94– 95).

25 lutego, główny inkwizytor zawiadomił zebranie teologów o decyzji papieża opartej na opinii Kwalifikatorów. Następujący jej fragment stał się częścią zagadki historycznej, do dziś niewyjaśnionej: „...Jego Świątobliwość nakazał Panu Kardynałowi Bellarmino wezwać rzeczonego Galileo do siebie i upomnieć go, aby porzucił rzeczoną opinię; w wypadku odmowy posłuszeństwa, Komisarz ma mu nakazać, w obecności notariusza i świadków, aby powstrzymał się całkowicie od nauczania lub obrony tej opinii i doktryny, a nawet od dyskutowania jej; jeśli nie zgodzi się on na to, należy go uwięzić." ([1], s. 130).

3 marca 1616 roku na zebraniu Kongregacji Głównej kardynał Bellarmino ogłosił, że Galileusz poddał się wyrokowi. Na tym samym zebraniu Kongregacja podjęła inną decyzję, która została ogłoszona 5 marca: „(...) doktryna pitagorejska – która jest fałszywa i całkowicie przeciwna Pismu Świętemu – o ruchu Ziemi i nieruchomości Słońca (...) jest obecnie rozpowszechniana za granicą i akceptowana przez wielu. (...) Święta Kongregacja rozporządziła, że „De revolutionibus orbium" rzeczonego Mikołaja Kopernika (...) mają być zawieszone dopóki nie zostaną poprawione" ([1], s. 131).

W tym dopiero momencie, 73 lata po śmierci Kopernika i pierwszej publikacji jego dzieła, Kościół potępił jego naukę i uznał ją za sprzeczną z religią. [4] „Zawieszenie do czasu poprawienia" było typową formułką Inkwizycji i oznaczało w praktyce wpisanie do Indeksu na stałe. Tylko w jednym wypadku Kongregacja ogłosiła poprawki, z którymi dzieło mogło być publikowane – właśnie w przypadku „De revolutionibus" Kopernika. Lista poprawek została ogłoszona w roku 1620, ale wprowadzono je tylko do małej części istniejących wówczas egzemplarzy książki. Niedbalstwo lub świadomy sabotaż właścicieli egzemplarzy oraz władców w różnych krajach sprawiły, że dekret z 1616 roku był mało skuteczny [4]. Dzieło Kopernika zostało wykreślone z Indeksu w roku 1835.

Dla dalszych losów Galileusza kluczowym okazał się inny dokument. W archiwum Inkwizycji jest on zapisany pod datą 26 lutego 1616 roku i stanowi drugą część wspomnianej wyżej zagadki historycznej. Oto jego najważniejszy fragment: „...rzeczony Galileo, wezwany i będący przed obliczem Pana Kardynała [Bellarmino], został, w obecności Jego Przewielebności Michelangelo Seghizzi (...[tu lista tytułów]), przez rzeczonego kardynała ostrzeżony, że wymieniona wyżej opinia jest błędna i upomniany, aby ją porzucił; natychmiast potem, w obecności mojej [notariusza] i świadków, podczas gdy Pan Kardynał był wciąż obecny, rzeczonemu Galileo nakazał i zobowiązał go rzeczony Komisarz [Seghizzi], w imieniu Jego Świątobliwości Papieża i całej Kongregacji Urzędu Świętego, aby całkowicie wyrzekł się rzeczonej opinii, że Słońce jest środkiem świata i jest nieruchome, i że Ziemia porusza się; ani nadal jej nie wyznawał, nauczał albo bronił w jakikolwiek sposób, ustnie albo na piśmie; w przeciwnym wypadku postępowanie będzie wszczęte przeciwko niemu przez Urząd Święty; z którym to nakazem rzeczony Galileo zgodził się i przyrzekł być mu posłusznym." ([1], s. 134). W ostatnim zdaniu dokumentu podano nazwiska domowników kardynała Bellarmino jako świadków.

Po uważnej lekturze dokumentów z 25 i 26 lutego 1616roku nawet niefachowy Czytelnik zauważy sprzeczność między nimi. Decyzja papieża przewidywała dwa warianty postępowania z Galileuszem: łagodniejszy, jeśli będzie posłuszny, i ostrzejszy, jeśli będzie się opierał. Zapis z datą 26 lutego mówi, że zastosowano obydwa warianty po kolei i nie

[3] Przypuszcza się, że spotkanie zostało zlecone Cacciniemu przez Inkwizycję, aby dokładniej wybadał poglądy Galileusza ([1], s.128).

[4] Stało się tak, chociaż obliczenia oparte na teorii Kopernika były podstawą reformy kalendarza. Kalendarz gregoriański został wprowadzony w życie w roku 1582 decyzją papieża Grzegorza XIII.

wspomina nawet o reakcji Galileusza na upomnienie, „natychmiast potem" nastąpiła represja przewidziana na wypadek nieposłuszeństwa. Forma dokumentu też budzi podejrzenia. Tekst mówi „w obecności mojej i świadków", ale nie ma pod nim podpisów oskarżonego ani notariusza; wbrew ściśle przestrzeganemu obyczajowi, nazwiska świadków z urzędu nie zostały podane. Gdy Inkwizycja wydawała zakaz tego rodzaju, wymagała podpisu oskarżonego, potwierdzenia autentyczności podpisu przez notariusza i podpisania całości dokumentu przez świadków z urzędu. Wymienieni jako świadkowie domownicy kardynała nie posiadali wystarczających kwalifikacji, aby być świadkami oficjalnej procedury prawnej.

Omawiany dokument różni się od innych także z czysto technicznego, archiwistycznego punktu widzenia. Każdy nowy dokument lub oficjalny list był rozpoczynany na pierwszej stronie podwójnego arkusza papieru, a potem wszywany do teczki z aktami w kolejności według daty. Ta metoda powodowała, że teczka zawierała dużo niezapisanych stron. Są one numerowane na równi z zapisanymi. Na niektórych z nich dopisywano komentarze urzędowe, noty o doręczeniu lub instrukcje uzupełniające, wszystkie uporządkowane chronologicznie. Ani jeden dokument (list, raport, akt prawny lub potwierdzona kopia) nie zaczyna się w innym miejscu niż pierwsza strona nowego arkusza. Z jednym wyjątkiem, jest nim nakaz z 26 lutego. Ten dokument wielkiej wagi został napisany na kawałku papieru, który był przypadkowo wolny, mianowicie na tylnej stronie raportu Kwalifikatorów z 24 lutego i przedniej stronie drugiej połowy arkusza z zeznaniem Cacciniego. W ten sposób wpisywano do archiwum odpisy załączników, których oryginały były przechowywane gdzie indziej, aby uzupełnić informację. W tym miejscu archiwum powinien znaleźć się oryginał wyroku Inkwizycji, tymczasem jest to nieformalna notatka. Nie ma po oryginale żadnego śladu w tej teczce (numeracja stron jest ciągła), oryginału, jeśli istniał, nie odnaleziono do dziś w żadnym innym archiwum.

Dwa inne dokumenty zaprzeczają treści notatki. Jezuici, chcąc zaszkodzić Galileuszowi, zaczęli rozpowszechniać plotki, że został on formalnie ukarany przez Inkwizycję. Kara Inkwizycji uchodziła wtedy za piętno socjalne i towarzyskie. Gdy plotki jezuitów dotarły do Galileusza, poprosił on samego kardynała Bellarmino o pisemne zaświadczenie, że nie wymierzono mu formalnej kary. Zaświadczenie otrzymał i jest ono w archiwach Inkwizycji (pełny tekst: [1], s. 140). Drugi dokument został znaleziony w roku 1848 w archiwum dekretów papieskich, oto odpowiedni fragment: „Pan Kardynał Bellarmino doniósł, że Galileo Galilei, matematyk, został ostrzeżony w formie nakazu Świętej Kongregacji, aby porzucił przekonanie, które do tej pory żywił, że Słońce jest środkiem sfer i jest nieruchome i że Ziemia porusza się, zgodził się on na to (...)" ([1], s. 141).

Wyłożone tu w skrócie przesłanki wskazują, że dokument z datą 26 lutego 1616 roku jest falsyfikatem. Hipoteza ta dobrze objaśnia zeznania Galileusza podczas procesu w 1633 roku. Jest ona przekonująco poparta dedukcyjnymi argumentami typu detektywistycznego (patrz [1], cały rozdział XIII), ale jej rozstrzygnięcie po 350 latach jest mało prawdopodobne. Historycy mają kilku jednakowo „dobrych" kandydatów na autora fałszerstwa i skłaniają się ku przypuszczeniu, że zostało ono dokonane w 1616 roku, nie w 1633, ale nawet to nie jest pewne. Istnieją natomiast dowody fałszerstw popełnionych w imieniu Inkwizycji w innych sprawach ([1], s. 296–297), hipoteza o fałszerstwie w 1616 roku nie jest więc pozbawiona precedensów.

Kwestia prawdziwości tego właśnie dokumentu była ważna z prawnego punktu widzenia. Upomnienie Inkwizycji w wersji zaleconej dokumentem z 25 lutego nie zabraniało Galileuszowi dyskutowania nauki Kopernika jako geometrycznej hipotezy. Wyrok w wersji z 26 lutego nakazywał bezwarunkowe i bezterminowe milczenie w tej sprawie. Jak pokażemy dalej, opublikowany w 1632 roku „Dialog o dwu wielkich systemach świata" nie naruszał upomnienia, był natomiast naruszeniem wyroku z 26 lutego. Oskarżenie o to przestępstwo dało początek procesowi z 1633 roku.

Część druga i ostatnia w następnym numerze!

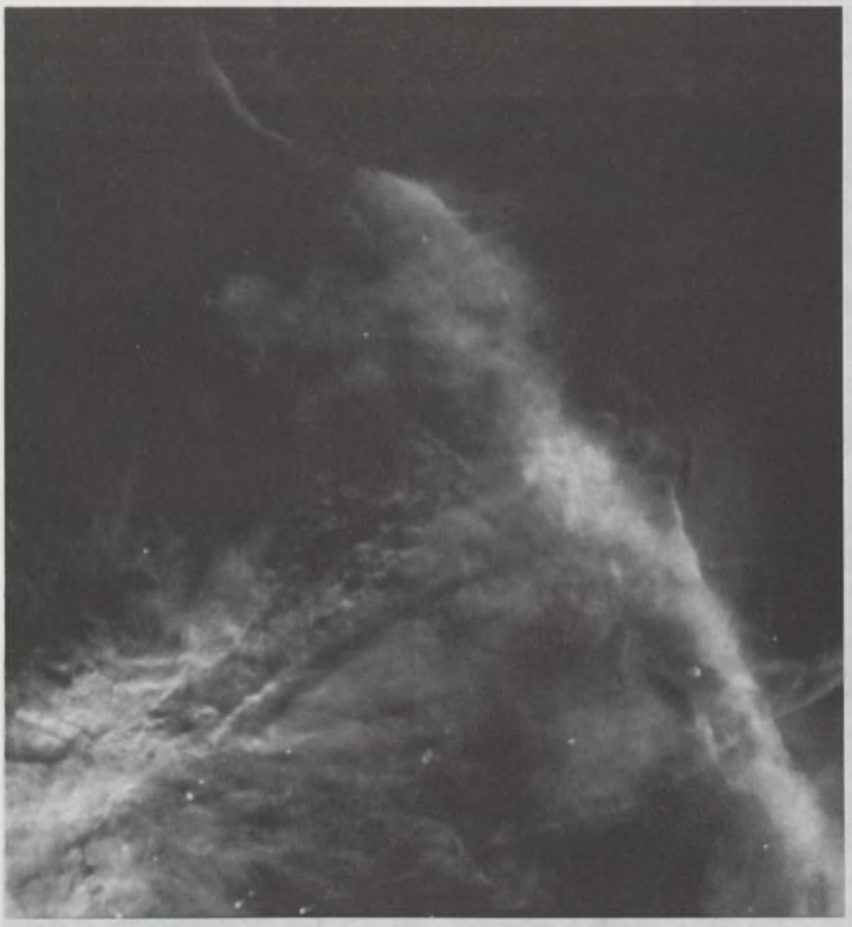
Literatura

[1] G. de Santillana, The crime of Galileo. Time Inc., New York 1962.
[2] E. Namer, Sprawa Galileusza. Przełożył A. Galica. Czytelnik, Warszawa 1985.
[3] Sprawa Galileusza. Wybór i redakcja J. Życiński. Wydawnictwo Znak, Kraków 1991.
[4] O. Gingerich, Annali dell'Istituto Museo di Storia della Scienze di Firenze 6 nr 2, 45 (1981).
[5] S. Drake, Galileo at work. University of Chicago Press 1982.
[6] S. Drake, Galileo studies. The University of Michigan Press, Ann Arbor 1970.
[7] O. Gingerich, Scientific American, August 1982.
[8] L. S. Lerner, E. A. Gosselin, Scientific American, November 1986.
[9] [Jan Paweł II, tekst niepodpisany], L'Osservatore Romano (wydanie polskie) nr 1/1993, s. 23.
[10] P. Poupard, L'Osservatore Romano (wydanie polskie) nr 1/1993, s. 26.
[11] M. Heller, L'Osservatore Romano (wydanie polskie) nr 1/1993, s. 28.

Proplydy – dyski protoplanetarne w Orionie

Andrzej Woszczyk

Poznanie okoliczności swego narodzenia, czy korzeni swojej rodziny jest dla wielu mieszkańców Ziemi niezwykłą pasją i przedmiotem często wieloletnich dociekań. Podobnie, dla wielu już pokoleń astronomów problem powstania naszej Rodziny Słonecznej stał się przedmiotem ich pasji i sensu astronomicznych poszukiwań. Na ogół wierzymy, że nasz Układ Planetarny powstał równocześnie ze Słońcem poprzez kondensację pyłów zawartych w okołosłonecznym dysku, który towarzyszył narodzinom naszej dziennej gwiazdy około cztery i pół miliarda lat temu. Odkrycie w początku lat osiemdziesiątych gorących dysków pyłowych wokół niektórych gwiazd zapoczątkowało fascynujący i pełen uzasadnionych nadziei okres oczekiwania na rychłe zrozumienie uwarunkowań powstania naszego Systemu Słonecznego i nareszcie znalezienie planet wokół innych gwiazd. Wielu astronomów i liczne zespoły badawcze podjęło to wyzwanie. Przedmiotem szczególnego zainteresowania stały się głównie gwiazdy młode i potencjalne mateczniki gwiazdowe takie np. mgławica Omega w gwiazdozbiorze Strzelca (M17), Barnard 68, ciemna mgławica w Strzelcu czy mgławice w rejonie gwiazdozbiorów Oriona i Łabędzia.



Fot. 1. „Pióro gazowe" w pobliżu brzegu Mgławicy Oriona.

Powyższy obraz powstał ze złożenia oddzielnych zdjęć uzyskanych w liniach najbardziej obfitych pierwiastków w mgławicy: wodoru, tlenu i azotu uzyskanych 13 i 14 sierpnia 1991 przy użyciu szerokokątnej kamery teleskopu kosmicznego. Widzimy tu szereg detali nigdy przedtem nie oglądanych. Są tu obiekty wydłużone, ukierunkowane na najjaśniejsze gwiazdy w tym obszarze (które są zlokalizowane poza brzegiem tego zdjęcia), szybko ekspandujące pióra materii otaczającej młode gwiazdy i dyski protoplanetarne. Obszar przedstawiony na zdjęciu ma rozmiar około 1.29 roku świetlnego.

Postępy Astronomii relacjonowały już dość szczegółowo historię odkrycia i kolejnych badań protoplanetarnego dysku wokół Beta Pictoris.*) Gwiazda ta powstała około 100 milionów lat temu, a jej dysk chyba nie ma dość masy aby zbudować planetę wielkości Ziemi. Obok Beta Pictoris, potwierdzono i badano pyłowe dyski wokół Alfa Lyrae, Alfa Piscis Austrini i Epsilon Eridani.

Ostatnio zespół badaczy pod kierownictwem C. Roberta O'Dell'a (C. R. O'Dell, Zheng Wen i Xi–Hai Hu z Rice University w Houston oraz Jeff Hester z Arizona State University) używał teleskopu kosmicznego Hubble'a do badania matecznika gwiazdowego w Wielkiej Mgławicy w Orionie. Przy pomocy kamery szerokokątnej i planetarnej teleskopu kosmicznego badacze ci obserwowali gwiazdy młode, znajdujące się jeszcze w fazie kontrakcji. Ich wiek nie przekraczał kilku milionów lat. Wokół 15 takich gwiazd znaleźli rozległe dyski zbudowane z gorącego pyłu. A więc pył otaczający te gwiazdy ma nie tylko dostatecznie duży moment obrotowy, by nie dać się wciągnąć w czeluście materii rodzącej się (kolapsującej) gwiazdy, rozpościera się na duże odległości wokół gwiazdy tworząc szeroki spłaszczony dysk.

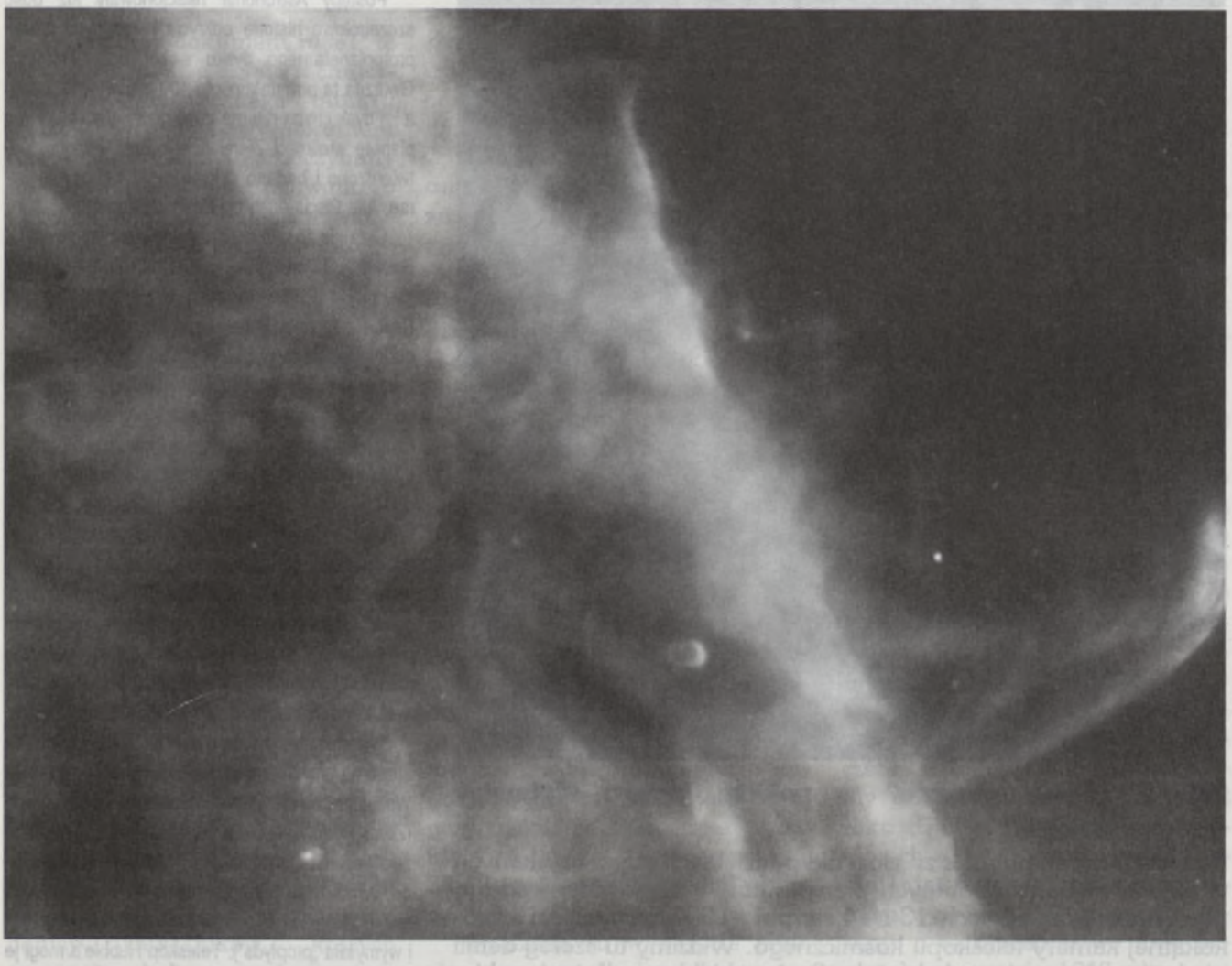
Te młode, pyłowe dyski wokółgwiazdowe stanowią nową klasę obiektów odkrytych we Wszechświecie, które nazwano „proplydami" (Żona Roberta O'Della, Gai Sabancah, uważała, że określenie „protoplanetary disks" jest tak trudne do wymówienia przez jej męża, że należy mu ulżyć i zastąpić je czymś krótszym i łatwiejszym i wymyśliła „proplyds"). Teleskop Hubble'a mógł je dostrzec, ponieważ bądź są one oświetlone przez najgorętsze gwiazdy Mgławicy Oriona, bądź też ich kontury widoczne są na jasnym tle mgławicy.

*) patrz notki autora PA 4/91 str. 172, PA 3–4/92 str. 177. (red.)

Niektóre z proplydów są jednak wystarczająco jasne, aby mogły być wcześniej odkryte przez ziemskie teleskopy optyczne lub radiowe. Każdy z proplydów wygląda jak gruby dysk z dziurą w środku, gdzie zlokalizowana jest chłodna gwiazda. Promieniowanie z pobliskiej gorącej gwiazdy „wygotowuje" materię z powierzchni dysku, a wiatr gwiazdowy tejże gwiazdy zdmuchuje tak uwolnioną materię i powoduje powstanie struktury podobnej do ogona kometarnego. Tempo utraty masy dysku autorzy oceniają na około pół masy Ziemi na rok. Opierając się na tym tempie erozji Robert O'Dell sądzi, że pierwotna masa dysku takiego proplydu powinna wynosić około 15 mas Jowisza.

Wiele z najmłodszych i najgorętszych gwiazd naszej Drogi Mlecznej znajduje się właśnie w Mgławicy Oriona. Mgławica ta jest na skraju gigantycznej chmury molekularnej, która leży bezpośrednio za gwiazdami kreślącymi (wyznaczającymi) miecz myśliwego Oriona w jego konstelacji. Obszar intesywnie badany przez O'Della i jego współpracowników jest jasną częścią mgławicy, odległą od nas tylko o około 1500 lat świetlnych, gdzie gwiazdy w dużym stopniu nie są przesłonięte materią międzygwiazdową. Wobec tego otzrymany rezultat obserwacji pozwala przypuszczać, że w tym obszarze Oriona, około 50 gwiazd posiada protoplanetarne dyski.

Inna grupa badaczy pod przewodnictwem pani Karen M. Strom z University of Massachusetts, używała teleskopu 1.3 m na Kitt Peak w Arizonie wyposażonego w zestaw odbiorników podczerwieni, aby przebadać ciemną chmurę materii zwaną Lynds 1641, a położoną w pobliżu Mgławicy Oriona. W czasie tych obserwacji odkryto tam około 2000 gwiazd, które uszły uwadze dotychczasowych badaczy tego obszaru, pracujących głównie w dziedzinie widzialnej widma. Większość tych obiektów była rozmieszczona równomiernie, ale kilkaset gwiazd występuje tu w luźnych agregatach po 10 do 50 gwiazd we wzajemnych odległościach nie większych niż jeden rok świetlny. Porównując właściwości



Fot. 2. „Pióro gazowe" z nowo narodzonej gwiazdy.
Zdjęcie to przedstawia fragment poprzedniego obrazu (o rozmiarze pół roku świetlnego) i stanowi „zbliżenie" szybko ekspandującej materii wokół nowonarodzonej gwiazdy. Jest to w istocie obraz ponaddźwiękowej fali uderzerzniowej materii poruszającej się z prędkością około 220 tys. km/godz., a uformowanej przez strumień materii wypływającej z nowoutworzonej gwiazdy.

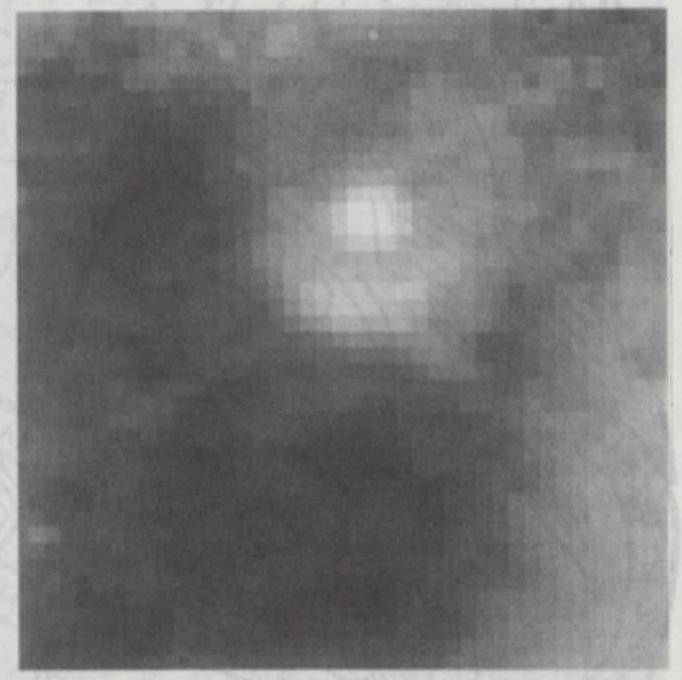
podczerwonego promieniowania tych gwiazd z teoretycznymi modelami gwiazdowymi pani Strom oceniła wiek gwiazd w agregatach na kilkaset tysięcy co najwyżej 1 milion lat. Ponadto prawie dwie trzecie tych gwiazd ma charakter promieniowania podczerwonego wskazujący na istnienie wokół nich dysku pyłowego złożonego z ziaren o mikrometrowych rozmiarach. Jak to widać więc na przykładzie Lynds 1641, gwiazdy rozpoczynają życie w małych rodzinach, których każdy członek ma swój pierścień gorącego pyłu. W ciągu następnych kilku milionów lat, cząsteczki dysku akreują do większej formy planetozymali, które mogą się stać budulcami planet. Dysk wokółgwizdowy złożony z planetozymali, w przeciwieństwie do dysku pyłowego prawie wcale nie jest widoczny w podczerwieni. W fazie formowania się planetozymali, te młode gwiazdy opuszczają agregaty, w których się urodziły i rozchodzą się w przestrzeni. (Zupełnie jak ludzie – rodzą się i spędzają młodość w rodzinach, czasami wielodzietnych, a gdy dorosną opuszczają dom rodzinny.)

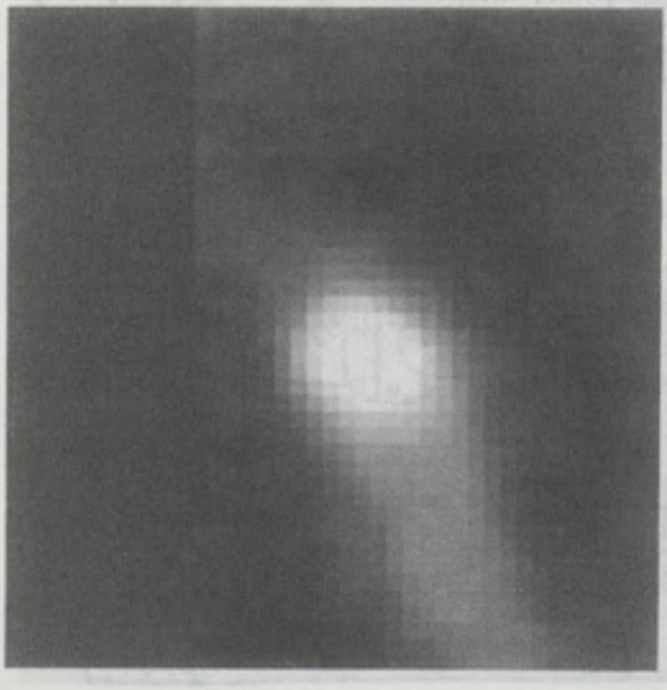
Powyższe zrelacjonowane odkrycia są ważnym etapem w poznawaniu historii tworzenia się planet i powstania naszego Systemu Planetarnego. W sumie mamy dowody na to, że podstawowy budulec planet istnieje wokół znacznej części gwiazd. Jest bardzo prawdopodobne, że wiele z tych gwiazd będzie miało własne systemy planetarne.

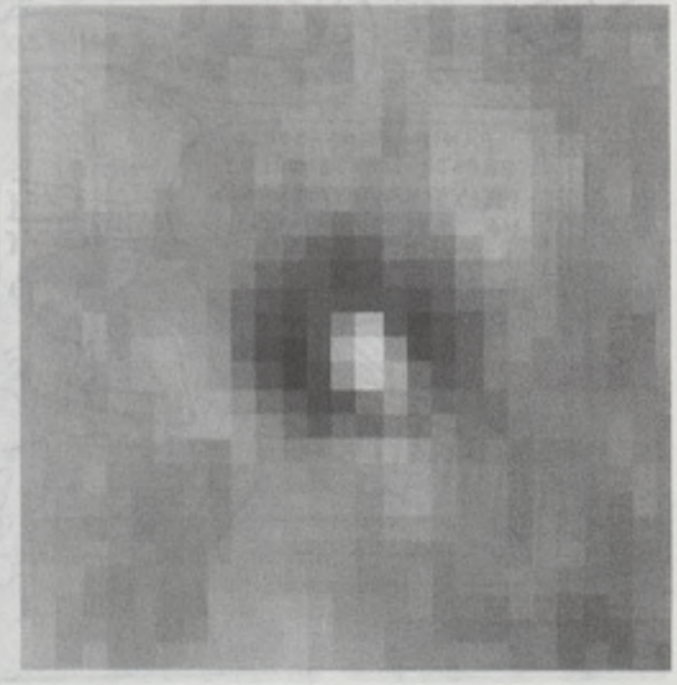
Fot. 3. Dyski protoplanetarne w Mgławicy Oriona.

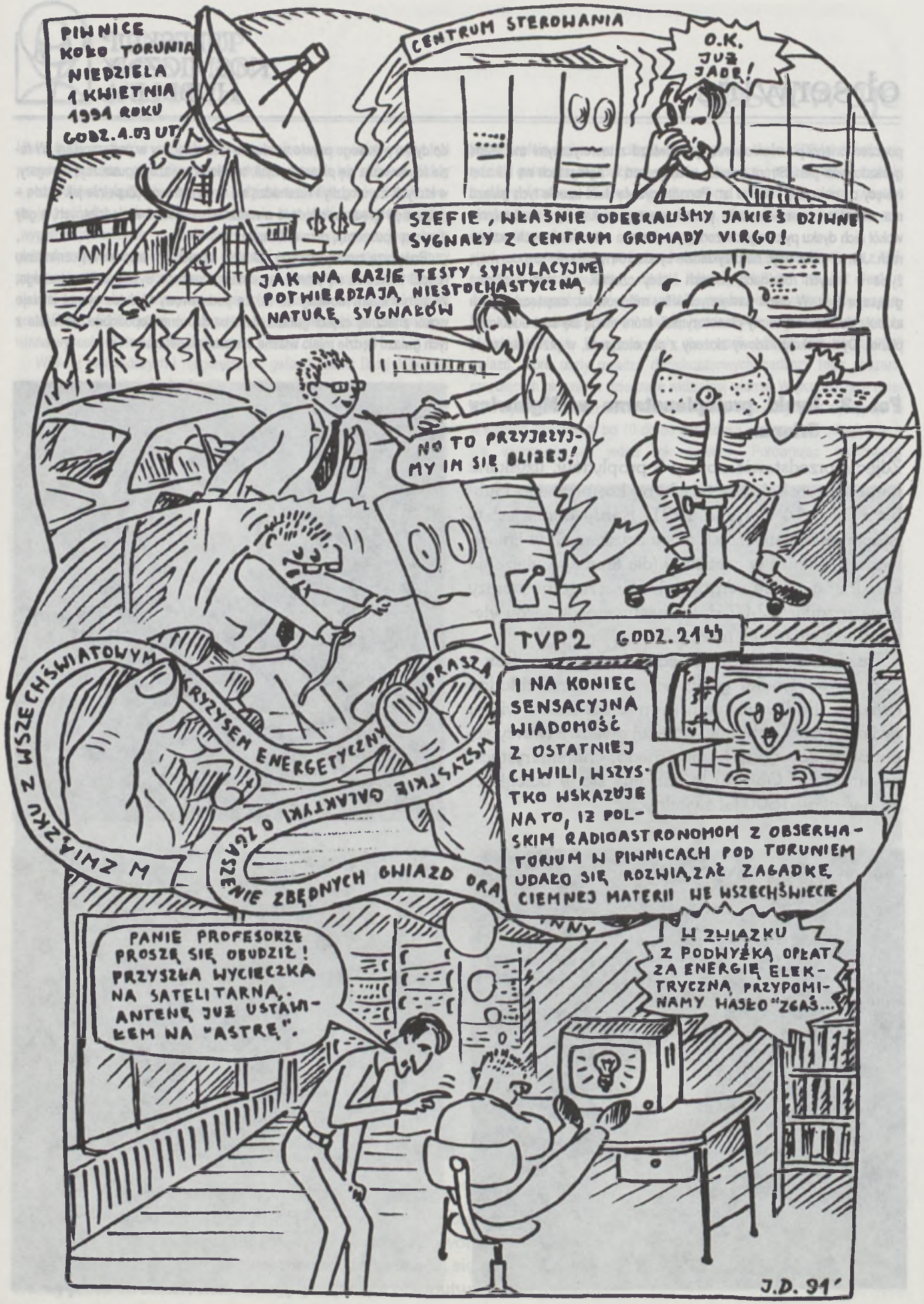
Zdjęcie przedstawia obrazy 3 proplydów, uzyskane kamerą szerokokątną teleskopu kosmicznego Hubble'a 13 i 14 sierpnia 1991. Każdy obraz jest w istocie złożeniem trzech zdjęć uzyskanych w liniach wodoru, tlenu i w czerwieni (dla lepszego ukazania chłodnej gwiazdy centralnej). Poszczególne obrazy mają rozmiar 12.07 dnia świetlnego, a każdy element obrazu (pixel) mierzy 50 j. a.

Każdy z proplydów przedstawia się jako dysk z „dziurą" w środku gdzie jest ulokowana chłodna gwiazda. Pod działaniem promieniowania i wiatru gwiazdowego pobliskiej gorącej gwiazdy tworzy się podobna do ogona kometamego, charakterystyczna struktura. Obiekty te znajdują się w odległości od nas około1500 lat świetlnych.



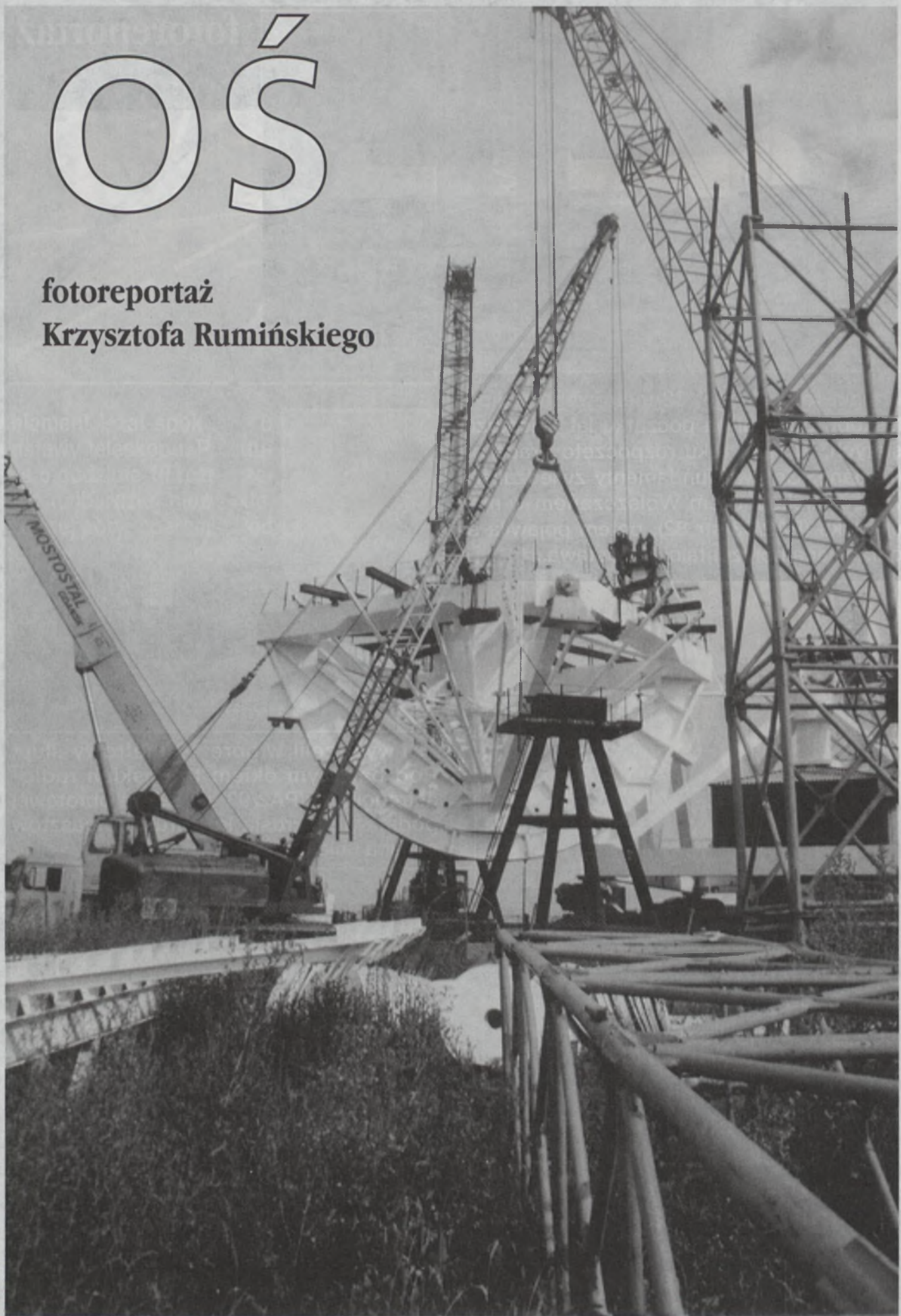


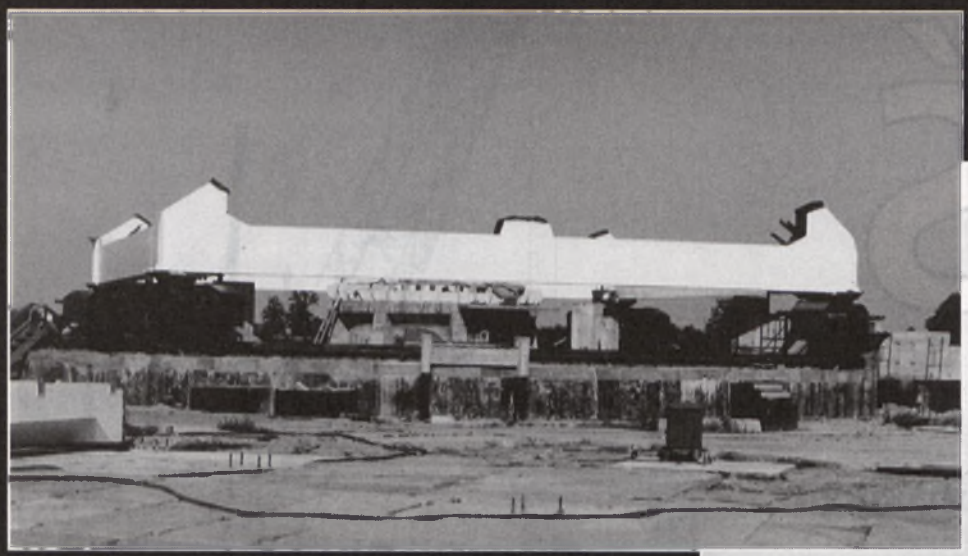



PIWNICE KOŁO TORUNIA NIEDZIELA 1 KWIETNIA 1994 ROKU GODZ. 4.03 UT
CENTRUM STEROWANIA
O.K. JUŻ JADĘ!
SZEFIE, WŁAŚNIE ODEBRALIŚMY JAKIEŚ DZIWNE SYGNAŁY Z CENTRUM GROMADY VIRGO!
JAK NA RAZIE TESTY SYMULACYJNE POTWIERDZAJĄ, NIESTOCHASTYCZNĄ NATURĘ SYGNAŁÓW
NO TO PRZYJRZYJMY IM SIĘ BLIŻEJ!
TVP2 GODZ. 21⁴⁵
I NA KONIEC SENSACYJNA WIADOMOŚĆ Z OSTATNIEJ CHWILI, WSZYSTKO WSKAZUJE NA TO, IŻ POLSKIM RADIOASTRONOMOM Z OBSERWATORIUM W PIWNICACH POD TORUNIEM UDAŁO SIĘ ROZWIĄZAĆ ZAGADKĘ CIEMNEJ MATERII WE WSZECHŚWIECIE
W ZWIĄZKU Z WSZECHŚWIATOWYM KRYZYSEM ENERGETYCZNYM UPRASZA WSZYSTKIE GALAKTYKI O ZGASZENIE ZBĘDNYCH GWIAZD ORA
W ZWIĄZKU Z PODWYŻKĄ OPŁAT ZA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ, PRZYPOMINAMY HASŁO "ZGAŚ...
PANIE PROFESORZE PROSZĘ SIĘ OBUDZIĆ! PRZYSZŁA WYCIECZKA NA SATELITARNĄ. ANTENĘ JUŻ USTAWIŁEM NA "ASTRĘ".
J.D. 91'

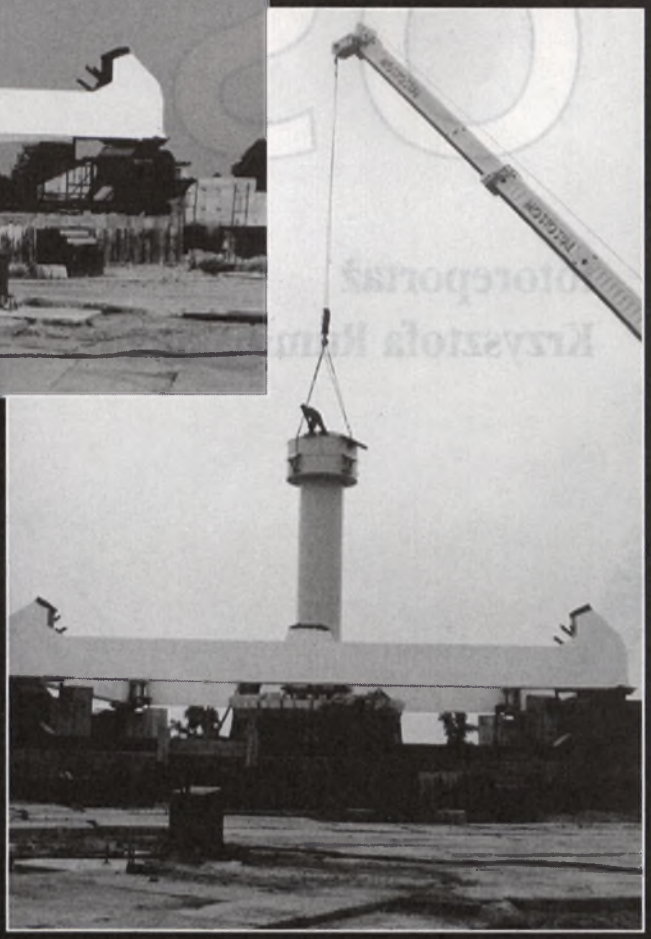
OŚ

fotoreportaż
Krzysztofa Rumińskiego





Projekt toruńskiego, 32-metrowego radioteleskopu powstał na początku lat osiemdziesiątych. W 1985 roku rozpoczęto prace budowlane. Gotowe fundamenty zwiedzaliśmy wraz z Aleksandrem Wolszczanem w maju ub. roku (PA2/93 str 82), potem pojawiła się obracająca horyzontalnie podstawa...



... i wystrzelił w górę 10 metrowy słup. Pod bacznym okiem toruńskich radioastronomów (PA2/93 str 82) na obrotowej podstawie wyrosła konstrukcja masztów mająca unieść...

... 160 tonową oś elewacyjną radioteleskopu. Oś ma kształt czworokąta z ogromną zębatką do zmiany wysokości. Na tym czworokącie zostanie rozpostarta konstrukcja nośna ogromnej czaszy radioteleskopu. Jeszcze dzień wcześniej...

Piwnice k/Torunia

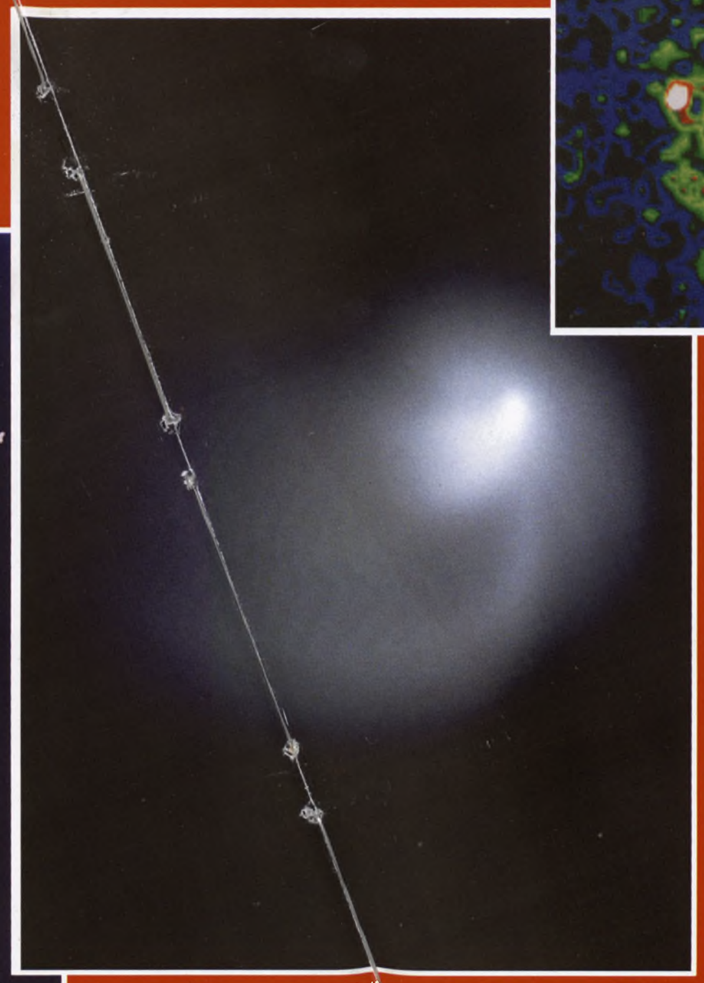
... element leżał spokojnie u podstawy teleskopu. Punktualnie o godzinie 10 rozpoczęła się najbardziej niezwykła, jak do tej pory, operacja. Pod wodzą brygadzisty Mostostalu, Henryka Jarzębowskiego, oś drgnęła, uniosła się w powietrze i z dokładnością pół milimetra osiadła na wysokości 25 metrów!

5 sierpnia 1993

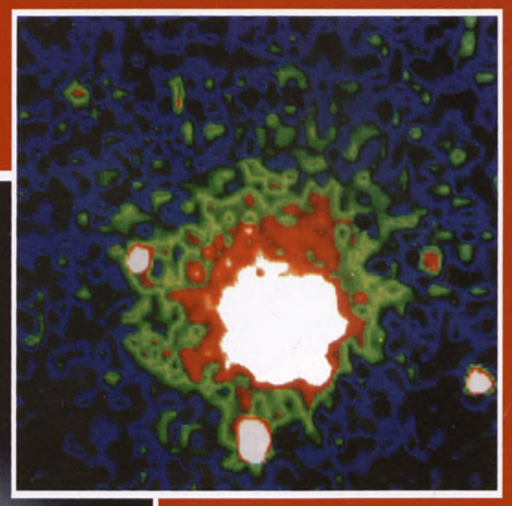
foto: Krzysztof Rumiński

P/ SWIFT- TUTTLE

2 grudnia 1992 (K. Rumiński)



20 grudnia 1992 (L. Jordy, J. Lecacheux, F. Colas

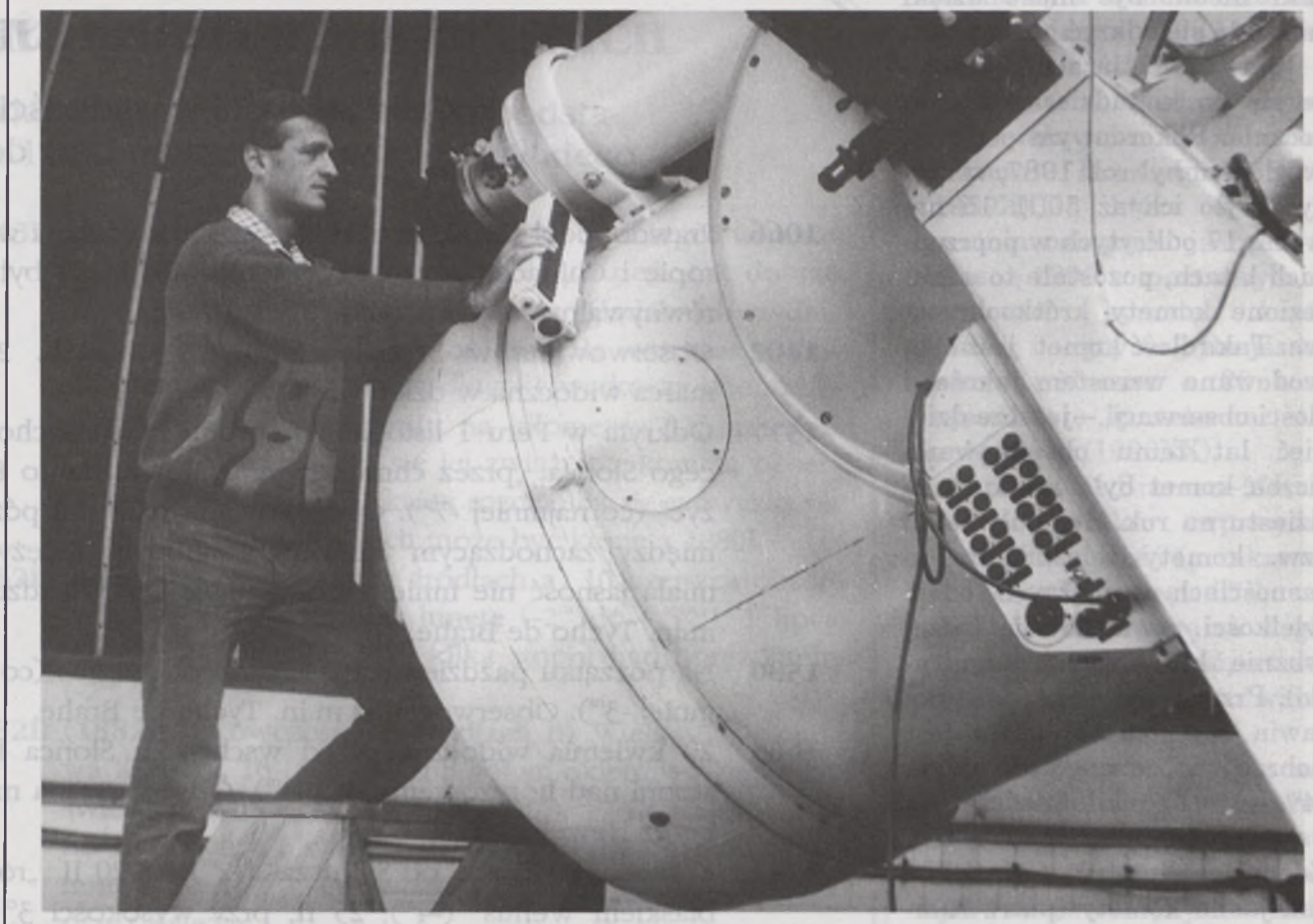


9 października 1992 (R. Bitzer)

29 października 1992 (M. Rothe)

postępy astronomii

Niezwykłe piękno emisji pyłu z jądra Komety Halleya, ukazał obraz uzyskany w 1986r., z odległości 2000 km, przez sondę Giotto. Na powierzchni jądra widać liczne szczegóły, m. in. oświetlony przez nisko położone Słońce, wierzchołek około 500 metrowego wzniesienia (H.U. Keeller, ESA/HPI für Aeronomie)



Autor artykułu przy teleskopie w Piwnicach *fot. M. Hałaburda*

Brorsen-Metcalf, Austin 1989c$_1$, Levy 1990c
Swift-Tuttle, Halley

KOMETY ostatnich lat

Bogdan Maciesowicz

Komety należą do najbardziej chyba widowiskowych i fascynujących zjawisk na niebie, są wciąż jeszcze tajemnicze, a nawet romantyczne. Niektóre komety okresowe, obserwowane obecnie, były widziane przez ludzi żyjących w czasach Newtona, w średniowieczu czy starożytności i ponownie przylecą, gdy nas już nie będzie... Można też czasem zobaczyć kometę, na którą, być może, patrzyły dinozaury, albo taką, która przeleci tylko jeden jedyny raz w pobliżu Słońca i przez następne setki milionów lat błądzić będzie w pustej przestrzeni między gwiazdami...

Bogdan Maciesowicz jest fizykiem, pracuje w Zakładzie Astrofizyki WSP w Rzeszowie. Zajmuje się fizyką komet, prowadził ich obserwacje w OA UMK w Piwnicach. Przerywane ślady gwiazd na pierwszych wykonanych przez niego zdjęciach komet, pokazują jak niełatwe są to obserwacje. Ostatnie zdjęcia komety Levy'ego są już nienaganne.

Obserwacje komet nie mają jednak dostarczać romantycznych wzruszeń astronomom. W każdym razie, nie tylko. Badania fizyki komet mają fundamentalne znaczenie przy poznawaniu natury Układu Słonecznego, a zwłaszcza jego genezy. Jądra komet są świadkami narodzin Układu Planetarnego – ich materia nie uległa destrukcji i przeobrażeniu, jak to miało miejsce na planetach. Orbity komet – to poligon doświadczalny mecha-

niki nieba: być może dzięki nim uda się odkryć planetę X.

W ostatnich latach obserwuje się po kilkadziesiąt komet rocznie. Rekordowym pod tym względem był rok 1987, w którym było ich aż 50(!): 15 nowych, 17 odkrytych w poprzednich latach, pozostałe to odnalezione komety krótkookresowe. Taka ilość komet jest spowodowana wzrostem jakości i ilości obserwacji – jeszcze dziesięć lat temu obserwowana liczba komet była rzędu dwudziestu na rok. Z reguły są to tzw. komety teleskopowe, o jasnościach mniejszych od 6 wielkości gwiazdowej (przeważnie kilkanaście magnitudo). Przeciętnie co parę lat pojawia się kometa, która jest dobrze widoczna gołym okiem (4^m – 2^m), co kilkanaście lat, bardzo jasna kometa (2^m – 0^m). Zdarzają się też wyjątkowo tak jasne komety (patrz ramka), że mogą być obserwowane nawet w dzień! Zwykle przechodzą one bardzo blisko Słońca (zob. PA 3/91).

Jasne komety pojawiają się niespodziewanie (za wyjątkiem znanych okresowych) i w sposób nie dający się ująć statystycznie: czasem pojawia się jedna i przez następnych kilka czy kilkanaście lat jest „cisza", a czasem leci kilka na raz, jak np. w latach 1882, 1910, czy 1989–90.

W okresie od lata 1989 do końca lata 1990 pojawiło się aż pięć komet o jasności powyżej 6^m. Pierwsza przyleciała okresowa kometa Brorsen–Metcalf 1989o (1847V = 1919III = 1989X), należąca do rodziny Neptuna – tak jak Kometa Halleya[1]. W październiku, listopadzie i grudniu wi-

[1] Pisownia z dużej litery powinna być stosowana wszędzie tam, gdzie chodzi o konkretną kometę (nazwa własna obiektu). Nie jest to na ogół obecnie praktykowane, ale Kometa Halleya zasługuje na wyróżnienie.

WYBRANE INFORMACJE O

Podane jasności w wielkościach
wie opisów obserwacji. Daty do ro

1066 Prawdopodobnie Kometa Halleya. Obserwowana w Europie i Chinach. Około 15 kwietnia jej blask był porównywalny z Wenus (-4^m).

1402 Obserwowana w Europie, Japonii i Chinach. 22-29 marca widoczna w dzień (-5^m).

1577 Odkryta w Peru 1 listopada w promieniach zachodzącego Słońca: „przez chmury wydawało się, że to Księżyc" (co najmniej -7^m). Obserwowana parę dni później między zachodzącym Słońcem a młodym Księżycem miała jasność nie mniejszą od Wenus (-4^m). Widział ją m.in. Tycho de Brahe.

1580 Na początku października jaśniejsza od Wenus (co najmniej -3^m). Obserwował ją m.in. Tycho de Brahe.

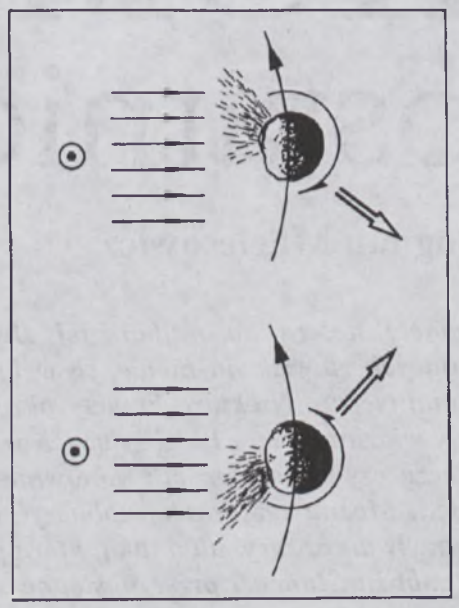
1665 20 kwietnia widoczna przed wschodem Słońca kilka stopni nad horyzontem (-2^m, -3^m). Obserwowana m. in. przez Heweliusza.

1744 1 lutego „jaśniejsza od Syriusza" (-2^m); 18-20 II „równa blaskiem Wenus" (-4^m); 25 II, przy wysokości 3° nad horyzontem, „jaśniejsza od Wenus " (-5^m). 27 II widoczna gołym okiem w dzień 12° od Słońca. 18 III długość jej warkocza dochodziła do 9°.

Kometa Halleya: Najsłynniejsza. Najwcześniej odkryta przed peryhelium (1212 dni). Najdłużej obserwowana w czasie jednego pojawienia: od 16 października 1982 do chwili obecnej.

SIŁY NIEGRAWITACYJNE

Schemat wyjaśniający powstawanie efektów niegrawitacyjnych w ruchu komety: wyrzut materii z jądra powoduje powstanie przeciwnie działającej siły reakcji zmieniającej nieco orbitę. Przyśpieszenie bądź opóźnienie ruchu zależy od kierunku obrotu jądra.



WYJĄTKOWYCH KOMETACH

gwiazdowych oszacowano na podstaku 1580 wg kalendarza juliańskiego.

1843I (1843a) Wielka Marcowa Kometa. 28 lutego widoczna okiem nieuzbrojonym przez cały dzień „tak dobrze jak Księżyc" w odl. 4° od Słońca, wyglądała jak wydłużony obłok (dł. 1°). Jej jasność musiała wówczas wynosić powyżej -8^m. 21 marca długość warkocza dochodziła do 64°– w przeliczeniu na kilometry: 320 mln km (2.1 j. a.). Podejrzewa się jej związek z kometą obserwowaną w roku -371, która rozdzieliła się wówczas na dwie części; drugą z nich może być kometa 1880I.

1882I (1882b, w ówczesnych źródłach a) 10 czerwca obserwowana w dzień przez lunetę (-2^m do - 5^m?), 1 lipca widoczna w czasie pełni kilka stopni nad horyzontem (-2^m do -4^m).

1882II (1882d, w ówczesnych źródłach b) Wielka Wrześniowa Kometa. 16 IX widoczna gołym okiem w dzień jako świecący biały obłok (warkocz 20'). 17 IX obserwowano ją do chwili wejścia na tarczę Słońca (jasność nie mniejsza od -7^m) – wówczas znikła jak gwiazda zakryta przez Księżyc.

1910II (1910a) W połowie stycznia widoczna w dzień 4° od Słońca (-5^m?); 20 i 21 stycznia miała taką jasność jak Wenus (- 4^m).

Dotychczasową „rekordzistką" była Kometa Napoleońska 1811I (1811a) widoczna przez 510 dni. Najlepiej zbadana (sondy kosmiczne).

OZNACZENIA KOMET

Po odkryciu kometa otrzymuje tzw. oznaczenie prowizoryczne, składające się z dwóch symboli: roku odkrycia i małej litery alfabetu łacińskiego, określającej kolejność odkrycia w danym roku (np. 1989o – 15 kometa odkryta w 1989 roku). W przypadku większej liczby komet powraca się do początku alfabetu z dodaniem cyfry 1. Oprócz tego kometa otrzymuje nazwisko odkrywcy lub odkrywców (nie więcej niż trzech), albo, jak w przypadku np. Komety Halleya, Lexella czy Crommelina – nazwisko zasłużo- nego jej badacza. Tzw. definitywne oznaczenie komety składa się z symbolu roku, w którym kometa przeszła przez peryhelium, oraz z liczby rzymskiej, numerującej przejścia przez peryhelium wszystkich znanych komet. I tak, kometa Brorsen–Metcalf 1989o, otrzymała definitywne oznaczenie 1989X.

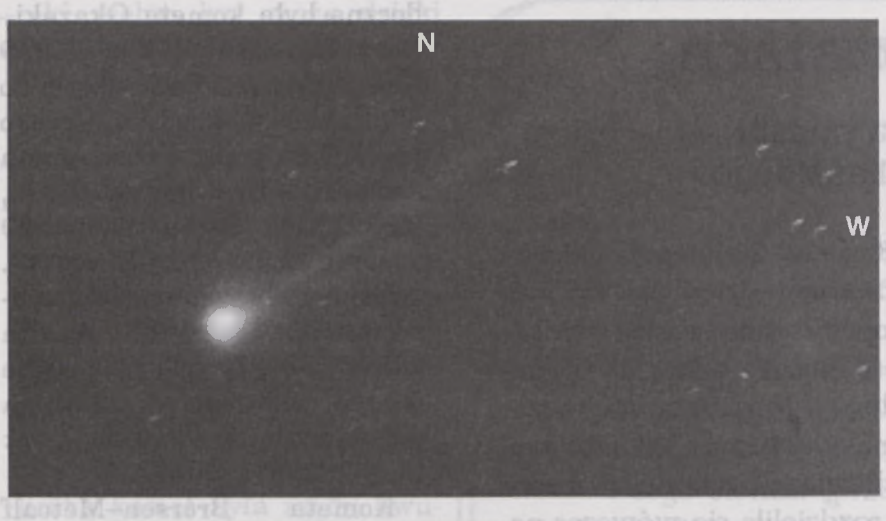
doczna była kometa Okazaki–Levy–Rudenko 1989r (1989 XIX), o jasności dochodzącej do 5^m, także w grudniu szybko przeleciała przez niebo kometa Aarseth – Brewington 1989a$_1$ (1989XXII), która około 20 grudnia osiągnęła jasność 4^m. Wiosną 1990 r. można było obserwować kometę Austin 1989c$_1$, i – gdy ta była jeszcze dobrze widoczna – 20 maja pojawiła się „kometa na lato": Levy 1990c (1990XX).

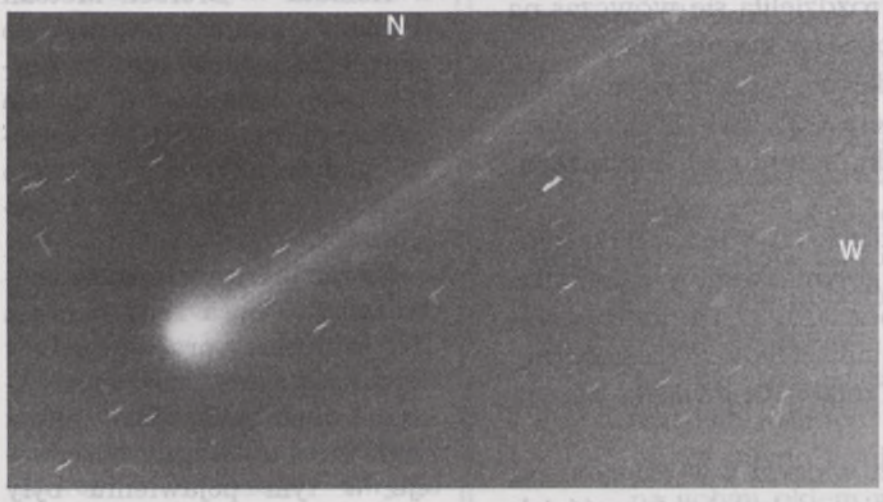
Kometa Brorsen–Metcalf 1989o miała wprawdzie niewielką jasność (przekroczyła tylko granicę 6^m.), ale zasługuje na uwagę ze względu na dużą aktywność, a także z historycznego punktu widzenia.

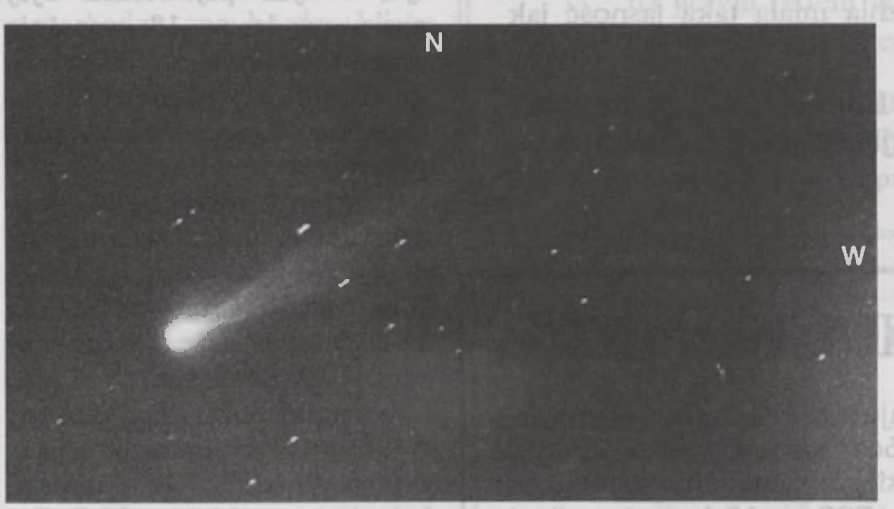
Po raz pierwszy została zauważona 20 lipca 1847 r. przez T. Brorsena, pracującego w Obserwatorium Astronomicznym w Altonie, jako słaba mgławica, a ostatnie obserwacje w tym pojawieniu były przeprowadzone 13 września przez C. Roemker w Hamburgu. Przez cały okres obserwacji kometa była widoczna tylko przez lunety.

Ponownie odkrył ją 20 sierpnia 1919 r. J. H. Metcalf, jako drugą w tym roku (1919b). Identyczność orbity z kometą 1847V pierwszy zauważył prof. A. O. Leuschner.

Warunki obserwacji komety w 1919 r. były znacznie lepsze niż poprzednio. W sierpniu była jeszcze obiektem teleskopowym, ale już na początku września dostrzegalna była gołym okiem. Pod koniec września obserwowano ją zarówno w świetle zmierzchu, jak i zorzy porannej, na początku października osiągnęła jasność 4^m.5, a warkocz widoczny gołym okiem miał długość 1°. Około 20 października kometa przeszła okres wybuchowej ak-







Wykonane przez autora w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach za pomocą teleskopu Schmidta 60/90/180 cm, na kliszach ZU 21 (230-520 nm) bez filtrów zdjęcia komety Brorsen–Metcalf 1989o. Podany czas oznacza środek ekspozycji, w nawiasie długość ekspozycji.

U góry: 1989.09.01, 1:27 UT (10 min). Widoczny początek kreacji nowego strumienia gazu (zob. rys.3). Jasność $5^m.9$, średnica głowy 5′.

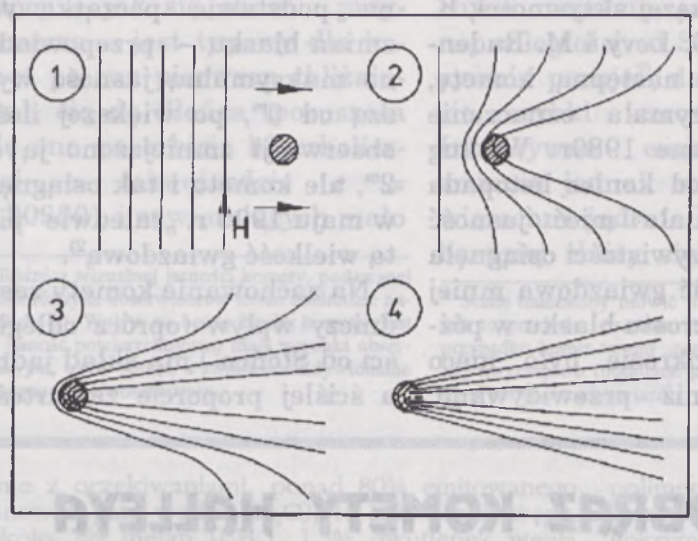
W środku: 1989.09.02, 1:52 UT (16 min.). Wyraźna promienista struktura warkocza gazowego. Jasność $5^m.7$, średnica głowy 6′.

Na dole: 1989.09.05, 2:18 UT (8 min.). 4 września kometa przeszła prawdopodobnie okres wybuchowej aktywności, o czym świadczy struktura warkocza. Jasność $5^m.7$, średnica głowy 6′.

tywności. Na zdjęciu wykonanym 20 października 1919 r. w obserwatorium Yerkes, w warkoczu widoczne jest zgęszczenie o długości 2° w odległości 2°30′ za głową. Następnej nocy niebo było zachmurzone, ale na zdjęciu z 22 października uwiecznione zostało ciekawe zjawisko: początek ostro zakończonego starego warkocza znajduje się w odl. 51′ od głowy, z której wyrasta nowy warkocz, wypełniający pustą przestrzeń.

W trzecim obserwowanym powrocie kometa została odnaleziona przez E. Helin dopiero 4 lipca 1989 r. w miejscu oddalonym o 12° od podanego w efemerydach obliczonych przez Yeomansa. Na początku sierpnia odległość ta wynosiła aż 40°. Przyczyną takich rozbieżności była duża aktywność komety w ostatnim pojawieniu – siły niegrawitacyjne (ramka na str. 122), nie uwzględnione w rachunkach ze względu na zbyt małą liczbę obserwacji w poprzednich pojawieniach, spowodowały przyspieszenie ruchu. Kometa poruszała się po torze identycznym z obliczonym, ale przyleciała o 15 dni wcześniej (w przypadku Komety Halleya efekty niegrawitacyjne spowodowały opóźnienie o 4 dni). Na początku sierpnia kometa Brorsena–Metcalfa była jeszcze słaba i rozmyta (8^m), w miarę zbliżania się do Słońca rosła jej jasność i aktywność. W połowie sierpnia rozpoczął się dynamiczny rozwój warkocza: oprócz głównego prostego warkocza gazowego z głowy wyrastały promieniście coraz to nowsze strumienie. W pierwszej dekadzie września warkocz składał się z kilku długich, wyraźnych strumieni gazu, leżących pod kątem paru stopni względem siebie. W tych

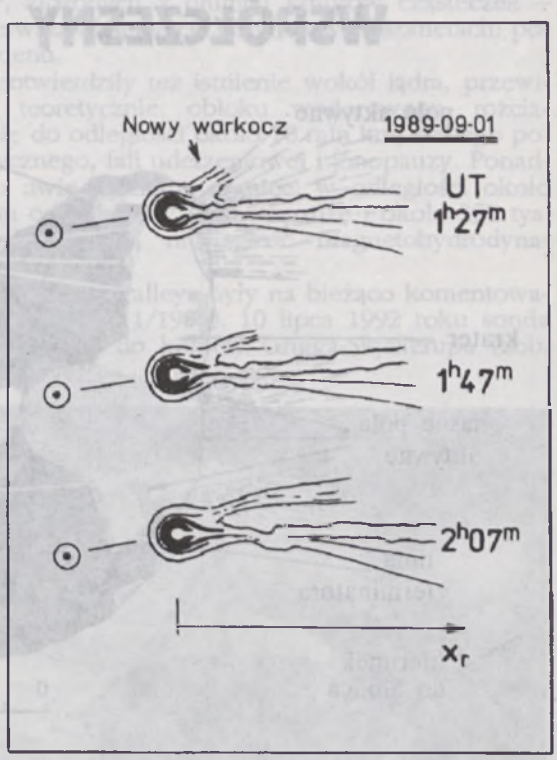
RUCH JONÓW W WARKOCZU GAZOWYM



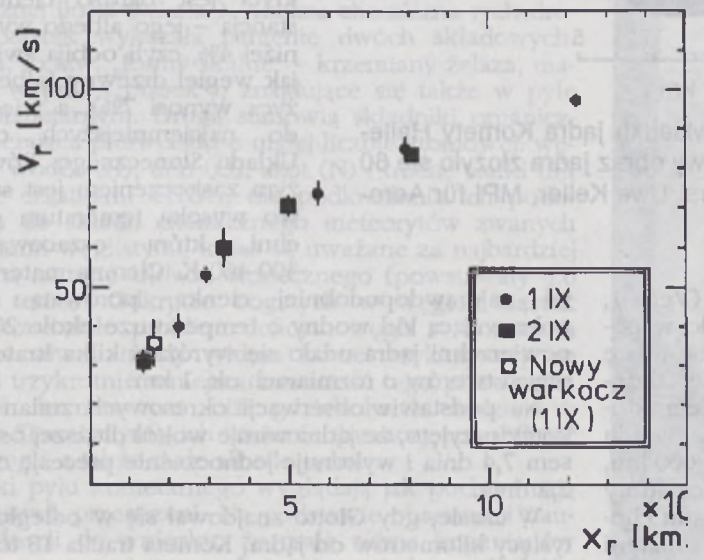
Rys.1. Kolejne fazy powstawania pola magnetycznego komety, tworzącego promienistą strukturę warkocza gazowego (wg Alfvena): $\vec{H}$ – kierunek pierwotnego pola magnetycznego; strzałki wskazują kierunek wiatru słonecznego.

Korpuskularne promieniowanie Słońca jonizuje cząstki w atmosferze komety. Jeśli kometarne jony powstają w już istniejącym polu magnetycznym, mogą poruszać się albo kolektywnie, przenosząc ze sobą pole, albo mogą dryfować wzdłuż linii sił tego pola – stąd często obserwowana promienista struktura warkoczy gazowych (rys. 1) – jony uwięzione są w wąskich magnetycznych rurkach. Nie wdając się w teorię magnetohydrodynamiczną ruchu materii warkocza gazowego, można ogólnie powiedzieć, że oddziaływanie szybkich korpuskuł wiatru słonecznego powoduje rozpędzanie jonów warkocza. Przyspieszenie jonów w pobliżu jądra kilkaset razy przewyższa przyspieszenie grawitacyjne, ze wzrostem prędkości, a zatem i odległości od jądra, stopniowo maleje.

W warkoczu gazowym dają się wyróżnić charakterystyczne zgęszczenia, załamania itp. nazywane węzłami. Na zdjęciach wykonywanych w odstępach czasu rzędu kilkunastu – kilkudziesięciu minut wyraźnie widać, jak węzły oddalają się od jądra komety (rys. 2). Mierząc na kolejnych zdjęciach położenia węzłów i dzieląc różnicę odległości przez odstęp czasu, po uwzględnieniu oczywiście geometrycznego usytuowania warkocza względem Ziemi, otrzymuje się średnią prędkość przemieszczania zaburzenia. Na rysunku 3 przedstawione są wyniki pomiarów prędkości materii w warkoczu komety Brorsen-Metcalf 1989o w zależności od odległości od jądra, uzyskane ze zdjęć tej komety wykonanych 1 i 2 września 1989 r.



Rys.2. Schematyczny wygląd komety Brorsen–Metcalf na kolejnych zdjęciach 1 września 1989 r.



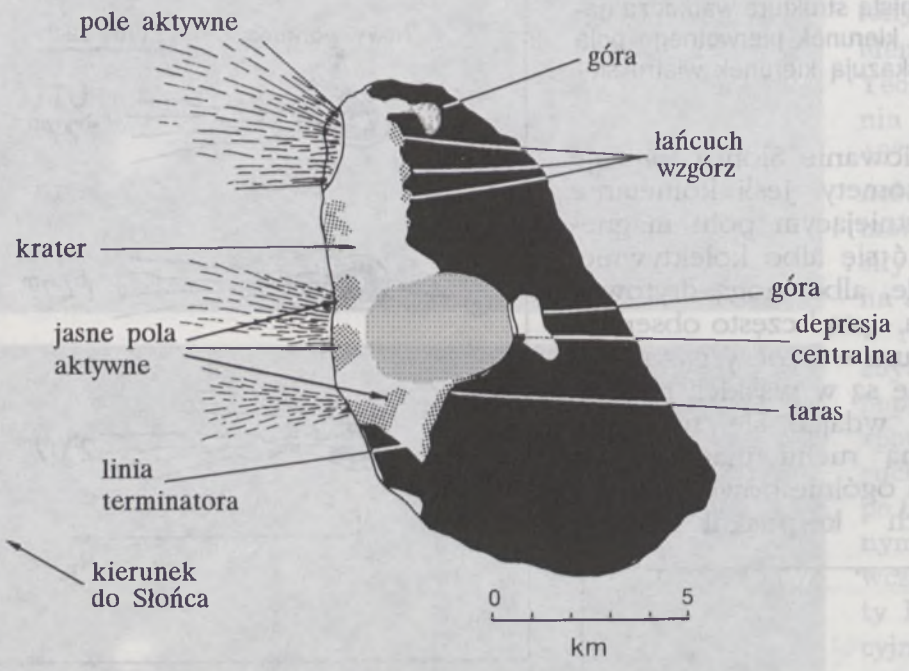
Rys.3. Rozkład prędkości materii w warkoczu gazowym komety Brorsen–Metcalf 1989o w zależności od odległości od jądra.

też dniach, w miarę zbliżania się do Słońca, głowa komety stawała się coraz bardziej gwiazdopodobna – przy małym powiększeniu lunety była z trudem odróżnialna od gwiazd. Takie zachowanie się komety można wytłumaczyć istnieniem na jądrze kilku aktywnych pól, z których następuje silna erupcja gazu i pyłu (widoczna w postaci wyraźnych dżetów), co powoduje występowanie efektów niegrawitacyjnych w ruchu komety.

W dniach 24–26 sierpnia 1989 r., gdy kometa Brorsen–Metcalf 1989o wchodziła w okres największej aktywności, K. Okazaki, D. Levy i M. Rudenko odkryli następną kometę, która otrzymała oznaczenie prowizoryczne 1989r. Według prognoz, pod koniec listopada kometa miała mieć jasność 4^m., w rzeczywistości osiągnęła o 1 wielkość gwiazdową mniej – tempo wzrostu blasku w późniejszym okresie było nieco mniejsze niż przewidywano. Prawdziwe rozczarowanie przyniosło zachowanie się komety Austin 1989c_1, której – na podstawie początkowych zmian blasku – przepowiadano maksymalną jasność wyższą od 0^m, po większej ilości obserwacji zmniejszono ją do 2^m, ale kometa i tak osiągnęła w maju 1990 r. „zaledwie" piątą wielkość gwiazdową[2].

Na zachowanie komety zasadniczy wpływ (oprócz odległości od Słońca) ma skład jądra, a ściślej proporcje zawartości

WSPÓŁCZESNY OBRAZ KOMETY HALLEYA



Identyfikacja szczegółów obrazu (patrz 4 str. wkładki) jądra Komety Halleya, uzyskanego przez satelitę Giotto. Na końcowy obraz jądra złożyło się 60 obrazów uzyskanych z różnych odległości. (Horst Uwe Keller, MPI für Aeronomie, ESA)

W marcu 1986 roku aż sześć sond kosmicznych (Vega 1, Vega 2, Giotto, Suisei, Sakigake, ICE) przeleciało w pobliżu Komety Halleya. Było to wydarzenie na miarę lądowania na Księżycu; po raz pierwszy aparaty skonstruowane przez człowieka spotkały się z obiektem, który jest swoistym posłańcem z początków dziejów Układu Słonecznego. Najbliżej, bo w odległości zaledwie 600 km, minął jądro Komety europejski próbnik Giotto, który przekazał m.in. szczegółowe dane dotyczące składu chemicznego (oczywiście na podstawie analizy materii wypływającej z jądra) i ponad 2000 wspaniałych zdjęć ukazujących jądro, a nawet szczegóły jego powierzchni.

Misje próbników dostarczyły olbrzymią ilość jakościowo nowych informacji, które pozwoliły na ostateczne zweryfikowanie dotychczas przyjmowanych modeli komet. Należy w tym miejscu podkreślić, że model jądra komety zaproponowany w 1950 r. przez Freda Whipple'a został w zasadzie potwierdzony – ten niemłody już dziś astronom, może więc zasłużenie odczuwać ogromną satysfakcję.

Jądro Komety Halleya jest spójną, nieregularną bryłą (kształtem przypominającą orzeszek ziemny) o wymiarach 16.0 × 8.2 × 8.0 km i gęstości 0.2 g/cm^3. Ma ono bardzo luźną strukturę wewnętrzną – używając obrazowych porównań – taką jak popiół papierosa. Powierzchnia jądra pokryta jest bardzo ciemną substancją – jego albedo wynosi poniżej 4%, czyli odbija światło tak, jak węgiel drzewny (albedo Księżyca wynosi 7%), a więc należy do najciemniejszych obiektów Układu Słonecznego. Równie dużym zaskoczeniem jest stosunkowo wysoka temeratura powierzchni, którą oszacowano na 300-400 K. Ciemna materia stanowi najprawdopodobniej cienką, porowatą skorupę, pokrywającą lód wodny o temperaturze około 200 K. Na powierzchni jądra udało się wyróżnić kilka krateropodobnych tworów o rozmiarach ok. 1 km.

Na podstawie obserwacji okresowych zmian kształtu komy przyjęto, że jądro wiruje wokół dłuższej osi z okresem 7,4 dnia i wykonuje jednocześnie precesję o okresie 2,2 dnia.

W czasie, gdy Giotto znajdował się w odległości paru tysięcy kilometrów od jądra, Kometa traciła 18 ton gazu i około 20 ton pyłu na sekundę. Zdjęcia ukazują niezwykłe piękno emisji materii z dwóch dyskretnych źródeł, leżących na oświetlonej przez Słońce powierzchni jądra.

lodu i pyłu. Prawdopodobnie w przypadku komety Austin 1989c$_1$ zadziałał mechanizm, który – jak się obecnie przypuszcza – jest typowy dla komet po raz pierwszy zbliżających się do Słońca (poruszała się ona po orbicie hiperbolicznej o mimośrodzie e = 1.00380), i zawierających mało pyłu. Ponieważ ich jądro zawiera znaczną ilość substancji lotnych, nie naruszonych od chwili narodzin, już w znacznej odległości od Słońca intensywnie paruje[3], dając w efekcie szybki wzrost jasności. Intensywna emisja gazów zmienia jednak strukturę powierzchni jądra. Gdy kometa bardziej zbliży się do Słońca, tempo parowania znacznie słabnie z powodu wyczerpywania się najbardziej lotnych substancji. Zapewne też jądro pokrywa się warstwą pyłu izolującą jego wnętrze od promieniowania i kometa nie wygląda tak efektownie jak zapowiadano. Zdarza się też odwrotnie: kometa osiąga znacznie większą jasność od prognozowanej. Tak było np. w przypadku komety West 1976VI, jądro której zawierało znaczne ilości pyłu.

[2] Różnica wizualnej jasności komety, podawanej przez różnych obserwatorów może dochodzić nawet do 1^m. Wpływ na ocenę blasku komety (jest to jasność powierzchniowa) mają warunki obserwacyjne, użyty sprzęt, a zwłaszcza indywidualne predyspozycje obserwatora.

[3] Ściśle należałoby mówić o sublimacji, gdyż jest to przejście ze stanu stałego w lotny. W przypadku komet termin „parowanie" jest przyjęty zwyczajowo (podobnie jak „spalanie " wodoru we wnętrzach gwiazd).

Zgodnie z oczekiwaniami, ponad 80% emitowanego gazu stanowiła para wodna (H_2O), 10-12% tlenek węgla (CO), około 2% metan (CH_4), 1.5% dwutlenek węgla (CO_2), 1-2% amoniak (NH_3), mniej niż 2% azot (N_2), 1% formaldehyd (H_2CO) i znacznie poniżej 0.1% cyjanek wodoru (HCN). Należy zaznaczyć, że dotychczasowe obserwacje w widmach komet, np. linii emisyjnych rodnika OH, którego molekułą macierzystą jest H_2O, jedynie pośrednio wskazywały na istnienie tych ostatnich. Prędkość wypływu pary wodnej z jądra oceniono na 0.8 – 1.4 km/s.

Jednym z najważniejszych odkryć, potwierdzających wcześniejsze przypuszczenia teoretyczne, była identyfikacja jonów H_3O^+,które okazały się dominujące wśród jonów obszaru okołojądrowego.

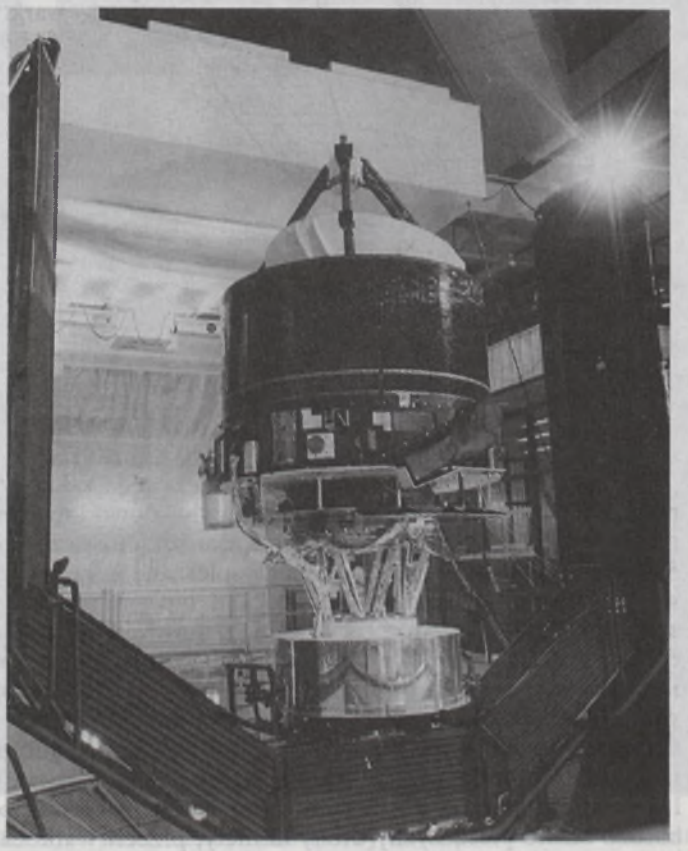
W dalszych obszarach głowy komety potwierdzono istnienie rodników i jonów znanych z obserwacji naziemnych.

Największe zajerestrowane cząstki pyłu miały masy rzędu 1 g, ale przede wszystkim w głowie Komety występują małe cząstki o masach od 10^{-10} do 10^{-16}g (średnice od 1 do 0,01 mikrometra), a prócz tego stwierdzono istnienie jeszcze mniejszych, zbudowanych zaledwie z kilku milionów atomów, tzw. cząstek subfemtogramowych (z Ziemi są one niewidoczne, gdyż nie odbijają dostatecznej ilości światła). Analiza chemiczna tych drobnych cząstek wykazała istnienie dwóch składowych. Pierwsza, to tzw. „formy skalne" – krzemiany żelaza, magnezu i wapnia („piasek"), znajdujące się także w pyle międzyplanetarnym. Drugą stanowią składniki organiczne, zawierające pierwiastki o małej liczbie atomowej: węgiel (C), wodór (H), tlen (O), azot (N) i trochę siarki (S), nazwane cząstkami CHON, dla podkreślenia ich podobieństwa do składu chemicznego meteorytów zwanych chondrytami węglistymi, które są uważane za najbardziej pierwotną materię Układu Słonecznego (powstawały 4.6 mld lat temu). Odkrycie bogatych w węgiel cząstek CHON rozwiązało problem deficytu węgla w kometach (dotychczasowe analizy widma komet wykazywały co najmniej trzykrotnie mniejszą zawartość tego pierwiastka w gazie kometarnym niż gdziekolwiek indziej w Układzie Słonecznym), ich istnienie tłumaczy też obfitość jonów węgla a także małe albedo jądra.

Cząstki pyłu kometarnego wyglądają jak puch – mają dużo pustych przestrzeni. Na podstawie obserwacji naukowcy doszli do wniosku, że małe ziarna krzemianów pokryte są przez ciemne substancje organiczne. Kolejny daleko idący wniosek: częstotliwość rozpadu produktów o regularnych liczbach masowych wskazuje na obecność polimerów, złożonych z długich sznurów cząsteczek – była to pierwsza obserwacja polimerów w kometach: polioksymetylenu.

Sondy potwierdziły też istnienie wokół jądra, przewidywanych teoretycznie: obłoku wodorowego, rozciągającego się do odległości około 10 mln km, słabego pola magnetycznego, fali uderzeniowej i jonopauzy. Ponadto odkryto dwie nieznane granice: w odległości około 150 tys. km od jądra tzw. kometopauzę i około 350 tys. km od niego słabą nieciągłość magnetohydrodynamiczną.

Badania Komety Halleya były na bieżąco komentowane w URANII (9,10,11/1986). 10 lipca 1992 roku sonda Giotto zbliżyła się do komety Grigga-Skjellerupa (zob. URANIA 11/1992).



Sonda Giotto w laboratorium. (foto ESA)

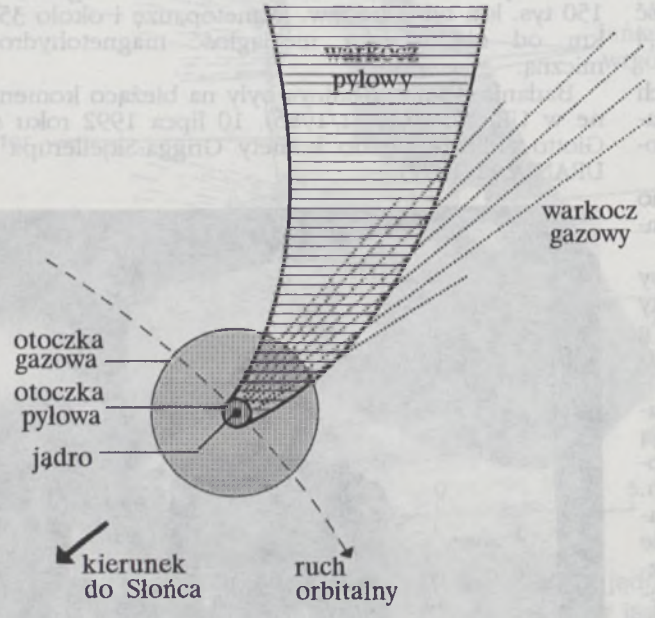
Warto zauważyć, jak historia lubi się powtarzać: 20 lat temu, gdy zbliżała się kometa Kohoutka (1973XII) prasa, radio i telewizja obficie informowały o niezwykle jasnej komecie, ta jednak była ledwo dostrzegalna gołym okiem. Kiedy dwa lata później pojawiła się kometa Westa 1976VI, dziennikarze uznali, że drugi raz nie dadzą się nabrać i o komecie było cicho nawet wtedy, gdy rozwinęła wspaniały warkocz. Podobnie o komecie Austin 1989c_1 informowano wszędzie od początku 1990 r., a o komecie Levy 1990c wiedzieli niemal wyłącznie astronomowie. Wprawdzie nie była ona tak wspaniała jak kometa Westa, jednak widoczna była przez całe lato, a przez cały sierpień gołym okiem i to wysoko nad horyzontem.

W przypadku komety Levy 1990c obliczone efemerydy idealnie zgadzały się ze stanem faktycznym. Była to kometa o orbicie hiperbolicznej (e = 1.000270)[4]. W czerwcu była słabym, mglistym obiektem (~ 10^m), o prawie niezauważalnym ruchu na sferze niebieskiej ze względu na wzajemne położenie Ziemi i komety . W miarę zbliżania się do Słońca prędkość zmiany położenia stopniowo wzrastała (na zdjęciach widoczne jest to w postaci coraz dłuższych śladów gwiazd), rosły też wymiary kątowe głowy: pod koniec lipca 8′ – 10′, pod koniec sierpnia – 16′. Również jasność komety systematycznie zwiększała się (w ostatniej dekadzie lipca obserwowany wzrost wielkości gwiazdowej wynosił niemal dokładnie $0^m.1$ na dobę) – na początku sierpnia wynosiła 6^m, w połowie 4^m, 26 sierpnia $3^m.5$; później blask komety zmniejszał się.

Zmiany struktury komety Levy 1990c najlepiej widać na zdjęciach. Z faktów obserwacyjnych godne wymienienia jest jeszcze jedno zjawisko. 23 sierpnia kometa miała silne, gwiazdopodobne jądro[5]. W ciągu następnych nocy jądro to stopniowo rozszerzało się, by utworzyć okrągłe zgęszczenie centralne. 26 sierpnia wewnątrz tego dość rozmytego zgęszczenia, właściwie na granicy złudzenia optycznego, widoczne było słabe gwiazdopodobne jądro, które już następnej nocy znacznie pojaśniało. Intensywne przemiany w jądrze nie

KLASYFIKACJA WARKOCZY KOMET

W 1903 roku Bredikhin wyróżnił trzy typy warkoczy, opierając swoją klasyfikację na ich wyglądzie. Obecnie wiadomo, że warkocze I typu są gazowe, natomiast II i III są warkoczami pyłowymi, zaś różnica między nimi polega jedynie na rozkładzie rozmiarów ziaren pyłu. Powodem rozdzielenia przez Bredikhina warkoczy pyłowych na dwie oddzielne klasy jest wyraźna różnorodność ich wyglądu.



Wygląd warkocza pyłowego, a zwłaszcza jego zakrzywienie, zasadniczo zależy od przyspieszenia ziaren pyłu, powodowanego przez ciśnienie promieniowania słonecznego. Bardzo duże cząstki (o średnicy 30-300 mikrometrów) są słabo przyspieszane i raczej rzadko odpowiadają za zakrzywienie warkocza (III typ). Silne zakrzywienie jest spowodowane ruchem obiegowym ziaren względem jądra. Bardzo drobne ziarna (0.3 – 30 mikrometrów), tworzą warkocze o umiarkowanym zakrzywieniu (II typ). Obecnie te dwa typy są zwykle klasyfikowane jako warkocze „pyłowe". Wśród warkoczy pyłowych wyróżnia się proste „przeciwwarkocze" skierowane do Słońca, które w skrajnym przypadku można nazywać warkoczami III typu. Zawierają one ciężkie i powolne cząstki, o rozmiarach rzędu 1 mm. Ponieważ pozostają one bardzo blisko płaszczyzny orbity komety, przeciwwarkocz jest widoczny jedynie przez parę dni, gdy trajektoria Ziemi przecina płaszczyznę orbity komety.

[4] Według obliczeń B. G. Marsdena kometa miała pierwotnie wydłużoną orbitę eliptyczną, która przekształciła się w orbitę hiperboliczną co sugeruje, że nie jest to pierwsze pojawienie się tej komety.

[5] Nie jest to jądro fizyczne, tzn. bryła lodowo–pyłowa, tylko silnie skondensowane zgęszczenie centralne.

pozostawały bez wpływu na wygląd warkocza .

Komety zawsze są interesujące, również wtedy, gdy nie są bardzo jasne. Pięć lat po przejściu peryhelium, Kometa Halleya (1986III) sama „dopomniała" się o ponowne zwrócenie na nią uwagi. Obserwacje wykonane w maju 1989 r., gdy Kometa znajdowała się w odległości 10.1 j.a. od Słońca i miała jasność $18^m.4$, wskazywały jeszcze na istnienie wokół jej jądra słabej otoczki pyłowej (komy). W lutym 1990r., przy odległości 12.5 j.a. od Słońca, była już punktowym obiektem o jasności $24^m.4$ bez śladów komy, uznano więc, że nastąpił całkowity zanik aktywności.

Jednak jak wiadomo, z kometami nigdy nic nie wiadomo. 12 lutego 1991 r., gdy kometa Halleya znajdowała się w odległości 14.3 j.a. od Słońca i powinna mieć jasność $25^m.4$, dwaj astronomowie belgijscy z Europejskiego Obserwatorium Południowego w La Silla (Chile), O. Hainaut i A. Smette, stwierdzili, że ma ona jasność $21^m.4$, a ponadto jej jądro jest otoczone eliptyczną komą, rozmiary której ocenili na 30°.

Ponieważ odległość komety od Ziemi wynosiła 13.4 j.a. (ok. 2 mld km), średnica liniowa otoczki była rzędu 300 tys. km. 17 lutego kometa miała jasność $19^m.9$ mag. Dalsze obserwacje (22.II i 6.III 1991) wykazały, że widmo komy jest typu słonecznego, bez wyraźnych linii emisyjnych (otoczka pyłowa). Nie stwierdzono też zmiany kształtu otoczki. Ekstrapolacja w czasie wstecz doprowadziła do wniosku, że ewentualny wybuch Komety[6], który był przyczyną powstania komy (co spowodowało 300–krotny wzrost jasności), nastąpił około połowy grudnia 1990 r.

Zjawisko szybkiego wzrostu jasności nazywane jest (niefortunnie) wybuchem blasku komety. Właśnie dzięki niemu odkryta została w 1927 roku okresowa kometa Schwassmann–Wachmann 1 (1925II= 1941VI=1957IV=1974II=1989 XV). Krąży ona wokół Słońca po prawie kołowej orbicie pomiędzy orbitami Jowisza i Saturna (r zmienia się od 5.45 do 7.46 j.a.) z okresem około 16,5 roku. W zależności od odległości od Ziemi i Słońca zmia-

[6] Wybuch komety, który prowadzi do znacznego wzrostu blasku, nie jest podobny do eksplozji granatu. Jest to gwałtowna erupcja materii z któregoś z aktywnych pól na jądrze komety, przypominająca wybuch gejzeru na Ziemi.

Kometa Austin 1989c$_1$. Długość gazowego warkocza powyżej 3°. Zdjęcie wykonał M. Jäger (Austria) w dniu 20 kwietnia 1990 r. za pomocą 8-calowej kamery Schmidta. (Sterne und Weltraum 11/91)

Kometa Austin 1989c$_1$. Wyraźna promienista struktura warkocza gazowego. Fot. O Guthier i B. Flach–Wilken w dniu 1 maja 1990 r. za pomocą kamery 2.7/520 mm. (Sterne und Weltraum 11/91)

KOMETA HALLEYA ZWIASTUJE...

JEROZOLIMA ROK 66: 4 lata przed zburzeniem miasta

MOSKWA ROK 1910: 7 lat przed Wielką Rewolucją Październikową

PIWNICE ROK 1986: 3 lata przed założeniem ZChN

ny jej blasku nie powinny przekraczać 1.3 wielkości gwiazdowej. Czasem jednak (przeciętnie dwa razy do roku) jasność tej komety wzrasta w ciągu kilku dni aż o 5^m–8^m powyżej normalnej, wynoszącej 18–19 wielkości gwiazdowych. W ciągu kilku godzin lub dni powstaje jasne, gwiazdopodobne jądro, przy czym gwałtownie wzrasta całkowita jasność komety. Jądro to rozszerza się, przechodząc w tarczę planetarnopodobną, a następnie w pewnego rodzaju halo kometarne, którego jasność maleje na zewnątrz. Podczas takich wybuchów blasku, średnica komy dochodzi do paru minut, co w projekcji daje rozmiary liniowe rzędu pół miliona kilometrów. Po kilkunastu dniach wygląd komety wraca do stanu pierwotnego.

Mechanizm wybuchu komety Schwassmanna–Wachmanna 1 i Komety Halleya powinien być taki sam. Chociaż znanych jest kilka modeli wybuchu, dotychczas nie znaleziono idealnego, tłumaczącego wszystkie obserwowane efekty.

Jądra komet są bryłami o średnicy rzędu kilku kilometrów i gęstości średniej 0.1–0.5 g/cm^3. Ponieważ głównym ich składnikiem jest lód wodny, muszą mieć strukturę porowatą – jądro komety tworzą luźno zlepione kryształki lodu zawierające drobne pyłki węgla i krzemianów. Gdy lód sublimuje, część pyłów ulatuje w kosmos, a część osiada na powierzchni jądra tworząc ciemną warstwę. Według ostatnio zaproponowanego modelu, źródłem obserwowanych w kometach wybuchów mogą być bąble lodowe tlenku węgla, będącego drugim po lodzie wodnym najobfitszym składnikiem jądra. Znajdują się one pod jego powierzchnią, a podgrzane do temperatury sublimacji mogą powodować pękanie skorupy i gwałtowny wyrzut gazu i pyłu. Mechanizmem podgrzania tych bąbli może być przejście lodu wodnego ze stanu amorficznego w stan krystaliczny, które następuje w temperaturze około 140 K i towarzyszy mu wydzielanie się ciepła. Nie należy też wykluczać możliwości ciągłej kumulacji energii cieplnej, a impulsem inicjującym wybuch może być silny strumień protonów wyrzucony ze Słońca podczas jego wybuchów na jego powierzchni.

Komety dają efektowne zja-

wiska na niebie nie tylko wtedy, gdy pojawiają się „osobiście". Przelatując w pobliżu Słońca rozsiewają pył, który układa się w przybliżeniu wzdłuż drogi komety macierzystej, tworząc tzw. rój meteoroidów. Gdy Ziemia przechodzi w pobliżu orbity takiej komety, cząstki roju wpadając w atmosferę ziemską dają się obserwować jako „spadające gwiazdy", czasem nawet tworzą prawdziwe deszcze meteorów: po kilkaset czy kilka tysięcy meteorów w ciągu godziny.

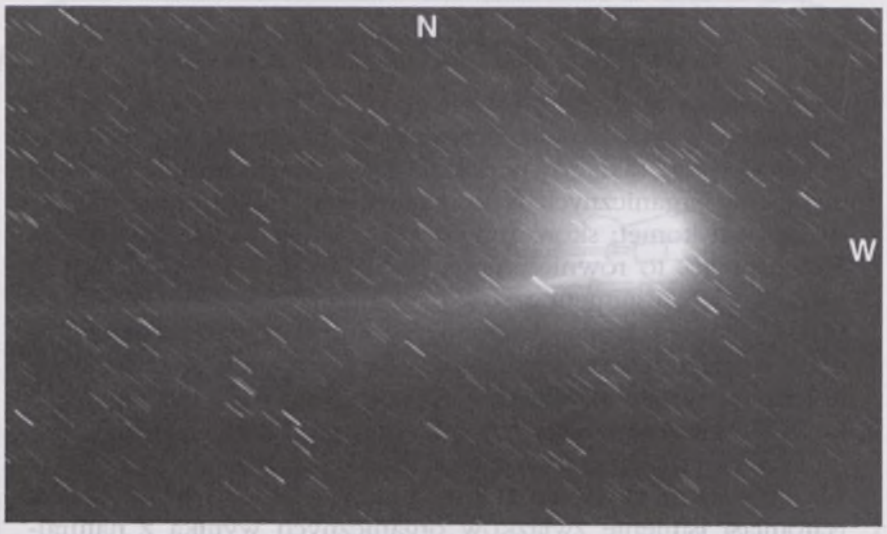
Dwa lata po komecie Levy 1990c ponownie pojawiła się stosunkowo jasna kometa. 26 września 1992 r. T. Kiuchi (Tokio) odnalazł okresową kometę Swifta–Tuttle'a[7] (1737II

KOMETY NOSICIELAMI ŻYCIA?

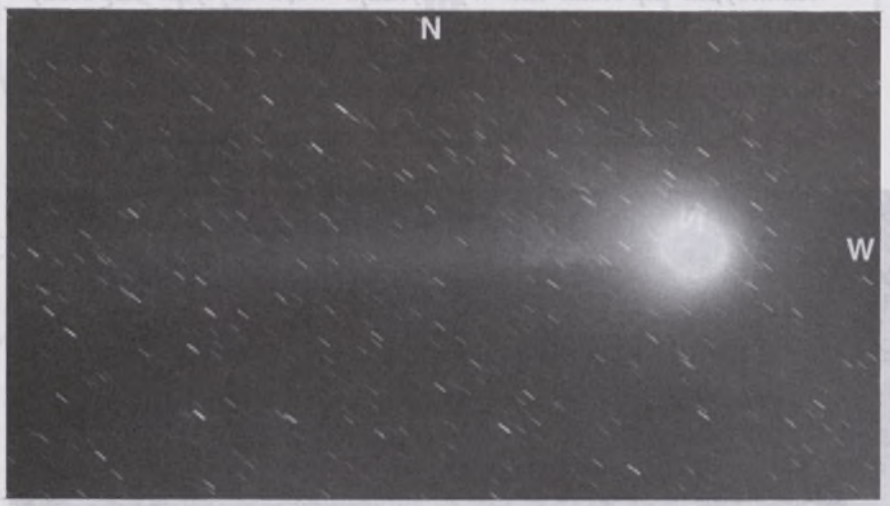
Swego czasu znakomity astrofizyk Fred Hoyle wysunął śmiałą hipotezę, że życie zostało przyniesione na Ziemię przez komety. Podstawą takiego wniosku było stwierdzenie istnienia związków organicznych w kometach oraz orbity hiperboliczne niektórych komet: skoro mogą one uciekać z naszego Układu Słonecznego, to również mogą przylatywać do nas od innych gwiazd. Ten argument jest jednak oparty na słabych podstawach, mianowicie nie obserwuje się komet o silnie hiperbolicznych orbitach, co może świadczyć, że wszystkie obserwowane komety powstały w Układzie Słonecznym, a do trzeciej prędkości kosmicznej zostały rozpędzone przez ciała Układu. Z kolei fakt, że jeśli czegoś się nie obserwuje, to tego nie ma, jest w zasadzie niemożliwy do udowodnienia – ale to już filozofia. Natomiast istnienie związków organicznych wynika z naturalnej tendencji łączenia się pierwiastków wchodzących w ich skład (C, H, O, N, S), a obfitość tych pierwiastków w kometach jest taka sama, jak w innych regionach Układu Słonecznego.

Atrakcyjna hipoteza nie wytrzymuje więc krytyki. Hipotezy pochodzenia życia z Kosmosu (panspermii) pojawiają się co kilkanaście lat, nie wyjaśniają jednak istoty powstania życia, tylko przenoszą ten problem w inne regiony Wszechświata.

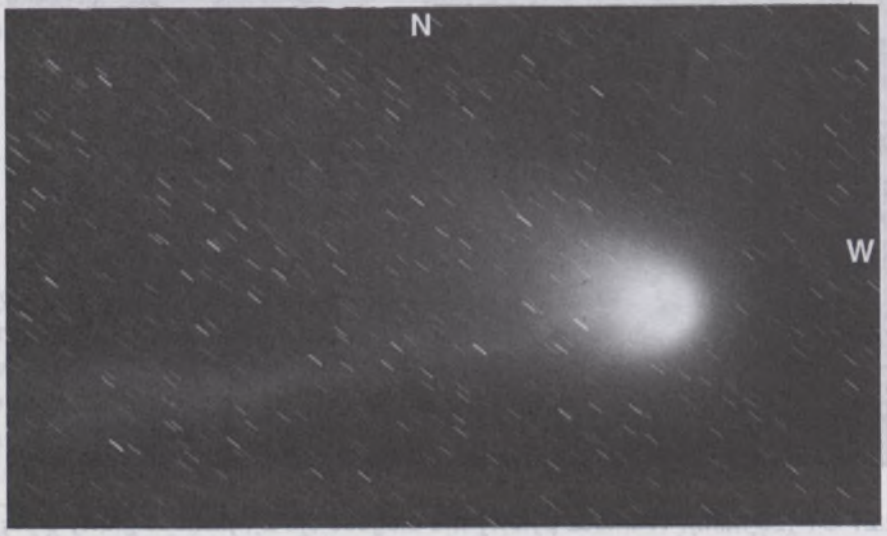
Kometa Levy 1990c. 1990.07.27, 22:27 UT (20 min.). Warkocz pyłowy ma długość ok. 2°; jasność głowy $6^m.3$, średnica głowy ok. 10′. Jasna linia przecinająca kometę to ślad przelotu sztucznego satelity. Wszystkie prezentowane tu zdjęcia komety Levy'ego zostały wykonane przez autora tym samym teleskopem i na takich samych kliszach jak kometa Brorsena–Metcalfa.



Kometa Levy 1990c. 1990.08.23, 22:28 UT (15 min.). Silny strumień materii wypływający z jądra tworzy warkocz gazowy o promienistej strukturze. Widoczny wachlarzowaty warkocz pyłowy, który układa się wzdłuż drogi komety. Jasność $3^m.7$, średnica głowy 16′.



Kometa Levy 1990c. 1990.08.24, 23:31 UT (8 min.). Silne zaburzenia w warkoczu gazowym, znajdujące się w odległości ok. 15′ od jądra, świadczą o wybuchach na jądrze kilka godzin wcześniej. (Zdjęcie wykonywane było w oknie między chmurami). Jasność $3^m.7$.



Kometa Levy 1990c. 1990.08.27, 20:08 UT (10 min.). Obserwowane poprzedniej nocy słabe gwiazdopodobne jądro było bardzo wyraźne. Jasność $3^m.6$.

= 1862III = 1992t) jako obiekt dyfuzyjny bez centralnej kondensacji o średnicy 4′ i jasności $11^m.5$. Przeszła ona przez peryhelium 12 grudnia 1992 r., a jej prognozowana jasność na koniec listopada wynosiła 5^m. Z tą właśnie kometą związane są sierpniowe Perseidy – stary i aktywny rój meteorów: Ziemia przecina go prawie przez miesiąc, a w maksimum aktywności (ok. 12 sierpnia) obserwuje się zwykle kilkadziesiąt meteorów w ciągu godziny.

W związku z obecnym powrotem, warto prześledzić historię tej komety. Nie można z całą pewnością stwierdzić, czy kometa 1737II jest tożsama z kometą Swifta–Tuttle'a. Gdyby jednak tak było, to jako pierwszy obserwował ją Koegler (Pekin) w okresie od 3 do 10 lipca 1737 r. jako gwiazdopodobny obiekt o jasności 3^m i średnicy prawdopodobnie 1′: okrągła i bez warkocza. Z powodu pełni i złej pogody brak innych obserwacji.

W 1862 roku jako pierwszy odkrył ją Swift (15 lipca) i niezależnie, trzy dni później Tuttle oraz Simons. W czasie odkrycia kometa była obiektem teleskopowym, ale już 24 lipca stała się dostrzegalna gołym okiem. Miała wówczas średnicę głowy 3′ – 4′, punktowe jądro i prosty warkocz o długości 1°.5. Jasność jądra rosła: 27 lipca wynosiła 7^m, 1 sierpnia 6^m, a już 2 sierpnia kometa świeciła jako gwiazdopodobny obiekt o jasności 4^m. Oprócz prostego warkocza gazowego (I typu) o długości 5°–6°, w dniach 30.VII–6.VIII Schiaparelli obserwował słaby przeciwwarkocz (warkocz III typu)[8] o

[7] Bogatą relację z obserwacji wykonanych przez Sekcję Obserwatorów Komet Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii można znaleźć w *Uranii* 6/1993. (red.)

KOMETY A POGODA

Znanych jest kilkanaście aktywnych rojów meteorów związanych z kometami, a jednym z najbardziej trwałych i licznych są sierpniowe Perseidy (maksimum 12.VIII), dla których kometą macierzystą jest kometa Swifta–Tuttle'a. Ze względu na jej niedawny powrót, aktywność tego roju w 1993 roku i w latach następnych powinna znacznie wzrosnąć.

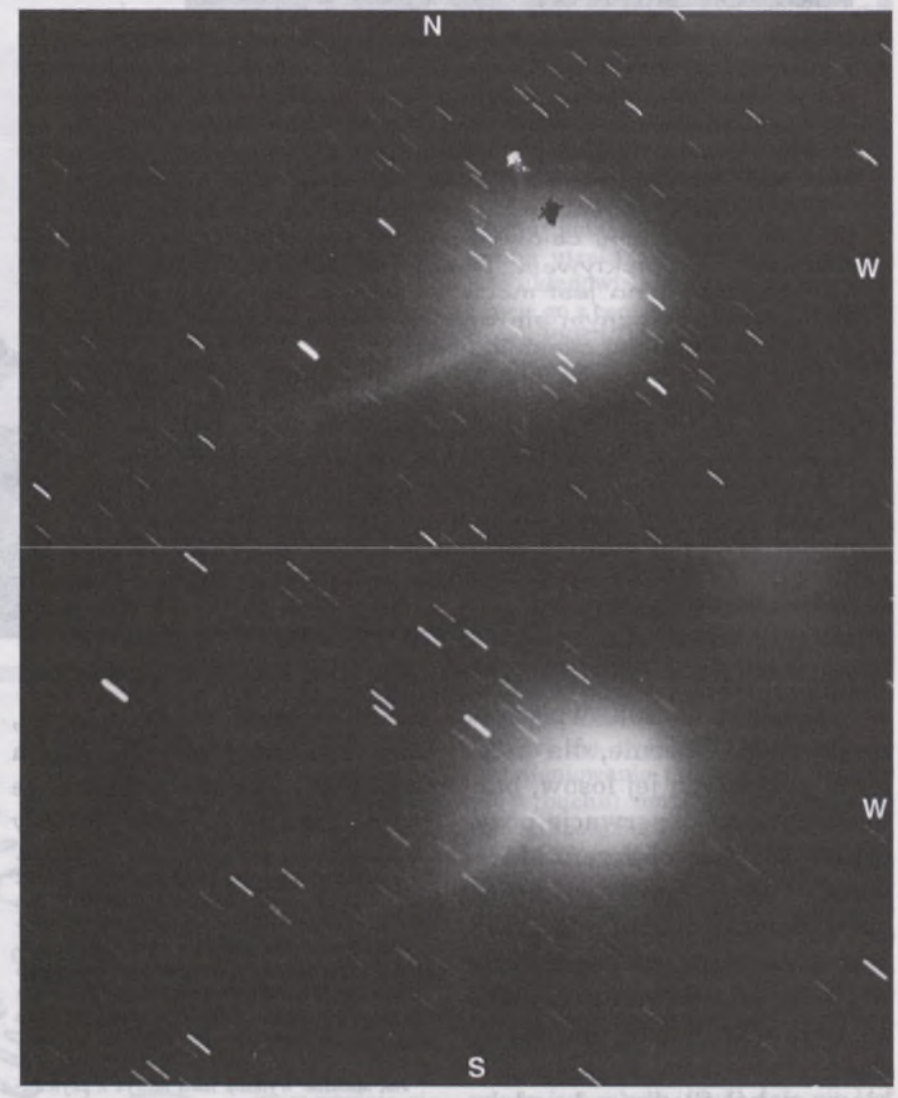
Podczas przechodzenia Ziemi przez rój, do jej atmosfery dostaje się znaczna ilość materii pochodzenia kometarnego, która następnie powoli opada i ostatecznie miesza się z ziemskim pyłem (kurzem).

Zjawisko meteoru daje tylko stosunkowo duże ziarna pyłu: zderzając się z atomami powietrza w jonosferze Ziemi rozgrzewają się do temperatury topnienia, parują i rozpraszają na drobne odłamki. Stopiona materia zastyga w postaci małych kulek, wydłużonych kropli itp. Dostatecznie małe cząstki pyłu mogą przejść przez atmosferę bez zmiany kształtu (są to tzw. mikrometeoryty) – począwszy od pewnej wielkości, cząstka wypromieniowuje tyle energii ile otrzymuje, nigdy więc nie rozgrzewa się do temperatury topnienia. Rozmiary mikrometeorytów zależą od prędkości wejścia w atmosferę; ich promienie wynoszą od 0.3 do 30 mikrometrów dla prędkości odpowiednio 70 i 11.3 km/s.

Cząstki pyłu kometarnego (i kosmicznego) docierają w dolne warstwy atmosfery po upływie około czterech tygodni, stając się centrami kondensacji pary wodnej – zwiększona ilość centrów kondensacji daje w efekcie wzmożone opady atmosferyczne. W Europie, ze względu na znaczne zapylenie atmosfery przez ośrodki przemysłowe, zjawisko to nie jest tak „czyste" jak w Australii, niemniej jednak warto zwrócić uwagę np. na deszcze padające na początku drugiej dekady września – w tym wypadku za zmoknięcia można obwinić kometę Swifta–Tuttle'a.

długości 30′, skierowany do Słońca. Od początku sierpnia aktywność komety znacznie wzrosła. W jej głowie widoczne były liczne, szybko zmieniające się promieniste strumienie. Schmidt stwierdził periodyczne zmiany blasku jądra od 11^m–12^m do 7^m–6^m, wahania kąta pozycyjnego strumieni dochodzące do 100° i zmiany struktury warkocza oraz strumieni, o okresie około trzech dni. W czasie największego zbliżenia do Ziemi, 27 sierpnia (0.35 j.a.) średnica głowy komety wynosiła 17', długość gazowego warkocza 25°, a jasność 2^m–3^m. Według Tuttle'a, 2 września kometa osiągnęła maksymalną jasność i długość warkocza (30°). Prowadząc obserwacje przy użyciu pryzmatu Nicola, Murmann stwierdził znaczne zmiany jasności warkocza podczas obrotu pryzmatem i silną polaryzację światła komety w płaszczyźnie warkocza w dniach 26–28 sierpnia.

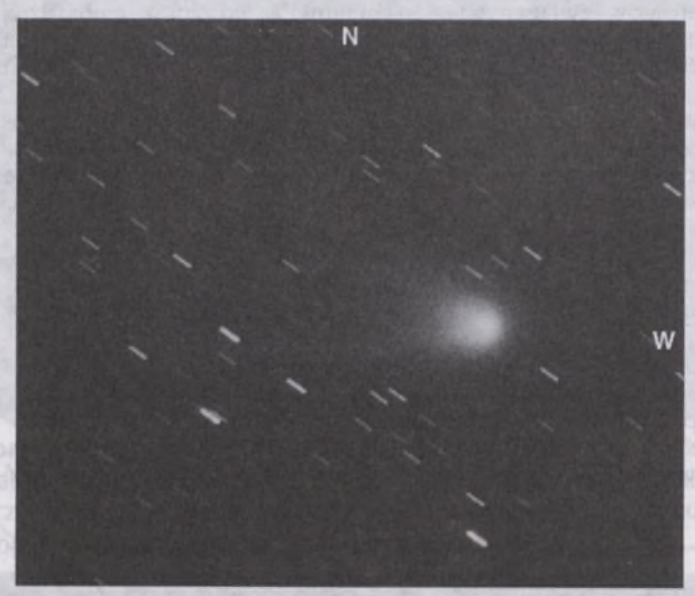
Tak duża aktywność komety



Kometa Levy 1990c. Zmiana struktury silnego strumienia materii wypływającego z jądra w dniu 23 sierpnia po upływie godziny. Zdjęcia wykonane odpowiednio o 22:48 UT (6 min.) i 24:01 UT (8 min.). Pierwsze ze zdjęć zostało wykonane 20 minut po tym pokazanym w poprzednim zestawie.

[8] Zwany też warkoczem anormalnym. Tworzą go cząstki pyłowe o wymiarach 0.1 – 1 mm, działająca na nie siła grawitacyjnego przyciągania Słońca przewyższa siłę ciśnienia promieniowania.

Kometa Levy 1990c w Nowym Wiśniczu



Komety należą do obiektów astronomicznych ulubionych przez amatorów. Przykład Sekcji Obserwatorów Komet Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii należy do wzorcowych w tego typu działalności. „Centrala" sekcji mieści się przy Toruńskim Oddziale PTMA (87-100 Toruń, ul. Kopernika 42) w osobach Jerzego Rafalskiego i Krzysztofa Jaroszewskiego. W czerwcowej *Uranii* możemy przeczytać ich szerokie sprawozdanie z prowadzonych w całej Polsce obserwacji komety Swifta–Tuttle'a, o której mowa w końcu artykułu. Z przyjemnością dowiadujemy się też o działalności nieprofesjonalnych obserwatoriów astronomicznych. Fotografię teleskopu będącego głównym instrumentem jednego z takich obserwatoriów oraz przykład jego działalności w postaci zdjęcia komety Levy'ego zamieszczamy obok. Zdjęcie komety jak gdyby uzupełnia serię zdjęć Bogdana Maciesowicza uzyskanych między 23 a 28 sierpnia 1990. Jest doprawdy zadziwiające, że jakość prezentowanego tutaj zdjęcia nie odbiega od tamtych tak bardzo jak by mogła wskazywać 10-krotna (sic!) różnica wielkości użytych obiektywów. Ale najlepiej oddajmy głos konstruktorowi teleskopu i autorowi zdjęcia.

(m)

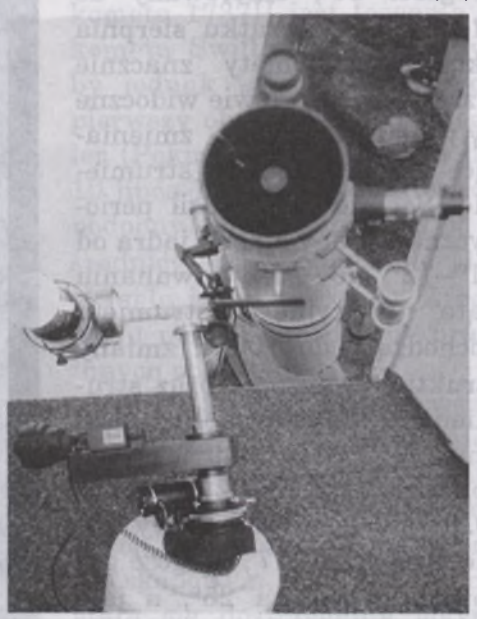
Wykonany przeze mnie teleskop Newtona 150/1500 mm z prowadzeniem zegarowym umieszczony jest stacjonarnie w pawilonie obserwacyjnym z odsuwanym dachem, w moim własnym obserwarorium , w Nowym Wiśniczu koło Bochni. Lustro teleskopu wykonałem samodzielnie, podobnie jak i montaż paralaktyczny wg. własnego projektu.

Przyrząd wyposażony jest dodatkowo w szukacz Φ 50 mm, f=280 mm, celownicę Φ 50 mm, f=600 mm i astrokamerę z obiektywem Tessar Φ 68 mm, f=300 mm. Całość napędzna jest mechanizmem zegarowym z silnikiem synchronicznym sterowanym generatorem sinusoidalnym o zmiennej częstotliwości.

Fotografią zajmuję się od siedmiu lat. Do niedawna stosowałem różnego rodzaju materiały czarno-białe. Z pojawieniem się wysokoczułych filmów kolorowych postanowiłem wykorzystać je do celów astrofotografii.

Przesyłam również zdjęcie – może nie najbardziej aktualne – komety Levy wykonane astrokamerą Tessar na płycie szklanej ZU-21 w dniu 25 sierpnia 1990 w momencie 22^h36^m czasu wschodnio-europejskiego. Czas naświetlania 30 minut.

Krzysztof Ścigalski – Kraków



w znaczący sposób wpłynęła na jej ruch. Obecnie, dla ustalenia przyszłych jej losów, bardzo ważne są obserwacje pozycyjne. Według obliczeń Marsdena, siły niegrawitacyjne spowodowały opóźnienie przejścia komety przez peryhelium w obecnym pojawieniu o około 15 dni. Wprawdzie nie jest to dużo w stosunku do okresu obiegu wokół Słońca, ale gdyby opóźnienie wzrosło o dalszych 17 dni, podczas następnego powrotu kometa mogłaby trafić w Ziemię[9]. Podobne zdarzenie miało miejsce w 1908 roku, jako tzw. katastrofa Tunguska (zob. PA 1/92), ale wniosek, że był to fragment jądra komety Encke jest wyciągnięty zbyt pochopnie, a dowody są właściwie żadne[10]. Jeśli zaś chodzi o kometę Swifta–Tuttle'a, podczas następnego powrotu minie ona Ziemię prawdopodobnie w odległości 2 mln km, natomiast ewentualna kolizja przewidywana jest za ponad 1000 lat – tak przynajmniej wynika z obliczeń polskiego astronoma Grzegorza Sitarskiego. A sierpniowe Perseidy będą co roku przypominać o istnieniu komety, którą zobaczą następne pokolenia...

[9] Na temat tej prognozy pisaliśmy w PA 3-4/92 (str. 100). Kometa, najprawdopodobniej (na szczęście) ominie Ziemię, ale i tak zapomnieliśmy Czytelnikom poradzić nie wychodzić w sierpniu z domu bez kasku lub parasola pancernego – niektórzy przewidują wyjątkowo obfity deszcz Perseid w tym roku. Niestety, w chwili wydania tego zeszytu, będziemy już to mieli za sobą. (red.)

[10] Jak słusznie wytknął nam któryś z czytelników, w tytule wspomnianego tu artykułu o katastrofie tunguskiej (PA 1/92, str. 11) zabrakło znaku zapytania. Był, ale się „zmył" – podczas składu. Miał być wielki (14 cm) i szary, w tle całego wstępnego akapitu do tego tekstu. Tym większa nasza wina, że tytuł pochodził od Redakcji. (red.)

Długookresowy pulsar składnikiem układu zaćmieniowego w gromadzie kulistej

PSR 1718-19

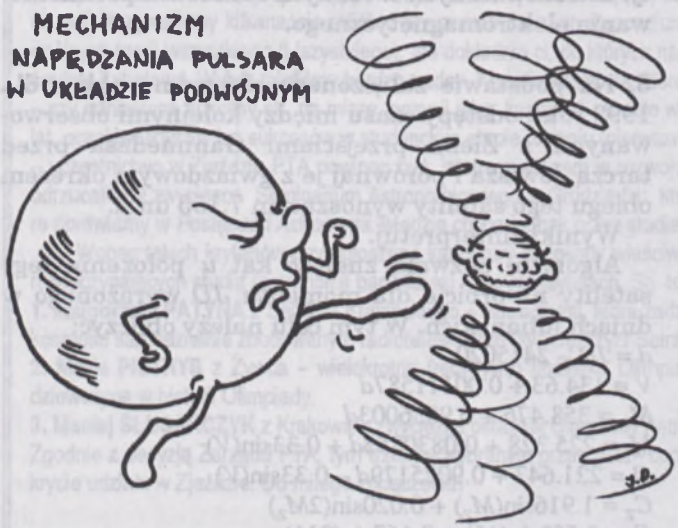
Krzysztof Belczyński

Pulsar PSR 1718-19 został odkryty w 1990 roku podczas przeglądu gromad kulistych, prowadzonego w obserwatorium w Jodrell Bank na częstotliwości 610 MHz.

Podczas dalszych obserwacji pulsara, stało się jasne, że jego strumień zmienia się z położeniem na orbicie, co jest spowodowane (tak się przynajmniej wydaje) częściowymi zaćmieniami przez materię pochodzącą od gwiazdy towarzyszącej. Kształty zaćmień wyznaczono dla częstotliwości 408, 606, 1404, 1660 MHz. Sugerują one, że zaćmienia są spowodowane rozpraszaniem lub absorbcją fal radiowych pulsara, podczas ich przejścia przez zjonizowaną materię znajdującą się w układzie. Co więcej, zaćmienia sugerują, że materia ta jest prawdopodobnie rozprzestrzeniona z dala od pulsara i strefy Roche'a kompana.

Wszystkie pulsary, które są składnikami układów podwójnych w gromadach kulistych, charakteryzują się szybką rotacją i przypuszcza się, że są one rozpędzane przez akrecję materii pochodzącej z gwiazdy towarzyszącej. PSR 1718-19 w gromadzie kulistej NGC 6342 zdaje się być wyjątkiem od tej reguły. Wchodzi on w skład układu podwójnego zaćmieniowego (okres orbitalny wynosi 6.2 godziny) i jest pulsarem o relatywnie długim okresie rotacji, wynoszącym 1 sekundę. Posiada silne pole magnetyczne rzędu 10^{12} gaussa. Tzw. charakterystyczny wiek pulsara – 10 milionów lat – oblicza się na podstawie pochodnej okresu. Co więcej, masa towarzysza wynosi tylko 0.1-0.2 $M_\odot$. Zaćmienia pokazują, że układ jest zanurzony w obłoku materii, która musiała uwolnić się z gwiazdy towarzyszącej. Możliwe, że promieniowanie pulsara powoduje wyrywanie materii ze strefy Roche'a towarzysza, tak jak to ma miejsce w układach zawierających pulsary PSR 1744-24A i PSR 1957+20*), chociaż w tym przypadku promieniowanie pulsara oddziałujące na towarzysza jest o kilka rzedów wielkości mniejsze, niż w tamtych. Pulsary mogą mieć jednakże o wiele większy wpływ na swoich kompanów, niż do tej pory sądzono.

Gromada NGC 6342, w której znajduje się nasz pulsar, jest odległa o 11.6 kpc i znajduje się na szerokości galaktycznej b = 9°.7 (2 kpc od płaszczyzny galaktyki). Pulsar PSR 1718-19 znajduje się w obrębie 2.3 minut łuku od centrum gromady. Wnioskując z pozycji, odległości i obecności naszego pulsara w układzie podwójnym możemy stwierdzić, że układ jest prawdopodobnie związany z gromadą. Jakie jest więc pochodzenie tego niezwykłego układu, jeżeli okres formowania się gwiazd w gromadzie kulistej dawno już ustał, a zachodzące zjawiska (i pozorny młody wiek pulsara) wskazują, że jakieś ważne zdarzenie miało miejsce w przeciągu ostatnich 10 milionów lat.



Najbardziej pradopodobnym wytłumaczeniem wydaje się zderzenie starej gwiazdy neutronowej z gwiazdą ciągu głównego około 10 mln lat temu, prowadzące do katastroficznego przekazania masy z karła do gwiazdy neutronowej i poważnej utraty masy z calego układu. Alternatywnym rozwiązaniem, jest to, że gwiazda neutronowa w rzeczywistości uformowała się niedawno, w procesie wywołanym kolapsem białego karła na skutek akrecji od mniej masywnego kompana. Takiemu kolapsowi towarzyszy gwałtowna utrata masy, która może nadać układowi taką prędkość, aby wyrzucić go z centrum gromady kulistej. Jeżeli PSR 1718-19 nie znajduje się w gromadzie kulistej, wtedy gwiazda neutronowa jest prawdopodobnie młoda i pochodzenie układu może być podobne do pochodzenia układu Her X-1. W tym scenariuszu, system rozwinął się z ciasnego układu podwójnego składającego się z gwiazd o masach 15 $M_\odot$ i 2 $M_\odot$. Masywniejsza gwiazda ewoluowała do fazy olbrzyma, wytwarzając obszerną otoczkę i zarazem zmniejszając odległość od sąsiedniej gwiazdy. Następnie wybuchła jako supernowa, jednak nie rozrywając układu. Ostatecznie, orbita ustaliła się w takich rozmiarach, że promieniowanie pulsara (powstałego po wybuchu) może powodować znaczącą utratę masy towarzysza.

Jeżeli pulsar jest odmłodzoną gwiazdą neutronową, to silne pole magnetyczne sugeruje, że albo rozpad pola był mały albo go nie było wcale (co by podtrzymywało hipotezę, sugerującą że rozpad pola może nie nastąpić). Z drugiej strony, jeżeli jest to galaktyczny pulsar lub jeżeli był stworzony przez akrecję z kolapsu, to wtedy jest młody i duże pole nie jest zaskakujące.

*) PSR 1957+20 to słynna Czarna Wdowa – patrz PA3-4/92, str. 168 (red.)

Astronomia w szkole

XXXVII Olimpiada Astronomiczna 1993/1994

Informacje Regulaminowe

1. Olimpiada Astronomiczna jest organizowana dla uczniów szkół ponadpodstawowych.

2. Zawody olimpiady są trójstopniowe. W zawodach I stopnia (szkolnych) każdy uczestnik rozwiązuje dwie serie zadań, w tym zadanie obserwacyjne. Rozwiązanie zadań zawodów II stopnia (okręgowych – 10.01.1994 r.) i III stopnia (finałowych, w Planetarium Śląskim – od 3 do 7 marca 1994 r.) odbywa się w warunkach kontrolowanej samodzielności.

3. W pierwszej serii zawodów I stopnia należy nadesłać (do 18 października 1993 r.) rozwiązania 3 zadań dowolnie wybranych przez uczestnika spośród zestawu zawierającego 5 zadań.

4. Rozwiązanie zadania obserwacyjnego należy przesłać wraz z rozwiązaniami zadań drugiej serii I etapu (do 22 listopada br.). Nadesłanie rozwiązania zadania obserwacyjnego jest warunkiem koniecznym dalszego udziału w olimpiadzie.

5. W przypadku nadesłania rozwiązań większej liczby zadań z danego zestawu, do klasyfikacji zaliczane będą rozwiązania ocenione najwyżej (po 3 zadania z każdej serii i jedno zadanie obserwacyjne).

6. Rozwiązania zadań zawodów I stopnia należy przesłać za pośrednictwem szkoły pod adresem: KOMITET GŁÓWNY OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ, Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, 41-501 Chorzów 1, skr. poczt. 10, w terminach podanych w p. 3 i 4.

7. Każdy uczestnik powinien dołączyć do swej pracy kopertę z wypisanym adresem szkoły (lub adresem prywatnym). Do końca października bieżącego roku zostaną rozesłane w tych kopertach tematy drugiej serii zadań.

8. Rozwiązania zadań powinny być krótkie i zwięzłe, ale z wystarczającym uzasadnieniem. Przy rozwiązywaniu zadań należy korzystać z danych zawartych w tematach. W przypadku polecenia samodzielnego wyszukania danych, należy podać ich źródło.

Jako dane traktuje się również podręcznikowe stałe astronomiczne i fizyczne (jeśli w fabule zadania nie ma innych ustaleń).

9. Rozwiązanie każdego zadania należy napisać na oddzielnym arkuszu papieru formatu A4. Każdy arkusz oraz wszelkie załączniki (mapki, wykresy, tabele itp.) należy podpisać imieniem i nazwiskiem. W nagłówku zadania o najniższej numeracji należy umieścić dodatkowo (datę i miejsce urodzenia, pełną nazwę szkoły, jej adres, klasę i jej profil oraz adres prywatny (z kodami pocztowymi).

10. O uprawnieniach laureatów i finalistów olimpiady decydują senaty uczelni.

ZALECANA LITERATURA: obowiązujące w szkołach średnich podręczniki do przedmiotów ścisłych; E. Rybka *Astronomia ogólna*; H. Chrupała, M. T. Szczepański *25 lat olimpiad astronomicznych*; J. M. Kreiner *Astronomia z astrofizyką*; *Astronomia popularna* – praca zbiorowa pod redakcją Stefana Piotrowskiego; P. Kulikowski *Poradnik miłośnika astronomii*; *Encyklopedia fizyki współczesnej* – praca zbiorowa; atlas nieba; obrotowa mapa nieba; czasopisma: *Postępy Astronomii, Urania, Wiedza i Życie, Delta, Problemy, Świat nauki*.

KOMITET GŁÓWNY
OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ

ZADANIA PIERWSZEJ SERII I ETAPU

1. Na skutek rotacji planet kierunek swobodnie zwisającego pionu nie pokrywa się z kierunkiem przechodzącym przez środek masy planety i punkt zawieszenia pionu.

Oblicz kąt między tymi kierunkami na 45° szerokości planetograficznej dla każdej z planet grupy ziemskiej i dla Plutona. Porównaj wartości obliczonych kątów z wartościami takich kątów na powierzchniach pulsarów milisekundowych. Skomentuj otrzymane wyniki.

Załóż brak anomalii garwitacyjnych oraz sferyczność rozpatrywanych ciał niebieskich.

Potrzebne dane wyszukaj samodzielnie.

2. Jaką maksymalną długość powinna mieć ogniskowa obiektywu aparatu fotograficznego o rozmiarach klatki filmowej 6×6 cm, aby w jednym kadrze uzyskać obrazy gwiazd: β *Cyg* i β *Peg*.

Potrzebne dane wyszukaj samodzielnie.

3. Jasności absolutne dwóch gwiazd różnią się o $\Delta M = M_1 - M_2 = 1^m.3$. Znany jest typ widmowy gwiazdy o jasności absolutnej M_1. Co można powiedzieć o typie widmowym drugiej gwiazdy, jeśli wiadomo, że ma ona 1.8 razy większą średnicę od gwiazdy pierwszej.

4. Na dowolnie wybranych przykładach krótko omów obserwatoria satelitarne służące do obserwacji astronomicznych w różnych zakresach promieniowania elektromagnetycznego.

5. Na podstawie załączonego algorytmu oblicz dla 1993 roku odstępy czasu między kolejnymi obserwowanymi z Ziemi przejściami Ganimedesa przed tarczą Jowisza i porównaj je z gwiazdowym okresem obiegu tego satelity wynoszącym 7.155 dnia.

Wyniki zinterpretuj.

Algorytm pozwala znaleźć kąt u położenia tego satelity na orbicie dla momentu JD wyrażonego w dniach juliańskich. W tym celu należy obliczyć:

$d = JD - 2415020$
$V = 134.63 + 0.00111587d$
$M_Z = 358.476 + 0.9856003d$
$M_j = 225.328 + 0.0830853d + 0.33\sin(V)$
$dl = 221.647 + 0.9025179d - 0.33\sin(V)$
$C_Z = 1.916\sin(M_Z) + 0.020\sin(2M_Z)$
$C_j = 5.552\sin(M_j) + 0.167\sin(2M_j)$

$K = dl + C_z - C_j$
$R_z = 1.00014 - 0.01672\cos(M_z) - 0.00014\cos(2M_z)$
$R_j = 5.20867 - 0.25192\cos(M_j) - 0.00610\cos(2M_j)$
$\rho = (R_z^2 + R_j^2 - 2R_zR_j\cos(K))^{1/2}$
$\xi = \arcsin((R_z/\rho)\sin(K))$
$G = 187.3 + 50.310674(d - \rho/173)$
$u = 109.9770 + 50.2345160(d - \rho/173) + \xi - C_j + 0.174\sin(G)$

Dla kąta $u = 0$ satelita znajduje się przed tarczą Jowisza. Wielkości V, M_z, M_j, dl, C_z, C_j, K, ξ oraz u i G wyrażone są w stopniach i do dalszych obliczeń można je zredukować do przedziału (0° - 360°).

Przykład: dla 1 stycznia 1993 roku, godz. 0.0 mamy:
$JD = 2448988.5$, $d = 33968.5$, $V = 172.5344$, $M_z = 33837.8398$, $M_j = 3047.6539$, $dl = 30878.7834$, $C_z = -0.073728$, $C_j = 1.11734$, $K = 30877.5923$, $R_z = 0.98329$, $R_j = 5.4492$, $\rho = 5.40786$, $\xi = -10.3833$, $G = 1709163.8571$, $u = 87.93718$.

***

Prosimy o przesłanie rozwiązań trzech spośród pięciu powyższych zadań do dnia 18 października 1993 r.

ZADANIA OBSERWACYJNE

1. Wykonaj fotografię umożliwiającą identyfikację na niej punktu zenitu. Na podstawie takiej obserwacji wyznacz szerokość geograficzną miejsca wykonywania zdjęcia. Oceń dokładność uzyskanego wyniku.

2. Przeprowadź co najmniej dwie obserwacje wizualne lub fotograficzne planetoidy Westa i określ jej położenia względem okolicznych gwiazd. Do rozwiązania dołącz mapkę ze zidentyfikowanymi gwiazdami i pozycją Westy.

Przewidywane pozycje planetoidy podaje tabelka

Data	α_{2000}	δ_{2000}	jasność
1993 08 01^d	23^{h}02^m.2	−15°05′	6^m.3
11	22 56 .5	−16 27	6 .1
21	22 48 .7	−17 53	6 .0
31	22 39 .7	−19 10	5 .9
09 10	22 30 .8	−20 12	6 .1
20	22 23 .2	−20 52	6 .4
30	22 17 .9	−21 07	6 .6
10 10	22 15 .5	−21 00	6 .8
20	22 15 .9	−20 33	7 .0
30	22 19 .2	−19 49	7 .2
11 09	22 24 .9	−18 51	7 .4
19	22 32 .6	−17 41	7 .6
29	22 42 .1	−16 22	7 .7

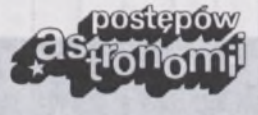
3. Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można również nadesłać opracowane wyniki innych własnych obserwacji astronomicznych prowadzonych systematycznie w 1993 roku.

Rozwiązanie zadania obserwacyjnego powinno zawierać: dane dotyczące przyrządów użytych do obserwacji i pomiarów, opis metody i programu obserwacji, standardowe dane dotyczące przeprowadzonej obserwacji (m.in. datę, czas, współrzędne geograficzne, warunki atmosferyczne), wyniki obserwacji i ich opracowania oraz ocenę dokładności uzyskanych rezultatów. W przypadku zastosowania metody fotograficznej prosimy o dołączenia negatywu.

Rozwiązanie jednego zadania obserwacyjnego należy nadesłać wraz z rozwiązaniami zadań drugiej serii zawodów II stopnia do dnia 22 listopada 1993 r.

Jak w Redakcji: DWIE DZIEWCZYNY + CHŁOPAK

Stypendium



W odpowiedzi na naszą propozycję pomocy finansowej umożliwiającej udział w XXVI Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego (PA1/93 str. 48) otrzymaliśmy kilkanaście próśb o przyznanie naszego stypendium. Szczęśliwie, pomimo pewnych obaw, nie zgłosił się tłum odkrywców ogólnych teorii wszystkiego (i fszystkiego), ale dokładnie ci, do których naszą propozycję kierowaliśmy: najzdolniejsza młodzież kończąca szkoły średnie i studenci. Wybór mieliśmy bardzo trudny. Kryteria jakimi się kierowaliśmy były w zasadzie dwa:

– czy odniesione sukcesy są na miarę pozycji jaką kandydat zajmuje w chwili obecnej, np. od zwycięzcy Olimiady Astronomicznej sprzed kilku lat, oczekiwalibyśmy już sukcesów w studenckim etapie rozwoju (pierwsze publikacje lub choćby znakomite stopnie, etc)

– uczestnictwo w Zjeździe PTA powinno być istotnym etapem w rozwoju naszego przyszłego kolegi – profesjonalnego astronoma; np. z bólem odrzucaliśmy zwycięzcę Seminarium Astronomicznego w Grudziądzu, który wybrał studia... dziennikarskie. Nawet droga do dziennikarstwa, które uprawiamy w *Postępach Astronomii*, wiedzie chyba jednak przez studia astronomiczne lub fizyczne.

Wobec takich kryteriów trzy zgłoszone kandatury pozostały właściwie bezapelacyjne i – co ciekawe – wszystkie dotyczą osób w tym roku rozpoczynających studia (astronomii bądź fizyki) na uniwersytetach. Są to:

1. Małgorzata PATYNA z Sępólna Krajeńskiego – dziewczyna, która zadziwiła w swoim czasie świat miłośników astronomii, odbierając sygnały z kosmosu samodzielnie zbudowanym radioteleskopem (zwyciężczyni Seminarium w Grudziądzu).

2. Maria PIETRYS z Żywca – wielokrotna (recydywa) finalistka Olimpiady Astronomicznej, najwyżej sklasyfikowana (III miejsce w tym roku) dziewczyna w historii Olimpiady.

3. Maciej ŚLUSARCZYK z Krakowa – zwycięzca ostatniej Olimpiady Astronomicznej.

Zgodnie z decyzją Zarządu PTA, tym trzem – wybranym przez nas – osobom zostaje przyznane stypendium wysokości 1 miliona złotych na pokrycie udziału w Zjeździe. Do miłego zobaczenia!

REDAKCJA

poradnik miłośnicy astronoma

LADACZNICE niebieskie

Wiemy, wiemy! To ciężki chleb, związać swój los z kimś, kto co noc wymyka się z domu i nie ma go, gdy jest najbardziej potrzebny, w dzień natomiast jest śpiący i nieprzytomny. Samotność przeistacza się w zazdrość, która pomału zaczyna drążyć nam serca. O ziemskie kochanki możemy być spokojne. Hera czuwa nad nami i zamieni w grubą, Wielką Niedźwiedzicę każdą naszą rywalkę. Tak nam dopomóż ... Hero. Niebezpieczeństwo kryje się więc wśród gwiazd. Któraż to z piękności wyniesionych przez bogów na niebo, tak uwiodła naszego lubego? On, zapytany wprost, śmieje się tylko z tego. Zaczynamy więc szperać w Jego książkach. Gdzieś z tyłu, na samym dnie, znajdujemy corpus delicti. Książka z obrazami gwiazdozbiorów została ukryta za nudnymi, pełnymi wzorów tomami, aby trudniej było odkryć prawdę. Znamy te sztuczki. Jesteśmy na tropie prawdy, nagiej prawdy.

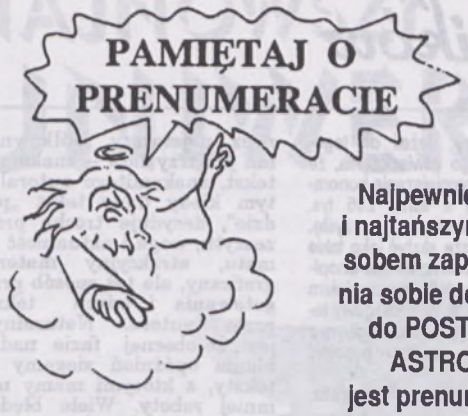
Oto PANNA – Virgo. Ładny symbol niewinności! Powinna nazywać się ladacznicą. Jak można tak bezwstydnie wystawiać pępek z diamentowym Kłosem ! No proszę, nawet Jowisz dał się skusić i cały rok spędza w tym gwiazdozbiorze, i jeszcze pętlę tam zakreślił, tak trudno rozstać mu się z tą „dziewicą". Wszyscy mężczyźni, czy to bogowie, czy śmiertelnicy, są tacy sami. Słońce, nie mogąc znieść tego widoku, przyćmiewa Pannę swym blaskiem aż na 44 dni (rekord na ekliptyce) i od września do listopada wcale jej nie widać. Niewielką pociechą może być i to, że na naszej szerokości geograficznej, każdej doby przebywa ona pod horyzontem ponad 12 godzin. Ale KASJOPEA nigdy nie zachodzi ! Podobno była najpiękniejszą kobietą na świecie, nawet boginie były o nią zazdrosne. A jaką ma wspaniała bransoletę na ręku ! Ciekawe kto ją*) jej podarował ? „ Zwierciadło, zwierciadełko, powiedz przecie, kto najpiękniejszy jest na świecie ?" Własna pycha ją zgubiła. Siedzi teraz na tronie zwrócona ku biegunowi północnemu, aby nikt nie mógł zobaczyć jej twarzy. Dobrze jej tak ! Ale prawdziwe męki cierpiała jej córka ANDROMEDA, która za winy matki została skazana na pożarcie przez potwora. Przykuta łancuchami do skał, drży cała ze strachu. Jest tak piękna i młoda, że niejeden rycerz pospieszyłby jej na ratunek, na szczęście ubiegł ich Perseusz. Pod jego czujnym okiem, żaden potwór (czytaj: astronom) nie zbliży się do niej.

I wreszcie ostatnia, czwarta podejrzana – BERENIKA, której piękny WARKOCZ świeci na niebie. Jakie to romantyczne spędzać całe noce pod jej złotymi włosami. Oj, zazdrość rozrasta się w nas jak trujące ziele. Trzeba coś zrobić z własną fryzurą, iść do fryzjera lub przynajmniej kupić dobry szampon.

Ale najlepsza rada, to poznać bliżej te niebieskie krasawice. W najbliższą pogodną noc wybierzmy się z ukochanym na obserwacje. Wroga trzeba przecież poznać – to główna zasada w walce. Druga korzyść jest taka, że wśród gwiazdozbiorów jest też sporo przystojnych kawalerów. Może któryś z nich będzie w Twoim guście. Daj mu się oczarować a w dżdżyste wieczory będziesz miała o czym rozmawiać ze swym umiłowanym astronomem, zaś w pogodne noce zafundujesz mu godny rewanż.

Ewa Janaszak

*) Bransoletę ozdobioną gwiazdą ρ Cas, podarował Kasjopei nasz rysownik Jacek Drążkowski (PA 4/91).



Najpewniejszym i najtańszym sposobem zapewnienia sobie dostępu do POSTĘPÓW ASTRONOMII jest prenumerata

- Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym obok przekazie
- Prosimy o czytelne wypełnienie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu
- POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy
- Cena prenumeraty na rok 1994 wynosi 156.000,- zł
- Cena prenumeraty na rok 1993 wynosi 120.000,- zł, a pojedynczego zeszytu 30.000,- zł
- Można jeszcze zamawiać zeszyty 2, 3, 4 z roku 1991 w cenie 15.000,- zł oraz 1, 2 z roku 1992 w cenie 20.000,- zł za egzemplarz, a także podwójny zeszyt 3-4/1992 w cenie 30.000,- zł
- Koszt przesyłki w kraju jest wliczony w koszt prenumeraty
- Cena prenumeraty do krajów europejskich jest zwiększona o 75%
- Cena prenumeraty do krajów pozaeuropejskich jest zwiększona o 150%
- Wysyłka POSTĘPÓW ASTRONOMII za granicę będzie realizowana pocztą lotniczą
- Podane ceny pozostają aktualne aż do wydania zeszytu 1/94

Reklamacje

dotyczące prenumerat prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora pod adresem:

Sławomir Kruczkowski,
ul. Królewska 3b/22,
86-300 Grudziądz,
tel. (0-51) 26650.

Uwaga: zmiana konta!

Coraz bardziej zmniejszające się opóźnienie w ukazywaniu się Postępów Astronomii jest wynikiem posunięć organizacyjnych w naszej działalności, a zwłaszcza dobrej współpracy Redakcji z dystrybutorem i „składaczem" pisma, Sławomirem Kruczkowskim, oraz tego statniego z drukarnią. Największym dotychczasowym mankamentem naszej działalności był przepływ informacji na temat wpłat od prenumeratorów i z księgarń z Warszawy do dystrybutora. Stąd też wynikała największa ilość reklamacji. W tej chwili wydawca (Polskie Towarzystwo Astronomiczne) zgodził się otworzyć specjalne podkonto Postępów w banku w Grudziądzu, co powinno nam bardzo ułatwić pracę. Oczywiście, wszystkie wpłaty dokonane do tej pory na konto w Warszawie, będą nam wraz z informacją, przekazane. Jednocześnie, z bólem musimy zawiadomić o podniesieniu ceny prenumeraty Postępów. Musimy się liczyć z możliwością całkowitego samofinansowania pisma (do tej pory korzystaliśmy z dotacji KBN). Tylko zwiększenie nakładu jest w stanie zmniejszyć jednostkowe koszty zeszytu, stąd zachęcamy Czytelników do szerokiego udziału w Konkursie na prenumeraty zbiorowe. Ze swojej strony możemy obiecać, że ewentualne zmniejszenie kosztów jednostkowych przy odpowiednim nakładzie, zrekompensujemy zwiększeniem objętości zeszytów.

REDAKCJA

Pokwitowanie dla wpłacającego

zł .....
Słownie złotych .....
.....
nazwisko, imię .....
.....
Dokładny adres .....

na r-k „Postępy Astronomii"
Nazwa Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bartycka 18
00-716 Warszawa

nazwa banku BYDGOSKI BANK KOMUNALNY S.A.
Oddział Grudziądz
Nr r-ku 438601-19826-132

Pobrano opłatę
zł .....
Podpis przyjmującego
stempel

Odcinek dla posiadacza rachunku

zł .....
Słownie złotych .....
.....
nazwisko, imię .....
.....
Dokładny adres .....

na r-k „Postępy Astronomii"
Nazwa Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bartycka 18
00-716 Warszawa

nazwa banku BYDGOSKI BANK KOMUNALNY S.A.
Oddział Grudziądz
Nr r-ku 438601-19826-132

Pobrano opłatę
zł .....
Podpis przyjmującego
stempel

Odcinek dla banku

zł .....
Słownie złotych .....
.....
nazwisko, imię .....
.....
Dokładny adres .....

na r-k „Postępy Astronomii"
Nazwa Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bartycka 18
00-716 Warszawa

nazwa banku BYDGOSKI BANK KOMUNALNY S.A.
Oddział Grudziądz
Nr r-ku 438601-19826-132

Pobrano opłatę
zł .....
Podpis przyjmującego
stempel

WYPEŁNIĆ I WYCIĄĆ

Listy Czytelników

Zgodnie z życzeniem, przesyłam na dyskietce oba moje artykuły do *Postępów*, właściwie nie artykuły, tylko wspomnienie pośmiertne i komunikat o Szkole Letniej. Napisane to było, i tak zostało skopiowane na dyskietkę, w programie edytorskim TAG.

Dla wypełnienia tego zalecenia Państwa, musiałem kupić paczkę dyskietek. I w związku z tym mam prośbę. Rozumiem, że Redakcja może stosunkowo łatwo robić wewnętrzne prze– rachunki z paragrafu na paragraf. Jeśli tak jest to uprzejmie proszę:

1. z moich honorariów odliczyć kwotę przeznaczoną na zakup dyskietek (265 tys. zł),

2. gdy będzie czas na przekazanie mi honorariów, przesłać mi honoraria odpowiednio pomniejszone, a jednocześnie

3. zwrócić mi koszty zakupu dyskietek według załączonego rachunku, który poleciłem wystawić na Redakcję *Postępów*.

W ten sposób zmniejszam sobie kwotę do zapłacenia podatku. Zyskuję sumę około 50 tys. złotych, a to piechotą nie chodzi. Rozmawiałem z adwokatem, to nie jest nadużycie finansowe. Od usług materialnych nie płaci się podatku. To jest legalne. Redakcja zamiast części honorarium, funduje mi dyskietki, rzeczy bezpośrednio związane z moimi pracami dla Redakcji. W podobny sposób niektóre instytucje kupują swoim pracownikom benzynę do samochodów, części zamienne do nich, płacą za serwis, pokrywają rachunki za teczki czy walizki potrzebne do (służbowych) podróży itd., i o tyleż zmniejszają pobory. Jeżeli do tego potrzeba by mojego oświadczenia, że zgadzam się na pomniejszenie honorarium (honorariów) o sumę 265 tys. złotych, to natychmiast je przyślę. Zresztą ten list może służyć jako takie oświadczenie. Na rachunku stoi Chopina 3; kupując dyskietki zapomniałem numeru. Myślę, że główny księgowy tego nie zakwestionuje. Łatwo mógłbym z „3" zrobić „18", ale nie chcę popełnić wykroczenia.

Załączniki: dyskietka, fotografia, rachunek.

Konrad Rudnicki – Kraków

Red. Dzięki Bogu nie jest to list z zaświatów. Autor listu ma się znakomicie, a wzmiankowane wspomnienie dotyczy Heleny Połońskiej. Oba tekty powinny się się zmieścić w jednym z najbliższych zeszytów PA. Co do pozostałej części listu dostajemy gęsiej skórki, co powie na to Skarbnik PTA. Być może uzyskane specjalne konto bankowe PA umożliwi nam takie „prze– rachunki" z korzyścią dla naszych P.T. Autorów i poza czujnym wzrokiem Skarbnika.

Przeglądam właśnie mój artykuł w drugim numerze PA i targają mną mieszane uczucia. Z jednej strony jest to niewątpliwa przyjemność ujrzeć po prawie półtorarocznym okresie oczekiwania coś swojego w *Postępach*, a z drugiej strony żal, że praca zawiera sporo niedociągnięć edytorsko–redakcyjnych. Nie mam do Redakcji pretensji; dobrym określeniem mego stanu ducha jest właśnie żal, smutek, melancholia, iż coś zostało zaprzepaszczone (zaniedbane?) i artykuł ten mógłby wyglądać lepiej. Nie będę wymieniał wszystkich niedociągnięć, tylko te, które uważam za najważniejsze:

- na dyskietce, którą przesłałem Redakcji były 3 lub 4 odnośniki, natomiast w artykule PA treść tych odnośników została umieszczona wewnątrz tekstu i to w niezbyt szczęśliwych miejscach, co u uważnego Czytelnika może wywołać irytację z powodu – jak Mu się będzie wydawać – pewnej niekonsekwencji autora (nagłe i dziwne wracanie do zagadnienia rozpatrywanego kilka paragrafów wcześniej);
- jeden z odnośników został chyba całkowicie pominięty;
- błędy ortograficzne i interpunkcyjne (to chyba „zasługa" chochlika drukarskiego;
- brak (w niektórych miejscach) lub nadmiar (w innych) akapitów początkujących paragrafy.

Cóż, stało się. Będę się musiał tłumaczyć przed Czytelnikami, którzy poproszą mnie o wyjaśnienia (postawią mi jakieś zarzuty). Mam nadzieję, że wyjdę z tego z tarczą.

PS. Czy mogę liczyć na odesłanie moich dwóch dyskietek.

J. Osarczuk – Wrocław

Red. *Postępy Astronomii* nie są z gumy. Przy kwartalnym cyklu wydawniczym muszą następować pewne opóźnienia. Dla nas to bardzo ważne by mieć pełną półkę, z której możemy wybierać teksty, ale rozumiemy niecierpliwość naszych Autorów. Dla pocieszenia: nasz najstarszy „półkownik" ma już trzy lata – znakomity tekst, znakomitego autora! O tym kiedy dany tekst „pójdzie", decyduje trochę profil zeszytu, waga i aktualność tematu, atrakcyjny materiał graficzny, ale też sposób przygotowania i edycji tekstu przez autora. Naturalnym jest, że obecnej fazie nadrabiania opóźnień sięgamy po teksty, z którymi mamy najmniej roboty. Wiele błędów może powstać podczas transportu tekstu wyedytowanego przez autora, często w jakimś egzotycznym programie, do programu edytującego *Postępy*. Dlatego zawsze tak bardzo prosimy autorów o przysyłanie (poza „fajlami") starannie wydrukowanych tekstów na papierze. Sprawa „odnośników" (przypisów) jest rzeczywiście przykra. Błąd powstał przy transporcie i najgorsze, że został zauważony przy pierwszej korekcie. Widać, został później zapomniany wśród innych, licznych poprawek. Ale protestów na razie nie słychać, mieliśmy gorsze wpadki.

Z dyskietkami rzeczywiście mamy prawdziwy kram. Wszystko przez ten pośpiech, ale postaramy się odszukać i odesłać.

Bardzo dziękuję za przesłanie mi tych dwóch zeszytów *Postępów Astronomii*, to jest 1/92 i 3-4/92. Trochę mnie dziwi, że zajęło to sześć miesięcy od wpłacenia pieniędzy na wasze konto w Warszawie. Pieniądze zostały wpłacone 30 grudnia 1992, a dostałem PA tutaj 3 lipca 1993. Na wpłacie było wyraźnie napisane, że te pieniądze są za wszystkie cztery zeszyty z 1991 roku i za rok 1993. Dlatego nie bardzo rozumiem co się stało z moją wpłatą. Mam nadzieję, że bank przesłał wam kopię recepisu. Do tej pory powinienem był dostać już pierwszy zeszyt tegoroczny. Jakby nie było zapłaciłem za przesyłkę lotniczą. Bardzo byłbym wdzięczny za wyjaśnienie tej sytuacji i informację czy jest jeszcze nadzieja na dostanie rocznika 1991.

Okazuje się, że nawet organizacja ludzi wykształconych jakoś nie może sobie dać rady z prostym zamówieniem. Mam porównanie – książki wysyłane z Warszawy idą zwykle 3 tygodnie od wpłaty. Ale 6 miesięcy i to za częściową przesyłkę?! To mi się jeszcze nie zdarzyło! Jednak jestem zadowolony, że zostałem w Stanach.

Jerzy Parylewicz
(George M. Pary)
– Ocala, USA

Red. Mamy wieczne problemy z naszymi zagranicznymi prenumeratorami, chociaż cenimy ich może najbardziej. Część przesyłek na pewno zaginęła na poczcie – staramy się natychmiast przesyłać duplikat, choć to drogo kosztuje. Drugi problem, to przepływ i przekłamania w informacji przekazywanej z Warszawy (gdzie było konto bankowe) do dystrybutora. Wreszcie mamy konto na miejscu w Grudziądzu i sytuacja się powinna poprawić. Przepraszamy.

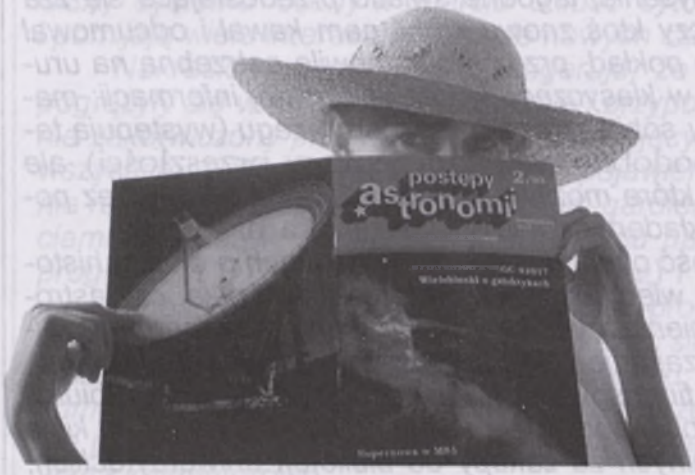
Prenumerata Postępy Astronomii 1994
ilość prenumerat ☐ × 156.000 zł
Zamówienia na zeszyty z lat 1991–1993
(ceny na poprzedniej stronie)
rocznik zeszyt ilość egz. suma
Razem.....zł

Prenumerata Postępy Astronomii 1994
ilość prenumerat ☐ × 156.000 zł
Zamówienia na zeszyty z lat 1991–1993
(ceny na poprzedniej stronie)
rocznik zeszyt ilość egz. suma
Razem.....zł

Prenumerata Postępy Astronomii 1994
ilość prenumerat ☐ × 156.000 zł
Zamówienia na zeszyty z lat 1991–1993
(ceny na poprzedniej stronie)
rocznik zeszyt ilość egz. suma
Razem.....zł

WYCIĄĆ I WYPEŁNIĆ

NAJNOWSZY TELESKOP UNIWERSAŁA



- średnica lustra 25 cm
- ogniskowa 340 cm
- optyka w systemie Cassegraina
- długość tubusa 90 cm

do wygrania

w Wielkim Konkursie postępów astronomii

Teleskop może służyć do podziwiania uroków nocnego nieba: kraterów, łańcuchów górskich i innych szczegółów na powierzchni Księżyca, faz Merkurego i Wenus, czap polarnych na Marsie, galileuszowych satelitów i pasów w atmosferze Jowisza. Każdy może się przekonać, że Saturn rzeczywiście posiada pierścienie, gwiazdy tworzą malownicze, różnokolorowe układy podwójne i wielokrotne, grupują się w gromadach i galaktykach. Teleskop pozwala nie tylko odszukać na niebie fantazyjne mgławice gazowe wokół młodych gwiazd, pozostałości po supernowych i mgławice planetarne, ale i utrwalić ich kształty i barwy na kliszy fotograficznej. Rodzinny teleskop nie jest również bezużyteczny w dzień. Poza plamami słonecznymi, można podziwiać uroki przyrody i rejestrować je dołączonym aparatem fotograficznym. Firma Jacka Uniwersała stworzyła propozycję godną rozważenia: teleskopy soczewkowe (refraktory) i zwierciadlane (w systemie Newtona) o średnicach obiektywów od 5 do 25 cm, z zestawem okularów i możliwością dołączenia aparatu fotograficznego. Najtańsze już od kilkuset tysięcy złotych! Firma UNIWERSAŁ przygotowuje ofertę specjalną: teleskopy w systemie Cassegraina o średnicach głównego zwierciadła 15 i 25 cm! To już sprzęt niemal profesjonalny. Paralaktyczny montaż i możliwość zastosowania prowadzenia, czyni realnym podłączenie do nich kamery CCD lub fotometru fotoelektrycznego. Pierwszy egzemplarz teleskopu 25 cm (wartości 16 mln zł), firma UNIWERSAŁ funduje jako nagrodę w Wielkim Konkursie Postępów Astronomii. Apelujemy więc głównie do

- **nauczycieli fizyki z astronomią w szkołach;**
- **opiekunów i kierowników formalnych i nieformalnych grup miłośników astronomii;**
- **wszystkich Czytelników.**

Chcemy Wam dać możliwość wejścia w posiadanie prawdziwego, dużego teleskopu astronomicznego, a przy okazji udostępnić Postępy Astronomii szerokim rzeszom – zwłaszcza młodych – Czytelników. Nagrodę odbierze szkoła, grupa miłośników astronomii lub indywidualny Czytelnik, który zbierze i zorganizuje

NAJWIĘKSZĄ GRUPĘ PRENUMERATORÓW POSTĘPÓW ASTRONOMII NA ROK 1994

Warunki Konkursu:

1) W Konkursie może brać udział grupa prenumeratorów (szkoła, kółko astronomiczne, itp.) i każdy indywidualny Czytelnik (nauczyciel, opiekun młodzieży, etc.);
2) Warunkiem przystąpienia do Konkursu jest opłacona (wystarczy pojedyncza) prenumerata Postępów Astronomii na rok 1993. Opłaty za cztery zeszyty rocznika 1993 można wnosić aż do końcowej daty roztrzygnięcia Konkursu;
3) Minimalna ilość zgłoszonych do Konkursu prenumerat na rok 1994 wynosi 5;
4) Można przysyłać prenumeraty zbiorowe wypełnione na jednym przekazie pocztowym (wówczas jest to automatycznym zgłoszeniem do Konkursu) lub przesłać listę prenumeratorów (opłacających prenumeraty indywidualnie) zorganizowanej przez biorącego udział w Konkursie:
   - listę należy przesłać na adres dystrybutora Postępów Astronomii: Sławomir Kruczkowski, 86-300 Grudziądz, ul. Królewska 3b/22, albo przekazać Redakcji;
   - powtarzające się nazwiska prenumeratorów na różnych listach eliminują z Konkursu;
5) Cena 4 zeszytów Postępów Astronomii za rok 1993 wynosi 120.000,– zł, a cena prenumeraty na rok 1994 wynosi 156.000,– zł. Wpłat należy dokonywać na konto:

Postępy Astronomii, Polskie Towarzystwo Astronomiczne
ul. Bartycka 18, WARSZAWA
BYDGOSKI BANK KOMUNALNY Oddział w Grudziądzu
nr 438601-19826-132

6) Ostateczny termin wniesienia opłat za prenumeraty biorące udział w Konkursie oraz przesyłania zgłoszeń upływa 31 marca 1994 roku (decyduje data stempla). Roztrzygnięcie Konkursu zostanie podane w drugim (kwiecień-czerwiec) zeszycie Postępów Astronomii 1994.
7) W przypadku jednakowej ilości prenumerat o przyznaniu nagrody decyduje losowanie.

ZAPRASZAMY DO UDZIAŁU

Redakcja

UKŁAD ODNIESIENIA

Wakacje. Jako miłośnicy astronomii czujemy wewnętrzny przymus prowadzenia intensywnych, nocnych obserwacji. Jest więc całkiem prawdopodobne, że znużeni tym pożytecznym zajęciem zejdziemy do kabiny własnego jachtu[1] *i uśniemy*[2]*. Wyobraźmy sobie moment przebudzenia. Cichy plusk, lekkie kołysanie, łagodne światło przedostające się zza przysłoniętych firanek i natarczywa myśl: czy ktoś znowu zrobił nam kawał i odcumował nasz wspaniały okręt? Zanim wyjrzymy na pokład, przez krótką chwilę potrzebną na uruchomienie zgrabiałych członków, jesteśmy w klasycznej sytuacji niepełnej informacji: mamy powody, aby przypuszczać, że* płyniemy *sobie gdzieś daleko od brzegu (występują takie atrybuty ruchu jak* plusk, kołysanie, podobne doświadczenia w przeszłości), *ale brak nam rozstrzygającego potwierdzenia, które możliwe jest do zdobycia tylko przez porównanie z zewnętrznym, „obiektywnym" układem odniesienia* (rzut oka na brzeg).

W pewnym sensie podobna niepewność oceny występuje w naukach o długiej historii i związanej z nią wysokiej specjalizacji, a więc takich jak matematyka, fizyka, czy astronomia (choć nie tylko). Mamy tutaj do czynienia z wielką ilością symptomów nadzwyczajnego „ruchu w interesie". Badaniami zajmuje się prawdziwa armia naukowców, konsumująca pokaźne (za granicą) sumy i finansowana przez rozbudowany aparat biurokratyczny. Najważniejsze czasopisma naukowe podwajają swoją objętość (i ceny) co kilka lat. Ku zgryzocie bibliotekarzy odpowiedzialnych za zakupy do bibliotek uniwersyteckich, ilość nowych czasopism i książek wzrasta w postępie, który dawno przestał być arytmetyczny.

Z drugiej strony, coraz powszechniejsza staje się opinia, że wymienione fakty świadczą raczej o rozwoju „wszerz", rozwoju pozornym, który polega na zaspokajaniu głodu pieniędzy, a nie głodu wiedzy. Rzeczywiście, wraz z liczebnym wzrostem kadry naukowej wydaje się maleć udział prawdziwych indywidualności na rzecz osobliwych kategorii „wyrobników" (tzw. pracownik naukowy), czy „menedżerów nauki", zajmujących się głównie organizowaniem środków finansowych.

Wzrost liczby publikacji naukowych złośliwie wyjaśnia popularna anegdotka: w niedługim czasie tempo przyrostu literatury fizycznej na półkach bibliotek przekroczy prędkość światła. Nie przeczy to teorii względności, gdyż przyrost ten nie niesie żadnej informacji.

Nowe czasopisma powstają nie tylko z powodu rozwoju nowych kierunków badań (co jest naturalne i pożądane), ale również dla zaspokojenia osobistych ambicji. Wydawanie (lub współwydawanie) czasopisma otwiera bowiem zupełnie nowe możliwości, daje namiastkę władzy. Można np. przyjąć do druku odpowiednio „zarekomendowaną" pracę, licząc na wyrazy wdzięczności w postaci własnej publikacji w „zaprzyjaźnionym" czasopiśmie. A publikacje są absolutnie konieczne, kiedy przychodzi do rozliczeń z funduszy otrzymanych w ramach grantów. Funduszy, dodajmy, będących sprawą życia i śmierci naukowej - bez nich nie ma pieniędzy na badania, nie jeździ się na konferencje, wykłady, nie zaprasza się gości - autentycznie umiera się dla świata!

Zwróćmy uwagę, że nawał publikacji naukowych narusza jedną z podstawowych zasad funkcjonowania nauk ścisłych: opublikowane rezultaty „nabierają mocy" dopiero po potwierdzeniu przez niezależny ośrodek. Jakie znaczenie ma dziś opublikowanie nawet ciekawego wyniku bez odpowiedniej reklamy? Ginie on w powodzi anonimowych prac, staje się „pozycją w dorobku" i w zasadzie pozostaje (nie sprawdzony) *aż do momentu powtórnego odkrycia, często kilka lub kilkanaście lat później. Wśród matematyków żartuje się, że średnia liczba czytelników współczesnego artykułu zmierza do 2, wliczając autora i recenzenta. W dodatku średni poziom recenzentów* musi *być odwrotnie proporcjonalny do ich liczby, determinowanej przez wydajność społeczności naukowej! Nic dziwnego, że w tej sytuacji obfitość twórczości naukowej przestaje być wiarogodną podstawą klasyfikacji: jak oceniać autora kilkuset publikacji, albo autora, który co roku produkuje 700 stron nowych (podobno) wyników?*

[1] zakupionego z honorariów otrzymanych za artykuły drukowane w „Postępach Astronomii". (przyp. autora)

[2] Redakcja z racji wieloletnich więzów przyjaźni (patrz wstępniak w poprzednim zeszycie – zbieżność nazwisk nieprzypadkowa) – honoraria autora felietonu wypłaca jego żonie, w związku z czym na jacht może liczyć wyłącznie we śnie. (przyp. red.)

Powróćmy jeszcze na chwilę do zjawiska kryjącego się pod nazwą „nowe czasopisma". Naukowcom niesie ono niebezpieczeństwo fizycznej utraty wyników, kiedy to pomimo wezwania do przesyłania prac nie ukazuje się nawet pierwszy numer czasopisma, albo (co jest znacznie gorsze) ukazuje się tych numerów tylko kilka i czasopismo plajtuje, „zamrażając" prace nieopatrznych autorów w śladowej ilości bibliotek. Administratorom nauki utrudniają życie przede wszystkim (dobre) *nowe czasopisma. Mechanizm jest tutaj bardzo prosty: redaktorzy „Citation Index", stanowiącego podstawę dla standardowego (w USA) systemu oceny w oparciu o ilość cytowań, nie nadążają za rosnącą specjalizacją i pomijają wiele interesujących, ale nowych czasopism.*

Nakreślony ponury obraz sugeruje, że dziedziny takie jak matematyka lub fizyka pogrążyły się w korupcyjnym kryzysie i przypominają raczej bogato zdobiony galeon solidnie zakotwiczony przy nabrzeżu, niż fruwający nad falami katamaran. Tak nie jest. Przede wszystkim wiele można wytłumaczyć pojawieniem się komputerów. Sam proces spisywania rezultatów pracy był kiedyś wąskim gardłem o przepustowości ograniczonej możliwościami sekretarek, kreślarek itp. Tego typu bariery dziś nie istnieją! Dzięki współczesnym programom DTP (Desk Top Publishing) *i przy posiadaniu niewielkiej wprawy, każdy może własnoręcznie złożyć na poziomie profesjonalnym specjalistyczną, zawierającą ilustracje książkę. I książka ta może ukazać się niemal natychmiast po jej przygotowaniu.*[3] *Dziś kłopot całkowicie zawiera się w pytaniu,* o czym *pisać, a nie* jak *to robić. W istocie, komputery czynią więc możliwym cały ten przerażający zalew informacji. I równie skutecznie pomagają w wyłowieniu poszukiwanej wiedzy: komputery czytają informację przygotowaną komputerowo.*

Komputery nie mogą jednak stanowić układu odniesienia, bo są wewnętrznymi, aktywnymi składnikami systemu. Układem odniesienia mogą być tylko spektakularne sukcesy danej nauki, sukcesy, które mówią: spójrzcie, jak wielki postęp został dokonany, czyż się nie poruszamy?

Wydaje się, że niedawno takie święto przydarzyło się matematyce. Andrew Wiles z Cambridge udowodnił OTF! Dla ułatwienia dodajmy, że chodzi nam o Ostatnie Twierdzenie Fermata (a nie o Ogólną Teorię Fszystkiego). Ze względu na swą prostotę, OTF jest z całą pewnością najsławniejszą hipotezą matematyczną współczesności. Przypomnijmy: błyskotliwy matematyk francuski Pierre de Fermat studiował w koncu lat trzydziestych siedemnastego wieku książkę „Arithmetica" Diofantosa. Miał przy tym nieco kontrowersyjny zwyczaj komentowania treści na marginesach, czasami z uzasadnieniem swoich uwag, a czasami bez. Komentarze zostały opublikowane w pięć lat po śmierci de Fermata, w 1670 roku, przez jego syna. W 1729 roku zainteresował się nimi inny wielki matematyk, Leonard Euler, i rozpoczął systematyczne badania hipotez de Fermata. Około 1800 roku nie umiano sobie poradzić już tylko z jedną, z tego powodu znaną jako OTF: jeśli n *jest którąś z liczb 3, 4, 5,..., to nie istnieją liczby całkowite* x, y, z, *różne od zera i takie, że* $x^n + y^n = z^n$. *I tak pozostało aż do 1993 roku, mimo wielu nagród ustanawianych za dowód OTF i tysięcy „rozwiązań" popełnianych zarówno przez największych matematyków (Cauchy, ostatnio Miyaoka w 1988), jak i amatorów znęconych perspektywą sławy. Wiles wziął wszystko! Pod warunkiem, że maszynopis jego pracy, liczący 200 stron i przesłany do czasopisma (starego!) „Inventiones Mathematicae" nie zawiera błędów. Ale wstępne recenzje oraz opinia o solidności Wilesa zdają się uzasadniać nasz optymizm.*

A jeszcze niewiele lat temu nic nie zapowiadało sukcesu. W 1976 wiedziano, że jeśli OTF nie byłoby prawdziwe dla liczby pierwszej n *oraz liczb całkowitych* $z > y > x$, *to musiałoby być* $n \geq 125003$ *oraz* $x > (125003)^{375005} \sim 4.5 \cdot 10^{1911370}$. *Łatwo zgadnąć, że specjaliści pracujący nad dowodem OTF uważani byli za godnych szacunku dziwaków. Przełom nastąpił około 10 lat temu i był wynikiem ożywczego powiewu, jaki nadciągnął do teorii liczb ze strony geometrii algebraicznej, stosunkowo młodej, bo powstałej dopiero w latach pięćdziesiątych dziedziny matematyki.*

Chyba jednak płyniemy ... .

[3] Przykładem tego typu działalności mogą być... *Postępy Astronomii.* (przyp. red.)

Adam Jakubowski
Bachotek, Sierpień 1993 r.

postępki astronomów

NA ROZŁADÓWCE PRZEDSTAWIONO...

... cztery obrazy groźnej komety Swifta–Tuttle'a uzyskane przez Krzysztofa Rumińskiego 60/90 cm teleskopem Schmidta w obserwatorium w Piwnicach (Fuji 100, 15 min ekspozycja); przez Rolfa Bitzera z 150/500 mm płaskopolową kamerą i detektorem CCD (Sterne und Weltraum 2/1993) i Martina Rothe'a z 4.7 calowym refraktorem i kamerą CCD (Sterne und Weltraum 2/1993).

Zupełnie unikatowy obraz komety zajmuje centralną część rozkładówki. Tak doskonałe zdjęcie komety zdarza się rzadko. Otrzymaliśmy je od autorów: Laurenta Jordy i Jeana Lecacheuxa z Observatoire de Paris – Meudon oraz Françoisa Colasa z Bureau des Longitudes, a praca nad serią wykonanych zdjęć jest w toku. Zdjęcie zostało wykonane 20 grudnia 1992 w Obserwatorium Pic du Midi, przy użyciu 1 metrowego teleskopu i z wykorzystaniem techniki CCD. Pole widzenia to zaledwie 400 000 × 250 000 km!

Kometa Swifta–Tuttle'a odpowiedzialna jest za deszcz meteorów pojawiający się w sierpniu w gwiazdozbiorze Perseusza. Obserwowana była przez wielu obserwatorów (Schmidt, Bond, Winnecke) w okresie 1862–1863, gdyż parametry jej orbity były w czasie poprzedniego przejścia w pobliżu Słońca szczególnie korzystne.

Tym razem pierwszy obserwował tę kometę Kiuchi we wrześniu 1992. Przeprowadzono wszechstronne obserwacje komety, także radiowe. Te ostatnie sugerowały występowanie strug szybko poruszającego się gazu. Dlatego właśnie grupa Francuzów postanowiła prześledzić możliwie starannie zmiany w strukturze gazu otaczającego jądro komety, jakie następuje w czasie jej ruchu po orbicie.

Kometę obserwowano przez 17 nocy, od 20 listopada do 21 grudnia 1992. Doskonałej jakości zdjęcia optyczne potwierdziły istnienie dżetu. Co więcej, widoczna na zdjęciu struktura jest bardzo złożona, bardziej przypomina kilka nawijwjących się strug materii. Te świecące strugi to pył. Całość w dodatku wiruje z okresem 2.8 dnia, co zdołano zaobserwować już w czasie poprzedniego przejścia komety w roku 1862! Obecne ułożenie warkocza komety porównać można z poprzednim na podstawie wykonanych odręcznych szkiców. Widoczne jest wyraźne przesunięcie osi rotacji. Wstępne wyniki obliczeń wskazują, że to właśnie wywiewany pył jest odpowiedzialny za zmianę orientacji, czyli precesję, ale niezbędne są jeszcze dokładniejsze rachunki uwzględniające zachowanie się pyłu w warkoczu komety pod wpływem zmiennego pola grawitacyjnego i ciśnienia promieniowania Słońca.

Te i inne podobne obserwacje pomagają nam rozumieć, jak formują się przepiękne warkocze komet, jak zbudowane jest jądro komety, a kiedyś może wreszcie dadzą odpowiedź na pytanie, skąd przybywają komety i dlaczego...

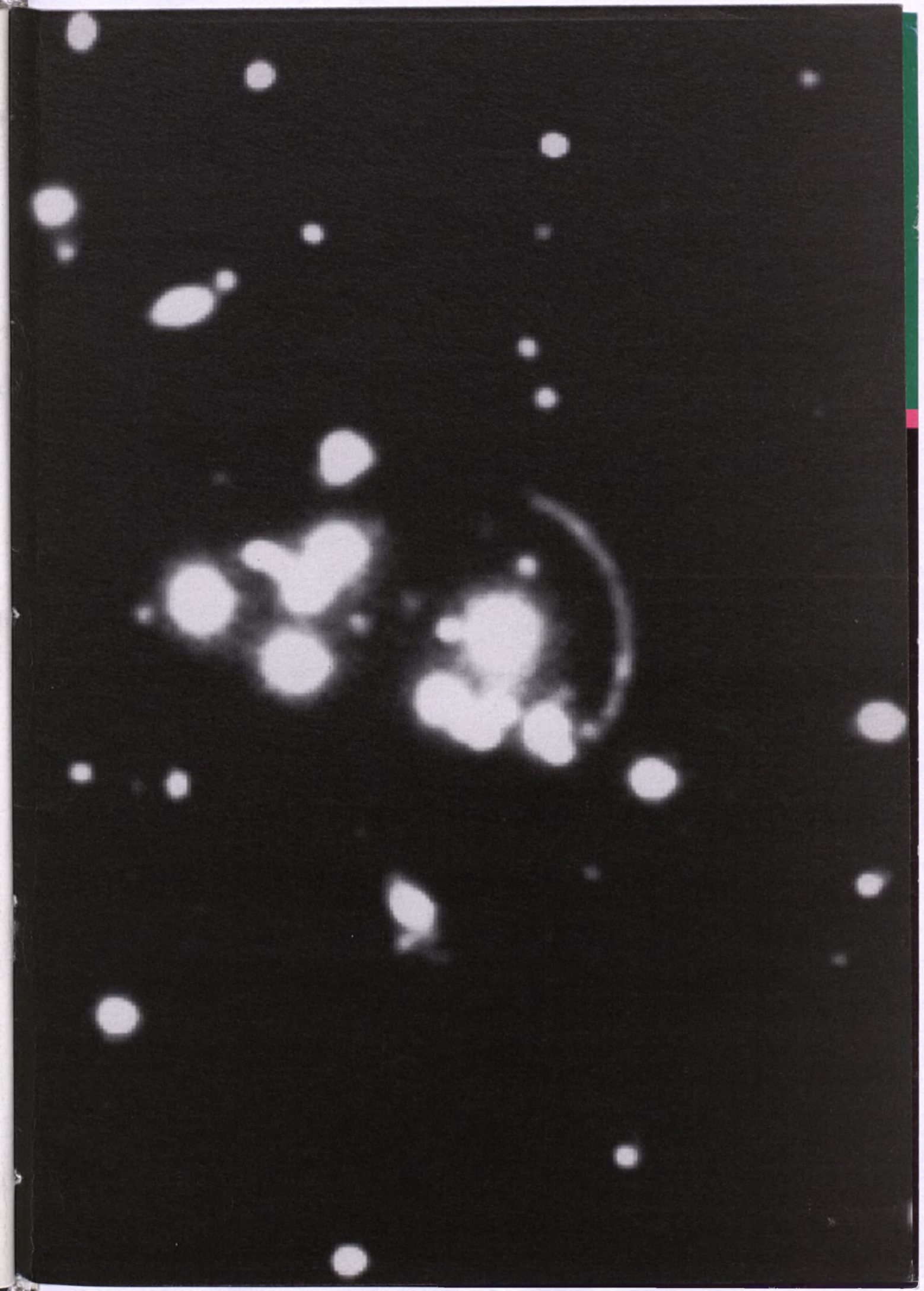
TYLNA STRONA OKŁADKI PRZEDSTAWIA...

... wykonane przez Krzysztofa Rumińskiego zdjęcie, w noc po „podniesieniu" 160 tonowej osi nowego radioteleskopu w obserwatoruim w Piwnicach. Realizowany w Katedrze Radioastronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika projekt jest podobno najdroższą w tej chwili inwestycją naukową w Polsce. Zajmująca centralne położenie na zdjęciu oś elewacyjna – z charakterystycznym półokręgiem wielkiej zębatki do zmiany wysokości przyszłego radioteleskopu – jest bohaterem fotoroeportażu tegoż autora w środku zeszytu. Operacja osadzenia osi na podporach, była najbardziej widowiskowym etapem budowy i unikatowym przedsięwzięciem technicznym. Podpory osi osadzone są w ogromnej ramie i azymut (montaż horyzontalny) teleskopu będzie zmieniany poprzez obrót całej konstrukcji na superpecyzyjnej szynie – kto wie gdzie złapać, może ruszyć tego wielotonowego kolosa, wysiłkiem jednej ręki! Już teraz można sobie wyobrazić jak efektowne można będzie zrobić zdjęcia, gdy na osi elewacyjnej zostanie rozpostarta 32 metrowa czasza radioteleskopu. Mamy nadzieję, że równie efektowne będą obserwacje i wyniki naukowe uzyskane przy jego pomocy. To pierwsze, czyli zdjęcie, możemy Czytelnikom obiecać ... Chyba, że znikną efektowne lampy wokół budowy i całej Katedry Radioastronomii, znikną wraz z... „gwiazdami rtęciowymi", których spektakularne widma obserwuje się w położonej o miedzę, optycznej części obserwatorium. To jednak już zupełnie inny problem, do którego – w szerszym aspekcie – powrócimy w jednym z najbliższych numerów.

ZDJĘCIA NA WEWNĘTRZNYCH STRONACH OKŁADKI PRZEDSTAWIAJĄ...

... fantastyczne obrazy CCD centralnych części gromad galaktyk Abell 370 (druga strona okładki) i Cl 2242-02 (patrz obok) uzyskane przez Rogera Lyndsa w Kitt Peak Nationaal Observatory. Charakterystyczne, półokrągłe, ogromne łuki w cantrach gromad są fragmentami pierścieni Einstena powstałymi wskutek soczewkowania grawitacyjnego. Tym i podobnym efektom, poświęcony jest artykuł wewnątrz zeszytu. Ciekawe, że poszukując zdjęć ilustrujących teksty naszych znakomitych Autorów natykamy się na różne, groźnie brzmiące „kopyrajty" w publikowanych czasopismach i książkach. Tymczasem, ilekroć uda nam się dotrzeć – co nie zawsze jest proste – do samych autorów, spotykamy się z reguły z entuzjazmem i z jednako brzmiącą odpowiedzią: „nie drukujcie tego – przyślę wam lepsze!". Tak było i tym razem, za co serdecznie dziękujemy.

(dzięki uprzejmości Rogera Lyndsa, National Optical Astronomy Observatories)



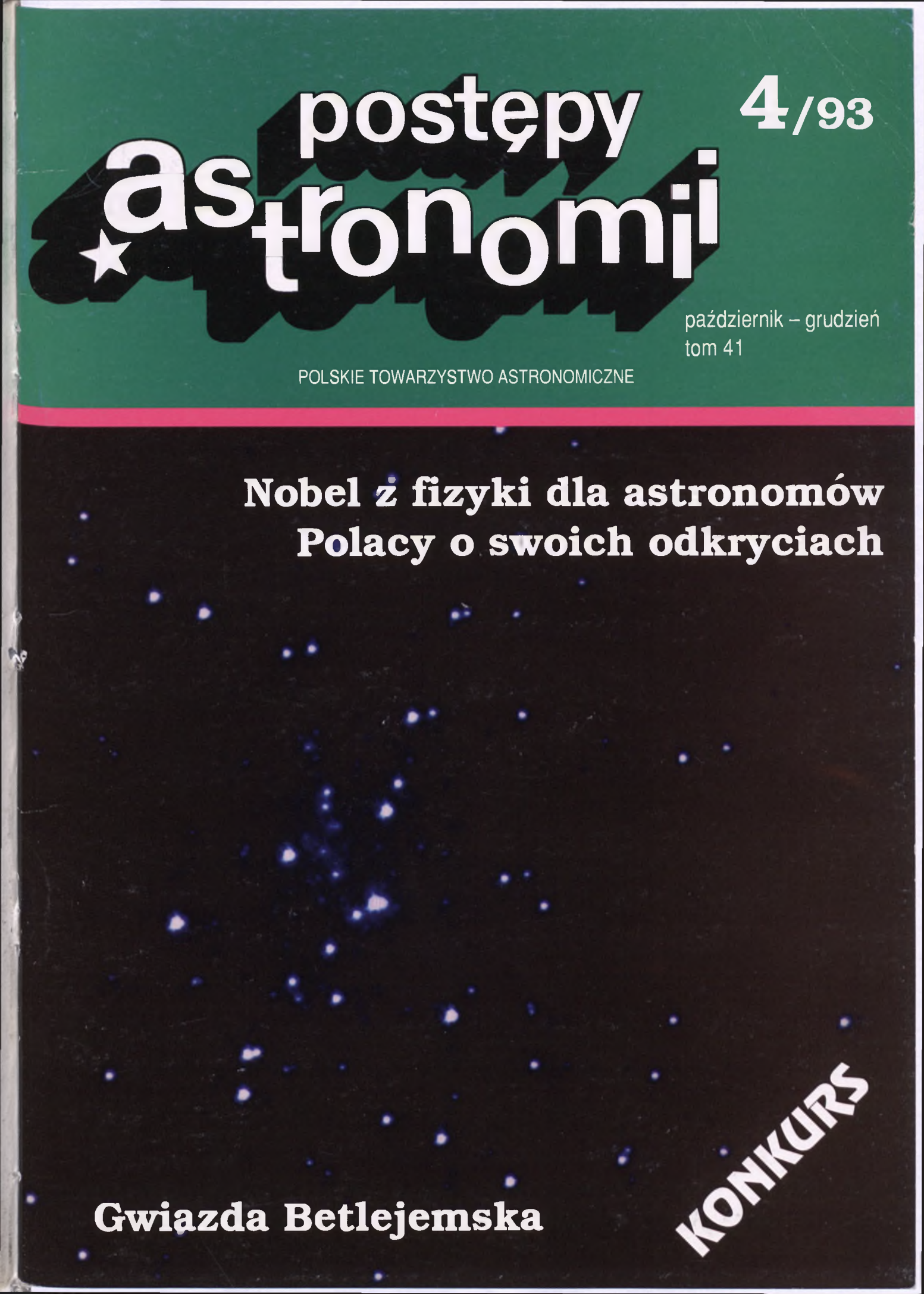
postępy astronomii

4/93

październik – grudzień
tom 41

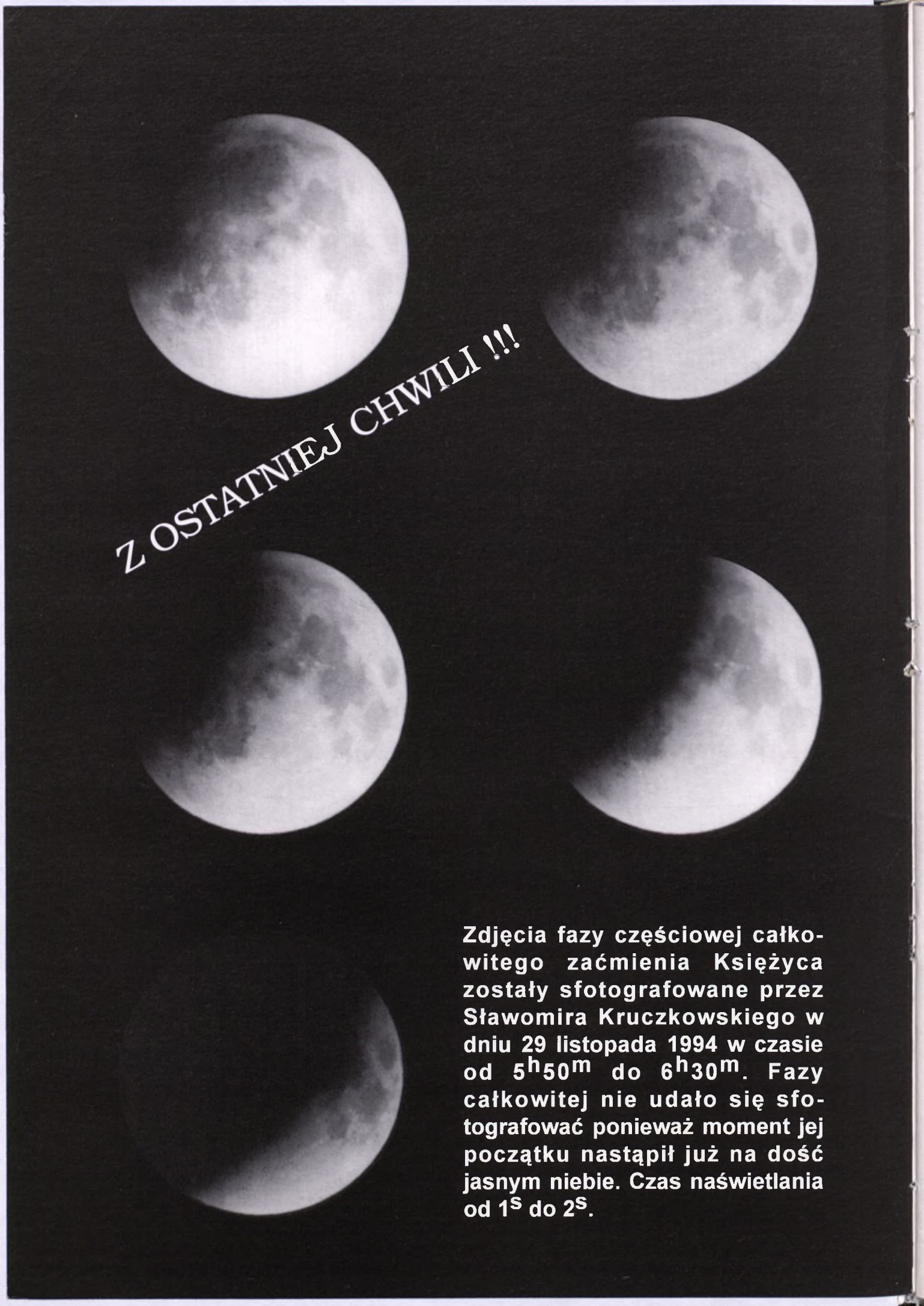
POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

Nobel z fizyki dla astronomów
Polacy o swoich odkryciach



Gwiazda Betlejemska

KONKURS



Zdjęcia fazy częściowej całkowitego zaćmienia Księżyca zostały sfotografowane przez Sławomira Kruczkowskiego w dniu 29 listopada 1994 w czasie od 5^h50^m do 6^h30^m. Fazy całkowitej nie udało się sfotografować ponieważ moment jej początku nastąpił już na dość jasnym niebie. Czas naświetlania od 1^s do 2^s.

Powolutku zbliżają się święta, a więc wita Czytelników Gwiazda Betlejemska. Jest też coś pod choinkę. Tym najmilszym prezentem dla wszystkich astronomów i miłośników astronomii jest nagroda Nobla z fizyki właśnie dla astronomów, odkrywców pulsara PSR 1913+16, wspaniałego naturalnego laboratorium do badania ogólnej teorii względności pisze o tym specjalnie dla nas Aleksander Wolszczan. Święta to też Nowy Rok, Nowy Rok to życzenia, a więc czegóż moglibyśmy sobie życzyć? Może właśnie tego, żeby któraś z następnych nagród Nobla była dla astronoma – Polaka? Abstrakcja powie ktoś. Niekoniecznie. Odkrycie przez Aleksandra Wolszczana pierwszej planety poza Układem Słonecznym (pisaliśmy o tym obszernie w PA 2/92) będzie czymś wyjątkowym o ile tylko dalsze obserwacje to potwierdzą. Obserwacje pulsara – gwiazdy macierzystej tej planety – są intensywnie prowadzone, a trwają też poszukiwania następnych (prawdopodobnie) układów planetarnych. Z kolei zaproponowana przez Bohdana Paczyńskiego rewelacyjna metoda badania ciemnej materii we Wszechświecie właśnie w ciągu kilku ostatnich miesięcy odniosła pierwsze sukcesy (patrz str. 171). Czy cała ciemna materia to nie egzotyczne cząstki elementarne, a po prostu mało masywne gwiazdy? Metoda działa, i odpowiedź będziemy znali za jakieś pięć lat, gdy zgromadzony zostanie odpowiedni materiał obserwacyjny. Może to oznaczać dużą rewolucję w kosmologii i ... teorii cząstek elementarnych.

Rozmarzyliśmy się trochę ... A więc bardziej przyziemnie, co jeszcze mamy do zaproponowania Czytelnikom? Nowości z astronomii gamma, materiał okolicznościowy z okazji 15-lecia Centrum Astronomicznego (część druga – reportaż z oddania do użytku zabytkowej kamieniczki w Toruniu i wywiad z nowym Dyrektorem będzie w następnym zeszycie), ciąg dalszy pasjonującego procesu Galileusza, ciekawostki ... i oczywiście Kalendarz Astronomiczny, tym razem autorstwa Sławka Kruczkowskiego i Fryderyka Kędrackiego.

Życzymy Czytelnikom Wesołych Świąt i zapraszamy do lektury.

REDAKCJA

POSTĘPY ASTRONOMII
(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym organem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. POSTĘPY ASTRONOMII ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

Redaktor prowadzący:
Bożena Czerny (CAMK Warszawa)
Kolegium Redakcyjne:
Maciej Mikołajewski (IA UMK Toruń)
Joanna Mikołajewska (CAMK Warszawa)

Żart rysunkowy: Jacek Drążkowski
Korekta: Małgorzata Śróbka–Kubiak

Redakcja w Toruniu:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń
telefon 11655, 783390, 487144
telex 0552234 astr pl

Poczta elektroniczna (E-mail address):
MAMIKO@VM.CC.TORUN.EDU.PL

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18; 00-716 Warszawa
tel. 410041 w. 48 (B. Cz.), w. 26 (J. M.)

Projekt winiety: Tadeusz Jodłowski
Skład komputerowy: Sławomir Kruczkowski, MIZAR

Opracowanie techniczne i druk:
Firma MIZAR Grudziądz, ul. Królewska 3 przy współpracy Zakładu Poligraficznego pp. Neuman, Grudziądz ul. Filomatów 1a.

Dystrybucja: Sławomir Kruczkowski
86-300 Grudziądz, ul. Królewska 3b/22
tel. 22794 (firma), 26650 (dom)

Skład ukończono 25 listopada 1993

❍ Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca ❍ Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji ❍ Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa ❍

Pismo dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

© POSTĘPY ASTRONOMII 1993

Einstein w POSTĘPACH

KONKURS

Chcąc dać szansę indywidualnym prenumeratorom na wygranie teleskopu proponujemy konkurs:

Ile wizerunków Alberta Einsteina było opublikowanych w Postępach Astronomii w roku 1993?

Regulamin:

1) warunkiem przystąpienia do konkursu jest prenumerata Postępów Astronomii na 1994 rok, którą należy opłacić do dnia 15 marca 1994 roku,
2) termin nadsyłania odpowiedzi mija 30 czerwca 1994 roku (decyduje data stempla pocztowego),
3) odpowiedź na pytanie konkursowe musi zawierać pełną identyfikację każdego wizerunku: rocznik, zeszyt, strona oraz ewentualne, konieczne do identyfikacji uwagi,
4) odpowiedzi można nadsyłać do Redakcji w Toruniu albo Warszawie lub do dystrybutora w Grudziądzu (adresy obok),
5) rozstrzygnięcie konkursu zostanie ogłoszone w zeszycie 3/94 (lipiec – wrzesień),
6) w przypadku jednakowej ilości „Einsteinów" o przyznaniu nagrody decyduje losowanie.

Nagrodę w Konkursie stanowi teleskop produkcji firmy „UNIWERSAŁ" model 8 (szukacz komet) wartości 5.5 mln zł:

- **❍ średnica lustra 150 mm,**
- **❍ ogniskowa 900 mm,**
- **❍ system Newtona,**
- **❍ powiększenie do 450 razy.**

Dla szczęśliwego zwycięzcy przewidziana jest także dodatkowa nagroda niespodzianka.

Fundatorem nagród jest: Firma „MIZAR", edytor techniczny POSTĘPÓW ASTRONOMII.

OGŁOSZENIA I REKLAMY

Zapraszamy do ogłaszania się w POSTĘPACH ASTRONOMII, w szczególności:

❑ firmy komputerowe ❑ firmy produkujące profesjonalny sprzęt naukowy ❑ firmy produkujące sprzęt dla miłośników astronomii ❑ wydawnictwa o tematyce astronomicznej

CENNIK:

★ Jedna strona czarno-biała wewnątrz numeru – 1.6 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na wewnętrznej stronie okładki i wkładce – 5 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na czwartej stronie okładki – 8 mln zł ★ 1 cm^2 – 8 tys. zł ★ Opracowanie graficzne czarno-białe – 150-200 tys. za stronę ★ Stosujemy znaczne ulgi przy powtórzeniach i w przypadku akcji reklamowych popieranych przez Redakcję ★ Redakcja nie odpowiada za treść płatnych ogłoszeń

ZDJĘCIE NA OKŁADCE PRZEDSTAWIA...

... jądro M15, wyjątkowo gęstej gromady kulistej. Te jasne gwiazdy, skryte głęboko w jądrze gromady, można było zobaczyć dopiero dzięki wyjątkowej zdolności rozdzielczej Teleskopu Hubble'a i jego wysokiej czułości w zakresie nadfioletu. Temperatury powierzchni tych kilkunastu gwiazd przekraczają 30 000 K, a ich natura jest zupełną zagadką. Być może są to czerwone olbrzymy pozbawione otoczki w wyniku zderzeń z innymi gwiazdami gromady. W gromadzie, w której odległości międzygwiezdne są typowo 2000 razy mniejsze niż w okolicy Słońca, wszystko jest możliwe. Jednego tylko możemy być pewni – niebo jest piękne! (zdjęcie uzyskane dzięki uprzejmości dr-a F. Duccio Macchetto i Space Telescope Scientific Institute, Baltimore, USA).

W NUMERZE:

OBSERWATORIUM PROMIENIOWANIA GAMMA

Co to jest GRO (148), Ogromne jasności 3C 279: magiczny trik szczególnej teorii względności (149), Gorący gaz w galaktyce NGC 4151 (152), Błyski gamma – najjaśniejsze obiekty we Wszechświecie (155)

158 **GWIAZDA BETLEJEMSKA**

Jadwiga Biała

... oto mędrcy ze wschodu przybyli do Jerozolimy i pytali: Gdzie jest nowo narodzony król żydowski? Ujrzeliśmy bowiem Jego gwiazdę na Wschodzie i przybyliśmy oddać Mu pokłon...

164 **MATEMATYKA I PRZYRODA czyli Twierdzenie Russella – Vogta**

Kazimierz Stępień

Opis przyrody ma zazwyczaj formę opisu matematycznego. A jednak przyroda nie jest tym samym co matematyka. Przesadne dążenie do ścisłości to droga do kłopotów ...

donosy ***krótkie nowinki z różnych dziedzin astronomii:***

Tajemnica rentgenowskiego tła – rozwiązana! (168), Odkrycie pierwszej mikrosoczewki grawitacyjnej w kierunku Centrum Galaktyki (171)

169 **Laury za PSR 1913+16**

Aleksander Wolszczan

Eksperymentalna grawitacja uhonorowana: J. Taylor i R. Hulse laureatami nagrody Nobla!

174 **15 lat minęło jak jeden dzień ...**

Bożena Czerny i Joanna Mikołajewska

Można napisać historię powstania CAMKu. Zamiast tego proponujemy rozmowę z profesorem Józefem Smakiem – pierwszym Dyrektorem CAMKu, człowiekiem, którego energii i wytrwałości instytucja ta zawdzięcza swoje istnienie.

183 **Sprawy Galileusza** ciąg dalszy

Andrzej Krasiński

W roku 1981, papież Jan Paweł II powołał komisję, która miała ustalić okoliczności skazania Galileusza i wydać współczesną opinię Kościoła w tej sprawie. Przedsięwzięcie to było nazywane „rehabilitacją Galileusza", chociaż było jasne, że to nie Galileusz potrzebuje rehabilitacji. Jesienią 1992 roku komisja ogłosiła końcowy komunikat i rozwiązała się.

167 Czytelnicy obserwują: SN 1993 J

179 Astronomia w szkole: Diagram Hertzsprunga – Russella

181 **Esej, felieton:** *TEORIA A FAKTY*

189 ***Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII***

190 *Listy Czytelników*

OBSERWATORIUM PROMIENIOWANIA GAMMA

Pierwsze wyniki misji

Niezwykle szybki postęp, jaki dokonuje się w ostatnich latach w astronomii jest przede wszystkim wynikiem wzbogacenia zakresu widmowego dokonywanych obserwacji. Promieniowanie optyczne to zaledwie wąskie pasmo. W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat pojawiła się więc radioastronomia, astronomia zakresu podczerwieni, astronomia zakresu nadfioletu i bogato reprezentowana astronomia rentgenowska. Te dwie ostatnie, a także astronomia dalekiej podczerwieni, zawdzięczają swe istnienie możliwości wynoszenia urządzeń obserwacyjnych poza nieprzezroczystą dla tych fal ziemską atmosferę. Niebo w każdym z tych zakresów wygląda zupełnie inaczej i każde wejście w nowy zakres to świat nowych zjawisk. Teraz przyszła kolej na znaczny postęp w astronomii gamma.

Mija właśnie dwa lata od chwili, gdy Obserwatorium Promieniowania Gamma (zwane też Obserwatorium Comptona) umieszczone zostało na orbicie. Od pierwszego pomysłu do jego realizacji minęło ponad dwadzieścia lat...

Społeczność astronomiczna niecierpliwie czeka na wyniki. Niestety, nowe technologie obserwacji są zarazem bardziej skomplikowane i wyniki nie pojawiają się natychmiast – to nie tak, jak spojrzeć w lunetkę i albo się coś widzi, albo nie. Opracowanie obserwacji jest trudne i żmudne, trzeba starannie oddzielić poszukiwany sygnał od szumów, uwzględnić wszystkie możliwe poprawki, ustalić kalibrację urządzeń. Wyniki pojawiają się tylko w kontekście porównania z wynikami przewidywanymi – sygnał sam z siebie nie jest zrozumiały. Wszystko wymaga czasu, jeśli nie chce się popełnić błędu.

Wreszcie pierwsze wyniki są.

Jak zwykle, niespodziewane!

W tym numerze *Postępów* przedstawiamy wyniki obserwacji trzech różnych klas obiektów. Grupa pierwsza to radiowo ciche aktywne jądra galaktyk, grupa druga to aktywne jądra galaktyk radiowo głośne, a trzecia to rozbłyski gamma. Obserwacje wszystkich trzech klas obiektów przyniosły duże zaskoczenie. Jedne obiekty świecą znacznie słabiej, drugie – znacznie silniej, niż się spodziewano, a trzecie są zupełnie czymś innym, niż sądzono. Aby zrozumieć, co się dzieje, trzeba przemyśleć wszystko od początku... Wymarzona sytuacja dla teoretyków. Wiele grup na świecie ostro zabrało się do pracy. Polscy astronomowie też biorą udział w tym wyścigu; im właśnie zawdzięczamy specjalnie dla *Postępów Astronomii* przygotowane materiały, zawierające najświeższe informacje o tym, co i dlaczego świeci na niebie w zakresie promieniowania gamma. Wszyscy troje zasadniczo pracują w Centrum Astronomicznym im. M. Kopernika w Warszawie, ale wszyscy troje są właśnie za granicą: Magda Zbyszewska na dwuletnim kontrakcie w Gamma Ray Observatory w Chicago, Włodek Kluźniak na (też dwuletnim?) kontrakcie w University of Wisconsin, a Andrzej Zdziarski chwilowo gdzieś w Stanach (precyzyjniej- sza lokalizacja jest raczej trudna, bo współpracuje on z wieloma ludźmi z wielu ośrodków i średnio zmienia miejsce pobytu co dwa tygodnie...).

(bez)

Co to jest GRO?

Piątego kwietnia 1991 roku po latach przygotowań i wyczekiwania został wyniesiony na orbitę okołoziemską satelita o nazwie GRO. GRO jest skrótem nazwy Gamma Ray Observatory (Obserwatorium Promieniowania Gamma). GRO ma znacznie większe możliwości obserwacyjne niż poprzednie satelity mierzące promieniowanie gamma i jest tym czego bardzo potrzebowali specjaliści zajmujący się astrofizyką wysokich energii. GRO obserwuje promieniowanie rentgenowskie i gamma od 50 keV do 30 GeV. Na pokładzie GRO znajdują się cztery niezależne instrumenty. Każdy z instrumentów jest przygotowany do wykonywania specyficznych obserwacji, stąd też mówi się o podziale na cztery eksperymenty obserwacyjne. Szczegóły techniczne dotyczące eksperymentów zostały omówione w artykule Giovanniego Bignamiego (PA 2/92). Przypomnimy zatem tylko pokrótce, czemu służą poszczególne instrumenty.**(mz)**

BATSE (Burst and Transient Source Experiment)

Instrument ten jest przeznaczony do ciągłej obserwacji dużej części nieba w celu uchwycenia przelotnych zdarzeń w promieniowaniu gamma. Instrument ma rozdzielczość czasową 0.1 milisekundy, dokładność określania położenia błysku gamma około jednego stopnia i czułość ~ 6×10^{-8} erg/cm^2 dla dziesięciosekundowych rozbłysków.

BATSE jest wykorzystywany do obserwacji obiektów takich jak: błyski gamma, pulsary rentgenowskie, źródła „przejściowe", rozbłyski ze znanych źródeł wysokoenergetycznych i rozbłyski słoneczne.

OBSERWATORIUM PROMIENIOWANIA GAMMA

○ **OSSE** (Oriented Scintillation Spectrometer Experiment)

Służy do prowadzenia obserwacji w zakresie od 50 keV do 10 MeV. Posiada dużą czułość zarówno dla emisji w liniach jak i w kontinuum. Jest również używany do obserwacji źródeł przejściowych, rozbłysków słonecznych i błysków gamma.

○ **COMPTEL** (Imaging Compton Telescope)

Ten instrument mierzy w zakresie 1-30 MeV. Posiada rozdzielczość kilku stopni wewnątrz szerokiego pola widzenia – około 1 steradiana.

Nadaje się świetnie do poszukiwania słabych źródeł punktowych. Jest też dobry do obserwacji słabych, rozmytych obszarów galaktycznych i oraz badania przestrzennego rozkładu rozciągłego promieniowania pozagalaktycznego.

○ **EGRET** (Energetic Gamma-Ray Experiment Telescope)

Został przeznaczony do rejestrowania fotonów o największych energiach badanych przez GRO – w zakresie od około 20 MeV do około 30 GeV, a jego czułość jest dziesięciokrotnie lepsza niż ta uzyskiwana przez SAS-2 czy COS-B.

EGRET obserwuje źródła wysokoenergetyczne, między innymi aktywne jądra galaktyk.

Co zaobserwowało GRO?

Od czasu umieszczenia na orbicie GRO dostarczyło wielu interesujących obserwacji. BATSE zarejestrował już ponad pięćset błysków gamma, a każdego miesiąca przybywa kilkadziesiąt nowych rejestracji. EGRET zaobserwował niezwykle silną emisję twardego promieniowania z kilkunastu radiowo głośnych aktywnych jąder galaktyk (kwazarów), z których pierwszym odkrytym, a zarazem najciekawszym, jest 3C 279. Pewien zawód sprawiła raczej słaba emisja promieniowania gamma przez aktywne jądra galaktyk radiowo ciche, zmierzona przez OSSE; podano do ogólnej wiadomości tylko obserwacje jednej, wyjątkowo jasnej galaktyki Seyferta NGC 4151. Każda z tych obserwacji ma niezwykle istotne znaczenie dla zrozumienia natury badanych obiektów. Omawiamy je w trzech osobnych artykułach. Oprócz tego przeprowadzono obserwacje kilku innych klas obiektów. O tym napiszemy przy innej okazji.

(mz)

Ogromne jasności 3C 279: magiczny trik szczególnej teorii względności?

Magdalena Zbyszewska

Kwazar 3C 279 jest pierwszym obiektem pozagalaktycznym zaobserwowanym przez GRO. Jasność obiektu, zarejestrowana przez EGRET (jeden z instrumentów znajdujących się na pokładzie GRO) podczas sesji trwającej od 15 do 28 czerwca 1991 roku, znacznie przewyższała jasność obserwowaną tego źródła we wszystkich innych zakresach widma, od promieniowania radiowego poprzez zakres optyczny do promieniowania rentgenowskiego. Wiadomość o tej obserwacji wzbudziła więc sensację.

Aktywne jądra galaktyk to obiekty pozagalaktyczne, których cechą charakterystyczną jest zwarte, centralne źródło, dominujące swą jasnością nad otaczającą je macierzystą galaktyką. W odróżnieniu od gwiazd i nieaktywnych galaktyk, aktywne jądra świecą w niezwykle szerokim zakresie widmowym. Procesy zachodzące w centrum tych obiektów przewyższają swą efektywnością procesy zachodzące w gwiazdach. Zgodnie z ogólnie przyjętą hipotezą są to zjawiska towarzyszące akrecji materii na supermasywną czarną dziurę.

Ponieważ aktywne jądra galaktyk wysyłają silne promieniowanie rentgenowskie, a co więcej, tym jaśniej świecą im bardziej energetyczną część widma rentgenowskiego obserwujemy, obiekty te jako pierwsze znalazły się na liście obiektów, które należy obserwować w promieniowaniu gamma. Pytanie, gdzie jest koniec tego widma, czyli w jakim zakresie aktywne jądra świecą najjaśniej i jaka jest w takim razie ich jasność całkowita, niecierpliwie oczekiwało odpowiedzi. Przed wysłaniem GRO znano już jeden obiekt świecący w zakresie gamma, o widmie rozciągającym się dalej niż do 100 MeV. Był to zarejestrowany przez COS-B w 1976 roku kwazar 3C 273. A jednak obserwacje 3C 279 przyniosły duże zaskoczenie.

Przyjrzyjmy się więc bliżej obiektowi, który zapoczątkował listę aktywnych jąder galaktyk zaobserwowanych przez EGRET. Rejestracja dokonana w czerwcu 1991 roku była obserwacją wyjątkowo udaną. Prowadzone przez dwa tygodnie pomiary objęły swym czasem trwania znaczny przejściowy wzrost emisji kwazara. W ciągu pierwszych jedenastu dni jasność źródła wzrosła czterokrotnie, by w ciągu dwu następnych gwałtownie spaść do poprzedniej wielkości. Moc emitowana przez obiekt w twardym promieniowaniu gamma, w zakresie od 100 MeV (~2.42×10^{22} Hz) do 10 GeV (~2.42×10^{24}Hz) oceniono na ~ 10^{48} erg $\times$ s^{-1} jeżeli założymy, że świeci on izotropowo. Jasność taka jest około miliarda razy większa niż jasność naszej Galaktyki w tym zakresie widma!

Tak jasny obiekt powinien być zauważony przez dwie wcześniejsze misje rejestrujące promieniowanie gamma – SAS-2 i COS-B. Jednak w czasie trwania obserwacji w latach 1972-73 i 1975-82 nie było żadnego doniesienia o zaobserwowaniu 3C 279. Oznacza to, że kwazar produkował wówczas w

promieniach gamma znacznie mniej energii niż obecnie. Trafiono więc szczęśliwie na okres wzmożonej jego aktywności. Po czerwcowej rewelacji, w październiku 1991 roku ponowiono obserwację. W ciągu dwu tygodni obserwacji, od 3 do 17 października, strumień pozostawał na stałym poziomie odpowiadającym z grubsza najniższemu poziomowi obserwowanemu w czerwcu. Kształt widma nie zmienił się znacząco, zależność ilości fotonów od ich energii była w obu obserwacjach zgodna z prawem potęgowym o wykładniku mieszczącym się w przedziale od -1.8 do -2 (zob. wyjaśnienie w ramce).

GRO obserwował 3C 279 również w zakresie niższych energii fotonów gamma – od kilkuset kiloelektronowoltów do kilkudziesięciu megaelektronowoltów. Są to obserwacje z instrumentów OSSE i COMPTEL. Wyniki nie są jeszcze do końca opracowane, ale dają już pewne wskazówki. Wydaje się, ze widmo posiada załamanie gdzieś pomiędzy 1 MeV (~2.42×10^{20} Hz) a 100 MeV, po czym opada w dół łącząc się z posiadanymi obserwacjami rentgenowskimi. Widma w promieniowaniu rentgenowskim otrzymano w latach 1987 i 1988 przy pomocy japońskiego sztucznego satelity Ginga. Nachylenie widma w zakresie rentgenowskim jest podobne jak w zakresie miękkiego promieniowania gamma i charakteryzuje się wykładnikiem -1.6. Trudno jednak ocenić, na ile gładkie jest to połączenie. Strumień fotonów rentgenowskich różnił się bowiem dla kolejnych dwu rejestracji o czynnik dziesięć. Mimo, że obserwacje rentgenowskie nie są równoczesne z obserwacjami w promieniowaniu gamma, wyniki z OSSE i COMPTELa wskazują, że w czerwcu 1991 roku strumień fotonów rentgenowskich powinien znajdować się między wartościami otrzymanymi przez Gingę.

Informacja ta okazuje się istotna. Jeżeli bowiem założymy, że promieniowanie rentgenowskie i gamma jest produkowane w tym samym obszarze, co sugeruje kształt widma, otrzymamy interesujące wnioski dotyczące charakteru emitującego obiektu. Otóż, fotony o energiach rzędu 10 GeV powinny oddziaływać z fotonami o energiach odpowiadających miękkiemu promieniowaniu rentgenowskiemu, produkując pary pozyton/elektron.

Możemy ocenić prawdopodobieństwo takiego oddziaływania. Znajomość widma to (o ile znamy odległość źródła, a znamy ją dość dobrze) znajomość liczby fotonów rentgenowskich i gamma wyświecanych w każdej sekundzie przez źródło. Żeby przeliczyć to na gęstość fotonów, czyli ich liczbę przypadającą w każdej chwili na jednostkę objętości, musimy jeszcze znać rozmiar źródła. I tu również obserwacje gamma okazują się cenne. Ponieważ jasność obiektu zmieniła się znacznie w ciągu kilku dni, to rozmiar nie może być większy niż kilka dni świetlnych – to mówi nam teoria względności. Tak oszacowana gęstość fotonów w źródle jest na tyle duża, że proces produkcji par powinien pochłaniać niemal wszystkie fotony o energiach 10 GeV! Otrzymujemy więc rezultat sprzeczny z obserwacjami.

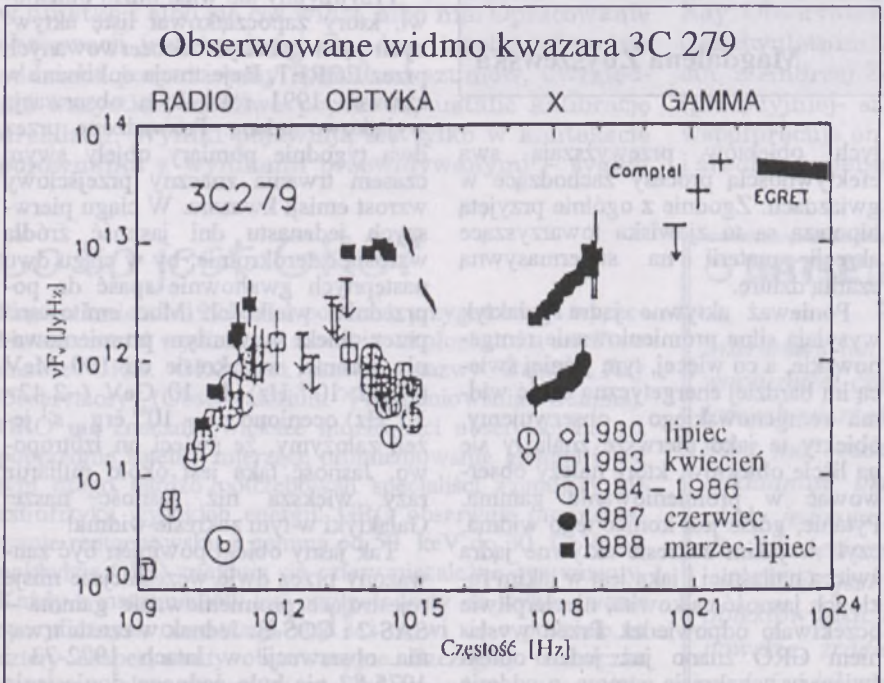
Przeprowadzone rozumowanie zawiera jednak kilka założeń, a mianowicie, że źródło jest praktycznie sferyczne i świeci izotropowo we wszystkich kierunkach, oraz że nie mamy do czynienia ze znacznymi prędkościami świecącego gazu, bliskimi prędkości światła.

Problemu z bezkolizyjnym wydostawaniem się fotonów gamma ze źródła nie będzie, gdy zrezygnujemy z jednego czy z kilku powyższych założeń. Jeżeli na przykład źródło wysyła więcej fotonów w naszym kierunku, niż średnio w innych kierunkach, to w rzeczywistości gęstość promieniowania rentgenowskiego w obiekcie jest mniejsza niż wynikałoby to z założenia o sferycznie symetrycznej emisji. W takiej sytuacji fotony rentgenowskie nie przeszkadzają w opuszczaniu źródła przez fotony gamma.

Powyższa analiza doprowadziła do wysunięcia przypuszczenia, że wysokoenergetyczne promieniowanie jest wysyłane przez materię poruszającą się w naszym kierunku z prędkościami bliskimi prędkości światła. Efekty wynikające ze szczególnej teorii względności powodują wówczas, że źródło emituje większość fotonów w wąskim kącie w kierunku ruchu, czyli w naszą

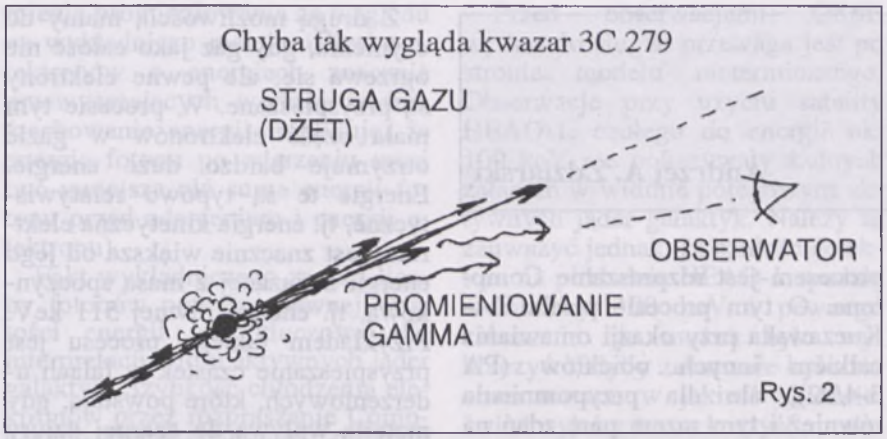
Indeks widmowy

Często zdarza się, że w pewnym zakresie energii widmo jest dobrze opisane prawem potęgowym, tj. strumień promieniowania F jest proporcjonalny do energii fotonu (E) podniesionej do pewnej potęgi, dla której zwyczajowo używa się symbolu α. Potęgę a nazywa się indeksem widmowym. Możemy to prawo zapisać jako $F = A\,E^{-\alpha}$, gdzie A jest stałą proporcjonalności. Strumień fotonów jest wtedy opisany podobnym prawem potęgowym, ale z indeksem o 1 większym. Bardzo szczególny charakter ma wartość indeksu widmowego równa 1; jeśli indeks widmowy jest mniejszy niż 1, to całkowity strumień jest zdominowany przez wysokoenergetyczny koniec widma, jeśli większy niż 1, to przez niskoenergetyczny. Dokładnie 1 odpowiada sytuacji równomiernego rozkładu mocy. Dlatego też rysując wykresy widma często robi się wykres logarytmiczny E × F(E) vs. E. Na takim wykresie maksimum odpowiada maksymalnemu strumieniowi na logarytmiczny przedział energii; widmo o indeksie 1 jest płaskie.



Rys.1 Wg. Hermsen et al. 1993, Astronomy and Astrophysics Suppl. Series 97, 97.

OBSERWATORIUM PROMIENIOWANIA GAMMA



Rys. 2

stronę. Mamy więc żądaną anizotropię promieniowania.

Co więcej, jeśli materia porusza się w naszym kierunku z prędkością bliską prędkości światła, rezultatem efektów relatywistycznych jest bardzo silne pozorne pojaśnienie źródła. W przypadku 3C 279 pojaśnienie to powinno być co najmniej tysiąckrotne. Zatem ilość emitowanej energii nie musi być znaczna, a może dla obserwatora, w którego kierunku następuje ruch, dawać złudzenie olbrzymich jasności.

Autorka tego tekstu ma właśnie przyjemność pracować nad tym zagadnieniem. Wstępne obliczenia są bardzo obiecujące. Obserwowane widmo można będzie wyjaśnić, przyjmując energię kinetyczną cząstek dżetu przewyższającą dziesięciokrotnie energię związaną z masą spoczynkową, a kąt obserwacji kilka stopni w stosunku do kierunku ruchu.

Hipoteza o pochodzeniu promieniowania gamma z szybko poruszającej się materii została zaakceptowana tym chętniej, że obserwacje radiowe 3C 279 dostarczają dowodów na wyrzucanie materii z aktywnego jądra ze znacznymi prędkościami.

3C 279 jest zaliczany od dawna do jasnych radiowo kwazarów. Był jednym z pierwszych obiektów obserwowanych przy użyciu interferometrii wielkobazowej we wczesnych latach siedemdziesiątych i pierwszym, w którym zaobserwowano tak zwaną ekspansję nadświetlną. Obrazy radiowe pokazywały obiekty, które wyglądały jak odrywające się od źródła centralnego bąble. Otrzymane wówczas prędkości ekspansji źródła były dziewięciokrotnie większe od prędkości światła.

Obserwacje ponowiono kilkanaście lat później, w latach 1981-85. Pozorna prędkość przesuwania się bąbli wyznaczona z serii obserwacji, była znów większa (tym razem dwukrotnie) od prędkości światła. Zjawisko pozornych prędkości nadświetlnych występuje w sytuacji, gdy obiekt w rzeczywistości porusza się z prędkością niemal równą prędkości światła, przy czym kierunek ruchu jest bliski kierunkowi do obserwatora. Istnienie tego efektu w 3C 279 wzmacnia wnioski wyciągnięte z obserwacji rentgenowskich i gamma.

Obserwowane promieniowanie gamma nie musi być (i prawdopodobnie nie jest) bezpośrednim wynikiem akrecji, tak jak zapewne jest to w obiektach radiowo cichych, a związane jest z formowaniem się dżetu – strug materii wyrzucanych z jądra i zasilających odległe, rozłożone po obu stronach aktywnego jądra radioobłoki, szczególnie efektownie rozbudowane w radiogalaktykach. Mechanizm formowania się dżetu nie jest znany, choć wymienia się kilka czynników, które mogą być zań w różnej mierze odpowiedzialne. Obserwacje gamma mogą się okazać bardzo cenne przy konstruowaniu szczegółowych modeli tego zjawiska.

Obserwacje w zakresie optycznym i ultrafioletowym nie niosą aż takich rewelacji. Jasność optyczna 3C 279 jest bardzo szybko zmienna, przez co zakwalifikowany on został do grupy gwałtownie zmiennych optycznie kwazarów. Ta cecha często również idzie w parze z istnieniem źródła nieizotropowego.

Porównanie jasności kwazara w tej części widma z jego jasnością w promieniach gamma nie jest łatwe, ponieważ relatywistyczne wzmocnienie emisji w naszym kierunku nie musi być takie samo dla wszystkich częstości obserwowanego promieniowania, i zapewne nie jest. Widmo w pasmie ultrafioletowym i optycznym nie wygląda jak kontynuacja widma z wyższych energii. Może to być związane z tym, że inny jest obszar produkcji tych fotonów, a co za tym idzie, inna może być geometria świecenia. W rezultacie moc odpowiadająca wcześniejszym obserwacjom w promieniowaniu ultrafioletowym nie musi być mniejsza niż moc odpowiadająca ostatnim obserwacjom w promieniowaniu gamma. Przy interpretacji danych trzeba zatem pamiętać, że relacje pomiędzy zarejestrowanymi strumieniami energii dla poszczególnych zakresów widma nie dają się wprost przetłumaczyć na analogiczne relacje dla energii produkowanej w źródle.

O ile więc pochodzenie fotonów w zakresie optycznym i ultrafioletowym nie jest jasne, o tyle promieniowanie gamma jest prawdopodobnie emitowane przez dżet. Nowe obserwacje stanowią zatem niezwykle cenną informację przy modelowaniu dżetów, zarówno jeśli chodzi o ich kinematykę (czyli prędkość dżetu w zależności od odległości od źródła), jak i panujące w nim warunki termiczne oraz pole magnetyczne. Po pewnym zastoju w tej właśnie dziedzinie, teoretycy z zapałem znów zabrali się do pracy.

Do tej pory EGRET zaobserwował kilkanaście aktywnych jąder galaktyk o widmach rozciągających się powyżej 100 MeV. Pojawiła się już nowa nazwa dla tych obiektów: „gamma-ray hard AGN"*). Wszystkie mają w twardym promieniowaniu gamma widma potęgowe, podobnie jak 3C 279. Czternaście z nich to jasne źródła radiowe, u sześciu obserwowano pozorne prędkości nadświetlne, między innymi u wspomnianego już kwazara 3C 273. Zatem przez analogię z 3C 279 uważa się, że promieniowanie gamma rejestrowane u tych obiektów jest emitowane przez poruszającą się w naszym kierunku materię, czyli dżet. Jest to nowa, cenna informacja, która może pomóc w wyłowieniu tych aktywnych jąder galaktyk, w których promieniowaniu dominuje składowa pochodząca od źródła nieizotropowego. Ułatwi to selekcję poprawnego modelu teoretycznego tłumaczącego całe widmo tych obiektów. Z zainteresowaniem oczekujemy kolejnych wyników misji GRO, tym bardziej, że tej zimy kwazar 3C 279 znowu był obserwowany.

*) Nazwę tę można przetłumaczyć jako: aktywne jądra galaktyk o twardym promieniowaniu gamma.

Gorący gaz w galaktyce NGC 4151

Andrzej A. Zdziarski

Obserwacje optyczne aktywnych jąder galaktyk wskazują na silną koncentrację masy w ich centrach. Są to masy rzędu 10^6–10^9 mas Słońca, a więc znaczący ułamek masy całej galaktyki. Według ogólnie przyjętej hipotezy nie mogą to być zwykłe gromady gwiazd, lecz raczej supermasywne czarne dziury. Grawitacja czarnych dziur powoduje przyciąganie materii z ich otoczenia i wpływ materii do czarnej dziury, czyli akrecję. Szczegóły tego procesu są do tej pory niewyjaśnione.

Jednym z obserwowanych przejawów akrecji jest emisja promieniowania rentgenowskiego, czyli fotonów o energiach od ok. 100 eV do ok. 100 keV, oraz promieniowania gamma, powyżej 100 keV. Przed obserwacjami OSSE wiadomo było, że typowe widma promieniowania rentgenowskiego dla aktywnych jąder galaktyk, których emisja NIE jest zdominowana przez dżet (zob. sąsiadujący artykuł M. Zbyszewskiej), są opisane przez proste prawo potęgowe. Typowe indeksy widmowe dla energii pomiędzy 1 i 10 keV w aktywnych jądrach galaktyk to α pomiędzy 0.5 i 1, ze średnią wartością ok. 0.7 (wyjaśnienie tego pojęcia jest w ramce, dwie strony wcześniej). Zostało to stwierdzone w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych przez amerykańskie satelity Einstein i HEAO-1, jak również przez europejsko – amerykańskiego satelitę Exosat i amerykańsko – japońskiego satelitę Ginga. Oznacza to, że gros energii emitowane jest w wysokoenergetycznej, niezbadanej części widma.

Tak naprawdę do tej pory nie wiadomo, jakie procesy fizyczne wywołują obserwowane promieniowanie rentgenowskie. Wydaje się prawdopodobne, że głównym procesem jest rozpraszanie Comptona. O tym procesie pisała Ewa Kuczawska przy okazji omawiania całkiem innych obiektów (PA 3-4/92), ale dla przypomnienia również i tym razem parę zdań na jego temat zamieszczam w ramce.

Komptonizacji ulegają przede wszystkim fotony ultrafioletowe, o energiach rzędu 10 eV. Fotonów takich w aktywnych jądrach galaktyk nie brakuje. Obserwowana silna emisja w tym zakresie widmowym jest najprawdopodobniej rezultatem termicznego świecenia stosunkowo gęstej i chłodnej materii, być może właśnie dysku akrecyjnego. Ultrafioletowe fotony w wyniku zderzeń z elektronami o relatywistycznych prędkościach powiększają swoje energie (z 10 eV do zakresu keV i powyżej). Ten model pochodzenia promieniowania rentgenowskiego jest prawdopodobny, aczkolwiek nie udowodniony.

Natomiast zupełnie nic nie wiadomo o pochodzeniu i naturze elektronów rozpraszających fotony ultrafioletowe. Wchodzą tu w grę dwie możliwości: elektrony termiczne i nietermiczne. To bardzo techniczne określenie można prosto wyjaśnić.

Przypadek termiczny jest zapewne lepiej znany czytelnikowi: wszystkie cząstki (w tym przypadku elektrony) w gazie otrzymują z grubsza tę samą część dostępnej energii (w tym przypadku energii grawitacyjnej). Tak się dzieje, gdy gaz wpływający do czarnej dziury ogrzewa się w wyniku sprężania bądź tarcia. Parametrem opisującym rozkład prędkości elektronów jest wtedy temperatura. Typowe wartości prędkości są silnie skoncentrowane wokół wartości średniej, określonej przez tę temperaturę.

Z drugą możliwością mamy do czynienia, gdy gaz jako całość nie ogrzewa się, ale pewne elektrony są przyspieszane. W procesie tym mała część elektronów w gazie otrzymuje bardzo duże energie. Energie te są typowo relatywistyczne, tj. energia kinetyczna elektronu jest znacznie większa od jego energii związanej z masą spoczynkową, tj. energii równej 511 keV. Przykładem takiego procesu jest przyspieszanie cząstek w falach uderzeniowych, które powstają, gdy materia wpływa do czarnej dziury z prędkością naddźwiękową. Także anihilacja pola magnetycznego (znikanie pętli utworzonych przez linie sił pola magnetycznego, nazywane także rekoneksją) może przyspieszać lokalnie niewielką liczbę cząstek do wysokich energii (taki proces obserwujemy np. w koronie słonecznej). Choć cząstek tych jest niewiele, to jednak nieporównywalnie więcej niż w przypadku termicznym.

Zarówno termiczny jak i nietermiczny rozkład elektronów są w stanie produkować obserwowane widma promieniowania rentgenowskiego. W przypadku termicznym foton ultrafioletowy ulega wielokrotnym rozproszeniom komptonowskim przez termiczne elektrony o energiach większych od energii fotonu. Z prostych argumentów statystycznych wynika, że widmo promieniowania będzie wtedy potęgowe aż do energii fotonów porównywalnych ze średnią energią elektronów. Dla wyższych energii nastąpi wykładniczy spadek stru-

Zjawisko Comptona

Elektrony i fotony mogą się zderzać. W wyniku zderzenia następuje wymiana energii. Jeśli przed zderzeniem elektron spoczywa, to po zderzeniu uzyskuje pewną prędkość kosztem zmniejszenia energii (czyli częstości) fotonu. Zjawisko to odkrył Arthur Holly Compton w roku 1923.

Z odmienną sytuacją mamy prawdopodobnie do czynienia w aktywnych jądrach galaktyk. Jest tam wiele bardzo energetycznych elektronów oraz fotonów o znacznie niższych energiach. W wyniku zderzenia elektronu o dużej energii i fotonu o małej energii energię zyskuje foton (elektron traci). Ten wariant zjawiska Comptona jest czasami nazywany odwrotnym efektem Comptona.

mienia promieniowania ze względu na wykładniczo malejącą liczbę elektronów o energiach znacznie przewyższających wartość średnią (zachowanie energii implikuje, że energia fotonu po zderzeniu musi być mniejsza niż suma energii fotonu przed zderzeniem i energii elektronu).

Fakt wykładniczego zaniku liczby fotonów powyżej pewnej wartości energii jest kluczowy dla interpretacji widm aktywnych jąder galaktyk. Szybkość chłodzenia elektronów przez rozpraszanie Comptona gwałtownie wzrasta dla temperatur relatywistycznych, dla których przewyższa ona znacznie szybkość grzania elektronów kosztem energii grawitacyjnej. W związku z tym temperatura gazu akreującego na czarną dziurę jest nierelatywistyczna, tj. średnia energia jest znacząco mniejsza niż 511 keV. Dlatego też silnym przewidywaniem modelu termicznego jest załamanie się widma fotonów z aktywnych jąder galaktyk przy energii znacznie mniejszej niż 511 keV.

Odmienne przewidywanie daje model nietermiczny. W modelu tym fotony ultrafioletowe ulegają pojedynczym rozproszeniom przez relatywistyczne elektrony. W wyniku zderzenia energia fotonu może wzrosnąć wielokrotnie, co wynika z kinematyki relatywistycznej. Maksymalna energia w obserwowalnym widmie może w zasadzie znacznie przekraczać 511 keV, odmiennie niż w przypadku termicznym. Ważnym efektem jest wtedy jednak produkcja par elektron – pozytron w zderzeniach foton – foton. Fotony o energiach przewyższających 511 keV mogą w wyniku zderzenia ulegać zamianie na pary elektronowo–pozytronowe. Proces ten można traktować jak pochłanianie fotonów gamma. Wytworzone pary również anihilują po utracie pierwotnej energii kinetycznej. Anihilacja ta produkuje linię widmową na energii ok. 511 keV. Tak więc model nietermiczny przewiduje załamanie w widmie gamma dopiero powyżej 511 keV, jak również linię anihilacyjną na 511 keV.

Przed obserwacjami OSSE wydawało się, że przewaga jest po stronie modelu nietermicznego. Obserwacje przy użyciu satelity HEAO-1, czułego do energii ok. 100 keV nie pokazywały żadnych załamań w widmie potęgowym aktywnych jąder galaktyk. Należy tu zauważyć jednak, że czułość detektora na pokładzie HEAO-1 spadała w okolicy 100 keV i pewnego załamania nie można było wykluczyć. Gdyby załamanie było zaobserwowane w jakimś obiekcie, świadczyłoby to na korzyść modelu termicznego, brak załamania do 100 keV nie wykluczał natomiast żadnego z dwóch modeli. Brak ten sugerował jednak model nietermiczny, poprzez zasadę brzytwy Ockhama.

Na korzyść modelu nietermicznego świadczył również fakt, że wykładniki widmowe w aktywnych jądrach galaktyk w zakresie 1–10 keV grupują się w wąskim zakresie od 0.5 do 1. W modelu nietermicznym zachodzi prosty związek pomiędzy wykładnikami potęgowymi w widmie fotonów i w rozkładzie elektronów, $\alpha=(p-1)/2$. Tak więc, aby objaśnić α w zakresie 0.5-1 wystarczyło założyć, że nietermiczne relatywistyczne elektrony mają stacjonarne rozkłady z wykładnikami $p=2$ do 3. Takie wykładniki są spodziewane w procesach przyspieszania elektronów wspomnianych powyżej i wszystkie elementy zagadki wydawały się wskazywać na procesy nietermiczne. Autor tego artykułu skłaniał się do tej interpretacji.

Obserwacje OSSE miały sprawę rozstrzygnąć.

Detektor OSSE na pokładzie obserwatorium Comptona jest czuły na twarde promieniowanie rentgenowskie i promieniowanie gamma w zakresie 60 keV do 10 MeV. W zakresie powyżej 1 MeV czułość OSSE szybko spada i jest gorsza niż czułość detektora COMPTEL. Z porównania czułości OSSE ze spodziewanymi strumieniami fotonów z aktywnych jąder galaktyk wynika, że użyteczny zakres energii dla detekcji tych obiektów to 60 keV do właśnie 1 MeV.

Tu dochodzimy do sedna sprawy: co pokazały obserwacje OSSE? Otóż niestety w tym momencie (kwiecień 1993) nie całkiem wiadomo. W chwili obecnej grupa naukowców zajmujących się OSSE (w szczególności w Naval Research Lab w Waszyngtonie) podała do publicznej wiadomości tylko widmo aktywnego jądra galaktyki NGC 4151 z lipca 1991. Jest to bliska nam (w odległości 10 do 20 Mps) galaktyka typu Seyferta, która niestety jest raczej nietypowa, w szczególności jej wykładnik rentgenowski α zmieniał się od 0.3 do 0.7. Mniejsza z tych wartości już sama z siebie nie może być wyjaśniona przez czysto nietermiczny model, co było wiadome od szeregu lat.

Obserwacje OSSE pokazały silne załamanie w widmie galaktyki NGC 4151 na 100 keV. Zagięcie to jest zgodne z modelem termicznym! Zagięcie to jest NIEZGODNE z modelem nietermicznym.

Elektrony termiczne i nietermiczne

Ośrodek będący w równowadze termicznej opisany jest przez wartość temperatury T. Z fizyki statystycznej wynika, że równowagowy rozkład w takim gazie będzie rozkładem Fermiego, który jest bardzo zbliżony do rozkładu Maxwella dla niskich gęstości typowych dla akrecji na czarną dziurę. Średnia energia elektronów termicznych jest równa 1.5 kT, gdzie k jest stałą Boltzmanna. Liczba cząstek o energiach E przewyższających znacznie wartość średnią jest proporcjonalna do $\exp(-E/kT)$, a zatem jest znikomo mała.

W przypadku, gdy przyspieszane elektrony nie osiągają stanu równowagi, ich rozkład nie jest określany przez jedną wartość – temperaturę, a odzwierciedla działanie mechanizmu przyspieszającego. W związku z tym stacjonarny rozkład cząstek jest różny od rozkładu Fermiego czy Maxwella. Rozkład ten jest typowo opisywany przez prawo potęgowe, w którym liczba cząstek na jednostkową energię jest dana przez $N(E_e)=Q\,E_e^{-p}$, gdzie Q jest stałą proporcjonalności, a $-p$ jest wykładnikiem potęgowym rozkładu. Liczba cząstek nie zanika więc wykładniczo wraz ze wzrostem energii, tak jak to się dzieje w przypadku rozkładu termicznego i stosunkowo znaczna (choć nadal niewielka) część elektronów może mieć znaczne, nawet relatywistyczne energie.

Również obserwacje te pokazały, że linia anihilacyjna, o ile istnieje, jest co najmniej dwukrotnie słabsza niż linia przewidywana przez model nietermiczny.

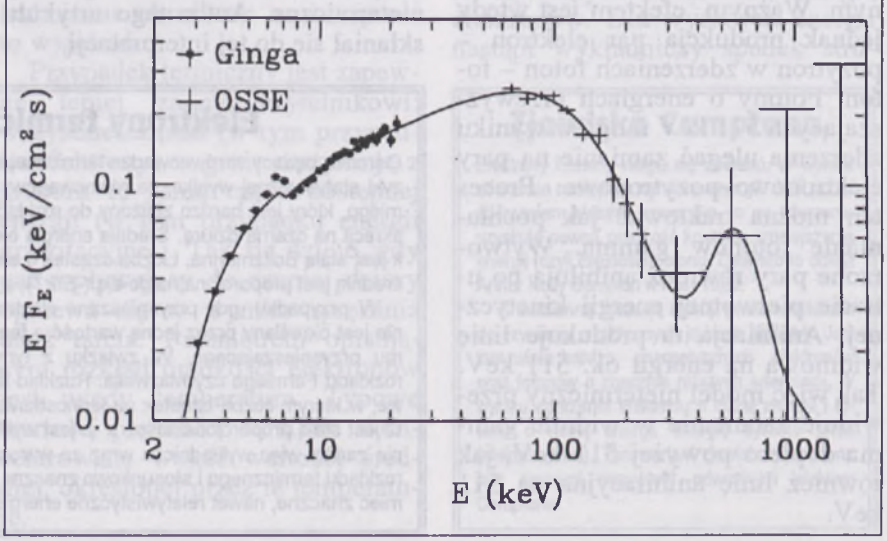
Jest to niewątpliwie ważny wynik, ale dotyczy bardzo nietypowego obiektu. Co więcej, autor tego artykułu wspólnie z Alanem Lightmanem z MIT w Cambridge, USA i Andrzejem Maciołkiem – Niedźwieckim z Centrum Astronomicznego w Warszawie pokazał, że hybrydowy model, w którym oba procesy, termiczny i nietermiczny, emitują porównywalne energie, jest całkowicie zgodny z widmem OSSE (zob. rys. 1). Czysto nietermiczny model jest nieprawdopodobny fizycznie; procesy przyspieszania wspomniane powyżej nie są wydajne w 100% i rozpraszana część energii wydziela się jako ciepło. Tak więc sytuacja w chwili obecnej jest taka, że hybrydowy model nietermiczny daje dobry opis widma NGC 4151. Model czysto termiczny również daje dobry opis. Rozstrzygnięcie tego dylematu może nastąpić w wyniku dalszych obserwacji (następna obserwacja NGC 4151 jest przewidziana na maj 1993). Niestety, wykluczenie modelu hybrydowego wydaje się bardzo trudnym ze względu na słabą czułość detektora w zakresie 500 keV, krytycznym testem modelu jest bowiem istnienie (lub brak) linii anihilacyjnej. Na pewno łatwiej będzie wykluczyć model czysto termiczny, jeżeli w przyszłości zostanie zaobserwowane widmo bez załamania do 0.5 MeV lub powyżej i z silną linią anihilacyjną.

Co z innymi aktywnymi jądrami galaktyk? Na razie opublikowano tylko pracę stwierdzającą, że wiele z nich zostało zaobserwowane przez OSSE i że wstępna analiza widm pokazuje, że albo mają one kształt termiczny z temperaturą ok. 50 keV ALBO potęgowy z indeksem widmowym α rzędu 1. Klasyczny przypadek „na dwoje babka wróżyła, albo umrze, albo będzie żyła". Pierwsza możliwość to potwierdzenie modelu termicznego (aczkolwiek bez wykluczenia pewnego wkładu procesów nietermicznych); druga to silne potwierdzenie modelu nietermicznego (umiarkowana zmiana średniej wartości wykładnika widmowego z 0.7 na 1 jest nawet przewidywana przez model nietermiczny). Wydaje się, że czułość OSSE powyżej 100 keV jest na tyle niska, że trudno we wstępnej analizie stwierdzić ponad wszelką wątpliwość brak lub obecność załamania widmowego w obiektach słabszych od NGC 4151 (NGC 4151 jest aktywną galaktyką o jednym z najsilniejszych obserwowanych strumieni promieniowania rentgenowskiego). Pozostaje na razie czekać na wyniki bardziej szczegółowych analiz (z prywatnych informacji z Naval Research Lab wynika, że jednak widzi się kształt termiczny).

Jeżeli okaże się, że model termiczny objaśnia emisję rentgenowską i gamma aktywnych jąder galaktyk, to wtedy teoretycy muszą jakoś wyjaśnić fakt, że wykładnik widmowy α w zakresie 1–10 keV jest typowo w wąskim zakresie 0.5–1. W modelu termicznym nie jest to łatwe do wyjaśnienia, bo α jest tam silną funkcją temperatury i ilości materii w źródle. Obie te wielkości mogą przybierać wartości w szerokim zakresie, co dawałoby szeroki zakres α. Obiecującą możliwością jest tutaj sprzężenie zwrotne pomiędzy gęstością materii i temperaturą, jakie zachodziłoby, gdyby źródło rentgenowskie i gamma było położone nad takim dyskiem akrecyjnym, który byłby odpowiedzialny za produkcję niewielkiej tylko części całkowitej energii wyzwalanej w aktywnym jądrze. Tak słabo świecący dysk byłby zdecydowanie różny od standardowego modelu dysku akrecyjnego. W tej sytuacji jednak nie wiadomo, co właściwie powoduje wyzwalanie energii, skoro zjawiskiem wiodącym przestaje być akrecja.

Tak więc zagadka promieniowania rentgenowskiego i gamma z aktywnych jąder galaktyk pozostaje na razie nie wyjaśniona. Będziemy się starać informować Czytelników o postępach na bieżąco.

Rys. 1. Porównanie modelu teoretycznego z obserwacjami. Krzyżyki oznaczają widmo rentgenowskie i gamma aktywnej galaktyki NGC 4151 obserwowane przez detektor OSSE na pokładzie Obserwatorium Comptona w lipcu 1991 i detektor na pokładzie japońsko-amerykańskiego satelity Ginga w czerwcu 1991. Krzywa ciągła to przewidywanie hybrydowego modelu termiczno-nietermicznego z uwzględnieniem procesu pochłaniania promieniowania przez materię pomiędzy źródłem rentgenowskim i gamma a obserwatorem (proces ten powoduje zmniejszenie się obserwowanego strumienia poniżej ok. 10 keV). Ze względu na duży błąd pomiaru w przedziale zawierającym 511 keV obecności linii anihilacyjnej nie można ani stwierdzić z całą pewnością, ani też wykluczyć...



OBSERWATORIUM PROMIENIOWANIA GAMMA

Błyski gamma – najjaśniejsze obiekty we Wszechświecie

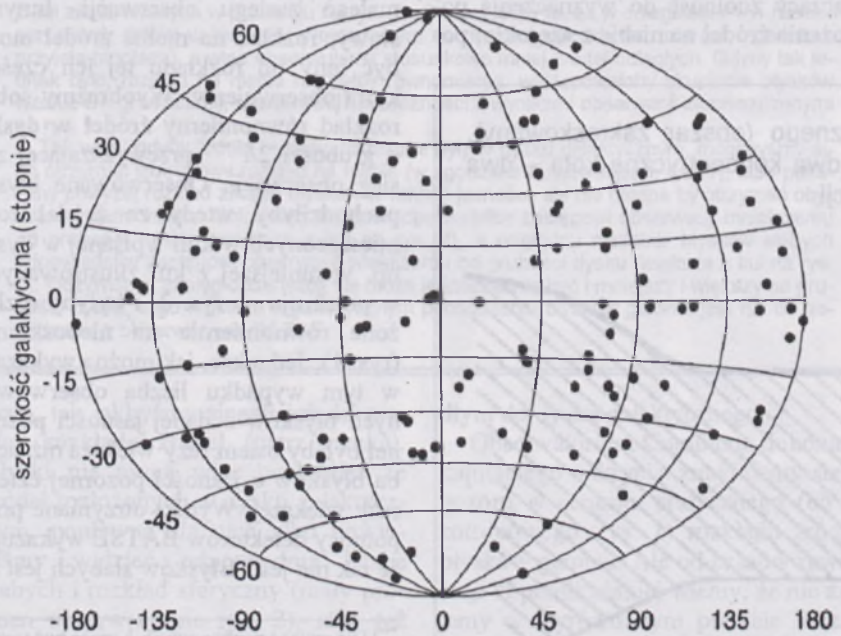
Włodzimierz Kluźniak

Jedno z najciekawszych odkryć ostatnich lat w astrofizyce wysokich energii dotyczy błysków gamma. Obserwacje dokonane przez Obserwatorium Comptona obaliły obowiązujący przez niemal ćwierć wieku dogmat, że tajemnicze (bo widoczne tylko w promieniach gamma) rozbłyski na niebie pochodzą z sąsiadujących z nami gwiazd neutronowych.

Błyski gamma zostały odkryte przez satelity szpiegowskie wyniesione na orbitę wokółziemską na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych w celu kontroli, czy przestrzegane są międzynarodowe traktaty, w których wysokie układające się strony zobowiązały się ograniczyć próbne*) wybuchy ładunków jądrowych do obszaru poligonów podziemnych. Ku zaskoczeniu obydwu supermocarstw okazało się, że satelitarne detektory gamma rejestrowały co parę tygodni (czasami co kilka dni) znaczne, choć krótkotrwałe, natężenie promieniowania gamma czyli strumienia fotonów o energiach od kilkudziesięciu keV do kilku MeV. Jednakże te rozbłyski gamma trwały na ogół kilka sekund, a zatem dłużej niż faza reakcji jądrowych przy detonacji broni nuklearnej. Dość szybko okazało się, że ich źródło wcale nie jest położone na Ziemi – w ten sposób błyski gamma weszły do domeny badań astronomii. Wkrótce potem, metodą triangulacji (tj. przez porównanie chwili rejestracji danego błysku przez kilka odległych od siebie sond kosmicznych) ustalono ponad wszelką wątpliwość, że źródła błysków leżą poza Układem Słonecznym.

*) Niestety zakaz dotyczy tylko prób. Dokonywanie wybuchów zaczepno-obronnych broni jądrowej dozwolone jest w dowolnym punkcie globu.

Rys. 1. Rozkład błysków gamma na niebie



Po początkowej fazie eksplozji domysłów, poglądy na temat pochodzenia błysków gamma dość szybko się ustaliły. Dominująca większość uczonych była zdania, że zjawisko jest jakoś związane z gwiazdami neutronowymi. Był to wówczas pogląd bardzo rozsądny, wszak znano już wiele gwiazd neutronowych i wiedziano, że część z nich emituje twarde promieniowanie, co wyraźnie wyróżniało te obiekty od wszystkich innych znanych astronomom (jak Czytelnik wie z sąsiadujących z niniejszym artykułów, obecnie wiemy, że także niektóre kwazary są silnymi źródłami promieniowania gamma). Na przykład gwiazdy neutronowe w układach podwójnych, takie jak Sco X-1 czy Her X-1, są znanymi źródłami rentgenowskimi (w gwiazdozbiorach Skorpiona i Herkulesa), o jasności przewyższającej dziesięć tysięcy razy moc promieniowania Słońca. Widmo elektromagnetyczne samotnych gwiazd neutronowych także rozciąga się na obszar promieniowania twardego – słynne pulsary radiowe Krab i Vela są znanymi źródłami fotonów gamma.

Alternatywne modele nie były brane poważnie, poza początkowym okresem badań, może dlatego, że na ogół postulowały bądź byty hipotetyczne w rodzaju tzw. strun kosmicznych na krańcu Wszechświata, bądź niezbyt wiarygodne procesy zachodzące wokół obiektów słabo zbadanych, np. w okolicy czarnych dziur (o których właściwościach nasza wiedza jest w zasadzie czysto teoretyczna, choć w ich istnienie mało kto wątpi). Tym bardziej godne podkreślenia jest stanowisko polskiego astronoma Bohdana Paczyńskiego, profesora Princeton University, który konsekwentnie od lat utrzymywał, że hipoteza kosmologicznego pochodzenia błysków gamma, zgodnie z którą źródła znajdują się w znacznej odległości od naszej Galaktyki, jest w pełnej zgodzie z dostępnymi obserwacjami.**)

Poza prof. Paczyńskim i kilkoma sceptykami, którzy zwracali uwagę na pomieszanie pojęć w głównym nurcie badań, polegające na tym, że mylono to, co nie wykluczone z tym, co konieczne, w zasadzie wszyscy badacze byli zgodni co do tego, że źródłem błysków

**) Autor tekstu miał pecha związać się emocjonalnie z hipotezą gwiazd neutronowych (red.).

gamma są gwiazdy neutronowe rezydujące w dysku Galaktyki. Izotropowy rozkład błysków na sferze niebieskiej tłumaczono tym, że obserwujemy błyski pochodzące z naszego bezpośredniego sąsiedztwa, np. z gwiazd w promieniu stu parseków. Łatwo było sobie wyobrazić procesy, w których gwiazda neutronowa mogłaby emitować promieniowanie gamma (np. tak jak to czyni pulsar w Mgławicy Kraba), choć nie było zgody na temat tego, jak pogodzić taką emisję z wymogiem, by błyski były krótkotrwałe, a przy tym powtarzały się nie częściej niż raz na sto lub tysiąc lat na każdej z gwiazd neutronowych. Obecnie te dysputy mają już znaczenie tylko historyczne.

Co wiadomo było na pewno o błyskach gamma przed wyniesieniem na orbitę Obserwatorium Comptona? Są to zjawiska o różnej długości trwania, od drobnego ułamka sekundy do kilku kwadransów, i nie powtarzają się w tym samym miejscu na niebie (przynajmniej w dostępnym czasie obserwacji, który sięga już ćwierć wieku). Gros obserwowanej energii przypada na promieniowanie gamma – brak jest wiarygodnych doniesień o ewentualnych towarzyszących rozbłyskach optycznych czy radiowych – przy czym widmo jest charakterystyczne dla procesów nietermicznych. Nie ma pewności, jaka jest maksymalna energia poszczególnych fotonów, wynosi ona jednak (przynajmniej dla niektórych błysków) ponad 100 MeV.

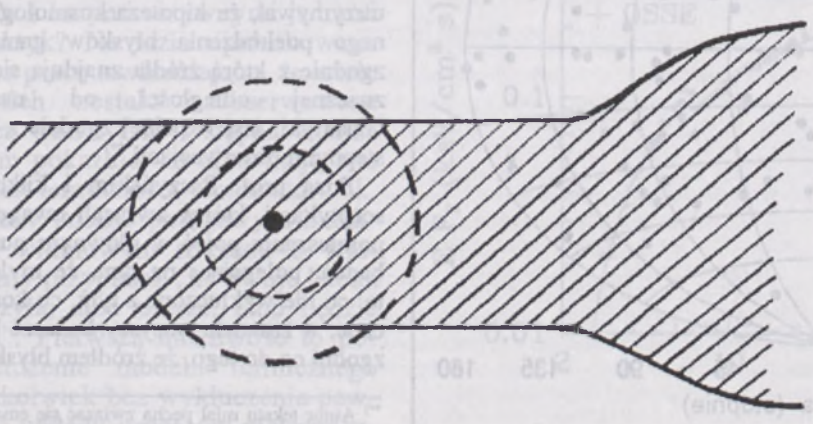
Trudności w badaniu błysków gamma wiążą się z ich podstawowymi własnościami. Są to zjawiska krótkotrwałe i na tyle rzadkie, że nie można mieć nadziei ich zaobserwowania w rozsądnie krótkim czasie za pomocą teleskopu gamma o małym polu widzenia. Niestety, instrumenty o szerokim polu widzenia mają na ogół małą rozdzielczość kątową i dlatego wyznaczenie dokładnego położenia błysku jest rzeczą trudną. Dokładne położenie błysku można wyznaczyć wspomnianą już metodą triangulacji – używa się w tym celu przede wszystkim detektorów na sztucznych satelitach Wenus i Ziemi – ale jest to możliwe tylko dla niewielkiej liczby błysków i, jak dotąd, procedura ta trwa zbyt długo, by można było pokusić się o wykrycie przy pomocy dużego teleskopu ewentualnego równoczesnego błysku optycznego.

Po dzień dzisiejszy nie udało się przeprowadzić identyfikacji źródła błysku gamma z żadnym obiektem obserwowanym w innym pasmie widmowym – jak dotąd nic nie wskazuje na to, by którykolwiek z błysków był związany z jakąś konkretną gwiazdą, galaktyką czy jakimkolwiek innym obiektem w polu widzenia – nasza wiedza o błyskach ma więc charakter przede wszystkim statystyczny. Przełomowe znaczenie Obserwatorium Comptona polega na tym, że po raz pierwszy zastosowano instrument łączący zdolność do wyznaczenia położenia źródeł na niebie z szerokim polem widzenia i z wysoką czułością detektorów. Zespół detektorów pokładowych BATSE prowadzi obserwacje całego (nieprzesłoniętego przez Ziemię) nieba i wyznacza z dokładnością do kilku stopni położenie każdego zarejestrowanego błysku, a jest ich średnio około jednego dziennie.

Zasada działania instrumentu BATSE jest całkiem prosta. Na czterech rogach platformy satelity umieszczono osiem detektorów gamma skierowanych w różne strony nieba, tak że ich układ cechuje symetria ośmioboku foremnego (dwóch piramid o wspólnej podstawie). Każdy błysk gamma jest rejestrowany przez co najmniej dwa detektory. Porównując zliczenia fotonów rejestrowane przez każdy z detektorów można określić kierunek, z którego nadszedł strumień fotonów. (Mówiąc obrazowo, najwięcej zliczeń wykazuje detektor odpowiadający tej ścianie ośmioboku, która jest zwrócona w kierunku źródła.) W ten sposób wyznaczone zostało położenie błysków gamma na niebie (rys 1). Jak widać, są one rozłożone równomiernie na sferze niebieskiej, a w szczególności nie ma koncentracji błysków w kierunku środka Galaktyki, brak też koncentracji we wstędze Drogi Mlecznej lub jakiejkolwiek innej płaszczyźnie.

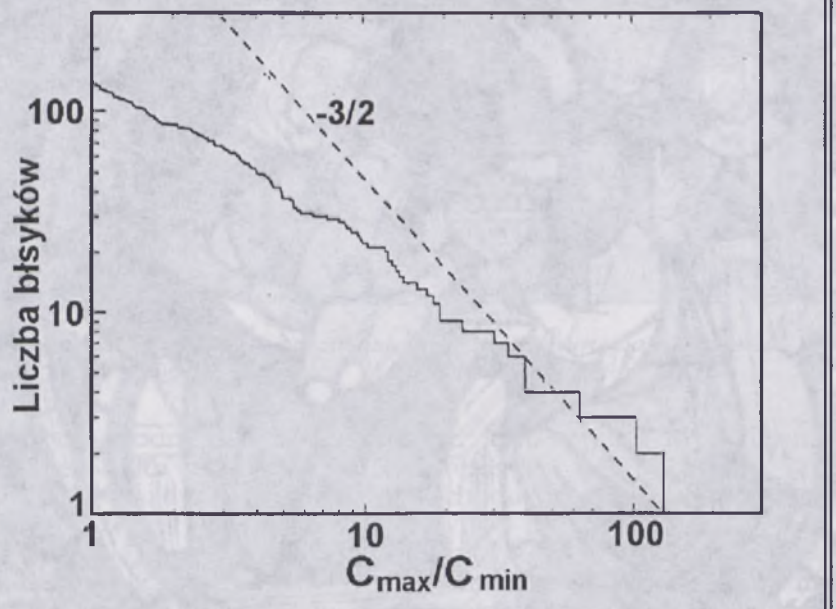
Można by przypuszczać, że brak koncentracji w płaszczyźnie naszej Galaktyki jest pozorny i wynika z małego zasięgu obserwacji. Innymi słowy, rozkład na niebie źródeł może być inny od rozkładu tej ich części, którą obserwujemy. Wyobraźmy sobie rozkład równomierny źródeł w dysku o grubości $2h$ [***)] przewyższającej zasięg obserwacji. Obserwowane błyski pochodziłyby wtedy ze źródeł rozmieszczonych w kuli wpisanej w dysk, np. w mniejszej z kul zilustrowanych w przekroju na rys. 2, i byłyby rozłożone równomiernie na nieboskłonie (rys. 1). Jednakże, jak można wykazać, w tym wypadku liczba obserwowanych błysków o danej jasności pozornej byłaby osiem razy większa niż liczba błysków o jasności pozornej cztery razy większej. Wyniki otrzymane przy pomocy detektorów BATSE wykazują, że tak nie jest! Błysków słabych jest za

Rys. 2. Fragment dysku Galaktycznego (obszar zakreskowany). Kropka oznacza położenie Słońca, dwa koncentryczne koła – dwa przypadki różnego zasięgu obserwacji.



[***)] Dla gwiazd neutronowych h może być równe kilkaset parseków, co jest małą wielkością w porównaniu z odległością do środka Galaktyki.

OBSERWATORIUM PROMIENIOWANIA GAMMA



Rysunek ukazuje liczbę, $N(C)$, błysków gamma o obserwowanej jasności większej niż C (w jednostkach czułości progowej detektora C_{min}. Gdyby obserwowane błyski pochodziły ze źródeł rozmieszczonych jednorodnie w (trójwymiarowej, euklidesowej) przestrzeni, N byłoby proporcjonalne do $C^{-3/2}$, co na logarytmicznym wykresie powyżej odpowiadałoby linii prostej przerywanej o nachyleniu -3/2. Łatwo ten przewidywany wynik zrozumieć – pozorna jasność obiektów maleje z kwadratem odległości, $C \alpha r^{-2}$, natomiast liczba rozłożonych równomiernie obiektów rośnie z sześcianem odległości, $N \alpha r^{3}$, zatem dla rozkładu równomiernego $N \alpha C^{-3/2}$. Tymczasem obserwowany rozkład „zliczeń jasności" błysków jest istotnie różny od omawianego.

Przy oględzinach powyższego rysunku rzuca się w oczy względny (w odniesieniu do rozkładu równomiernego, czyli linii przerywanej) niedobór błysków słabych, tj. o małej pozornej jasności. W ramach hipotezy (modelu) źródeł rozłożonych w dysku Galaktyki można się starać ten niedobór wytłumaczyć tym, że czułość detektorów umożliwia obserwacje źródeł w promieniu przekraczającym połowę grubości dysku – h (co odpowiada większej z kul zilustrowanych w przekroju na rys. 2). Oznaczałoby to, że w odległości $r > h$ nie obserwujemy źródeł w kierunku prostopadłym do dysku (gdyż ich tam nie ma, zgodnie z przyjętą hipotezą), a więc obserwujemy stosunkowo mniej źródeł odległych. Gdyby tak jednak było, rozkład na niebie nie byłby równomierny, występowałoby skupienie błysków wzdłuż Drogi Mlecznej, w jaskrawej sprzeczności z wynikami obserwacji zamieszczonymi na rys. 1.

Tak więc, gdyby źródła błysków rozłożone były w dysku galaktycznym, moglibyśmy albo otrzymać izotropowy rozkład na niebie (w zgodzie z obserwacjami, rys. 1), albo pokazany powyżej rozkład zliczeń błysków w funkcji jasności, ale nie można by otrzymać obydwu wyników naraz. Izotropowy rozkład odpowiadałby zasięgowi obserwacji mniejszemu od grubości dysku (mniejsza z kul na rys. 2), a względny niedobór błysków słabych odpowiadałby zasięgowi obserwacji większemu od grubości dysku (większa z kul na rys. 2). Oczywiście, zasięg obserwacji nie może jednocześnie być i mniejszy i większy od grubości dysku, ergo hipoteza o galaktycznym pochodzeniu błysków gamma jest nie do pogodzenia z obserwacjami BATSE.

mało, tak jakbyśmy sięgali już do granicy rozkładu źródeł (patrz ramka). Błyski nie mogą więc pochodzić ze źródeł rozłożonych w dysku galaktycznym, ponieważ dla nich albo powinniśmy widzieć odpowiednią liczbę słabych i rozkład sferyczny (mały promień obserwacji na rys. 2), albo też powinniśmy widzieć niedobór słabych, za to głównie w kierunku prostopadłym do dysku galaktycznego.

Obserwatorium Comptona dokonało kapitalnego odkrycia: znajdujemy się z pozoru w centrum sferycznego (bo izotropowego, rys. 1) rozkładu źródeł błysków gamma. Ale od czasów rewolucji kopernikańskiej wiemy, że nie żyjemy w wyróżnionym punkcie Wszechświata, musimy więc przyjąć, że źródła błysków gamma rozłożone są w (prawie) całym obserwowanym Wszechświecie, a zatem średnio w odległości rzędu gigaparseka od Ziemi. Obserwowany strumień fotonów gamma można teraz przełożyć na jasność bezwzględną źródeł; okazuje się, że wynosi ona około 10^{44} watów czyli tyle, co jasność dziesięciu milionów galaktyk zawierających po sto miliardów Słońc każda! Zdarzenia o porównywalnej mocy znane są astronomom od dawna, są to wybuchy supernowych, czyli narodziny gwiazd neutronowych (których energia wiązania, $GM/R \sim 10^{46}$ dżuli wyzwala się w przeciągu kilku sekund), jednak w supernowych energia ta wyświecana jest w przeciągu kilku miesięcy i to w pasmie widzialnym i ultrafioletowym. Zadaniem dla teoretyków jest wyjaśnienie, jak można wyświecić tak wiele energii w kilka zaledwie sekund w postaci promieniowania gamma.

Można powiedzieć, że historia się powtarza i ponownie po kilku miesiącach intensywnych poszukiwań wyłonił się w społeczności astrofizyków dominujący obraz błysku gamma. Według nowych wierzeń, mamy do czynienia z jakby salwą pogrzebową po śmierci gwiazdy neutronowej, której prochy pochłania czarna dziura. Gwiazda owa stanowiła jeden ze składników ciasnego układu podwójnego z czarną dziurą. Promieniowanie grawitacyjne powodowało zacieśnianie się orbity (tak jak to się dzieje w znanym układzie dwóch gwiazd neutronowych, znanych od nazwisk odkrywców jako pulsar Hulse'a–Taylora) aż grawitacyjne siły pływowe rozrywają gwiazdę neutronową, co ma (w niewyjaśniony jeszcze w szczegółach sposób) dać błysk promieni gamma. By wytłumaczyć liczbę błysków obserwowanych przez detektory BATSE wystarczy, by w każdej galaktyce zachodził tak piękny koniec istnienia gwiazdy neutronowej zaledwie raz na milion lat. Z punktu widzenia obserwacyjnego, będzie zapewne niesłychanie trudno potwierdzić lub odrzucić teoretyczny model zjawiska zachodzącego tak rzadko w niezmiernie odległych galaktykach. Być może więc, na dalszy postęp w zrozumieniu prawdziwego pochodzenia błysków gamma przyjdzie nam zaczekać kolejne ćwierć wieku.

... oto
mędrcy
ze Wschodu
przybyli
do Jerozolimy
i pytali:
Gdzie
jest nowo
narodzony
król żydowski?
Ujrzeliśmy
bowiem
Jego gwiazdę
na Wschodzie
i przybyliśmy
oddać Mu
pokłon...

GWIAZDA BETLEJEMSKA

Padwa, Kaplica degli Scrovegni. Giotto „Adoracja Mędrców"

W każdy pogodny wieczór po zachodzie Słońca na niebie pojawiają się gwiazdy. To pojawienie się gwiazd jest tak naturalne, że zwykle nie budzi większego zainteresowania. Jest jednak jeden wieczór w roku, kiedy z niecierpliwością oczekujemy pojawienia się pierwszej gwiazdy. Jest to wieczór wigilijny świąt Bożego Narodzenia.

Wypatrując w wigilijny wieczór pierwszej gwiazdy, wspominamy Gwiazdę Betlejemską, która swym pojawieniem oznajmiła narodzenie Chrystusa. O niej czytamy w Ewangelii świętego Mateusza:

„Gdy zaś Jezus narodził się w Betlejem w Judei, za panowania króla Heroda, oto Mędrcy ze Wschodu przybyli do Jerozolimy i pytali: Gdzie jest nowo narodzony król żydowski? Ujrzeliśmy bowiem Jego gwiazdę na Wschodzie i przybyliśmy oddać Mu pokłon" (Mt 2, 1–2). I w jednym z następnych fragmentów: „Oni zaś wysłuchawszy króla ruszyli w drogę. A oto gwiazda, którą widzieli na Wschodzie szła przed nimi, aż przyszła i zatrzymała się nad miejscem, gdzie było Dziecię. Gdy ujrzeli gwiazdę, bardzo się uradowali" (Mt 2, 9–10).

Mędrcy ze Wschodu

Trudno jest odpowiedzieć na pytania: kim byli tajemniczy magowie i skąd przybyli do Jerozolimy, a następnie do Betlejem? Określenie, że pochodzili ze Wschodu oznacza, że mogli oni przybyć z Persji, Babilonii lub Arabii. Za Persją i Babilonią przemawiać może fakt, że na tamtejszych dworach działali magowie zajmujący się astrologią, wyjaśnianiem zjawisk przyrodniczych, wykładaniem snów i kultem religijnym. Natomiast za Arabią – dary, które złożyli: złoto, kadzidło i mirrę.

„Weszli do domu i zobaczyli Dziecię z Matką Jego Maryją; upadli na twarz i oddali Mu pokłon. I otworzywszy swe skarby, ofiarowali Mu dary: złoto kadzidło i mirrę" (Mt 2, 11).

Tradycja nie jest również jednomyślna w kwestii ilości magów. Stosownie do trzech darów uważa się, że było ich trzech, ale na starych malowidłach widniała różna ich liczba – od dwóch do dwunastu.

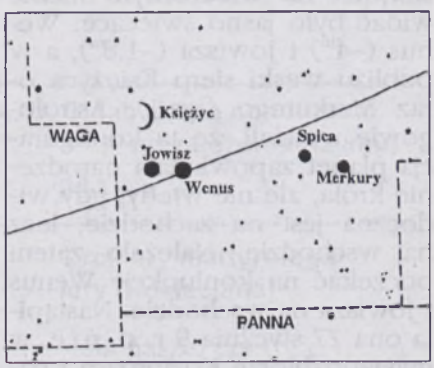
Bezpodstawne jest również określanie ich mianem królów oraz nadanie im imion: Kacper, Melchior i Baltazar. Biblia ani najstarsza tradycja nic bowiem na ten temat nie mówią. Polska tradycja ludowa uważa ich jednak za królów, a nawet przeniosła ich na niebo. W zimowe wieczory i noce świecą jako trzy gwiazdy stanowiące pas Oriona.

Zjawiska astronomiczne uważane za Gwiazdę Betlejemską

Na podstawie ewangelicznego opisu Gwiazdy Betlejemskiej trudno przyporządkować ją jednej z gwiazd lub któremuś ze znanych zjawisk astronomicznych. Z wywołujących wrażenie zjawisk astronomicznych, mogłyby wchodzić w rachubę: pojawienie się jasnej komety, wybuch gwiazdy nowej czy supernowej lub też złączenie dwóch i więcej planet. Biorąc pod uwagę ustalone na podstawie opisu ewangelicznego: sposób poruszania się gwiazdy, zatrzymanie się nad określonym miejscem i długość okresu widoczności, nie możemy jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie, czym było opisane zjawisko Gwiazdy Betlejemskiej z punktu widzenia astronomii.

Można też sądzić, że wyrażenie „gwiazda" jest tylko pewną metaforą, taką jak na przykład w wyrażeniach: „czyjaś gwiazda zajaśniała" lub „ urodził się pod szczęśliwą gwiazdą". Można też z równą wiarygodnością wyciągnąć wniosek, że zjawisko to było cudowne, nadnaturalne i jego wytłumaczenia nie można znaleźć na gruncie astronomii. Takie stanowisko reprezentują bibliści katoliccy począwszy od pierwszych wieków chrześcijaństwa.

Ze skąpego opisu ewangelicznego wyciągano zbyt dowolne wnioski w celu wykazania słuszności jednej z hipotez, a obalenia innych. Jednak w świetle dotychczas znanych źródeł nie można wiarygodnie uzasadnić żadnej z hipotez. Można jedynie przedstawić zjawiska astronomiczne, które wystąpiły w ostatnich kilkunastu latach przed naszą erą i mogły być obserwowane w Palestynie. Przedstawianie zjawisk z tak długiego okresu jest konieczne, ponieważ do dzisiaj nie jesteśmy w stanie po-



Rys. 1 Koniunkcja Wenus i Jowisza 23 sierpnia 12 r. p. n. e.

wiedzieć, kiedy dokładnie urodził się Chrystus. Przedstawmy zatem te zjawiska astronomiczne.

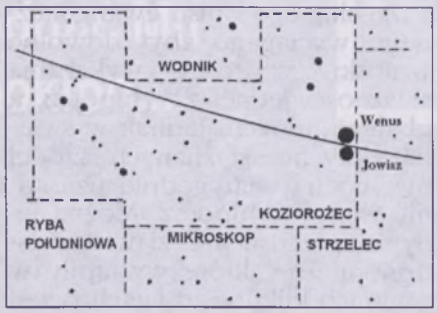
● **12 rok p. n. e. – kometa Halleya**

Z obliczeń wynika, że kometa Halleya widoczna była od 25 sierpnia do 1 listopada. W tym czasie przewędrowała na niebie z gwiazdozbioru Bliźniąt do gwiazdozbioru Skorpiona, mijając gwiazdę Regulus w Lwie. Obserwacje komety na terenie całych Chin odnotowują stare kroniki chińskie. Nie ma natomiast żadnych informacji o obserwacjach komety na Bliskim Wschodzie.

Pomysł, aby powiązać Gwiazdę Betlejemską z jednym z wcześniejszych pojawień komety Halleya, zrodził się w XVII wieku, gdy Halley wykazał okresowość tej komety. A jeszcze wcześniej, w roku 1303, włoski malarz z Florencji Giotto di Bondone na fresku „Pokłon Trzech Króli" w kościele w Padwie przedstawił kometę Halleya z jej pojawienia w roku 1301.

● **12 rok p. n. e. i 9 rok p. n. e. – koniunkcje Wenus i Jowisza**

W sierpniu 12 r. p. n. e. obserwować można było nie tylko



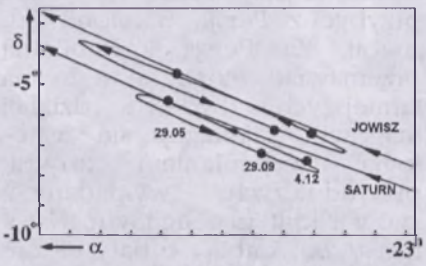
Rys. 2 Koniunkcja Wenus i Jowisza 27 stycznia 9 r. p. n. e.

kometę Halleya, lecz także koniunkcję Wenus i Jowisza. 23 sierpnia na wieczornym niebie widać było jasno świecące: Wenus (-4^m) i Jowisza (-1.8^m), a w pobliżu wąski sierp Księżyca oraz Merkurego (rys.1). Astrologowie uważali, że ta konfiguracja planet zapowiadała narodzenie króla, ale nie wtedy, gdy widoczna jest na zachodzie, lecz na wschodzie. Należało zatem poczekać na koniunkcję Wenus i Jowisza na wschodzie. Nastąpiła ona 27 stycznia 9 r. p. n. e. w gwiazdozbiorze Koziorożca i oznajmiła narodziny króla zapowiadane w 12 r. p. n. e. (rys.2).

● **7 rok p. n. e. – trzykrotna koniunkcja Jowisza i Saturna**

W 7 r. p. n. e. bardzo ciekawe zjawisko można było obserwować w gwiazdozbiorze Ryb. 29 maja nastąpiła tam koniunkcja dwóch jasnych planet: Jowisza i Saturna. Planety były wówczas widoczne na niebie porannym przed wschodem Słońca. Kolejna koniunkcja tych planet miała miejsce 29 września. Po okresie rozłączenia nastąpiła trzecia koniunkcja 4 grudnia. Drogi obu planet z zaznaczeniem położeń w momentach koniunkcji przedstawia rys.3.

Takie trzykrotne spotkanie się dwóch jasnych planet w ciągu pół roku, mogło być zjawiskiem powszechnie zwracającym uwagę. Do naszych czasów dochowały się babilońskie gliniane tabliczki z przedstawieniami tego zjawiska. Tabliczki te oglądać można w muzeach w Londynie i w Berlinie. Pochodzą one z ba-

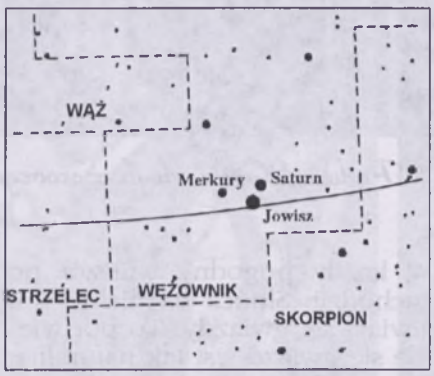


Rys. 3 Trzykrotna koniunkcja Jowisza i Saturna w 7 r. p. n. e.

bilońskiego miasta Sippar, znanego z astronomicznej i astrologicznej szkoły stojącej na tak wysokim poziomie, że jej przedstawiciele umieli przewidywać koniunkcje planet. Odnotowali oni też wcześniejsze pojedyncze koniunkcje Jowisza i Saturna w gwiazdozbiorze Ryb w latach 126 i 66 p. n. e.

Potrójna koniunkcja budziła szczególne zainteresowanie na terenie Palestyny, tym bardziej, że wystąpiła w gwiazdozbiorze Ryb, który uważany był za gwiazdozbiór Żydów. Jowisz uważany był przez liczne ludy za gwiazdę królewską, a Saturn za gwiazdę Żydów. Fakt złączenia dwóch tak różnych ciał niebieskich właśnie w gwiazdozbiorze Ryb, mógł być interpretowany przez Żydów jako zapowiedź doniosłego wydarzenia – narodzenia Mesjasza. Przykład takiej właśnie interpretacji koniunkcji Jowisza i Saturna podaje Majmonides (1135–1204), uczony żydowski zajmujący się teologią, filozofią, medycyną oraz astronomią.

Autorem hipotezy wiążącej zjawisko Gwiazdy Betlejemskiej z koniunkcją Jowisza i Saturna jest Kepler. Miał on szczęście obserwować koniunkcję Jowisza i Saturna w grudniu 1603 roku (rys.4). We wrześniu 1604 roku do obu planet znajdujących się w gwiazdozbiorze Wężownika, dołączył Mars, zaś w październi-



Rys. 4 Koniunkcja Jowisza i Saturna w 1603 r.

ku wybuchła tam gwiazda supernowa (rys.5). Supernowa oznaczona w katalogach V843 Ophiuchi miała jasność równą –2.5 mag. i świeciła jaśniej od Jowisza.

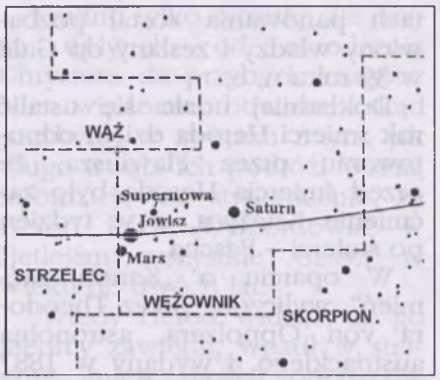
Kepler uważał, że koniunkcja planet zapowiedziała pojawienie się nowej gwiazdy z 1604 roku. Według niego, podobnie było w 7 r. p. n. e., gdy koniunkcja planet poprzedzała pojawienie się Gwiazdy Betlejemskiej, oznajmiającej narodzenie Chrystusa.

● **5 rok p. n. e. – kometa w Koziorożcu**

Kometa pojawiła się około 24 marca 5 r. p. n. e. Z analizy kronik chińskich i koreańskich wynika, że kometa była obserwowana przez około 70 dni we wschodniej części nieboskłonu, nisko nad horyzontem, w gwiazdozbiorze Koziorożca.

● **4 r. p. n. e. – gwiazda nowa lub supernowa w Orle**

Kroniki chińskie podają, że pojawiła się ona w kwietniu 4 r. p. n. e. w pobliżu gwiazd α, β, γ Orła. Na fakt, że mogła to być supernowa, wskazywałoby odkrycie w 1975 roku pulsara PSR 1913+16b w pobliżu γ Aql. Według pewnych ocen, jasność su-



Rys. 5 Konfiguracja planet i gwiazdy supernowej w 1604 r.

pernowej mogła wynosić nawet –4 mag. Z rachunków wynika też, że na wiosnę 4 r. p. n. e. w Jerozolimie można było obserwować gwiazdę w kierunku na Betlejem.

- **3 rok p. n. e. – koniunkcja Wenus i Jowisza w Lwie**

Złączenie Wenus i Jowisza nastąpiło 12 sierpnia 3 r. p. n. e. Planety widoczne były na niebie porannym w pobliżu Regulusa, w odległości około 12' od siebie. Ponieważ świeciły nisko nad horyzontem, praktycznie ich blask się zlewał.

- **2 rok p. n. e. – koniunkcja Wenus i Jowisza w Lwie**

Złączenie Wenus i Jowisza nastąpiło 17 czerwca 2 r. p. n. e. Tym razem planety były widoczne nad zachodnim horyzontem jeszcze bliżej siebie, bo w odległości około 0,5 minuty kątowej. Wrażenie, że świeci jedna bardzo jasna gwiazda, było jeszcze silniejszym niż w 3 r. p. n. e., ponieważ sumaryczna jasność obu planet oceniana jest na -4.4 mag. Wyobrażenie koniunkcji Wenus i Jowisza w gwiazdozbiorze Lwa, przedstawione jest na kamiennym amulecie odnalezionym przez archeologów w Palestynie (rys.6). Amulet pochodzi z okresu panowania rzymskiego na tamtych terenach.

Tyle na temat przykuwających uwagę zjawisk na niebie w ostatnich latach przed naszą erą może nam powiedzieć astronomia.

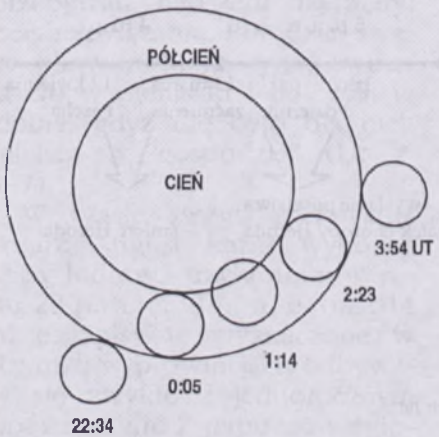
Kiedy urodził się Chrystus ?

Spróbujmy wyjaśnić, dlaczego interesując się Gwiazdą Betlejemską, oznajmiającą narodzenie Chrystusa, zajmujemy się zjawiskami astronomicznymi, które obserwowano przed naszą erą. Czy stąd wniosek, że rok narodzenia Chrystusa wypada przed naszą erą, chociaż nasza era miała zgodnie z życzeniem jej projektodawcy papieża Jana I, zaczynać się właśnie od narodzenia Chrystusa?

To pytanie wiąże się ściśle z tym, jak ustalano początki rachuby lat, a w szczególności naszej ery, według której świat cywilizowany obecnie liczy lata.

Nie sposób omówić wszystkich znanych prób liczenia lat, bo było ich ogółem kilkaset. Liczono lata lokalnie, rozpoczynając rachubę od ważnych wydarzeń, jakimi mogły być: zakończenie wojny, założenie miasta czy państwa, rozpoczęcie panowania dynastii. Grecy liczyli lata od pierwszych igrzysk olimpijskich, zaś Rzymianie od założenia miasta Rzymu – ab Urbe condita. Chrześcijanie w pierwszych wiekach liczyli lata od daty rozpoczęcia panowania cesarza, ewentualnie od daty obioru papieża. Od IV w. była w użyciu rachuba lat w erze męczenników. Wprowadzenie tej ery odbyło się za panowania cesarza Dioklecjana, który rozpo- czął wielkie prześladowania chrześcijan. Dlatego chrześcijanie nazwali erę Dioklecjana erą męczenników lub erą martyrologii. W VI w. papież Jan I ogłosił, że nie godzi się chrześcijanom liczyć lata od początku panowania cesarzy, czy od założenia Rzymu. Zaproponował on, aby data narodzin twórcy chrześcijaństwa – Chrystusa, stała się

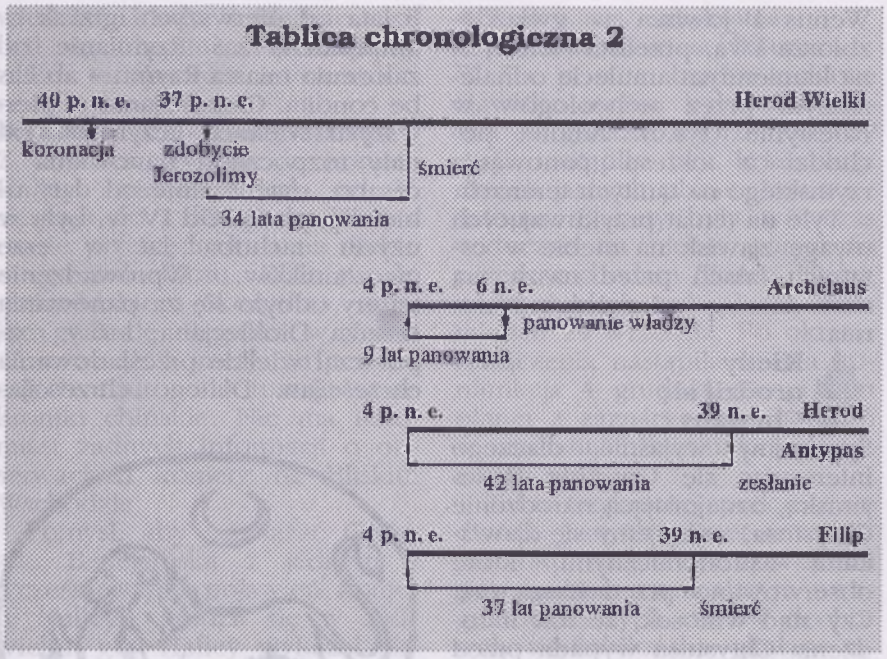
Rys. 6 Amulet z wyobrażeniem koniunkcji Wenus i Jowisza w Lwie.



Rys. 7 Schemat częściowego zaćmienia Księżyca 13 marca 4 roku p. n. e.

Tablica chronologiczna 1

756 p. n. e.		
1 rok Olimpiady (Ol 1, 1)		(Ol 195, 2)
753 p. n. e.		
Założenie Rzymu (Ol. 20, 1)		754 A. U. C. (ab Urbae condita – od założenia Rzymu)
		284 p. n. e.
		1 rok ery martyrologii (ery Dioklecjana)
lata przed naszą erą (p. n. e.)		lata naszej ery (n. e.)
lata przed Chrystusem	1 n. e.	lata po Chrystusie



początkiem historycznej rachuby lat – początkiem ery chrześcijańskiej. Ustalenie daty narodzin Chrystusa papież Jan I polecił zakonnikowi Dionizjuszowi.

Opierając się na wielu tekstach chrześcijańskich, Dionizjusz wyliczył, że Chrystus urodził się 25 grudnia 754 roku od założenia Rzymu. Ta data została przyjęta za początek ery chrześcijańskiej (tab. chr. 1).

Najnowsze badania wykazały jednak, że Dionizjusz w swych obliczeniach pomylił się co najmniej o 4, a być może nawet o 9 lat. Od czterech do dziewięciu lat wstecz należałoby więc przesunąć datę narodzenia Chrystusa.

Ewangeliści, którzy przede wszystkim chcieli przekazać wiernie naukę Chrystusa, nie dbali o datowanie poszczególnych faktów z Jego życia. Podstawowymi kronikami interesującego nas okresu historycznego są: „Starożytności żydowskie" Józefa Flawiusza historyka żydowskiego, żyjącego od 37 do 104 r. n. e. oraz „Dzieje" historyka rzymskiego Tacyta żyjącego w latach 55–120 n. e. Ponieważ w Ewangeliach przedstawione zostały postacie, które opisane są i w wymienionych dziełach historycznych starożytności, to na tej podstawie można datować wydarzenia ewangeliczne.

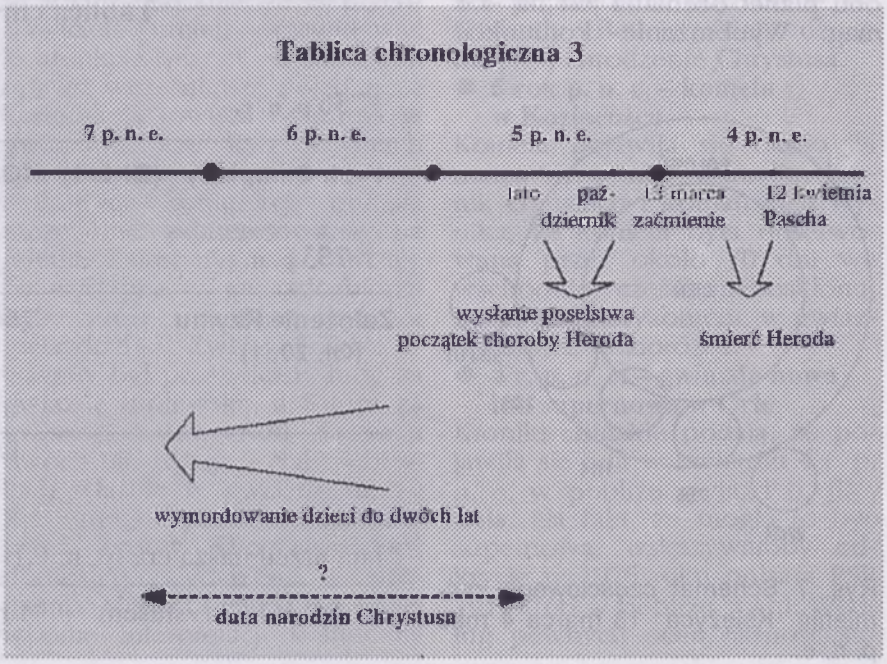
Ustalenie roku narodzin Chrystusa na podstawie panowania Heroda i jego synów

Ewangelia św. Mateusza mówi, że Chrystus narodził się za Heroda Wielkiego: „Gdy zaś Jezus narodził się w Betlejem w Judei za panowania króla Heroda" (Mt 2, 1). Według Flawiusza Herod zaczął panować w Jerozolimie w 37 roku p. n. e. i rządził 34 lata. Śmierć Heroda wypadłaby więc około 4 roku p. n. e. (tab. chr. 2).

Kiedy przeanalizujemy koleje życia trzech synów Heroda dowiemy się, że rozpoczęli panowanie w roku 3 lub 4 p. n. e. Archelaus panował 9 lat nim odebrano mu władzę w 6 roku n. e. Filip rządził 37 lat, a zmarł w roku 33 lub 34 n. e. Natomiast Herod Antypas po 42 latach panowania został pozbawiony władzy i zesłany do Galii w 39 roku n. e.

Dokładniej udało się ustalić rok śmierci Heroda dzięki odnotowaniu przez Flawiusza, że przed śmiercią Heroda było zaćmienie Księżyca, a w tydzień po śmierci – Pascha.

W oparciu o „Kanon zaćmień", wyliczony przez Theodora von Oppolzera, astronoma austriackiego, i wydany w 1887 r., należy stwierdzić, że w ostatnich latach przed naszą erą obserwować można było w Palestynie 11 zaćmień Księżyca. Biorąc pod uwagę, że niedługo po zaćmieniu miała wystąpić Pascha, wydaje się, że Flawiusz pisze o zaćmieniu częściowym w dniu 13 marca 4 roku p. n. e. (rys. 7), bowiem w 4 roku p. n. e. Pascha wypadała 12 kwietnia. Tak więc Herod zmarł pod koniec marca lub na początku kwietnia 4 roku p. n. e. Początek śmiertelnej choroby Heroda łączy się z wysłaniem przez niego poselstwa do Rzymu ze skargą na syna Antypatra. Wyjazd tego poselstwa nastąpił najpóźniej w październiku 5 roku p. n. e., ale wydaje się, że było to raczej w lecie. Magowie przybyliby więc do Jerozolimy przed wysłaniem poselstwa, kiedy Herod był jeszcze zdrowy. W przeciwnym razie nie wyraziłby życzenia: „Udajcie się tam i wypytujcie starannie o Dziecię, a gdy Je znajdziecie, donieście mi, abym i ja mógł pójść i oddać Mu pokłon" (Mt 2, 8).



Trudno tylko określić, ile czasu upłynęło od narodzenia Chrystusa do przybycia magów. Nie wiadomo bowiem, skąd przybyli i w związku z tym, jak długo trwała ich podróż. Ważną informacją jest stwierdzenie, że Herod kazał wymordować w Betlejem wszystkie dzieci w wieku do dwóch lat.

„Wtedy Herod widząc, że go Mędrcy zawiedli, wpadł w straszny gniew. Posłał oprawców do Betlejem i całej okolicy i kazał pozabijać wszystkich chłopców w wieku do lat dwóch, stosownie do czasu, o którym się dowiedział od Mędrców" (Mt 2, 16).

Uwzględniając wymienione wyżej fakty możemy ustalić, że Chrystus urodził się najpóźniej w 5 roku p. n. e. (tab. chr. 3).

Ustalenie roku narodzin Chrystusa na podstawie spisu

Do ustalenia roku urodzenia Chrystusa możemy wykorzystać inną informację, zawartą w Ewangelii Łukasza:

„W owym czasie wyszedł dekret Cezara Augusta, żeby przeprowadzić spis ludności w całym państwie. Pierwszy ten spis odbył się wówczas, gdy wielkorządcą Syrii był Kwiryniusz. Wybierali się więc wszyscy, aby się dać zapisać, każdy do swego miasta. Udał się także Józef z Galilei, z miasta Nazaret, do Judei, do miasta Dawidowego, zwanego Betlejem, ponieważ pochodził z domu i rodu Dawida, żeby się dać zapisać z poślubioną sobie Maryją, która była brzemienna. Kiedy tam przebywali, nadszedł dla Maryi czas rozwiązania. Porodziła swego pierworodnego syna, owinęła Go w pieluszki i położyła w żłobie, gdyż nie było dla nich miejsca w gospodzie" (Łk 2, 1–7).

W czasie swego panowania cesarz August kazał wykonać spisy ludności trzykrotnie: w roku 28 p. n. e., 8 p. n. e. oraz 14 n. e. Spisy te wyznaczone w Rzymie, w prowincjach odbywały się zwykle z jednorocznym opóźnieniem. Z papirusów egipskich wiemy też, że spisy w prowincjach odbywały się co 14–15 lat. Na podstawie „Starożytności żydowskich" Flawiusza możemy dokładnie określić datę drugiego spisu Kwiryniusza na rok 6 n. e. Możemy także przypuszczać, znając praktykę administracyjną w prowincjach, że spis poprzedni odbył się w roku 9 lub 8 p. n. e. Jednakże według Tertuliana w tych latach wielkorządcą Syrii nie był Kwiryniusz, lecz Saturnin. Stąd też niektórzy sądzą, że Kwiryniusz rozpoczął spis, a Saturnin go zakończył.

Ponieważ ustalenie kolejności legatów rzymskich w Syrii oraz dokładnej daty spisu nie jest możliwe w oparciu o dotychczas

Adoracja Mędrców, San Severin, Muzeum Wallraf-Richartz, Köln, Niemcy

znane źródła, wyznaczenie roku narodzin Chrystusa na podstawie spisu jest mniej pewnym. Uwzględniając wyniki różnych ustaleń roku narodzenia Chrystusa: według życia Heroda Wielkiego oraz na podstawie spisu ludności, możemy z całą pewnością stwierdzić, że Chrystus urodził się między 9 a 5 rokiem p. n. e. Dokładniejsze uściślenie roku narodzin Chrystusa mogłoby nastąpić po odnalezieniu nowych źródeł, opisujących wydarzenia oraz postacie, przedstawione w Ewangeliach. Wobec faktu, że początek rachuby lat w erze chrześcijańskiej niewiele ma wspólnego z datą narodzenia Chrystusa, obecnie używa się określenia – nasza era, a lata liczy przed naszą erą i naszej ery.

Pierwsza gwiazda w wieczór wigilijny

W wigilijny wieczór na niebie pojawiają się równocześnie dwie gwiazdy o porównywalnej jasności. Nad północno zachodnim horyzontem Wega z gwiazdozbioru Lutni, zaś we wschodniej części nieba Capella z gwiazdozbioru Woźnicy. Gołym okiem trudno stwierdzić, czy Wega czy Capella jest jaśniejsza. Dokładne pomiary wykazały, że jaśniejsza jest Wega $+0.03^m$. (Capella ma jasność $+0.08^m$.).

Najczęściej jednak pierwszą wigilijną gwiazdą wcale nie jest gwiazda, a jedna z planet. Zwykle bywa to najjaśniejsza wśród planet – Wenus. Ale mogą też świecić o zmierzchu: Mars, Jowisz lub Saturn. Wenus i Jowisz zawsze są o wiele jaśniejsze niż Wega i Capella. Natomiast Mars i Saturn mają okresy, kiedy świecą jaśniej od obu gwiazd, jak też okresy, gdy świecą słabiej.

Wenus wieczorem świeci nad zachodnim horyzontem. Pozostałe planety obserwować można w dowolnym miejscu między wschodem a zachodem, w pobliżu ekliptyki. W zależności od roku w wigilijny wieczór można oglądać cztery najjaśniejsze planety lub część z nich, a można też nie zobaczyć ich wcale. Tak więc przewidzieć, co będzie w danym roku pierwszą wigilijną gwiazdą nie jest tak łatwo, jak pozornie mogłoby się wydawać. W roku 1993 w wigilijny wieczór jako pierwsze pojawią się na niebie Wega i Capella. Z planet natomiast widoczny będzie tylko Saturn w gwiazdozbiorze Koziorożca. Jego jasność wyniesie +0.9 mag., a więc będzie świecić słabiej od obu gwiazd.

Życzę Czytelnikom, aby poznanie biblijnego i astronomicznego rodowodu tradycji szukania pierwszej wigilijnej gwiazdy nie odebrało uroku tajemnicy zawartej w pytaniu: czym była Gwiazda Betlejemska, a jedynie uczyniło bogatszym przeżycie związanych z nią świąt.

Jadwiga Biała

MATEMATYKA I PRZYRODA czyli Twierdzenie Russella–Vogta

Opis przyrody ma zazwyczaj formę opisu matematycznego. A jednak przyroda nie jest tym samym co matematyka. Przesadne dążenie do ścisłości to droga do kłopotów ...

Kazimierz Stępień

Rozwój matematyki polega w dużym stopniu na formułowaniu i udowadnianiu twierdzeń. Stanowią one o postępie wiedzy matematycznej – raz udowodnione twierdzenie nie zostawia żadnych niedomówień, czy dwuznaczności: jeżeli spełnione są założenia, to musi być spełniona teza. Ale matematyka, to świat liczb, funkcji, zbiorów, równań itp. Przyrodnicy zajmujący się badaniami realnego świata posługują się wprawdzie matematyką do opisu przedmiotów swoich badań, lecz tak naprawdę, opis ten dotyczy tylko pewnego wyidealizowanego modelu matematycznego. Czasami idealizację tę podkreśla się na samym wstępie, np. gdy mówimy o równaniu stanu gazu doskonałego, ciele doskonale czarnym, ciele doskonale sprężystym, czy wahadle matematycznym. Ale nawet, gdy o tym nie mówimy wprost, przyjmujemy za oczywiste, że opis matematyczny interesującego nas procesu, czy zjawiska jest tylko przybliżony, gdyż badany układ nigdy do końca nie spełnia założeń przyjętych dla modelu. Świadomość tego powoduje, że fizycy, chemicy, czy inni przyrodnicy niechętnie posługują się twierdzeniami w odniesieniu do rzeczywistych sytuacji, gdyż z góry wiedzą, że w naturze zawsze występują zakłócenia uniemożliwiające ścisłe (w sensie matematycznym) spełnienie założeń twierdzenia.

W przeszłości częściej zdarzało się, że wynik naukowy formułowano w postaci twierdzenia odnoszącego się do fizycznych obiektów lub procesów, zwłaszcza gdy badacz był równocześnie matematykiem i przyrodnikiem. Mógł wtedy „nie zauważyć", że opuścił już świat matematyki i przeszedł do świata zjawisk fizycznych, gdzie stosowany przez niego opis matematyczny stał się przybliżony (pozostając nadal ścisłym opisem określonego modelu matematycznego). Nierzadko po pewnym czasie okazywało się, że żaden układ fizyczny nie jest tak naprawdę w stanie spełnić założeń twierdzenia (jawnych, lub przyjętych milcząco za oczywiste). Próbowano wtedy modyfikować twierdzenie, uściślać jego założenia, itd., jednym słowem ratować je. Tymczasem, po prostu, rzecz polegała na tym, że osiągnięty wynik naukowy nie powinien był być przedstawiony w ogóle w postaci twierdzenia. Niepotrzebne użycie takiej formy wywołało zbędne zamieszanie.

Jednym z takich niepotrzebnych twierdzeń zajmiemy się w poniższym artykule. Chodzi o tak zwane twierdzenie Russella–Vogta. W sensie matematycznym, dotyczy ono istnienia i jednoznaczności rozwiązania układu równań różniczkowych opisujących model gwiazdy. Gdyby jego założenia sformułować dostatecznie precyzyjnie, stałoby się po prostu identyczne z ogólnym twierdzeniem matematycznym o istnieniu i jednoznaczności rozwiązania danego układu równań różniczkowych spełniających wymagane warunki. Autorzy twierdzenia chcieli jednak odnieść je do gwiazd, a nie równań. Oznaczało to w szczególności pewną specyfikę warunków brzegowych (której autorzy byli świadomi), ale wywołało też wiele innych, dodatkowych kłopotów, które wypłynęły dopiero później. Aby je nieco dokładniej przybliżyć czytelnikowi, musimy przypomnieć niektóre z ważnych etapów badań nad strukturą wewnętrzną gwiazd, gdyż nasze twierdzenie ewoluowało w pewnym sensie wraz z tymi badaniami.

Wiele ważnych wyników w teorii budowy gwiazd uzyskano jeszcze w XIX w., ale nie będziemy sięgać aż tak daleko w przeszłość, zwłaszcza że dopiero odkrycia pierwszego ćwierćwiecza XX w. pozwoliły na zbudowanie w miarę spójnego obrazu budowy wewnętrznej gwiazd. Dzięki pracom Eddingtona, Russella i wielu innych astrofizyków zrozumiano, że gaz z wnętrz gwiazdowych można dobrze opisać równaniem stanu gazu doskonałego, że energia przenoszona jest od środka do powierzchni gwiazdy na drodze promienistej i że gwiazdy znajdują się w równowadze hydrostatycznej (przy czym należy uwzględnić ciśnienie promieniowania). Ważnym odkryciem obserwacyjnym było stwierdzenie istnienia dla gwiazd zależności masa – jasność i zależności jasność – typ widmowy (ta druga zwana jest inaczej diagramem Herzsprunga – Russella). Niewątpliwym sukcesem teorii budowy wewnętrznej gwiazd było odtworzenie zależności masa – jasność, wychodząc wyłacznie z wymienionych powyżej podstawowych własności fizycznych materii gwiazdowej (przy paru dodatkowych, upraszczających

założeniach pozwalających na scałkowanie i przedyskutowanie równań opisujących budowę gwiazd). Warto w tym miejscu podkreślić, że wszystkie te wyniki otrzymano jeszcze przed II wojną światową, a zatem gdy jeszcze nieznane były dokładne mechanizmy generowania energii w gwiazdach. Mimo to teoretycy wiedzieli, że w centrum gwiazdy musi panować temperatura wielu milionów kelvinów, a ciśnienie przekraczać sto milionów atmosfer. Może to wydawać się dziwne i niezrozumiałe – jedyny znany podówczas dostatecznie dobrze rezerwuar energii termicznej, pochodzący z przemiany energii grawitacyjnej w cieplną podczas powolnego kurczenia się gwiazdy, mógł wystarczyć zaledwie na dziesiątki, a co najwyżej setki milionów lat, podczas gdy z ocen geologicznych wiadomo było, że Słońce świeciło podobnie jak dzisiaj przez ostatnie kilka miliardów lat. Skąd zatem pewność, że w środku gwiazdy panują takie a nie inne warunki? Jeżeli nie wiadomo, co podtrzymuje tak wysoką temperaturę we wnętrzu, to może ona wcale nie jest taka wysoka? Otóż jednak musi być. Z samego faktu, że istnieją gwiazdy – kule gazowe o dużych masach i jasnościach (masy gwiazd można było wyznaczyć z układów podwójnych, a jasności z obserwowanych wielkości gwiazdowych i odległości) i zastosowania do nich wyżej wspomnianych podstawowych praw fizycznych wynika, że nie może być inaczej. Wysokie ciśnienie potrzebne jest,by zrównoważyć olbrzymi nacisk materii gwiazdowej leżącej ponad rozważanym poziomem, a wysoka temperatura wynika z tego, że strumień promieniowania przechodzący przez kolejne warstwy jest proporcjonalny do gradientu temperatury (czyli do szybkości malenia temperatury na zewnątrz). Aby cały obserwowany strumień promieniowania mógł zostać „przepchnięty" przez otoczkę gwiazdy, temperatura musi dostatecznie szybko maleć na zewnątrz, czyli dostatecznie szybko rosnąć w głąb. W efekcie musi osiągnąć bardzo dużą wartość, sięgającą wielu milionów kelvinów.

Wszystkie te rozważania sugerują następujący wniosek: gdy weźmiemy określoną porcję materii o danym składzie chemicznym i zbudujemy z niej gwiazdę, to jej własności będą określone jednoznacznie, czyli z tej samej porcji materii nie można zbudować dwóch różnych gwiazd. Jedynym dodatkowym warunkiem, jaki musimy przy tym postawić odnośnie produkcji energii w jądrze gwiazdy jest, by tempo jej produkcji było wyłącznie funkcją lokalnych wartości temperatury i ciśnienia (lub gęstości). Ponieważ przebieg tych dwóch parametrów określony jest jednoznacznie przez warunek równowagi hydrostatycznej i tempo przepływu energii promienistej, więc również i tempo produkcji energii staje się (przy naszym założeniu) jednoznacznie określone. No i w ten sposób dochodzimy do tytułowego twierdzenia. W słynnej monografii S. Chandrasekhara „An Introduction to the Study of Stellar Structure" brzmi ono następująco: *jeżeli ciśnienie p, współczynnik pochłaniania κ i tempo produkcji energii w jądrze ε są funkcjami jedynie lokalnych wartości gęstości ρ, temperatury T i składu chemicznego, struktura gwiazdy jest jednoznacznie określona przez jej masę i skład chemiczny.*

Procesy syntezy jądrowej stanowiące zasadnicze źródło energii gwiazd spełniają te założenia. Dzięki temu, do wcześniej wspomnianych równań (równowagi hydrostatycznej i transportu energii) możemy dodać równanie opisujące produkcję energii wewnątrz gwiazdy. W ten sposób otrzymujemy komplet równań opisujących budowę gwiazdy. Przyjmujemy przy tym, że gwiazda jest sferycznie symetryczna, czyli że wszystkie wielkości fizyczne opisujące ją zależą wyłącznie od odległości od środka gwiazdy r.

Cztery równania różniczkowe określają zatem w zupełności budowę gwiazdy (patrz ramka).

Pierwsze z równań stwierdza oczywisty fakt, że przyrost masy gwiazdowej M_r (przez M_r oznaczamy całą masę zawartą w kuli o promieniu r) jest równy objętości odpowiedniej warstwy (pole sfery $4\pi r^2$ razy przyrost promienia dr) pomnożony przez gęstość ρ materii znajdującej się w tej warstwie. Drugie mówi to samo w odniesieniu do przyrostu jasności L_r (zdefiniowanej podobnie, jak M_r), tyle że masę warstwy $4\pi r^2 \rho dr$ musimy jeszcze pomnożyć przez współczynnik opisujący tempo produkcji energii ε (liczony na jednostkę masy, np. na gram). Oczywiście $\varepsilon \neq 0$ tylko w wewnętrznych częściach gwiazdy, a od pewnego promienia począwszy $\varepsilon = 0$. Od tego momentu jasność gwiazdy jest stała, czyli L_r $(r \geq r_{graniczne}) = L_{gwiazdy}$. Przyjmując, że energia wytworzona w centralnych częściach gwiazdy przenoszona jest przez promieniowanie, stwierdzamy w równaniu (3), że jego strumień, wynoszący $L_r/4\pi r^2$, jest proporcjonalny do gradientu ciśnienia promieniowania, równego $aT^4/3$, gdzie a jest stałą promieniowania. Niektórzy wolą zapis z wykonaniem tego różniczkowania, który mówi, że strumień promieniowania jest proporcjonalny do gradientu temperatury. Tak zapisany związek podobny jest do zależności opisującej np. dyfuzję cząstek danego rodzaju w tle innych cząstek – mamy wtedy proporcjonalność strumienia dyfundujących cząstek do gradientu ich koncentracji, lub do zależności opisującej przepływ (dyfuzję) energii cieplnej przez przewodnictwo – wtedy strumień energii proporcjonalny jest też do gradientu temperatury. Dlatego o równaniu (3) mówimy, że opisuje transport energii w przybliżeniu dyfuzyjnym. We współczynniku proporcjonalności stojącym przy gradiencie ciśnienia promieniowania występuje współczynnik pochłaniania κ i prędkość światła c. Wreszcie ostatnie równanie, to równanie równowagi hydrostatycznej, mówiące że gradient ciśnienia całkowitego (gazu + promieniowania) zrównoważony jest przez ciężar odpowiedniej warstwy (GM_r/r^2 jest lokalną wartością przyśpieszenia grawitacyjnego w odległości r od środka gwiazdy).

W równaniach (1) – (4) występują następujące, poszukiwane funkcje: M_r, L_r, p, ρ i T. Wielkości ε i κ są znane i zależą jedynie od lokalnych wartości ρ i T oraz od składu chemicznego, przy czym w praktyce wystarczy, by ten skład wyrazić przez procentowy udział wodoru X, helu Y i pozostałych pierwiastków Z w jednostce masy materii gwiazdowej ($X + Y + Z = 1$). A zatem $\varepsilon = \varepsilon(\rho, T, X, Y, Z)$ i $\kappa = \kappa(\rho, T, X, Y, Z)$. Dla domknięcia układu równań potrzebne jest nam jeszcze jedno równanie. Jest nim, zgodnie z tym, co powiedzieliśmy wyżej, równanie stanu gazu doskonałego, gdzie κ jest stałą Boltzmanna, a μ średnią masą cząsteczkową wyrażoną w jednostkach masy atomu wodoru równej H.

Mamy zatem układ 5 równań na pięć niewiadomych funkcji. Matematyka mówi nam, że przy odpowiednich warunkach brzegowych zadanych na krańcu przedziału zmienności r istnieje jedno i tylko jedno rozwiązanie tego układu. Zakładamy naturalnie, że κ i ε zachowują się „przyzwoicie", to jest nie mają nieciągłości, skoków itp. Czy z tego wynika jednoznaczność fizycznego modelu gwiazdy zbudowanej z danej porcji materii? Tak właśnie sądzono. Tymczasem przejście od rozwiązania danego układu równań do opisu realnej gwiazdy nie jest tak proste, jak może się wydawać. Na czym polegają komplikacje? Jest ich wiele.

Pierwsza dotyczy warunków brzegowych. W wypadku gwiazd, warunki brzegowe na poszukiwane funkcje nie są zadane na jednym z krańców przedziału zmienności r, lecz są znane dla części funkcji na jednym krańcu, a dla pozostałych na drugim. Konkretnie, w środku gwiazdy (dla $r = 0$) mamy $M_r = 0$ i $L_r = 0$, a na brzegu gwiazdy, czyli dla $M_r = M$ mamy $p_g = 0$, $\rho = 0$, $T = 0$, przy czym równocześnie $r = R$, a $L_r = L$, tyle że rozpoczynając całkowanie równań nie znamy ani R ani L. Znamy tylko (bo przyjmujemy je na początku) całkowitą masę i skład chemiczny – ten drugi może być zadaną funkcją r.

Ta komplikacja była znana już w momencie formułowania twierdzenia Russella–Vogta. Standardowa droga radzenia sobie z nią (np. zaprezentowana we wspomnianej wyżej monografii Chandrasekhara) polega na następującym rozumowaniu: obok ściśle znanych wartości $M_r = 0$ i $L_r = 0$ przyjmijmy w środku gwiazdy próbne wartości p_g, ρ i T. Następnie scałkujmy układ równań z tymi wartościami początkowymi (oczywiście wiemy, że w praktyce, ponieważ nie istnieje rozwiązanie analityczne, musimy układ całkować numerycznie, ale jest to tylko techniczna trudność), aż $M_r = M$. Nawiasem mówiąc, ponieważ od początku znamy tylko zakres zmienności M_r (tzn. znamy wartości, jakie M_r musi przyjąć na krańcach przedziału tego zakresu, $M_r \in [0, M]$), wygodniej jest dokonać odpowiedniej transformacji zmiennych i używać M_r jako zmiennej niezależnej w miejsce r. Gdy $M_r = M$ przerywamy całkowanie i sprawdzamy, czy $p_g = \rho = T = 0$. Jeżeli nie, po-

Równania budowy gwiazdy

$$dM_r = 4\pi r^2 \rho dr \qquad (1)$$

$$dL_r = 4\pi r^2 \rho \varepsilon dr \qquad (2)$$

$$\frac{L_r}{4\pi r^2} = -\frac{c}{\kappa\rho}\frac{d\frac{1}{3aT^4}}{dr} \qquad (3)$$

$$\frac{d(p_g + p_r)}{dr} = \frac{GM_r}{r^2}\rho \qquad (4)$$

$$p_g = \frac{k\rho T}{\mu H} \qquad (5)$$

prawiamy próbne wartości ciśnienia, gęstości i temperatury tak długo, aż spełnione będą warunki na obydwu brzegach. Znajdywanie rozwiązania można równie dobrze rozpocząć na zewnętrznym brzegu gwiazdy, przyjmując próbne wartości R i L oraz całkując w głąb. W praktyce numerycznej całkuje się równocześnie od środka i brzegu gwiazdy, a uzgadnia się rozwiązanie gdzieś wewnątrz przedziału $[0, M]$. Taki problem brzegowy wydaje się być dobrze postawiony. Należy jednak podkreślić, że powyżej zaprezentowane rozumowanie nie ma waloru ścisłego dowodu matematycznego.

Następny kłopot ma zupełnie inny charakter i związany jest z równaniem stanu. Materię gwiazdową nie zawsze można traktować jak gaz doskonały. W czasach Eddingtona nie wiedziano o tym, ale obecnie wiemy, że w zaawansowanych ewolucyjnie stadiach następuje degeneracja materii w jądrze gwiazdy i wtedy trzeba stosować zupełnie inne równanie stanu. Dla matematyka nie ma w tym żadnego problemu: mamy w takim wypadku do czynienia z innym układem równań, a zatem inaczej będzie wyglądać jego rozwiązanie. Ale, gdy mówimy o gwiazdach, to widzimy, że teraz możemy zbudować z tej samej porcji masy wiele różnych modeli, w zależności od tego, jakie równanie stanu w danej części gwiazdy zastosujemy.

I wreszcie kłopot związany ze stabilnością otrzymanego modelu. Okazuje się mianowicie, że jeżeli wyznaczony z rozwiązania gradient temperatury jest w jakimś obszarze modelu zbyt stromy – stromszy od pewnej wartości krytycznej, pojawia się niestabilność konwekcyjna. W przenoszeniu energii zaczyna grać rolę konwekcja, a równanie (3) przestaje w tym obszarze obowiązywać. Należy je zastąpić innym, zresztą też dobrze znanym. Sytuacja jest podobna, jak w wypadku równania stanu. Inny układ równań będzie miał inne rozwiązanie, też być może jednoznaczne. Widzimy tu jednak dobitnie różnicę między rozwiązaniem danego układu równań (w naszym wypadku (1)–(5)), a istnieniem odpowiedniego modelu gwiazdy. Istniejące rozwiązanie może w ogóle nie być realizowalne w przyrodzie! Dopiero dodatkowa analiza stabilności informuje nas o ewentualnej konieczności wprowadzenia odpowiednich modyfikacji w równaniach, tak by opisywały one lepiej rzeczywistość. A niestabilność konwekcyjna, to nie jedyna niestabilność, która może wystąpić w gwiazdach. Może się np. okazać, że dany model jest niestabilny pulsacyjnie, co pociąga za sobą konieczność uchylenia równania równowagi hydrostatycznej i zastąpienia go przez równanie ruchu. Oczywiście matematyk znów nie widziałby problemu: zastąpienie jednego równania innym zmienia po prostu układ, nie naruszając automatycznie jednoznaczności rozwiązania.

Podsumowując artykuł widzimy, że dla zbudowania realistycznego modelu gwiazdy nie wystarczy umiejętność sprecyzowania warunków brzegowych i rozwiązania danego układu równań, ale niezbędna jest dodatkowa wiedza na temat tego, jakie równania należy zastosować przy opisie badanej przez nas konfiguracji. Można by zapewne „ratować" dyskutowane twierdzenie rozszerzając jego założenia i uściślając dodatkowe warunki, jakie muszą być spełnione, by w wyniku otrzymać tylko jeden model gwiazdy. Tylko to już nie będzie twierdzenie Russella–Vogta, a poza tym, nigdy nie będziemy wiedzieli, czy do końca usunęliśmy źródła wszystkich możliwych niejednoznaczności. Nowe odkrycia mogą spowodować konieczność wprowadzenia nowych, dodatkowych założeń, czy warunków, niezbędnych dla utrzymania prawdziwości tezy twierdzenia. Czy ma to sens? Czy po prostu nie lepiej zrezygnować ze zbyt kategorycznych stwierdzeń na rzecz ostrożniejszego opisu rzeczywistych obiektów badań, np.: „w obecnym stanie wiedzy wydaje się, że ..."? Ta ostatnia uwaga stosuje się oczywiście nie tylko do gwiazd, ale do każdego układu fizycznego istniejącego w przyrodzie.

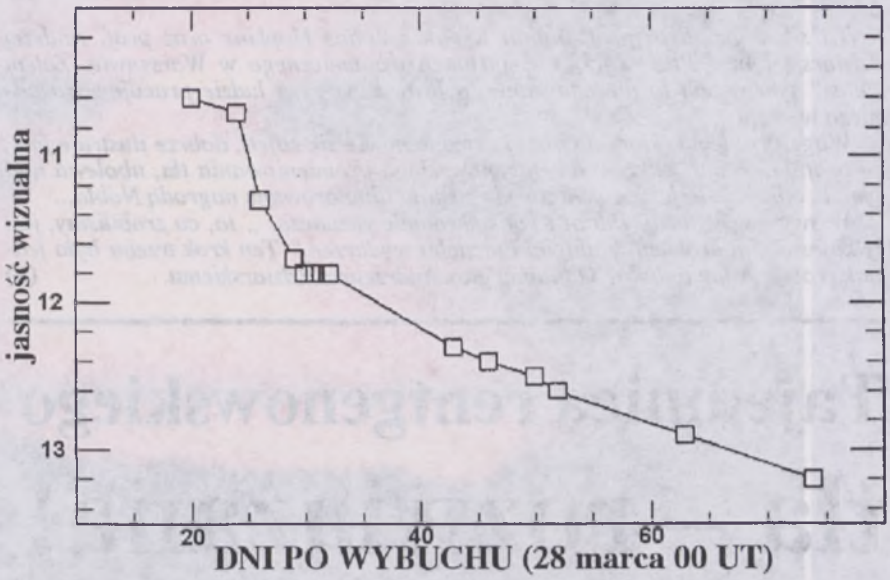
O diagramie Herztsprunga – Russela piszemy w Astronomii w Szkole, str. 179

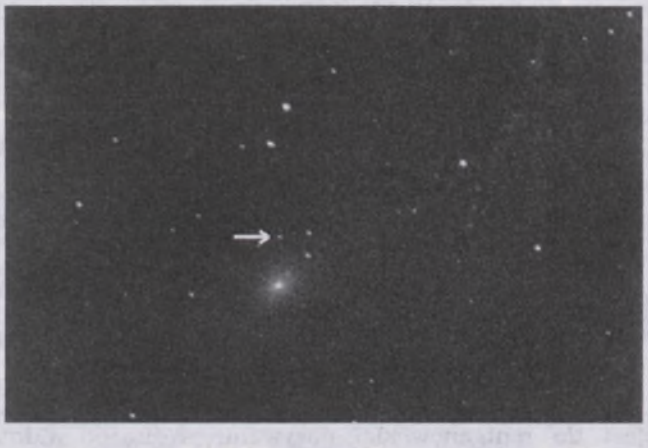
Profesor Kazimierz Stępień, znawca gwiazd magnetycznych, był dyrektorem Obserwatorium Astronomicznego, a obecnie jest Prodziekanem Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Mamy nadzieję, że pomimo piastowanych funkcji ma jeszcze poczucie humoru i nie obrazi się za załączone do tekstu ilustracje...

Czytelnicy obserwują

SN 1993 J

W dwóch poprzednich zeszytach relacjonowaliśmy odkrycie oraz pierwsze miesiące profesjonalnych obserwacji supernowej SN 1993J w galaktyce M81 (NGC 3031). Supernową obserwowali również nasi Czytelnicy. Jak zwykle niezawodny w takich sprawach Jerzy Speil z Wałbrzycha nadesłał wykonaną przez siebie wizualną krzywą blasku supernowej (rysunek obok). Obserwacje zaczynają się w okolicach wtórnego maksimum supernowej, ale ich zgodność z fotoelektrycznymi danymi w barwie V – porównaj rys. 2 na stronie 84, PA 2/93 – jest znakomita.





Cztery noce później rozpoczął obserwacje fotograficzne Leszek Marcinek z Lublina. Na pierwszym z prezentowanych zdjęć supernowa prezentuje się doskonale, pomimo złego ustawienia ostrości, następne – zważywszy sprzęt jakim dysponował nasz Czytelnik – są już nienaganne. Szkoda trochę, że każde ze zdjęć ma nieco inną orientację stron świata (porównaj zdjęcie na str. 83, PA 2/93). Wszystkie zdjęcia wykonano przy pomocy obiektywu fotograficznego MTO 1000/100 z filtrem UV (rozumiemy, że obcinającym ultrafiolet) na filmie Kodak TMAX 3200 z czasami ekspozycji odpowiednio: 20, 12 i 12 minut. **(m)**

„Naukowcy z Johns Hopkins University i Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika w Warszawie rozwiązali zagadkę, która gnębiła astronomów przez ponad 30 lat: dlaczego niebo obserwowane w zakresie rentgenowskim świeci tak jasno?".

Tak brzmi początek artykułu, jaki ukazał się 13 września 1993 w skromnej gazetce uniwersyteckiej Johns Hopkins. Odkrycie wzbudziło jednak tak duże zainteresowanie, że już nazajutrz ukazał się na jego temat spory artykuł w The New York Times, a parę dni później (18 września) w Science News. No cóż, nie co dzień trafia się na łamy gazet. Tomy czasopism astronomicznych są opasłe, ale tylko nieliczne z tych prac są na tyle ważne i ciekawe, żeby mogły zainteresować czytelników prasy codziennej w tym zaganianym świecie. A nam jest tym przyjemniej, że 2/3 tak wyróżnionej grupy odkrywców to „nasi". Kim więc są i co odkryli?

Ta silna grupa to prof Julian Krolik z Johns Hopkins oraz prof. Andrzej Zdziarski i mgr Piotr Zycki z Centrum Astronomicznego w Warszawie. Zatem „nasi" tym razem to nie emigranci, a prawdziwi żywi ludzie pracujący zasadniczo w kraju.

Wagę problemu, którym ci trzej astronomowie się zajęli, dobrze ilustruje fakt, że prof. Giacconi, odkrywca rentgenowskiego promieniowania tła, ubolewa nad tym, iż odkrycie to jak dotychczas nie zostało uhonorowane nagrodą Nobla...

W swym wywiadzie Julian Krolik skromnie zaznacza: „ to, co zrobiliśmy, jest tylko ostatnim krokiem w długim łańcuchu wydarzeń." Ten krok trzeba było jednak zrobić. A jak to było? Oddajmy głos Andrzejowi Zdziarskiemu. **(b)**

Tajemnica rentgenowskiego tła – rozwiązana!

Andrzej A. Zdziarski

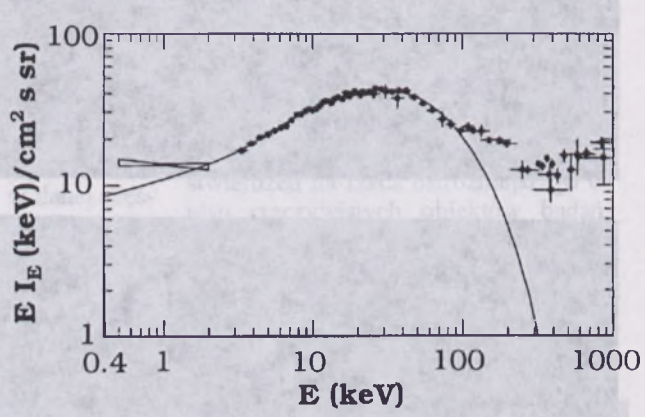
Przez kosmiczne tło rozumie się w astronomii izotropowe (takie samo we wszystkich kierunkach) promieniowanie docierające spoza naszej Galaktyki. Najsłynniejszym tłem jest tło mikrofalowe, pochodzące z wczesnych epok rozwoju wszechświata. Mniej może znanym jest fakt, że kosmiczne tło obserwuje się w całym zakresie fal, od radiowych do gamma. Szczególnie dobrze zbadanym tłem kosmicznym jest tło rentgenowskie, nazywane także tłem X.

Widmo tła X tworzy charakterystyczny pik na ok. 30 keV (zob. rysunek). Pochodzenie tego tła było przez wiele lat jedną z większych zagadek astronomii. Jego pochodzenie z wczesnego Wszechświata można wykluczyć (dyskusja tego jest poza ramami tego artykułu). Naturalnymi kandydatami na źródła tła X są tzw. aktywne galaktyki, które same emitują duże ilości promieniowania X (zob. artykuł P. Życkiego w PA 3-4/1992). Tym niemniej bardzo silnym argumentem przeciwko pochodzeniu tła X z aktywnych galaktyk była niezgodność kształtu ich widm z kształtem widma tła X. Od początku lat 80-tych (po obserwacjach przez satelity Einstein i HEAO-1) uważano, że większość aktywnych galaktyk ma widmo potęgowe z wykładnikiem 0.7 od 1 keV do 100 keV. Takie widmo jest zupełnie różne od widma tła X. Nawet ukuto nazwę na tę niezgodność: paradoks widmowy. Niezgodność ta bardzo męczyła astrofizyków, którzy nie byli w stanie wymyśleć żadnego rozsądnego alternatywnego modelu.

W międzyczasie nasza wiedza o widmach aktywnych galaktyk powiększała się. Milowym krokiem były obserwacje dokonane kilka lat temu przez japońskiego satelitę Ginga (PA 1/1992). Okazało się, że widma te powyżej 10 keV podnoszą się do góry, tak, że wykładnik widmowy od 10 do 20 keV wynosi ok. 0.3. W roku 1992 ogłoszono wyniki obserwacji aktywnych galaktyk przez detektor OSSE na pokładzie satelity GRO. Pokazały one, że widma w zakresie 50-300 keV mają zagięcie do dołu, typowo przy energii ok. 100-200 keV (zob. artykuł o GRO w tym zeszycie). Tak więc prosty obraz z początku lat 70-tych widma z jednym wykładnikiem widmowym równym 0.7 znacznie się skomplikował. Obecnie wiemy, że widmo ma silny pik na ok. 100 keV.

W tej sytuacji było bardzo łatwym zauważenie konsekwencji dla pochodzenia tła X. O ile z sumowania widm potęgowych dostaje się też widmo potęgowe, to z sumowania widm z pikiem na 100 keV można łatwo dostać widmo z pikiem na 30 keV, jeżeli tylko typowe przesunięcie ku czerwieni wynosi $z = 2$. Odpowiednie obliczenia zostały wykonane i przedstawione w artykule w The Astrophysical Journal (Letters) (Zdziarski, Życki i Krolik, 1993, Nr 414, str. 181). Zgodność z danymi obserwacyjnymi okazała się znakomita.

Tak więc paradoks widmowy okazał się paradoksem pozornym, spowodowanym niedokładnymi danymi. Niedokładność ta polegała na bardzo dużych błędach pomiarów przy energiach powyżej 10 keV, tak, że widma z satelitów Einstein i HEAO-1 mogły być interpretowane jako widma potęgowe (jest to zwykle hipoteza zerowa w astronomii X i gamma).



Porównanie obserwowanego widma tła X (krzyżyki i kontur błędu) z modelem zakładającym pochodzenie tła z aktywnych galaktyk (krzywa ciągła). Bardzo dobra zgodność między modelem i danymi jest osiągnięta w zakresie 2-100 keV. W zakresie niższych i wyższych energii dominują dodatkowe, nieuwzględnione procesy.

Obrączkowe zaćmienie Słońca – 10 maja 1994

Całkowite zaćmienie Słońca (faza częściowa) – 22 lipca 1990

fot. Sławomir Kruczkowski

Miasto	Początek	Wysokość	Maksimum	Wysokość	Koniec	Wysokość	Faza maks.
Gdańsk	19^h37^m	7°	20^h27^m	1°	21^h13^m	-5°	0.383
Kraków	19 40	4	20 31	-3	21 19	-9	0.445
Lublin	19 39	3	20 28	-3	21 15	-9	0.409
Łódź	19 39	5	20 29	-1	21 17	-7	0.417
Olsztyn	19 38	5	20 26	-1	21 13	-6	0.381
Poznań	19 39	7	20 30	0	21 18	-6	0.422
Szczecin	19 38	8	20 29	2	21 18	-4	0.419
Warszawa	19 39	4	20 28	-2	21 15	-8	0.401
Wrocław	19 40	6	20 31	-1	21 20	-7	0.442

Wszystkie momenty podano w czasie letnim

1994

postępy astronomii

początek świtu cywilnego
wschód Merkurego
wschód Słońca
początek świtu astronomicznego
wschód Jowisza
górowanie Jowisza
wschód Saturna
wschód Merkurego
wschód Jowisza
wschód Merkurego
wschód Wenus
górowanie Marsa
zachód Saturna
północ prawdziwa
północ średnia
czas zimowy, CSE
czas letni, CWE
wschód Marsa
zachód Wenus
zachód Merkurego
zachód Jowisza
górowanie Saturna
zachód Słońca
koniec zmierzchu astronomicznego
koniec zmierzchu cywilnego
zachód Merkurego
zachód Saturna
zachód Merkurego
styczeń
luty
marzec
kwiecień
maj
czerwiec
lipiec
sierpień
wrzesień
październik
listopad
grudzień

Firma MJZAR
we współpracy ze
STUDIO GRAFIKI KOMPUTEROWEJ

Częściowe zaćmienie Księżyca – 25 maja 1994

Całkowite zaćmienie Księżyca – 9 luty 1990

fot. Janusz Ślusarczyk

	Moment	Azymut	Wysokość
Początek zaćmienia półcieniowego:	2^h14^m	+38°	+11°
Początek zaćmienia częciowego:	3^h37^m	+54°	+2°
Moment maksymalnej fazy:	4^h30^m	+64°	-5°
Koniec zaćmienia częściowego:	5^h23^m	+73°	-12°
Koniec zaćmienia półcieniowego:	6^h43^m	+87°	-24°

Faza maksymalna 0.248

Wszystkie momenty podano w czasie środkowoeuropejskim dla miejsca o współrzędnych $\lambda=20°$ i $\varphi=50°$

Eksperymentalna grawitacja uhonorowana: J. Taylor i R. Hulse laureatami Nagrody Nobla!

Laury za PSR 1913+16

Tegoroczna Nagroda Nobla w dziedzinie fizyki przypadła astronomom, ku radości całego środowiska, a w szczególności tych z nas, którzy zajmują się zagadnieniami związanymi z pulsarami radiowymi i ich licznymi zastosowaniami. Dwaj laureaci, Joseph Taylor i Russel Hulse, obaj pracujący na Uniwersytecie Princeton, podzielili się „Noblem" za odkrycie podwójnego pulsara, którego późniejsze, systematyczne obserwacje wykazały, ze jest on idealnym „kosmicznym laboratorium grawitacyjnym". Długookresowe pomiary chronometrażowe tego obiektu, który oficjalnie nazwany został PSR 1913+16, doprowadziły do udowodnienia w przekonywający sposób, że ten podwójny układ gwiazd neutronowych emituje kwadrupolowe promieniowanie grawitacyjne, dokładnie tak jak to przewidziała Ogólna Teoria Względności Einsteina (OTW, por. rysunek). Pisanie o tym wydarzeniu jest dla mnie wyjątkową przyjemnością, ponieważ od ponad trzech lat współpracuję z Joe Taylorem w pracach związanych z zastosowaniem podwójnych pulsarów w fizyce grawitacji.

PSR 1913+16 odkryty został w 1974 roku przy pomocy 305–metrowego radioteleskopu w Arecibo (Puerto Rico). Joe Taylor i jego student Russ Hulse zaangażowani byli w tym czasie w intensywny program poszukiwania pulsarów, wykorzystując fakt, że ze względu na „generalny remont" teleskopu, normalne obserwacje wymagające śledzenia obiektów na niebie nie były możliwe. Wśród kilkudziesięciu nowych, „zwykłych" pulsarów, o których odkryciu Russ Hulse napisał w swojej pracy doktorskiej, znalazł się jeden, który okazał się być w układzie podwójnym o okresie orbitalnym 8 godzin, rozmiarach orbity ok. jednej średnicy Słońca, z masywnym (1.4 masy Słońca) towarzyszem, który jest prawie na pewno drugą gwiazdą neutronową. Był to PSR 1913+16, i za to właśnie odkrycie były doktorant i jego promotor dostali Nagrodę Nobla 19 lat później!

Do czasu tego zadziwiającego odkrycia, wszystkie testy OTW ograniczone były do warunków „słabego pola grawitacyjnego", tj. do warunków ziemskich (np. pomiar poczerwienienia grawitacyjnego przez Pounda i Rebke) i do naszego Układu Słonecznego (np. historyczna obserwacja odchylania światła gwiazd przez pole grawitacyjne Słońca w 1919 roku przez Eddingtona, czy też cały szereg testów przeprowadzonych przy pomocy dalekosiężnego radaru przez Irwina Shapiro). W szczególności, żadne z prób bezpośredniego wykrycia fal grawitacyjnych przewidzianych przez OTW, przy pomocy „ziemskich" detektorów, nie zostały uwieńczone powodzeniem.

PSR 1913+16 jest w zasadzie niezwykle precyzyjnym zegarem (o dokładności porównywalnej z dokładnością najlepszych ziemskich zegarów atomowych), poruszającym się po ciasnej, mocno spłaszczonej orbicie z prędkością sięgającą 0.1% prędkości światła, wraz z masywnym, niemalże „punktowym" towarzyszem o średnicy około 20 km. Tego rodzaju naturalna aranżacja, jak zauważono niemalże natychmiast po odkryciu PSR 1913+16, gwarantuje możliwość dokładnego mierzenia całego szeregu efektów relatywistycznych poprzez analizę zmian w „chodzie" orbitującego pulsarowego zegara. Rzeczywiście, w miarę upływu czasu, Joe Taylor i jego współpracownicy kolejno wykryli relatywistyczną precesję orbity pulsara (4.2 stopni/rok w porównaniu z 43 sekundami łuku/wiek w wypadku orbity Merkurego!), efekty poczerwienienia grawitacyjnego i dylatacji czasu i wre-

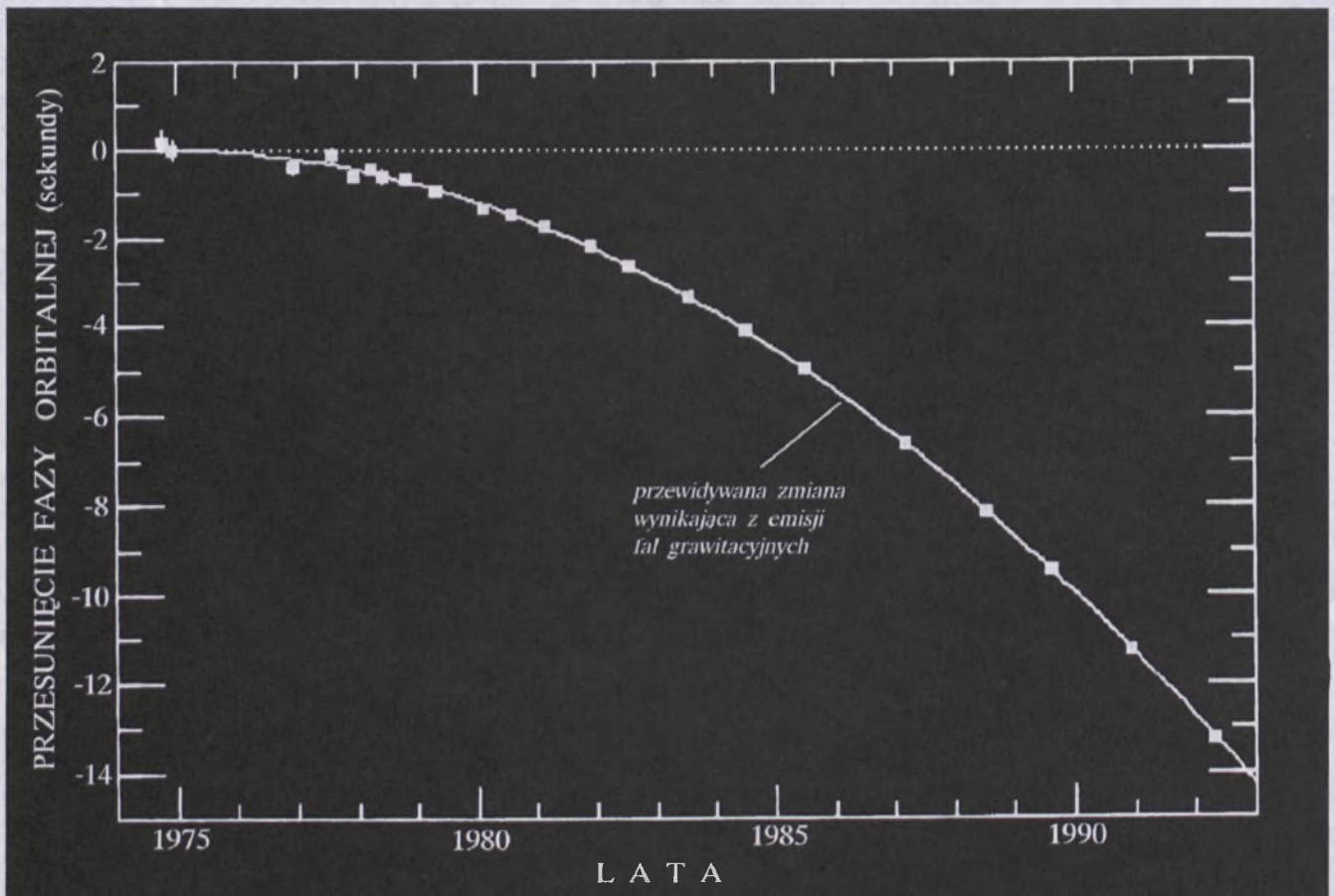
szcie najtrudniejsze do wykrycia, stopniowe skracanie się okresu orbitalnego (76 mikrosekund/rok) wywołane niemalże na pewno przez unoszenie energii z orbitującego układu podwójnego przez fale grawitacyjne *). Załączony rysunek, który ilustruje dokładność z jaką skracanie się okresu orbitalnego pulsara jest wyjaśniane przez OTW (w przeciwieństwie do innych, „konkurencyjnych" teorii grawitacji) jest niesłychanie popularny we wszelkich tekstach na temat OTW, a także figuruje on na koszulkach bardzo chętnie noszonych przez studentów na wydziale fizyki uniwersytetu w Princeton! Odkrycie PSR 1913+16, uwieńczone tym przekonującym dowodem na istnienie fal grawitacyjnych nadało nowy wymiar fizyce grawitacji i dostarczyło niesłychanie precyzyjnego narzędzia do dalszych badań w tej dziedzinie. Nic dziwnego więc, że jego autorzy, zgodnie z oczekiwaniami otrzymali tegoroczne „Noble". Warto tez dodać, że jeden z dwóch laureatów poprzedniej „astronomicznej" Nagrody Nobla (Anthony Hewish w 1974 roku) otrzymał ją za pracę związaną z pulsarami; było nią mianowicie odkrycie tych fascynujących obiektów (razem z Jocelyn Bell) w 1968 roku!

Od czasu odkrycia podwójnego pulsara Hulse'a i Taylora znaleziono cały szereg tego rodzaju obiektów, ale tylko w nielicznych przypadkach ich charakterystyki orbitalne okazały się być dostatecznie „relatywistyczne", aby można było je wykorzystać jako kosmiczne laboratoria fizyki grawitacji. Tak się złożyło, że jeden z tych rzadkich, „użytecznych" pulsarów, PSR 1534 +12 (którego szczęśliwym i niezbyt skromnym odkrywcą jest autor tej notatki), okazał się być jeszcze lepszym próbnikiem efektów relatywistycznych w masywnych układach podwójnych aniżeli jego prototyp, PSR 1913+16. Dzięki temu, od czasu jego odkrycia w 1990 roku, udało się zmierzyć wszystkie efekty obserwowane w PSR 1913 +16 (włącznie z emisją fal grawitacyjnych), a także dwa dodatkowe parametry związane z zapóźnieniem sygnału pulsara wywołanym przez krzywiznę czasoprzestrzeni spowodowaną przez obecność masywnego towarzysza – efekt znany z badań radarowych w Układzie Słonecznym jako zapóźnienie Shapiro **). Dalsze testy OTW i innych teorii grawitacji w warunkach silnego pola grawitacyjnego przy pomocy tych dwóch niezwykłych „kosmicznych zegarów" są celem badań, które wspólnie z Joe Taylorem prowadzimy już od pewnego czasu. Ale to już zupełnie inna historia...

Aleksander Wolszczan

*) Efekty relatywistyczne dla układu z PSR 1913+16 były szeroko dyskutowane w artykule T. Jarzębowskiego w PA 3/91, str. 106 (red.)

**) Inne interesujące informacje na ten temat można znaleźć w rozmowie z autorem notatki w PA 2/92, str. 53 (red.)



Przewidziana przez teorię emisja fal grawitacyjnych powoduje stopniowe skracanie się okresu orbitalnego, co przejawia się poprzez narastające przesunięcie fazy orbitalnej – coraz szybsze przejścia przez periastron. Ten słynny rysunek prezentowany był już w Postępach (PA 3/91, str. 111), ale wówczas obejmował pomiary do 1988 roku. Dziś, dzięki uprzejmości samego J. Taylora, możemy zaprezentować najnowsze dane! Punkty obserwacyjne w dalszym ciągu leżą dokładnie na krzywej przewidywanej przez teorię.

Ale obrodziło... W październiku polska astronomia tak zajaśniała w mass mediach (ale brzydki wyraz! za to krótki), że wyliczanie tego chwilę potrwa. Radio, telewizyjna stacja NTW, Życie Warszawy, Sztandar Młodych, Express Wieczorny, Rzeczpospolita, Kulisy, Krakowski Czas – to w kraju. Za granicą – specjalna konferencja prasowa zorganizowana przez Princeton University i artykuły w wielu gazetach, w tym w 19 października w The New York Times. A chodziło o zepsucie przyjemności kosmologom.

Odkrycie pierwszej mikrosoczewki grawitacyjnej w kierunku Centrum Galaktyki

Andrzej Udalski

Z rozważań dynamicznych ruchu materii w naszej Galaktyce oraz w skali całych gromad galaktyk wiadomo, że masy jest więcej, niż to widać. Większość kosmologów uważa, że ta ciemna, brakująca masa to jakieś egzotyczne cząstki. Tak im jest wygodniej, bo wtedy można zapostulować, że tych cząstek jest dziesięć czy więcej razy tyle, co zwykłej materii i uzyskać dzięki temu model Wszechświata bez krzywizny, w którym łatwo coś sobie można porachować. Jest jednak druga hipoteza, bardziej przyziemna, a mianowicie, że ciemna materia to słabo świecące małomasywne gwiazdy (nawet o masach tak małych jak Jowisz, a więc właściwie już nie gwiazdy, a planety!), stare białe karły, gwiazdy neutronowe i ewentualnie czarne dziury. Jak to sprawdzić?

W 1986 roku prof. Paczyński zaproponował, że to da się zrobić, wykorzystując zjawisko mikrosoczewkowania (patrz PA 3/1993). Trzy grupy rozpoczęły poszukiwania tego efektu: grupa polska z Obserwatorium Astronomicznego w Warszawie (artykuł o projekcie jest w PA 4/1991), grupa amerykańska i grupa francuska. Projekt grupy amerykańskiej nosi nazwę MACHO (ang. Massive Compact Halo Objects), a francuskiej równie wdzięczną nazwę EROS (fr. Experience de Recherche d'Objects Sombres). Projekt polski nie ma dobrej nazwy – nasze poczucie humoru na taką frywolność nie pozwala. Chociaż, gdyby do urzędowej nazwy OGLE dodać Warsaw, już byłoby coś...

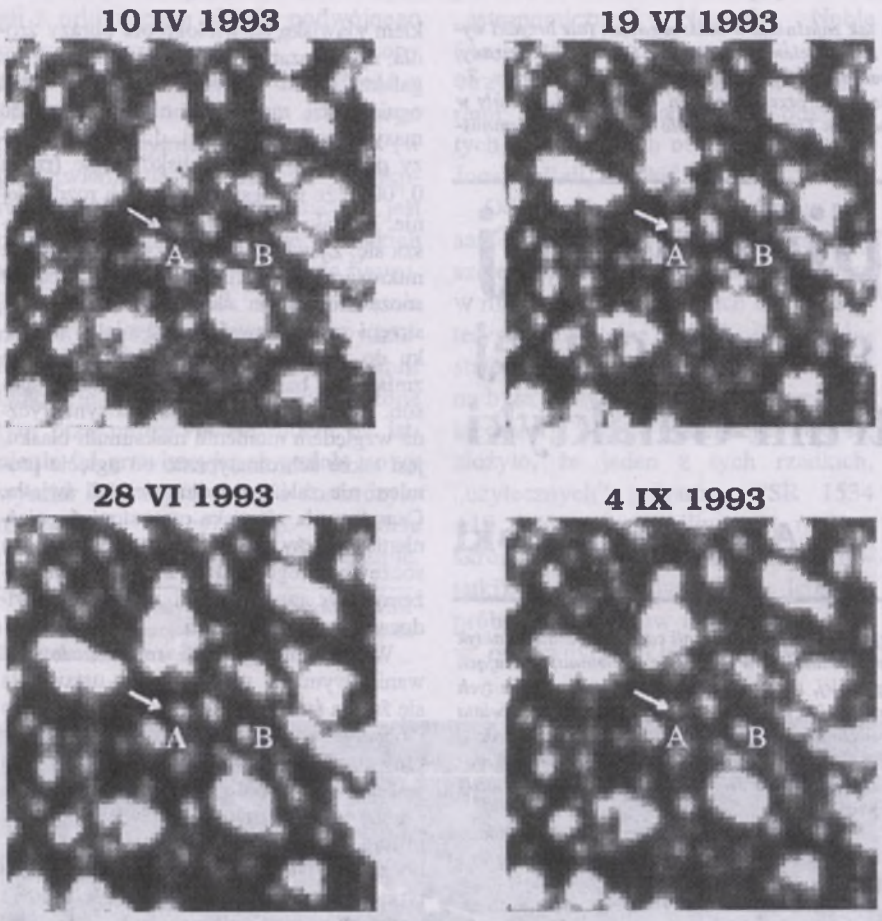
No i jest! Wszystkie trzy grupy coś złapały równocześnie! O odkryciu donoszą: Udalski i in. (Acta Astron. 43, 289), Alcock i in. (Nature 365, 621) i Aubourg i in. (Nature 365, 623). Kosmologowie co prawda mają jeszcze trochę czasu na reformę, bo przebadanie kolejnych paru milionów gwiazd zajmie parę lat, ale na wszelki wypadek już powinni zabrać się do pracy. A o odkryciu, specjalnie dla nas, na świeżo, pisze Andrzej Udalski. (b)

Powszechnie uważa się, że masa Wszechświata obserwowana w postaci świecących obiektów: gwiazd, galaktyk itp., stanowi zaledwie drobną jego część nie przekraczającą kilkunastu procent. Pozostała część to ciemna, nieświecąca materia, o której obecności możemy jedynie przypuszczać na podstawie pewnych pośrednich faktów obserwacyjnych, jak np. krzywe rotacji galaktyk. Co stanowi ową niewidoczną materię – nie wiemy. Być może są to małomasywne, słabe gwiazdy, „brązowe karły" – obiekty, które nigdy nie stały się prawdziwymi gwiazdami z powodu zbyt małej masy, czy też planety typu Jowisza i Ziemi. Inną możliwością jest, że na materię tę składają się egzotyczne, masywne, słabo oddziałujące cząstki elementarne tzw. WIMPs, które jak dotąd pozostają obiektami czysto hipotetycznymi. Z czego składa się ciemna materia i ile jej jest we Wszechświecie, to jedno z podstawowych pytań współczesnej astrofizyki i kosmologii. Znając odpowiedź na to pytanie, można by rozwiązać wiele problemów – począwszy od tak podstawowych jak ewolucja Wszechświata czy powstawanie galaktyk.

Czy jednak można zaobserwować coś, czego nie widać? Oczywiście, bezpośrednio jest to niemożliwe. Możemy jednak szukać pośrednich dowodów istnienia takich obiektów, jeżeli oddziaływują one na otoczenie, w szczególności gdy zakłócają w jakiś sposób promieniowanie innych świecących ciał. W 1986 roku prof. Bohdan Paczyński z Uniwersytetu Princeton zaproponował metodę badania ciemnej materii znajdującej się w halo otaczającym naszą Galaktykę przy użyciu zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Zjawisko to (opisane szczegółowo w PA 4/1991 i 3/1993) jest wynikiem przewidzianego przez Ogólną Teorię Względności efektu ugięcia promieni świetlnych w polu grawitacyjnym. W dużej skali wynikiem zjawiska są wielokrotne obrazy źródła, np. kwazarów soczewkowanych przez galaktyki lub gromady galaktyk. Jeśli ogniskująca masa jest niewielka, rzędu masy gwiazd czy planet, dodatkowe obrazy pojawiają się tak blisko siebie (rzędu 0."001), że nie jest możliwe ich rozdzielenie. Jednak całkowity blask źródła zwiększa się. Zjawisko takie nazywamy właśnie mikrosoczewkowaniem. Ponieważ obiekt soczewkujący na skutek ruchu w przestrzeni zmienia swoje położenie w stosunku do źródła, pojaśnienie gwiazdy ulega zmianie w bardzo charakterystyczny sposób. Krzywa zmian blasku jest symetryczna względem momentu maksimum blasku, jest także achromatyczna, bo ugięcie promieni nie zależy od długości fali światła. Czas trwania zjawiska oraz stopień pojaśnienia zależy m.in. od masy obiektu soczewkującego. Zatem z obserwacji możemy wyciągać wnioski o masie niewidocznej, ciemnej materii.

Wystąpienie zjawiska mikrosoczewkowania wymaga precyzyjnego ustawienia się źródła światła, obiektu soczewkującego i obserwatora wzdłuż jednej linii. Jednak prawdopodobieństwo takiego ustawienia jest niezwykle małe. Aby więc zwiększyć szansę zarejestrowania zjawiska należy obserwować dużą liczbę gwiazd jednocześnie. Naturalnymi obszarami do tego typu obserwacji są gęste pola gwiazdowe w kierunku ku Centrum naszej Galaktyki, czy sąsiednie galaktyki jak na przykład Wielki Obłok Magellana. Jednak nawet dla tych obszarów prawdopodobieństwo jest niewielkie. Z obliczeń prof. Paczyńskiego wynika, że zaledwie jedna gwiazda na milion jest w danym momencie pojaśniona o ponad 0.3 mag przez zjawisko mikrosoczewkowania grawitacyjnego w kierunku ku Centrum Galaktyki czy Wielkiego Obłoku Magellana. Obiektami soczewkującymi są w tym przypadku znajdujące się pomiędzy nami a gwiazdami ciemne obiekty tzw. halo galaktycznego. W przypadku obserwacji w kierunku ku Centrum Galaktyki gwiazdy dodatkowo mogą być soczewkowane przez ciemne obiekty z dysku galaktycznego, ale prawdopodobieństwo tej składowej jest około dwa razy mniejsze niż w przypadku halo.

Aby więc wykryć zjawisko mikrosoczewkowania, konieczne jest monitorowanie w długiej skali czasowej wielu milionów gwiazd i wyselekcjonowanie tych, dla których krzywe zmian blasku podobne są do teoretycznie przewidzianego kształtu. W połowie lat osiemdziesiątych było to technicznie niemożliwe. Jednak ogromny postęp w dziedzinie elektronicznych detektorów promieniowania, wielkości ich powierzchni, oraz szybkości przetwarzających dane komputerów zmienił tę sytua-



Rys. 1 Cztery obrazy nieba z kamery CCD w odstępie kilku miesięcy. Gwiazda A, zaznaczona strzałką, czyli obiekt BW7 I 117281, jest wyraźnie najjaśniejsza 19 czerwca, natomiast ma tę samą jasność w kwietniu i we wrześniu tego roku. Gwiazda B jest gwiazdą porównania.

cję. W 1991 roku z inicjatywy prof. Paczyńskiego rozpoczął się największy w historii polskiej astronomii projekt obserwacyjny o nazwie „The Optical Gravitational Lensing Experiment" (OGLE). Trzon zespołu stanowią astronomowie z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego (obok autora tego artykułu, dr Michał Szymański, dr Janusz Kałużny i prof. Marcin Kubiak); udział w projekcie biorą również astronomowie z Princeton University Observatory i Carnegie Institution of Washington.

Głównym celem projektu jest zidentyfikowanie jak największej liczby zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego, by na podstawie zebranego materiału wyciągać wnioski o strukturze ciemnej, niewidocznej materii. Obserwacje prowadzone są w kierunku ku Centrum Galaktyki. Dwie inne grupy realizują podobne duże projekty w kierunku Wielkiego Obłoku Magellana: australijsko–amerykańska MACHO i francuska EROS.

Obserwacje OGLE rozpoczęły się w kwietniu 1992 roku i prowadzone są w wysokogórskim obserwatorium astronomicznym Las Campanas w Chile – jednym z najlepszych miejsc obserwacyjnych na Ziemi. Znakomity *seeing* umożliwia obserwacje bardzo gęstych pól gwiazdowych w kilku oknach w okolicy Centrum Galaktyki (np. Okno Baadego), gdzie absorpcja międzygwiazdowa jest na tyle mała, że widzimy obszary z prawie samego Centrum Drogi Mlecznej. Teleskop o średnicy 1 metra z detektorem CCD dużego formatu (2048 na 2048 pikseli) używany jest do otrzymywania elektronicznych obrazów nieba. Obrazy te odbierane są następnie przez automatyczny system redukcji, specjalnie przygotowany na potrzeby projektu OGLE. Jako wynik końcowy otrzymuje się fotometrię gwiazd zarejestrowanych na każdym obrazie. Typowo każdy obrazek zawiera około 200 000 gwiazd. Każdej nocy obserwowanych jest co najmniej 20 pól, czyli około 4 miliony gwiazd. Sezon obserwacyjny Centrum Galaktyki trwa około 150 dni w roku.

W ciągu dwóch sezonów obserwacyjnych 1992 i 1993 zgromadzono około 2000 obrazów Centrum Galaktyki, tj. około 16 Gigabajtów danych (400 mln pomiarów fotometrycznych). Głównym celem projektu OGLE jest detekcja zjawisk mikrosoczewkowania, jednak cały ten materiał obserwacyjny jest jednocześnie przebogatym źródłem dla innych niezależnych projektów badawczych. M.in. na jego podstawie rozpoczęto badania struktury naszej Galaktyki, odkryto tysiące nowych gwiazd zmiennych itp. Pragniemy aby po pewnym czasie mogła z niego korzystać cała społeczność astronomiczna świata. Nastąpi to przez udostępnienie obrazów i baz danych fotometrycznych w archiwach publicznych. Już teraz można przez sieci komputerowe otrzymać z NASA NSS Data Center obrazy uzyskane w 1992 roku.

W celu identyfikacji zjawisk mikrosoczewkowania w ogromie zebranych danych opracowano następującą procedurę. Z obserwacji zebranych w 1992 roku wyselekcjonowano około 1 100 000 gwiazd, których blask w trakcie całego sezonu spełniał założone kryteria stałości. Utworzyły one tzw. bazę danych obiektów stałych w 1992 roku. Następnie każdą nową obserwację wykonaną w 1993 roku porównywano z danymi z bazy danych obiektów stałych. Jeśli jasność danego obiektu różniła się o więcej niż 3 sigma od średniej z 1992 roku, obiekt taki był specjalnie zaznaczany. Gdy dany obiekt został zaznaczony więcej niż 4 razy, zmiany jego jasności były analizowane dokładniej. Po przepuszczeniu wyników fotometrii przez różnego rodzaju filtry (selekcji gwiazd zwiększających jasność, odrzucające obiekty zmieniające się przypadkowo itp.) pozostały obiekty zmieniające swą jasność w sezonie 1993 i mające blask większy niż w 1992 roku. Oczywiście tylko mała część z nich to kandydatki na mikrosoczewki – znakomita większość to po prostu zmienne długookresowe lub nieregularne.

Po przeanalizowaniu blisko 650 000 obiektów z bazy danych gwiazd stałych, znaleziono obiekt, którego krzywa zmian blasku dokładnie odpowiada teoretycznie przewidzianej krzywej zmian blasku mikrosoczewki. Blask gwiazdy o numerze BW7 I 117281 z pola znajdującego się w Oknie Baadego wzrósł o około jedną wielkość gwiazdową, osiągnął maksimum 15 czerwca 1993 roku by następnie spaść do poziomu z 1992 roku. Krzywą zmian blasku przedstawia zamieszczony obok rysunek 2. Linia ciągła ilustruje przebieg najlepszego dopasowania teoretycznej krzywej zmian blasku. Mozaika złożona z czterech kawałków obrazów CCD przedstawia mikrosoczewkowaną gwiazdę w czterech momentach w 1993 roku.

Cechy fotometryczne krzywej zmian blasku wskazują, że udało się zarejestrować pierwsze zjawisko mikrosoczewkowania grawitacyjnego w kierunku ku Centrum Galaktyki. W 1992 roku blask gwiazdy był stały ze średnią jasnością V=20.35 i

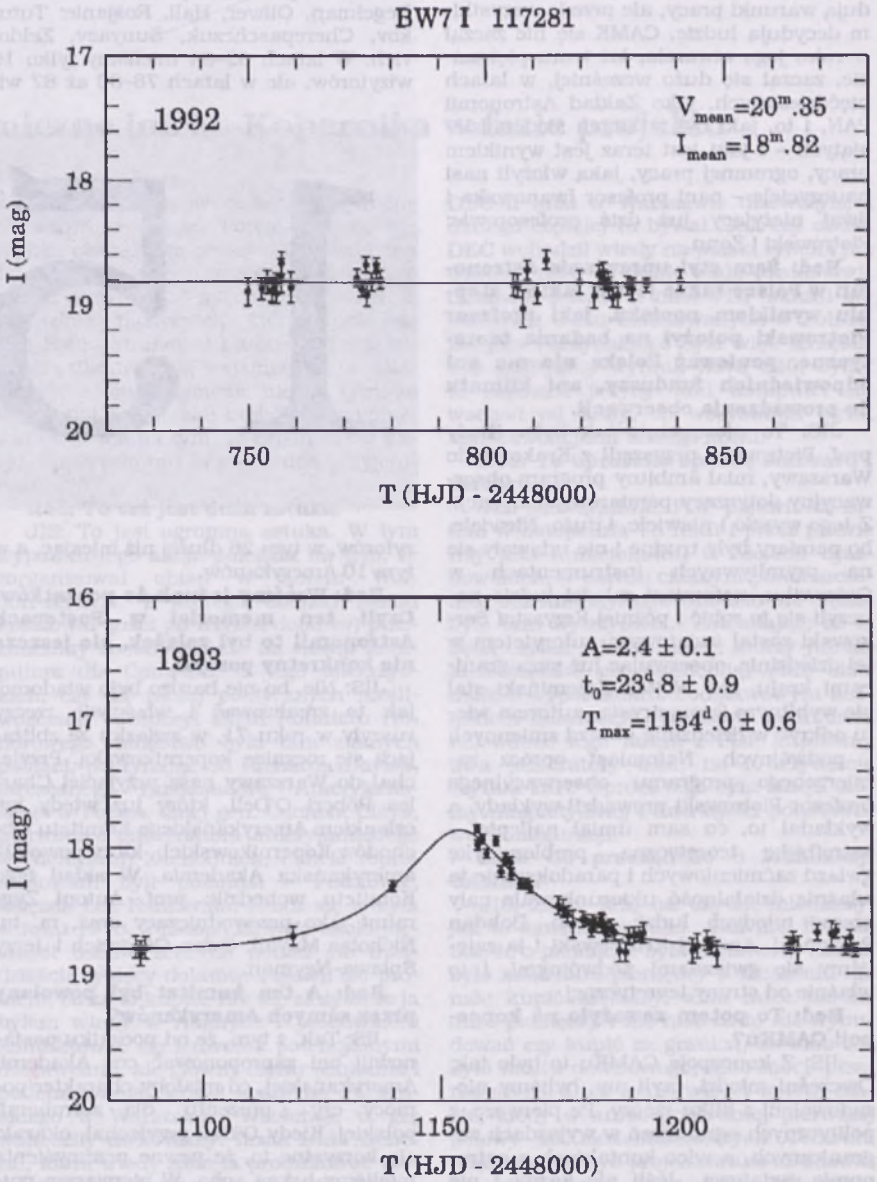
I=18.82. Krzywa zmian blasku podczas pojaśnienia jest symetryczna względem momentu maksimum zjawiska, gwiazda na początku sezonu 1993 miała jasność dokładnie taką jak w roku 1992 i powróciła do tego blasku po pojaśnieniu w sierpniu 1993. Zmiany jasności idealnie pasują do teoretycznie przewidzianych dla mikrosoczewki. Część rosnąca krzywej jest dość słabo pokryta obserwacjami ze względu na ograniczony dostęp do teleskopu i wyjątkowo złą pogodę w tym okresie. Jednak gwiazda jest na tyle dobrze odseparowana od okolicznych gwiazd, że jej fotometria jest dobrej jakości i punkty na tej części krzywej są godne zaufania. Niestety, ze względu na konieczność obserwacji dużej liczby obiektów zrezygnowano z równie częstego monitorowania pól w innej barwie, świadomie rezygnując z testowania achromatyczności zjawiska. Jednym z czynników decydujących był tu fakt, że duże poczerwienienie Centrum Galaktyki powoduje małą dokładność pomiarów wskaźnika barwy dla typowych obiektów z tych obszarów.

Choć cechy fotometryczne obiektu BW7 I 117281 wskazują z dużym prawdopodobieństwem, że gwiazda ta była mikrosoczewkowana przez niewidoczny obiekt, należy pamiętać, że jest to jednak tylko kandydat na mikrosoczewkę. Jeśli w ciągu najbliższych lat blask gwiazdy będzie utrzymywał się na poziomie z 1992 roku nasze przekonanie, że obserwowaliśmy zjawisko mikrosoczewkowania potwierdzi się. Jeśli pojaśnienie powtórzy się, będzie to oznaczać, że najprawdopodobniej obserwowane zjawisko nie jest efektem mikrosoczewkowania, bowiem prawdopodobieństwo jego powtórzenia się dla tego samego obiektu jest praktycznie równe zeru.

Nie można oczywiście wykluczyć, że BW7 I 117281 to przedstawicielka jakiejś nowej klasy gwiazd zmiennych. Jednak fakt, że wśród ponad miliona gwiazd zarejestrowano zaledwie jeden taki obiekt świadczy o tym, że musiałby to być bardzo rzadki rodzaj zmienności, co jest mało prawdopodobne. Z pewnością cenne byłoby uzyskanie widma gwiazdy co mogłoby rozstrzygnąć tę wątpliwość. Położenie gwiazdy na diagramie kolor–jasność wskazuje, że mamy do czynienia z typową gwiazdą z Centrum Galaktyki położoną na tzw. punkcie odejścia (turn–off) ciągu głównego.

Zakładając, że obserwowane pojaśnienie gwiazdy BW7 I 117281 wywołane było zjawiskiem mikrosoczewkowania można pokusić się o ocenę masy ciała soczewkującego. Znając czas trwania pojaśnienia można, przy pewnych założeniach teoretycznych, oszacować masę obiektu soczewkującego na 0.3 $M_\odot$. Byłaby to więc małomasywna gwiazda późnego typu widmowego M.

Niemal jednocześnie o odkryciach kandydatów na zjawiska mikrosoczewkowania poinformowały inne grupy prowadzące obserwacje w kierunku Wielkiego Obłoku Magellana. Wydaje się więc, że nowoczesna technika oraz specjalistyczne oprogramowanie umożliwiają rejestrację i identyfikację zjawiska mikrosoczewkowania. Astronomowie mają więc w ręku potężne narzędzie do studiowania ciemnej, niewidocznej materii. Aby jednak móc wyciągać bardziej ogólne wnioski dotyczące jej struktury konieczne będzie zarejestrowanie kilkudziesięciu czy nawet kilkuset zjawisk tego typu. Dużym krokiem naprzód dla projektu OGLE będzie uruchomienie pod koniec 1994 roku polskiego teleskopu fotometrycznego w obserwatorium Las Campanas, który przeznaczony będzie m.in. do długofalowego programu poszukiwania zjawisk mikrosoczewkowania. Teleskop ten umożliwi obserwacje kilkunastokrotnie większej liczby gwiazd, co pozwoli na znacznie częstsze rejestrowanie mikrosoczewek.



Rys. 2 Krzywa blasku BW7 I 117281 w roku 1992 (brak zmienności) i w roku 1993. Regularne, symetryczne pojaśnienie widoczne na dolnym wykresie ma dokładnie taki kształt, jakiego spodziewamy się w przypadku zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego.

CENTRUM ASTRONOMICZNE im. M. KOPERNIKA

Można napisać historię powstania CAMKu. Zamiast tego proponujemy Państwu rozmowę z profesorem Józefem Smakiem – pierwszym Dyrektorem CAMKu, a przede wszystkim człowiekiem, którego energii i wytrwałości instytucja ta zawdzięcza w sporej mierze swoje istnienie, i dla którego CAMK stanowi sporą część jego życia.

Red: Ponieważ mamy mówić o początkach CAMKu, to próbowałam w swojej wyobraźni sięgnąć możliwie najdalej, do korzeni. Mnie się wydawało, że CAMK w jakimś sensie wyniknął z tego, w jaki sposób prof. Piotrowski patrzył na uprawianie astronomii w Polsce. Czy Pan by się z tym zgodził?

JIS: Niewątpliwie tak, i wspomniałbym to, nawet gdyby Pani nie zadała tego pytania. Bo jest tak, że o tym, jaka jest instytucja, decydują instrumenty, decydują warunki pracy, ale przede wszystkim decydują ludzie. CAMK się nie zaczął w roku jego otwarcia, lat temu piętnaście, zaczął się dużo wcześniej, w latach pięćdziesiątych, jako Zakład Astronomii PAN, i to, jaki był w latach siedemdziesiątych – i jaki jest teraz jest wynikiem pracy, ogromnej pracy, jaką włożyli nasi nauczyciele – pani profesor Iwanowska i dwaj nieżyjący już dziś profesorowie: Piotrowski i Zonn.

Red: Sam styl uprawiania astronomii w Polsce także jest w jakimś stopniu wynikiem nacisku, jaki profesor Piotrowski położył na badania teoretyczne, ponieważ Polska nie ma ani odpowiednich funduszy, ani klimatu do prowadzenia obserwacji.

JIS: To niezupełnie tak było. Kiedy prof. Piotrowski przyszedł z Krakowa do Warszawy, miał ambitny program obserwacyjny dotyczący pomiarów polaryzacji. Z tego wyszło i niewiele, i dużo. Niewiele, bo pomiary były trudne i nie udawały się na prymitywnych instrumentach w Ostrowiku, natomiast młodzi ludzie nauczyli się to robić i później Krzysztof Serkowski został światowym autorytetem w tej dziedzinie, obserwując już poza granicami kraju, zaś Wojtek Krzemiński stał się wybitnym fotometrystą, autorem wielu odkryć w dziedzinie gwiazd zmiennych i podwójnych. Natomiast oprócz zamierzonego programu obserwacyjnego profesor Piotrowski prowadził wykłady, a wykładał to, co sam umiał najlepiej – astrofizykę teoretyczną, problematykę gwiazd zaćmieniowych i paradoksalnie ta właśnie działalność ukierunkowała cały szereg młodych ludzi: m. in. Bohdan Paczyński, Andrzej Kruszewski i ja zajęliśmy się gwiazdami podwójnymi, i to właśnie od strony teoretycznej.

Red: To potem zaważyło na koncepcji CAMKu?

JIS: Z koncepcją CAMKu to było tak. Ówcześni młodzi, czyli my, byliśmy niezadowoleni z kilku rzeczy. Po pierwsze, z politycznych ograniczeń w wyjazdach zagranicznych, a więc kontaktach z astronomią światową. Jeśli nie każdy i nie często może wyjechać, to może zrobilibyśmy coś takiego, żeby do nas ludzie przyjeżdżali. To oznacza warunki do pracy i warunki bytowe, stąd więc częścią składową tego budynku miał być jakiś hotelik. Po drugie, ważne wydawało się nam ożywienie kontaktów między ośrodkami, i tu znów problemy lokalowe stały na przeszkodzie. Te różne przemyślenia myśmy z Paczyńskim zawarli w artykule do Postępów Astronomii w roku 1970. I wreszcie trzecia rzecz to próba zrobienia nad Wisłą miejsca spotkań ludzi ze wschodu i z Zachodu. To był początek lat siedemdziesiątych, gierkowskie otwarcie Polski na zachód. Dla naszych znajomych Rosjan, Estończyków czy Ormian wyjazd dalej na zachód niż do Warszawy był często niemożliwy. Ale akurat ten element nigdy specjalnie nie zaowocował.

Red: Było jednak parę konferencji bloku wschodniego...

JIS: No tak, w ciągu pierwszych trzech lat (bo potem nastąpił stan wojenny) przyjeżdżali ludzie – i ci ze wschodu, i z zachodu. Sporo Amerykanów: Tremaine, Begelman, Oliwer, Hall. Rosjanie: Tutukov, Cherepaschczuk, Sunyaev, Zeldovich. W latach 82–84 mieliśmy tylko 16 wizytorów, ale w latach 78–80 aż 87 wizytorów, w tym 26 dłużej niż miesiąc, a w tym 10 Amerykanów.

15 lat minęło jak jeden dzień...

Red: Wróćmy jednak do początków. Czyli ten memoriał w Postępach Astronomii to był zalążek, ale jeszcze nie konkretny pomysł.

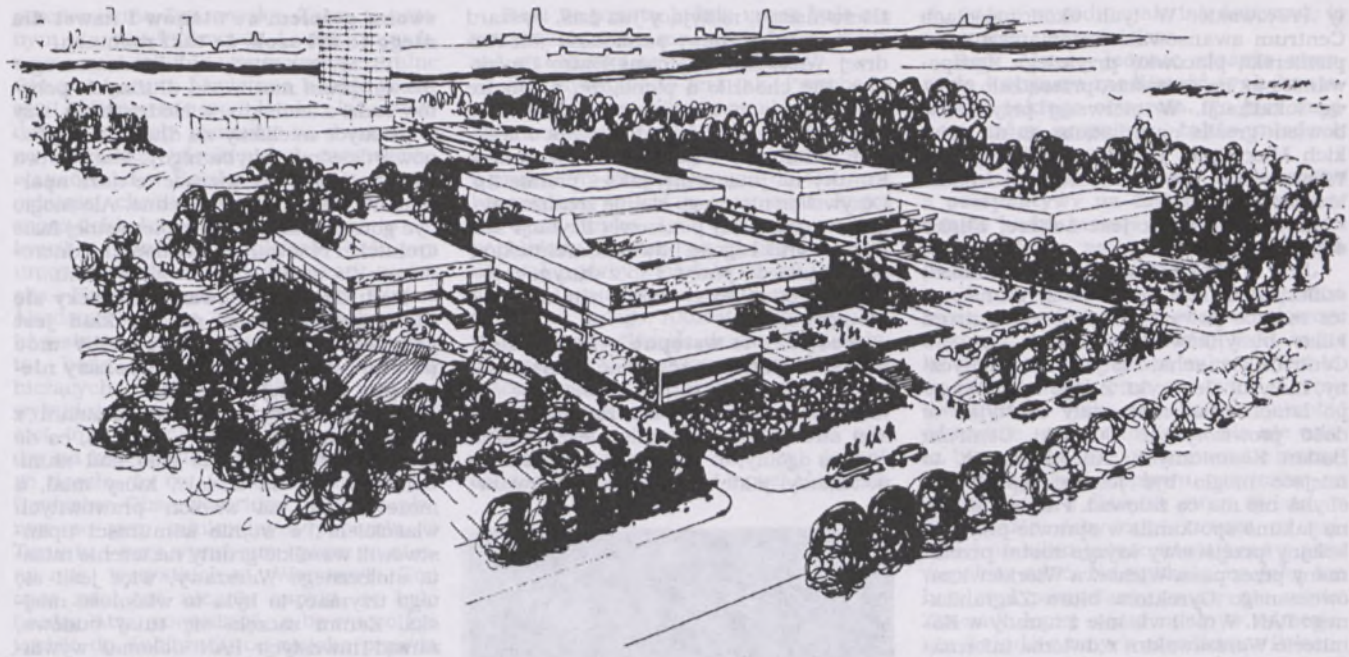
JIS: Nie, bo nie bardzo było wiadomo, jak to zrealizować i właściwie rzeczy ruszyły w roku 71, w związku ze zbliżającą się rocznicą kopernikowską. Przyjechał do Warszawy nasz przyjaciel Charles Robert O'Dell, który już wtedy był członkiem Amerykańskiego Komitetu Obchodów Kopernikowskich, który powołała amerykańska Akademia. W skład tego Komitetu wchodzili: prof. Antoni Zygmunt jako przewodniczący oraz, m. in. Nicholas Mayall, Owen Gingerich i Jerzy Spława-Neyman.

Red: A ten komitet był powołany przez samych Amerykanów?

JIS: Tak, z tym, że od początku postanowili oni zaproponować coś Akademii Amerykańskiej, co miałoby charakter pomocy czy prezentu dla astronomii polskiej. Kiedy O'Dell przyjechał, okazało się korzystne to, że pewne przemyślenia mieliśmy już za sobą. W pierwszym rzucie w rozmowach z nim, w których uczestniczyła cała gromada astronomów ze wszystkich ośrodków – i z Wrocławia, i z Torunia, i z Krakowa – na pierwszy plan wysunął się komputer. To była wtedy bolączka, w Warszawie dostęp mieliśmy jedynie do starzejącego się Giera. Cybera w Świerku jeszcze wtedy nie było, pojawił się dopiero dwa albo trzy lata później. Pomysł komputera był o tyle dobry, że dawał się łatwo sformułować: chcemy mieć jakiś nowoczesny, przyzwoity komputer, który by część przynajmniej potrzeb zaspokajał na miejscu. Tu od razu pojawił się problem pieniędzy – skąd wziąć prawdziwe zielone dolary na jego zakup. Równolegle sprawa budowy jakiegoś gmachu, który nam się wydawał ważny, też była dyskutowana i wyglądała nieco łatwiej, bo w tym wypadku chodziło o złotówki.

Red: Czy można powiedzieć kto, tak personalnie, wysunął pomysł budowy Centrum?

JIS: To się właściwie nasuwało, już nie pamiętam nawet, jak to było. Wiem tylko, że gros rozmów toczyło się jednak zdecydowanie wokół komputera. Natomiast szansa na budynek wzięła się stąd, że Polska od niepamiętnych czasów była zadłużona, istniały tak zwane złotówki zbożowe, które Amerykanie, anulując kawałkami zadłużenie Polski, przeznaczali na rzeczy w Polsce. W takich okolicznościach, nieco wcześniej, został zbudowany szpital (chyba dziecięcy) w Krakowie, i na takiej też zasadzie zaczynał funkcjonować Fundusz Marii Curie-Skłodowskiej, choć w grę wchodziły oczywiście mniejsze pieniądze. W przypadku Centrum mowa była o sumie rzędu miliona dolarów i nie było oczywiste, jak się to wszystko znajdzie. Niewątpliwie osobą najważ- niejszą po stronie amerykańskiej był wymieniony już przeze mnie O'Dell, który działał dwutorowo. Po pierwsze, przez swoje kontakty... Tu muszę zrobić jednak przerywnik. W początku lat siedemdziesiątych był on profesorem University of Chicago i Dyrektorem Obserwatorium Yerkesa i zaraz potem został w NASA Project Scientist dla Teleskopu Kosmicznego. Pełnił tę funkcję przez cały okres budowy aż do ukończenia. Dzięki temu był blisko notabli w Waszyngtonie, także kongresmanów, ponieważ zabiegać musiał o pieniądze dla NASA. No i szczęśliwym zbiegiem okoliczności tak było, że Kongres wcześniej upoważnił rząd amerykański do wydania takich dolarów z zadłużenia dla Jugosławii – była to suma milion czterysta tysięcy dolarów. Z jakichś powodów Jugosłowianie nie byli w stanie tego „skonsu-



Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika w fazie projektu

mować" i wobec tego bez dodatkowej uchwały Kongresu, co oznaczałoby stratę czasu, ta cała suma została skierowana do wydania na cele polskie, czyli na budowę CAMK. W wyniku tego zbiegu okoliczności już w maju 1971 roku pojawił się w Warszawie Prezes Akademii Amerykańskiej profesor Handler z konkretną ofertą, że Akademia Amerykańska chce przeznaczyć pieniądze na budowę obiektu tego typu.

Red: Już wtedy wymieniona była kwota?

JIS: Nie pamiętam. W każdym razie, ze względu na panujący wówczas okres otwarcia na zachód, Polskiej Akademii Nauk nie pozostawało nic innego jak tylko przyjąć obiecany prezent z zadowoleniem. Nie obeszło się jednak też i bez wyższej polityki. Również w maju był w Warszawie Nixon, ówczesny Prezydent USA, i żeby coś się konkretnego pojawiło w protokole o rozmowach w duchu wzajemnej sympatii i zrozumienia, wstawiono taki zapis, że obydwie strony wyraziły zainteresowanie w uczczeniu rocznicy urodzin Kopernika i ustaliły sposoby tych obchodów. W praktyce oznaczało to dwa prezenty: Polska podarowała miastu Chicago kopię pomnika Kopernika, a Ameryka podarowała Polsce właśnie te pieniądze na budowę CAMKu. To był ten niesłychany zbieg wielu okoliczności.

Red: Ważna jest jednak nie tylko szansa, ale i umiejętność jej wykorzystania...

JIS: Znacznie zabawniej było z komputerem. Żadnych pieniędzy na widoku nie było. I wtedy O'Dell znalazł milionera–filantropa, który nazywa się (jeśli żyje) lub nazywał się (jeśli już nie żyje) Albert Baer. Był to fabrykant scyzoryków i noży, na wielką skalę. Miał w związku z tym zwyczaj przedstawiania się nie za pomocą wizytówek, a za pomocą swoich produktów. Kiedy go poznałem, a było to w Akademii u profesora Orłowskiego, ówczesnego zastępcy sekretarza Akademii, pan Baer wszedł i każdemu z nas wręczył po garści scyzoryków, co wywołało trochę mieszane wrażenie. Potem jednak się szybko okazało, że profesor Orłowski zna z autopsji cały szereg przedsięwzięć i amerykańskich, i międzynarodowych w dziedzinie medycyny, którym właśnie pan Baer patronował i które swą działalnością filantropijną wspomagał. Ta działalność polegała głównie nie na tym, że wyjmował książeczkę czekową i wypisywał czek, ale na tym, że organizował akcje. Sprawiało mu to ewidentną przyjemność.

Red: To też jest duża sztuka.

JIS: To jest ogromna sztuka. W tym wypadku jego akcja polegała na tym, że zorganizował obiad w hotelu Waldorf–Astoria, z którego dochód (obiad kosztował gości po trzysta dolarów) przeznaczony został właśnie na zakup komputera dla Centrum. O jego towarzyskich, czy też raczej politycznych możliwościach świadczył skład Komitetu Honorowego. Mnóstwo było tam znanych postaci, poczynając od Richarda Davisa, ówczesnego Ambasadora Amerykańskiego w Polsce, dalej gen. Luciusa Claya, pierwszego gubernatora amerykańskiego w Niemczech Zachodnich, obficie reprezentowani byli polonusi – Piszkowie, księżna Lee Radziwiłł... Rzecz się odbyła w roku 1973, 2 listopada. Było około pięciuset osób i zebrano ponad sto dwadzieścia tysięcy dolarów. Pojawił się problem, co za to kupić. Tak się złożyło, że ja byłem wtedy w Ameryce i próbowałem kontaktować się z dwoma potencjalnymi dostawcami, ale główny ciężar szukania i podejmowania decyzji spadł na Paczyńskiego w Warszawie. Właściwie w grę wchodziły dwie firmy: firma Data General, która wtedy zaczęła produkować model NOVA 840 oraz firma Digital Equipment Corporation z PDP 11/45. To były porównywalnej klasy mikrokomputery mniej więcej w tej samej cenie. O wyborze PDP zadecydowała większa operatywność przedstawiciela formy DEC. Paczyński twierdził, że Przedstawiciel DEC–u miał w Warszawie dziewczynę i dlatego częściej tu bywał. Tak czy owak, DEC wchodził wtedy na polski rynek i już wkrótce miał tu swoje stałe przedstawicielstwo, serwis, a nasz PDP okazał się jednym z wielu instalowanych w Polsce. Decyzja Paczyńskiego była więc szczęśliwa; gdybyśmy wybrali Novą 840, byłby to zapewne jedyny taki komputer na wschód od Łaby, ze wszystkimi złymi konsekwencjami takiego faktu.

Red: To uprościło sprawę softwaru i serwisu.

JIS: Niewątpliwie. PDP pojawił się zatem w listopadzie 75 roku i przez prawie trzy lata funkcjonował w Alejach Ujazdowskich, w bardzo ciasnym pomieszczeniu, bez klimatyzacji. Chodził, ale ciężko było tam wytrzymać... Zakładając, że to będą czytać młodzi ludzie, którzy już takich czasów nie pamiętają, parę słów może o wyposażeniu. Podstawowym nośnikiem informacji były karty perforowane, wobec tego razem z PDP kupiliśmy dwa perforatory IBM, no i oczywiście czytnik kart. Oprócz tego była stacja taśmy magnetycznej i dwa dyski podstawowej konfiguracji.

Red: Co przesądziło o lokalizacji CAMKu?

JIS: Znów tak, na użytek młodzieży, jak to dawniej bywało... Dawniej bywało tak, że o pieniądze było najłatwiej, można było mieć dużo pieniędzy w kieszeni i nie móc kupić kiełbasy, albo mieć bardzo dużo pieniędzy i nie móc za to nic wybudować czy kupić za granicą, bo albo nie było limitu dewizowego, albo mocy przerobowych. Otóż mniej więcej w tym czasie, kiedy w aurze politycznej pierwszej połowy lat siedemdziesiątych Centrum miało zacząć być projektowane i budowane, ktoś, chyba Kępa, który był wtedy pierwszym Sekretarzem Komitetu Warszawskiego, wymyślił Warszawskie Zgrupowanie Naukowe. Na terenie Siekierek miano wybudować taki super kampus, gdzie znalazłyby miejsce, w części przynajmniej, uczelnie warszawskie i instytu-

ty PANowskie. W tych okolicznościach Centrum awansowało automatycznie na pionierską placówkę przyszłego Zgrupowania i to, na szczęście, przesądziło sprawę lokalizacji. W pierwszej przymiarce bowiem groziła nam lokalizacja na dalekich Młocinach, potem gdzieś przy Alei Wilanowskiej, na terenie zupełnie nieuzbrojonym.

Red: Tu jednak jest dobrze, blisko centrum miasta.

JIS: A więc Siekierki. I architekci, szkicując CAMK na planach zaznaczali też mające powstać w pobliżu Centrum kilka budynków PANowskich, m. in. Centrum Banacha, Instytut Matematyczny, Instytut Geofizyki. Z tego wszystkiego po latach zmaterializowały się tylko te dość prowizoryczne budynki Centrum Badań Kosmicznych. Anegdotycznie, to miejsce mogło być jeszcze lepsze, ale chyba nie ma co żałować. Pamiętam, jak na jakimś spotkaniu w sprawie projektu kolejny przejściowy kryzys został przełamany przez pana Wiesława Wiórkiewicza, ówczesnego Dyrektora biura Zagranicznego PAN. Wrócił właśnie z narady w Komitecie Warszawskim z dwiema informacjami: po pierwsze, Centrum trzeba szybko robić, budowę zacząć nawet bez dokumentacji, dokumentacja będzie spływać na bieżąco, a po drugie, że na razie trzeba projektować nie wiedząc, gdzie to będzie, miejsce się na pewno znajdzie, towarzysz Kępa powiedział, że jeżeli trzeba będzie, to wytniemy drzewa w łazienkach i tam Centrum postawimy.

Red: O wszystkim decydowała waga polityczna problemu.

JIS: Budowie, a właściwie początkom budowy bardzo pomógł kongres Międzynarodowej Unii Astronomicznej, który odbył się we wrześniu 73 roku, kiedy to przygotowania do budowy były już w toku, ale był problem wykonawców. Wykorzystałem więc do tego celu profesora Goldberga, ówczesnego Prezydenta Unii, wprowadzając go w te wszystkie rzeczy. Przy okazji otwarcia Unii i spotkania z Jaroszewiczem Goldberg go zaatakował w związku z opóźnieniami w budowie. Dzięki temu Jaroszewicz kazał Majewskiemu, prezydentowi Warszawy, żeby coś przerzucił z mieszkaniówki na budowę Centrum, bo Centrum jest też ważne. Tak się stało. Kombinat Budownictwa Miejskiego Warszawa-Południe tu się zjawił, zaczął w błyskawicznym tempie kopać doły, pozorować jakieś fundamenty i dwa tygodnie później możliwe było wmurowanie kamienia węgielnego. Nawiasem mówiąc, było to równo dwadzieścia lat temu, a więc też okrągła rocznica. No ale Kongres się skończył, kamień wmurowano i wykonawca zniknął. Następny pojawił się dopiero po roku. Wznowienie wysiłków w kierunku budowy jest zasługą inżyniera Andrzeja Woszczaka, który z ramienia Akademii prowadził tę inwestycję. Znalazł przedsiębiorstwo w Bydgoszczy, a skusił dyrektorów tego przedsiębiorstwa obietnicą wycieczki do Ameryki, wkalkulowanej w koszta budowy. No i potem powoli, powoli – bo w sumie rzecz trwała pięć lat – to przedsiębiorstwo bydgoskie budynek nam postawiło. Nie najgorzej. Godzi się przypomnieć, że dyrektorem przedsiębiorstwa był wtedy Witold Jaszewski, zaś kierownikiem budowy – mistrz Mazguła.

Red: Kto projektował?

JIS: Projektowało ten budynek małżeństwo architektów: Barbara Dąbska-Czerwińska i, nieżyjący już dziś, Ryszard Czerwiński. I znów, pamiętam, jak Andrzej Woszczak kaptował Biuro Projektów. Nie chodziło o pieniądze, pieniądze były, tylko o to, że moce przerobowe i co kto z tego będzie miał... Woszczak obiecywał Niderlandy – jakiś lokal w Pałacu Kultury na pracownię, jakieś premie itp. Oczywiście nic z tego się nie zrealizowało, ale w ramach tej pokerowej licytacji szef Biura wyraził zgodę i dwójka architektów przystąpiła do pracy, i to z dużym zapałem, bo mieli do zrobienia wreszcie coś nietypowego.

Red: Czy te wstępne projekty można było oglądać, poprawiać, zmieniać?

JIS: Wszystko to było robione w ogromnym pośpiechu i bez żadnego z naszej strony doświadczenia. Jeżeli chodzi o zarys ogólny, to myśmy to wiedzieli i to podaliśmy: jakie duże mają być pracownie, jaka biblioteka..., że w sali komputerowej musi być podwójna podłoga itp. Natomiast w odniesieniu do wielu szczegółów, i to niebłachych, uzgodnienia były robione na bieżąco. Wojtek Dziembowski z dzieckiem w wózku często uzgadniał, Wojtek Krzemiński uzgadniał i tak to się posuwało. Na przykład już w trakcie końcowej fazy projektu cały projekt został odwrócony, ponieważ pierwotnie biblioteka i hotel miały być z drugiej strony, nie z zachodniej, a ze wschodniej, ale myśmy się właśnie dowiedzieli, że tuż obok, ulicą Rodzynkową będzie szła wielka trasa szybkiego ruchu na tak zwany Most Siekierkowski, który pewnie ciągle jest gdzieś w planach rozwoju Warszawy, no i spodziewając się ogromnego hałasu uznaliśmy odwrócenie budynku i osłonięcie biblioteki oraz części hotelowej od hałasu za niezbędne.

Wmurowanie kamienia węgielnego

Red: Ogólnie projekt jest bardzo udany, choć pamiętam, że na początku, jak tylko wprowadziliśmy się, było trochę narzekania.

JIS: Zwykle bardziej się zwraca uwagę na usterki.

Red: Może hotel jest trochę ze zbyt dużym rozmachem zrobiony. Te duże apartamenty są w sumie mało przydatne. Pamiętam, że kiedyś mieszkałam w takim dużym apartamencie ze swoim gościem ze Stanów i nawet dla niego to był szok, że taki rozmach.

JIS: Myśmy wtedy byli bardzo zasugerowani przez możliwość dłuższych pobytów ludzi z zachodu, wielodzietnych. Czy w praktyce mieliśmy na dłużej Amerykanów z dziećmi – chyba nigdy. Małżeństwa bywały. Może rzeczywiście te duże apartamenty nie są tak potrzebne. Ale mogło być gorzej. Mianowicie w pierwotnej fazie architekci rysowali nawet domki jednorodzinne dla tych wizytorów zza oceanu...

Red: Część planowanych rzeczy się nie przydała. Dach na przykład jest posypany żwirkiem po to, żeby móc po nim chodzić i urządzać pokazy nieba, a to ma miejsce rzadko.

JIS: Z rzeczy, które wspominam z mieszanymi uczuciami... Jest coś, co do pewnego stopnia wciąż wisi nad nami. Centrum stoi na terenie, który miał, a może nadal ma swoich prawowitych właścicieli. Po wojnie komuniści upaństwowili wszelkie grunty na terenie miasta stołecznego Warszawy, więc jeśli się tego trzymać, to była to własność miejska. Zanim zaczęła się tutaj budowa, zarząd inwestycji PAN dokonał wywłaszczenia, wypłacając podobno dość duże, jak na ówczesne przepisy i możliwości, odszkodowania tym, którzy mieli tu swoje grządki i uprawiali warzywa. Pieniądze to jednak nie wszystko. Byłem świadkiem, jak w trakcie rozmów i uzgodnień z poprzednimi użytkownikami wyszedł staruszek, wyjął zza pazuchy pożółkły dokument, powiedział: „Ja tą ziemię dostałem od Naczelnika Państwa za to, że Polski przed bolszewikiem broniłem".

Red: Wracając jeszcze do strony finansowej. Czy pieniądze właściwie były tylko amerykańskie, czy Akademia coś dołożyła?

JIS: Formalnie to było tak. Milion czterysta tysięcy dolarów zostało zamienionych na złotówki według jednego z wielu kursów, około 24 zł za dolar, z tego zrobiło się trzydzieści milionów i tyle miała ta budowa kosztować. Budowa się wlokła, co znakomicie podwyższało koszty, no i w efekcie drugie trzydzieści milionów Akademia dopłaciła. Z drugiej strony, gdyby kwotę dolarową przeliczyć na złotówki według kursu PKO, to wyszłoby jakieś sto milionów złotych, tak że trudno właściwie rzecz jednoznacznie rozstrzygnąć.

Red: W sumie jednak trzeba powiedzieć, że czas, jaki minął od pierwszego pomysłu do realizacji był bardzo krótki i wszystko poszło bardzo sprawnie, jak na tamte czasy. Oczywiście głównie jest to Pana zasługą.

JIS: Na przestrzeni tych lat było w to włączone całe grono ludzi z naszej strony. Wymieniani już: Wojtek Dziembowski, Wojtek Krzemiński, Bohdan Paczyński, nieżyjący już Jurek Stodółkiewicz. Natomiast jedną rzecz chciałbym podkreślić. W ciągu tych kilku lat, kiedy to wszystko trwało, kiedy mnie z trudem starczało czasu, aby się interesować młodymi, moim kolegom na szczęście czasu na to wystarczyło i równolegle w tych latach pojawili się i rośli młodzi ludzie, jak na przykład szanowna Pani.

Red: Przedsięwzięcie to wymagało wiele pracy, wiele wysiłku. Skąd tyle energii i determinacji?

JIS: Skoro o psychologii mowa, to wróćmy jeszcze raz do początków. U zarania była poniekąd frustracja, czy nawet kompleks winy. Albowiem pokolenie

przedwojenne, Iwanowska, Zonn, w pewnym stopniu Piotrowski i wielu innych, wymarzyło sobie tuż po wojnie Centralne Obserwatorium. I było ono bliskie finalizacji. Mianowicie pod koniec lat sześćdziesiątych były pieniądze na dwumetrowy teleskop, teleskop był zamówiony, stanąć miał w Belsku pod Grójcem, i w ostatniej chwili, przyznam się, że nie znam dokładnie okoliczności, ktoś to odkręcił i kontrakt anulował. Ileś tam umownych pieniędzy Polska kary zapłaciła. Podejrzewam, że zrobił to ktoś z Akademii wiedząc, że jeżeli się taką dużą inwestycję sprawi astronomom, to potem to będą konkurenci do pieniędzy bieżących. Bo zwykle tak jest: jeśli się wybuduje teleskop, czy reaktor, i on już stoi, to potem nie sposób nie dać pieniędzy na korzystanie z niego. Zanim do tego doszło, to ów 2-metrowy teleskop i Centralne Obserwatorium zostały zaplanowane przy minimalnym poparciu w Toruniu i przy wyraźnym oporze ze strony nas wszystkich w Warszawie. Ten opór miał ten niemiły aspekt, że było bardzo łatwo powiedzieć, „a bo wy wolicie jeździć do Kalifornii", co niejako prawdą było, choć to nie był główny powód. Tak więc nam było głupio, że myśmy tego nie chcieli. Niewielkim pocieszeniem było, że wreszcie rzecz została skreślona, i czuliśmy potrzebę wymyślenia czegoś alternatywnego.

Red: Wydaje mi się, że po wojnie, w czasach, kiedy różne techniki rozwijały się bardzo dynamicznie , to akurat w Polsce ludzie, którzy mieli żyłkę do obserwacji, niemal wyłącznie zajmowali się fotometrią. Natomiast kupowanie 2-metrowego teleskopu dla fotometrii niewiele by praktycznie dało. Z tego co czuję, ten projekt był głównie robiony z myślą o spektroskopii, i to mogło być tym czynnikiem zniechęcającym.

JIS: Tak. To, co mnie nastawiało niechętnie do tego teleskopu to m.in. świadomość, jakiej klasy będzie to spektrograf. Nawiasem mówiąc, równolegle do tego były inne pomysły. Wiesław Wiśniewski, obecnie w Arizonie, wysunął wtedy kontrpropozycję: budujmy teleskop w Chile! Jak to pomysły po latach wracają... Była też mowa o tym, że skoro już ma być teleskop, to może by jakoś zdobyć pieniądze na przyzwoity spektrograf. Nie miało to jednak żadnych szans na realizację.

Red: No ale przyzwoity spektrograf w końcu w Polsce jest.

JIS: No właśnie.

Red: A teleskop do niego nie jest przyzwoity. Bo ten spektrograf Richardsona to najwyższej klasy przyrząd.

Red. Ale przy tej pogodzie, jaka jest w Polsce, trudno robić dobre obserwacje.

JIS: Nie zapominajmy, że były czasy, praktycznie do końca dziewiętnastego wieku, kiedy astronomia się rozwijała w miejscach o takim samym klimacie jak Polska. Całe wschodnie wybrzeże, Harvard, cała europejska astronomia.

Red: Rezygnowanie z astronomii obserwacyjnej w danym kraju ma to do siebie, że później ludzie, którzy wyjeżdżają, też nie będą obserwować.

JIS: Prawda. To jest osobny temat do dłuższych rozmów, co zrobić, żeby właśnie ludzie jakiś kontakt z obserwacjami mieli, przynajmniej w czasie studiów.

Red: Po prostu ludzie u nas boją się wszystkiego, co ma jakikolwiek związek z techniką czy technologią.

JIS: Myślę, że to jest tak. Przychodzi chłopak student albo panienka studentka i mówi, że chce pracę magisterską. Nikt z nas nie będzie jej czy jego wysyłał z projektem obserwacyjnym do Ostrowika wiedząc, że jest to puszczanie kogoś na duże ryzyko. I w tym miejscu jest popełniony pierwszy grzech, bo nic by się nie stało, gdyby ktoś taki stracił ileś tam nocy w Ostrowiku, a potem ewentualnie zrobił coś innego. Akurat w Toruniu bywało inaczej, głównie dzięki silnej indywidualności pani Iwanowskiej. Ja osobiście nie żałuję i za siebie, i nawet za kolegów, iluś tam tych nocy, które spędziliśmy w Ostrowiku mierząc tę nieszczęsną polaryzację. Nie jest jednak całkiem źle. Na przykład Paweł Moskalik,

Odczytanie aktu erekcyjnego

wyhodowany na rasowego teoretyka, zajął się obserwacjami. Czyli jak się pojawiły możliwości... Ja jestem pod wrażeniem tego, co wisi na ścianie w Alejach Ujazdowskich. Zestaw krzywych zmian blasku nowo odkrytych obiektów z teleskopu w Chile. (O tym projekcie piszemy w Postępach przyp. Red.) Oby tak dalej. Ale muszę powiedzieć, że półtora czy dwa lata temu byłem wielkim pesymistą, czy im cokolwiek z tego wyjdzie i czy warto się w to pakować. Oczywiście oni są młodzi i jak nie wyjdzie za dwa lata, to wyjdzie za dwanaście. Ale właśnie wychodzi... I nie takim znowu wielkim kosztem.

Red: Wracając jednak raz jeszcze do budowy CAMKu...

JIS: Ja bym chciał, aby się w tym miejscu pojawiła się jedna myśl. Bo nawet teraz, a może zwłaszcza teraz, kiedy ludzie narzekają, że jest brak pieniędzy, zwykle jest tak, że jeśli ktoś pieniądze dostanie, to wydaje w sposób nienajlepszy. Bo na cóż ludzie na ogół wydają? Wydają na sprzęt, ewentualnie na budowę czegoś tam, natomiast stosunkowo mało, bo to jest najtrudniej, wykorzystują te pieniądze dla ludzi, dla rozwoju kadr. Mówię to dlatego, że po latach widzę ten budynek we właściwych proporcjach. To jest miłe, że mamy dużo miejsca, że jest wygodnie, ale tak naprawdę to nie to było najważniejsze.

Red: Ale to jednak właśnie stworzyło i stwarza możliwość tych kontaktów i takiego otwarcia. To jest magnes, który przyciąga, także młodych ludzi do Warszawy.

Red: Spojrzyjmy może teraz trochę z perspektywy na CAMK, nie tylko w sensie budynku, ale w sensie przepisu na ożywienie polskiej astronomii. Na ile ten pomysł się sprawdził?

JIS: Myślę, że to jest tak, że nie można sobie nigdy obiecywać stuprocentowego sukcesu, całkowitej realizacji tego, co się kiedyś wymyśliło. Miarą sukcesu jest to, na ile jest lepiej teraz, niż było lat temu dwadzieścia. Tylko tak. Bo gdyby zrobić odwrotnie, patrzeć na to, co się nie udało, nie wyszło... Nie udało nam się rzeczywiście zapewnić dopływu wizytorów na wielką skalę z różnych stron świata, w tym sensie, żeby mieć zawsze co najmniej po kilku jednocześnie i coś z nimi wspólnie robić. Na tę skalę, na jaką ten hotel był pomyślany, to się nie udało. Znacznie lepiej się to udało w odniesieniu do ludzi z innych ośrodków w Polsce.

Red: Ludzie, do których ktoś chciałby przyjechać, siedzą ciągle za granicą.

JIS: W tej chwili coś, co się zmieniło na korzyść, to to, że za niewielkie pieniądze, jakie mamy w budżecie czy w grantach, możemy dużo szerzej zapraszać ludzi ze wschodu. Jest dobry przykład Aloszy Pamiatnycha. Szczególnie przyjazdy na krótko są całkiem możliwe i ten hotel jest tu assetem. Ale do tego trzeba być samemu na miejscu, w kraju.

Red: Coś, co stosunkowo słabo było wykorzystywane, to możliwość robienia w CAMK konferencji. Salę mamy, zaplecze jest.

JIS: Myślę, że to jest znowu kwestia chęci. Kiedyś było o to łatwiej, bo chęci mogą się brać z dwóch chyba tylko powodów. Powód pierwszy to chęć sprawdzenia się; ja mówię o organizatorze konferencji, są ludzie, którzy to bardzo lubią robić. Powód drugi to potrzeba zobaczenia się z ludźmi. Ponieważ obecnie jest łatwiej po prostu samemu wyjechać, a zorganizowanie konferencji też już nie jest takim wyzwaniem, jak dawniej, to o motywację trudno. Z pewnym żalem, ale jednak nie przewiduję, abyśmy w najbliższych latach mieli jakąś feerię konferencji. Zresztą w ogóle konferencje jako wydarzenie bardzo się zdewaluowały. W czasach mojej młodości były tylko kolokwia w Liege i pierwsze, nieliczne sympozja Unii. I nic więcej. Dziś to jest na zasadzie: skrzykniemy się, i mamy konferencję.

Red: Jest jednak nowy rodzaj konferencji, który zaczyna się przebijać, a mianowicie kameralne spotkania na wąski temat, ale przy interdyscyplinarnym podejściu.

JIS: To może jest nawet i pomysł, konferencja malutka, w niedużym składzie, ludzi niekoniecznie z tej samej dyscypliny, coś, z czego dobrze napisane teksty byłyby szybko wydane. W sumie potrzebny jest ktoś z rozmachem, kto ze względów prestiżowych byłby w stanie rozkręcić taki pomysł, zdobywać pieniądze, zapraszać ludzi...

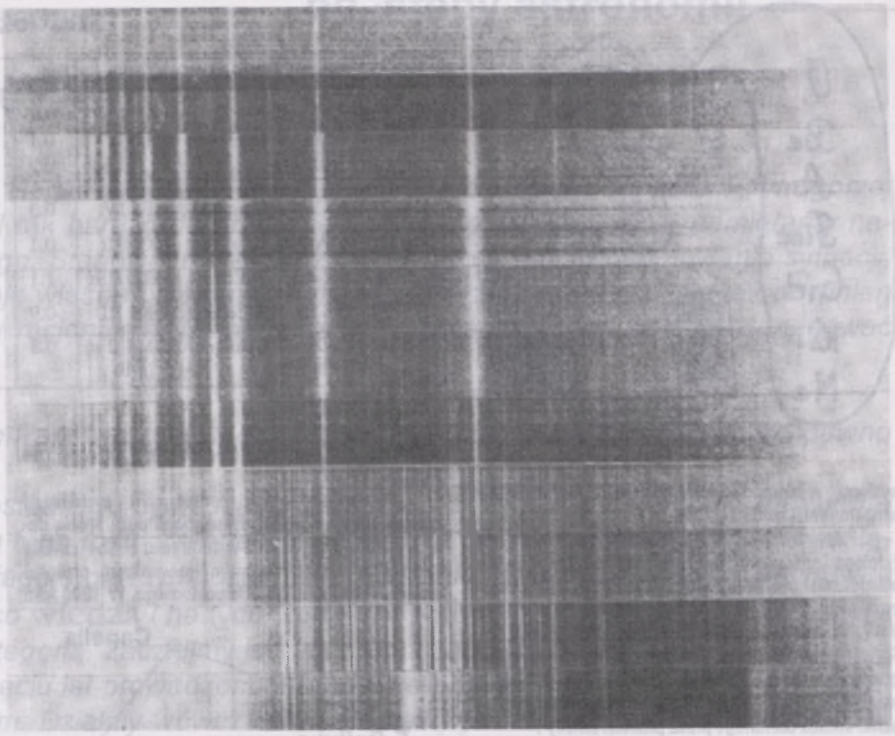
Rozmawiały:
Bożena Czerny
i Joanna Mikołajewska

15 lat minęło jak jeden dzień ...

maj 1978

Uroczystość otwarcia Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika

Astronomia w szkole



Fot. Widma gwiazd ciągu głównego

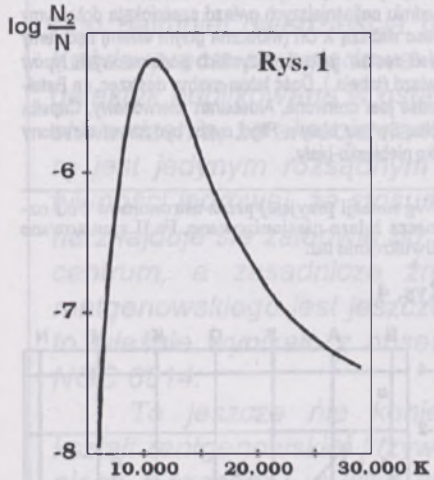
Diagram Hertzsprunga–Russella

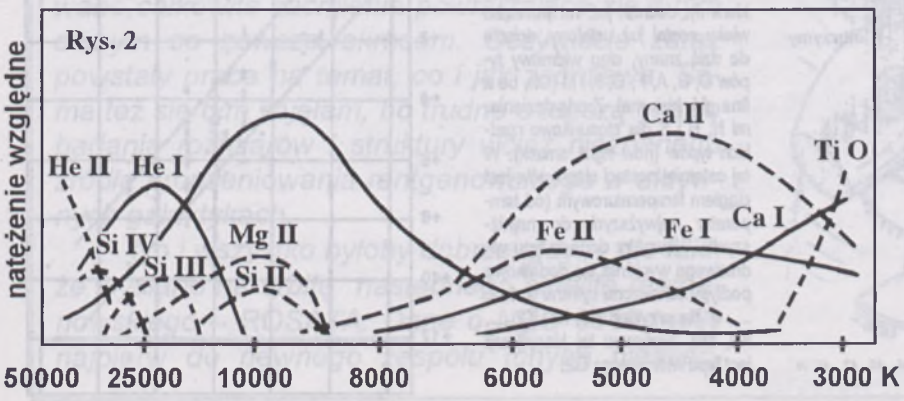
Juliusz Domański

Jeśli badamy liczną klasę obiektów o których wiemy niewiele, bardzo często osiągamy sukces (lub przynajmniej znajdujemy drogę do uzyskania sukcesu) wprowadzając rozsądną systematykę. Przykłady takiego postępowania mamy w wielu naukach przyrodniczych. Wymieńmy dla przykładu układ okresowy pierwiastków Mendelejewa w chemii, klasyfikację Linneusza w naukach biologicznych czy klasy krystalograficzne w mineralogii. Jest rzeczą dość oczywistą, że wprowadzenie systematyki może dać wymierne korzyści tylko wówczas, gdy jej podstawą będą istotne cechy badanych obiektów.

Jedną z pierwszych systematyk wprowadzonych przez astronomów była systematyka (klasyfikacja) gwiazd zapoczątkowana przez E. Hertzsprunga i H. N. Russella (niezależnie) w latach 1905 i 1913. Powszechnie znaną wizualizacją tej systematyki jest wykres (diagram) Hertzsprunga–Russella nazwany dziś krótko diagramem H–R. Systematyka wprowadzona w naukach biologicznych wskazała właściwe podejście do zagadnień pochodzenia i ewolucji życia na Ziemi, podobnie diagram H–R umożliwił astronomom zbliżenie się do zagadnień powstawania gwiazd i ich ewolucji.

Zauważmy jeszcze, że astronomowie mieli w pewnym sensie ułatwione zadanie. W interesującym nas czasie właściwie jedynymi danymi o stanie fizycznym gwiazd, jakimi dysponowali (i to nie zawsze) Hertzsprung i Russell, były typ widmowy i jasność absolutna (moc promieniowania). Dla ścisłości dodajmy, że mieli też bezpośrednie dane o położeniu gwiazdy i (niekiedy) o jej ruchu. Są one dla naszych rozważań mniej istotne i, przynajmniej początkowo, nie zwracano na nie należytej uwagi.





Typ widmowy jest, przynajmniej w przybliżeniu, jednoznaczną funkcją temperatury fotosfery gwiazdy. To zdanie wymaga wyjaśnienia. Tym bardziej, że prawie wszystkie podręczniki fizyki stwierdzają kategorycznie: każdy pierwiastek ma swoje charakterystyczne widmo, badając je możemy określić jakie pierwiastki wchodzą w skład badanego ciała. Jest to oczywiście prawdą, ale nie całą prawdą. Na przykład brak charakterystycznych linii wodorowych w widmie nie musi wynikać z braku wodoru w fotosferze gwiazdy. Może to wynikać z odpowiednio wysokiej lub zbyt niskiej temperatury fotosfery. W pierwszym przypadku wodór może być prawie w całości zjonizowany, w drugim energia promieniowania może być zbyt mała dla wzbudzenia atomu wodoru. Zagadka widm gwiazdowych została ostatecznie wyjaśniona około 1920 roku przez fizyka hinduskiego M. N. Sahę. Zastosowanie do atmosfer gwiazdowych będących w stanie równowagi termodynamicznej prawa jonizacji Sahy łącznie z prawem wzbudzenia (sformułowanym przez L. Boltzmanna około 1880 roku) daje przedstawioną na rysunku 1 krzywą równowagi wzbudzenia i jonizacji dla wodorowych linii serii Balmera. Krzywa przedstawia stosunek liczby atomów N_2 na drugim poziomie energetycznym do całkowitej liczby atomów N jako funkcję temperatury fotosfery. Jak widać, najsilniejsze linie wodorowe

występują w widmach gwiazd posiadających fotosferę o temperaturach rzędu 10000 K.

Popatrzmy jeszcze na rysunek 2 i porównajmy go z fotografiami widm gwiazdowych (fot. 1). Rysunek przedstawia zmiany względnych natężeń linii wybranych pierwiastków w zależności od temperatur fotosfer*). Nic dziwnego, że o sytuacji sprzed 1920 roku W. S. Adams mógł napisać: „Jakże mogliśmy mieć nadzieję zrozumienia zachowania się materii w odległych gwiazdach, skoro wciąż nie znaliśmy zupełnie mechanizmu światła dawanego przez płomień świecy".

Niemal nieodzowne jest posiadanie w szkole dobrych zdjęć (najlepiej przezroczy) przedstawiających widma gwiazdowe różnych typów. Jak widać są to widma ciągłe z bardziej lub mniej licznymi liniami absorpcyjnymi (choć niekiedy spotykamy też linie emisyjne). Źródłem widma ciągłego jest znaczna część fotosfery (niższe warstwy). Jest to głównie promieniowanie rekombinacyjne powstające przy tworzeniu się ujemnych jonów wodorowych a także rekombinacji elektronów z jonami metali i zjonizowanymi atomami wodoru. Widmo to jest ciągłe, podobnie jak ciągły jest rozkład energii swobodnych elektronów (rozkład ten określony jest w pełni przez temperaturę fotosfery). Linie absorpcyjne powstają w górnych, chłodniejszych warstwach fotosfery (warstwa odwracająca).

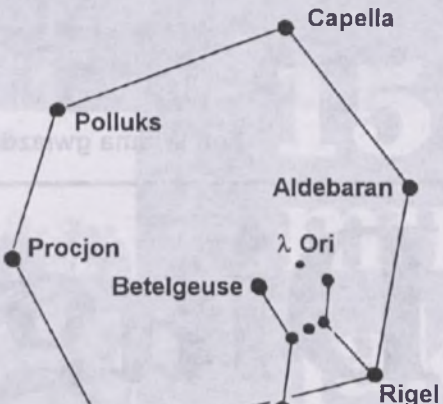
Podobne widmo możemy łatwo pokazać w pracowni szkolnej. Do dość dużej kolby wsypujemy nieco opiłków miedzianych lub pociętego miedzianego drutu i zalewamy kilkunastoma kroplami kwasu azotowego. W krótkim czasie kolba wypełnia się brunatnymi tlenkami azotu. Dobrze uregulowany spektroskop szkolny kierujemy na mleczną (matową) żarówkę. Obserwujemy widmo ciągłe. Między żarówkę a kolimator wstawiamy kolbę wypełnioną tlenkami. W widmie pojawiają się liczne, ciemne linie absorpcyjne. Dobry spektroskop (pozwalający na dostateczne zawężenie szczeliny) pozwala też zaobserwować linie absorpcyjne w widmie Słońca.

Podejmując próby opracowania systematyki Hertzsprunga i Russella dysponowali dużą ilością danych obserwacyjnych. Już w 1886 roku E. C. Pickering zainicjował w Obserwatorium Harwardzkim przegląd widm jasnych gwiazd nieba północnego. W 1890 roku opublikowany został Katalog Drapera widm gwiazdowych zawierających 10351 gwiazd o jasnościach do 8^m. Po dalszych kilkunastu latach w katalogu znalazło się 300000 widm. Przy okazji warto zauważyć, że cała, bez przesady olbrzymia praca nad Katalogiem została wykonana przez jedną osobę, panią A. J. Cannon. Sklasyfikowała ona widma prawie 400000 gwiazd. Widma otrzymywane były początkowo przy pomocy niewielkiego, dwudziestocentymetrowego, astrografu zaopatrzonego w pryzmat obiektywowy. Właśnie ten astrograf, zwany astrografem Drapera znajduje się obecnie w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach pod Toruniem. Drugi, bliźniaczy teleskop pracował na półkuli południowej.

Początkowa klasyfikacja dzieliła gwiazdy na 16 klas oznaczonych od A do Q (za wyjątkiem J). Jednak już na początku wieku został już ustalony, dobrze do dziś znany, ciąg widmowy typów O, B, A, F, G, K i M (Oh, be a fine girl, kiss me). Z odgałęzieniami N, R i S dla stosunkowo rzadkich typów (now right, smack). W tej ostatniej postaci ciąg typów jest ciągiem temperaturowym (od temperatur najwyższych do najniższych). Wewnątrz danego typu widmowego wyróżnia się dodatkowo podtypy oznaczone cyframi 0, 1, 2, ..., 9. Na przykład K0, K1, K2,....., K9, M0. Słońce w tej klasyfikacji jest typu widmowego G2.

Sześciokąt zimowy

HD*)	symbol	nazwa	typ	m_v	T	$L/L_\odot$	$M/M_\odot$	$R/R_\odot$	paralaksa ["]
36861	λ Ori	–	O8 V	3.4	30000	22000	25	10	0.006
34085	β Ori	Rigel	B3 Ia	0.1	18000	55000	50	38	0.003
48915	α CMa	Syriusz	A1 V	-1.5	10000	22.5	2	1.7	0.375
61421	α CMi	Procjon	F5 IV	0.3	6500	7	1.5	1.4	0.288
34029	α Aur	Capella	G5 III	0.1	5500	120	3	8	0.073
62509	β Gem	Polluks	K0 IIIb	1.1	5000	3.5	11	9	0.093
29139	α Tau	Aldebaran	K5 III	0.9	3500	110	4	30	0.048
39801	α Ori	Betelgeuse	M1-2 v Ia-Ib	0.8	3000	9000	30	1200	0.005



Rys. 5

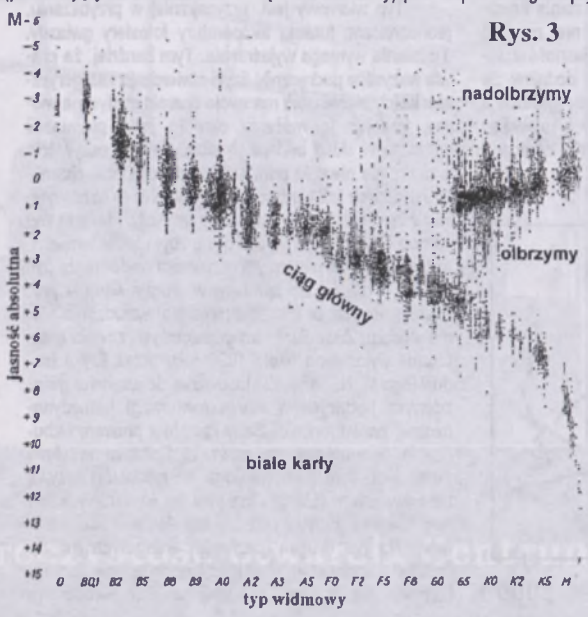
Po naniesieniu na wykres, którego współrzędnymi są jasność absolutna i typ widmowy dostatecznie dużej liczby gwiazd nie rozkładają się one na płaszczyźnie zupełnie chaotycznie, a grupują w ściśle określonych miejscach. Rysunek 3 przedstawia diagram H–R dla wszystkich obserwowanych gwiazd. Ściślej: liczba zaznaczonych na wykresie punktów jest proporcjonalna do liczby obserwowanych gwiazd danego typu i jasności. Warto go porównać z jednym z pierwszych wykresów sporządzonym przez Russella w 1914 roku (rys.4).

Najwięcej gwiazd leży w przybliżeniu wzdłuż przekątnej; zgrupowane tu gwiazdy noszą nazwę gwiazd ciągu głównego. Testem poprawności wykresu były między innymi gwiazdy należące do określonych gromad. Dla tych gwiazd można z dobrą dokładnością założyć jednakową odległość i jeden z parametrów wykresu, jasność absolutną zastąpić jasnością widomą. Jak wiadomo, przy stałej odległości, jasność absolutna różni się od widomej jedynie pewną stałą addytywną $M = m + (5 - 5 \log r)$.

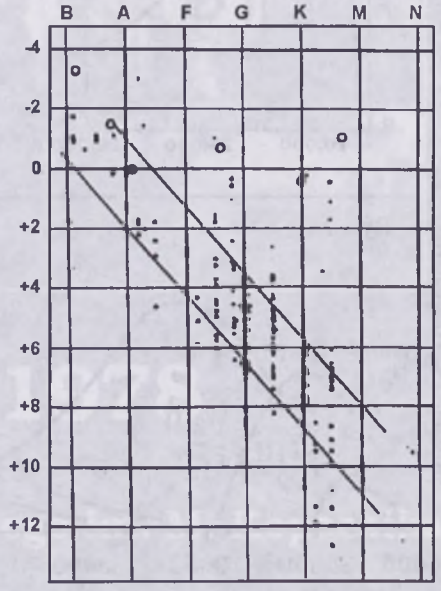
Na początku grudnia po godzinie 22 cały sześciokąt zimowy znajduje się nad horyzontem. Jesteśmy przekonani, że warto pokazać go uczniom, lub przynajmniej udzielić wskazówek do samodzielnej obserwacji. Wystarczą obserwacje gołym okiem choć bardzo przydatna jest niewielka nawet lornetka. Jeśli do siedmiu najjaśniejszych gwiazd sześciokąta dołączymy nieco słabszą λ Ori (widoczna gołym okiem) będziemy mieli zestaw gwiazd wszystkich podstawowych typów gwiazd (tabela). Dość łatwo można dostrzec, że Betelgeuse jest czerwona, Aldebaran czerwonawy, Capella żółta, Syriusz biały a Rigel może być nawet określony jako niebiesko-biały.

*) Wg notacji przyjętej przez astronomów Fe I oznacza żelazo niezjonizowane, Fe II zjonizowane dwukrotnie itd.

Rys. 3



Rys. 4



TEORIA A FAKTY

Gdy obserwacje obaliły teorię Hegla odnośnie komet, obrażony myśliciel powiedział: „tym gorzej dla faktów". Ten zwrot wszedł tak bardzo do potocznej mowy, że zazwyczaj nie pamiętamy nawet, kto to powiedział i dlaczego. Stanowi on dla nas zgrabne i ironiczne podsumowanie sytuacji, w której ktoś podtrzymuje swoje własne przekonania na przekór rzeczywistości. Nie tak powinien postępować człowiek myślący racjonalnie. Najpierw fakty, a potem do nich należy dopasować teorię.

Czy aby na pewno?...

W tym miejscu chciałam Państwu opowiedzieć historię, która działa się nie bardzo dawno temu, ale teraz.

Sprawa była sensacją ostatniego sympozjum Międzynarodowej Unii Astronomicznej, które odbyło się pod koniec sierpnia tego roku w Genewie. Ponieważ oficjalne ogłoszenie afery nastąpiło dopiero w połowie drugiego dnia sympozjum, to wcześniej można było poobserwować podział uczestników na tych, co **wiedzą** *i na tych, co* **nie wiedzą** *i ze zrozumiałych powodów z lekka pogardzano tą drugą kategorią. Zacznijmy jednak od początku.*

W ciągu ostatnich dziesięciu lat prowadzono intensywne obserwacje aktywnych jąder galaktyk w zakresie rentgenowskim. Działały wówczas takie satelity jak EXOSAT, TENMA I GINGA. Najważniejszym odkryciem, jakie przyniósł EXOSAT, był niewątpliwie fakt znacznej i szybkiej zmienności aktywnych jąder galaktyk w tym zakresie widmowym. Zmiany jasności nawet o czynnik dwa zachodzą w skali zaledwie jednej godziny, a nawet krótszym, co oznacza, że obszar świecący jest nie większy niż jedna godzina świetlna, choć ilość wydzielanej energii jest porównywalna z jasnością wszystkich gwiazd w galaktyce.

Największą jednak sensację stanowiła galaktyka NGC 6814. W tym jednym jedynym obiekcie wykryto wyraźną okresowość! Zauważono ją w danych z EXOSATA, ale potwierdzono w późniejszych danych z GINGI. To było coś!

Rzucono się na ten obiekt. Obserwowano. Interpretowano. Powstały trzy prace doktorskie i co najmniej dwadzieścia prac opublikowanych w najważniejszych czasopismach naukowych. Każda praca przeglądowa o aktywnych jądrach galaktyk publikowana w ostatnim czasie zawierała stwierdzenia, że akrecja na masywną czarną dziurę jest jedynym rozsądnym wytłumaczeniem aktywności jądrowej, że stosunkowo chłodna materia znajduje się zaledwie 50 sekund świetlnych od centrum, a zasadnicze źródło promieniowania rentgenowskiego jest jeszcze mniejsze. Wszystko to właśnie wynikało z obserwowanej zmienności NGC 6814.

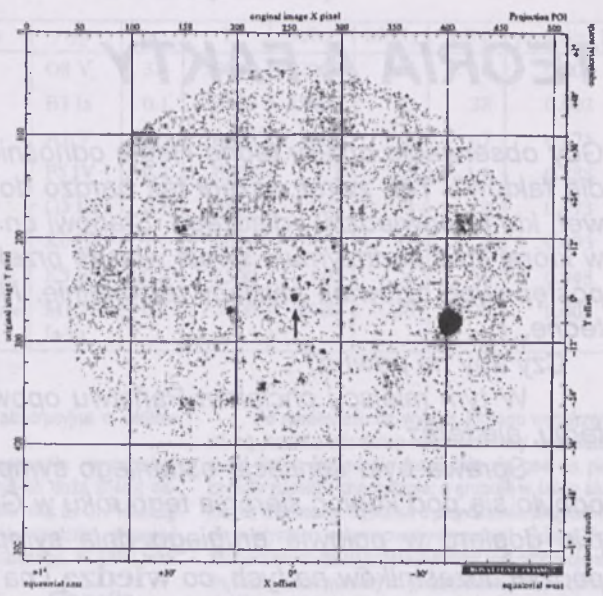
To jeszcze nie koniec. Okazało się, że kształt rentgenowskiej krzywej blasku zmienia się nieco z czasem i w kilku przypadkach obserwowano całkowite zaćmienia powtarzające się z tym samym co zawsze okresem. Oczywiście zaraz powstały prace na temat, co i jak zaćmiewa. Sama też się tym zajęłam, bo trudno o lepszą okazję badania rozmiarów i struktury wciąż nieznanego źródła promieniowania rentgenowskiego w aktywnych galaktykach.

No i wszystko byłoby dobrze, gdyby nie fakt, że wysłano na orbitę następnego satelitę rentgenowskiego – ROSATA. Dane o NGC 6814 trafiły najpierw do pewnego zespołu (chyba niemiec-

kiego), ale z braku czasu na ich analizę leżały sobie spokojnie na półce. Druga seria obserwacji wykonana była dla zespołu, w którego skład wchodził nasz znajomy z Goddard, Grzegorz Madejski (patrz PA 3-4/1992), a także Marek Sikora z Centrum Astronomicznego.

W lipcu dane trafiły do Goddard Space Fligh Center. Grzegorz i Chris Done (która właśnie przyjechała z Anglii do Goddard pracować nad czymś zupełnie innym) zabrali się szybko do dzieła i już po kilku godzinach mieli w ręku sensacyjne odkrycie!

ROSAT, w odróżnieniu od poprzednich urządzeń, nie tylko zlicza fotony, ale tworzy obrazy. No i okazało się, że w polu widzenia satelity są DWA, a nie JEDNO, źródła... To słabsze rzeczywiście odpowiadało galaktyce NGC 6814. Natomiast to jaśniejsze było zupełną niespodzianką. Jeszcze kilka dni intensywnej pracy... i okazało się, że te wszystkie nad wyraz ciekawe efekty – zaćmienia, okresowość itp. – są, ale wcale nie w NGC 6814, a właśnie w tym drugim, nieznanym wcześniej źródle. To nowe źródło wcale nie jest aktywną galaktyką, a jakimś tam magnetycznym białym karłem, czyli gwiazdą z naszej Galaktyki. Czerpiąc materię z towarzysza, skutecznie udaje ono aktywne jądro typem emisji, natomiast energetycznie skala zjawiska jest w obu przypadkach nieporównywalna. Praca wyjaśniająca całe nieporozumienie właśnie ukazała się w Nature (tom 365, str. 626).



W polu widzenia satelity rentgenowskiego ROSAT są dwa źródła: galaktyka NGC 6814 (plamka w środku zaznaczona strzałką) i magnetyczny biały karzeł (duża plamka po prawej).

Trzy doktoraty do kosza, dwadzieścia czy więcej prac również. Ludzie, których to dotknęło, bardzo różnie to znieśli. Karen Leighly, której doktorat polegał właśnie na analizie zaćmień, była w Genewie tak przygnębiona, że żal było patrzeć. Dopiero co oddała swoją pracę do druku. Marek Abramowicz, który pilnie rozwijał przez ostatnie dwa lata teorię wirów w dysku akrecyjnym, dokładnie tłumaczących kształt krzywej blasku, na wiadomość o tym, że jego obiekt nie istnieje, stwierdził, że i tak ostatnio zajmował się czymś innym i temat go zupełnie nie interesuje(?). Martin Rees w Genewie spokojnie omówił swój model okresowości (gwiazda na orbicie wokół czarnej dziury), „bo w końcu tak mogłoby być".

Czy zatem trzeba polegać na faktach? Już jakiś czas temu chodziły słuchy, że jak się zastanowić, to ta NGC 6814 jest jakaś dziwna; ten czysto estetyczny argument nie znalazł jednak szerszego oddźwięku. A przecież już wtedy można było podejrzewać, że skoro źródło zachowuje się inaczej niż mówi nam to nasza wiedza o pozostałych aktywnych galaktykach, to w obserwacyjnym fakcie tkwi błąd...

Jeszcze jedno podobne zdarzenie, choć na mniejszą skalę, miało miejsce w Koninkach (w październiku odbyła się tam kolejna konferencja, i jak się znajdzie trochę miejsca w PA, to o niej napiszemy). Andy Fabian i współpracownicy napisali pracę stwierdzającą, że w aktywnych galaktykach nie ma par elektronowo–pozytronowych, mimo że zasadniczo wierzą we wniosek wprost przeciwny i dopiero na konferencji wyjaśniło się (mieli w tym udział Andrzej Zdziarski i znów Grzegorz Madejski!), że negatywny wynik był bezpośrednim rezultatem złej normalizacji danych obserwacyjnych w zakresie gamma dla obiektu IC 4329.

W podsumowaniu konferencji Andy Fabian zaproponował więc nową maksymę: „jeżeli masz dobrą teorię, a jakiś fakt obserwacyjny ją obala, to nic się nie przejmuj – poczekaj, ktoś to odwoła!".

A swoją drogą dobry teoretyk jest w stanie wyjaśnić każdą obserwację – nawet nieprawdziwą...

Bożena Czerny

postępki astronomów

Część druga

Sprawy Galileusza

ciąg dalszy*)

Andrzej Krasiński

4 „Dialog o dwu wielkich systemach świata".

Galileusz wyjechał z Rzymu 30 czerwca 1616 r. Opuścił wkrótce potem swój dom pod Florencją i przeniósł się do pobliskiego Arcetri, aby być bliżej córki, zakonnicy w tamtejszym klasztorze. Przez kilka lat nie publikował nowych prac.

W r. 1618 ukazało się na niebie kilka komet. Z tej okazji różni autorzy opublikowali rozprawy. Jedna z nich jest zapisem publicznej dyskusji, jaką jezuita Horatio Grassi przeprowadził w Collegio Romano. Autor usiłował ostatecznie obalić teorię Kopernika, chociaż nie potrafił jej zrozumieć, Galileusz zaś nie mógł swobodnie odpowiedzieć. Jego rozprawę o kometach z 1619 r. podpisał swoim nazwiskiem Mario Guiducci, członek Akademii Florenckiej. (Nawiasem mówiąc, teoria Galileusza była błędna. Uważał on komety za zjawisko atmosferyczne). Wszyscy czytelnicy odgadli jednak prawdziwego autora. Grassi, pod pseudonimem Sarsi, napisał nową rozprawkę, w której, w tonie kpiąco – prowokacyjnym, sugerował, że opis ruchu komet podany przez Galileusza znalazłby najnaturalniejsze objaśnienie w hipotezie o ruchu Ziemi, która jednakże jest niedorzeczna i buntownicza. Zgodnie z powszechnym, i jego własnym, odczuciem, Galileusz musiał na to odpowiedzieć.

DIALOGO
DI
GALILEO GALILEI LINCEO
MATEMATICO SOPRAORDINARIO
DELLO STVDIO DI PISA.
E Filosofo, e Matematico primario del
SERENISSIMO
GR.DVCA DI TOSCANA.
Doue ne i congressi di quattro giornate si discorre sopra i due
MASSIMI SISTEMI DEL MONDO
TOLEMAICO, E COPERNICANO;
Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali tanto per l'vna, quanto per l'altra parte.
CON PRI VILEGI.
IN FIORENZA, Per Gio: Batista Landini MDCXXXII.
CON LICENZA DE' SVPERIORI.

Strona tytułowa dzieła Galileusza „Dialog o dwu wielkich systemach świata". Sporą część zamieszania wywołała sama okładka dzieła: trzy ryby (symbol drukarni) natychmiast skojarzono z symbolami heretyckich sekt potępianych przez Kościół.

Sytuacja polityczna ulegała wtedy zmianom. W r. 1620 umarł Cosimo II de Medici, wieloletni przyjaciel i obrońca Galileusza. Bellarmino umarł w 1621 r., ale Ignacio Loyola i Francisco Xavier zostali właśnie ogłoszeni świętymi, co wzmocniło pozycję jezuitów. W sierpniu 1623 r. kardynał Maffeo Barberini został wybrany nowym papieżem (przyjął on imię Urban VIII). Od czasu wizyty Galileusza w Rzymie w 1611 r. Barberini okazywał mu szacunek i przyjaźń, a w r. 1619, po opublikowaniu pracy o kometach, napisał nawet poemat na jego cześć. W świetle późniejszych wydarzeń można wątpić w szczerość przyjaźni Barberiniego, ale w 1623 r. jego wybór na papieża wydawał się pomyślnym dla Galileusza wydarzeniem. Maffeo Barberini był przyjacielem nauki i sztuki i członkiem Accademia dei Lincei. Ksiądz Giovanni Ciampoli, wieloletni i niewątpliwie szczery przyjaciel Galileusza, został sekretarzem Urbana VIII [5]. Obydwaj zachęcali Galileusza do dalszej twórczości. Gdy książę Cesi (założyciel Akademii Rysiów) odwiedził Urbana VIII, aby złożyć mu gratulacje z okazji wyboru, nowy papież przerwał mu niecierpliwie: „Czy Galileo przybędzie? Kiedy przyjeżdża?" ([1], s. 166).

W październiku 1623 r. ukazało się dzieło Galileusza o metodologii badań naukowych („Il Saggiatore" – probierz). Było ono arcydziełem polemiki i włoskiej

*) część pierwsza ukazała się w zeszycie PA 3/93

5) Za swoją przyjaźń z Galileuszem, a raczej za pomoc w uzyskaniu zezwolenia na publikację „Dialogu", Ciampoli zapłacił utratą posady i zesłaniem do prowincjonalnych parafii, zmarł w wieku 53 lat w 1643 r.

prozy. Oto próbka: „Jeśli Sarsi nalega, abym wierzył zapewnieniu Suidasa [6], że Babilończycy gotowali jajka poprzez szybkie wirowanie nimi w procy, uwierzę, muszę jednak powiedzieć, że przyczyna takiego efektu jest bardzo odległa od tej, której się go przypisuje, i dla znalezienia prawdziwej przyczyny będę rozumował tak. Jeśli skutek, który występował u innych w innym czasie, nie występuje u nas, to dlatego, że w naszym eksperymencie brakuje czegoś, co było przyczyną dawniejszego sukcesu; a jeśli brakuje nam tylko jednej rzeczy, to ta jedna rzecz jest prawdziwą przyczyną. A więc, mamy jajka, i proce, i silnych mężczyzn do wirowania nimi, a jednak nie zagotowują się one; przeciwnie, jeśli były gorące na początku, stają się chłodne w krótszym czasie; a ponieważ niczego innego nam nie brakuje oprócz tego, że nie jesteśmy Babilończykami, wynika stąd, że bycie Babilończykami jest prawdziwą przyczyną, dla której jajka zostają ugotowane, a nie opór powietrza, co właśnie pragnąłem udowodnić." ([1], s. 167).

Galileusz przybył do Rzymu w kwietniu 1624 r. W ciągu 6 tygodni pobytu odbył 6 długich rozmów z papieżem. Były to rozmowy w cztery oczy, ale ich temat można w przybliżeniu zrekonstruować na podstawie późniejszych dokumentów. Galileusz usiłował wydobyć od papieża zgodę na powrót do idei Kopernika w nowych publikacjach, argumentując, że tak ważnej sprawy nie można zamykać bez starannego wyłożenia i skonfrontowania opinii obu stron. Jego dawny przyjaciel był jednak teraz papieżem i patrzył na świat z innej perspektywy. Grzecznie i ze zrozumieniem, ale zdystansował się od jakiegokolwiek poparcia.

W tym czasie Galileusz pracował nad kompletnym wykładem swoich idei, późniejszym „Dialogiem". Praca szła opornie i powoli. Autor miał już ponad 60 lat i dokuczały mu nawroty reumatyzmu z bolesnymi komplikacjami. Szukał jednak dróg, którymi mógłby swoje myśli przekazywać ludziom i robił coraz śmielsze próby. Najśmielszą z nich był list p. t. „Odpowiedź dla Ingoliego", polemika z dość bezsensownym anty–kopernikowskim wywodem z 1616 r. List został przesłany do Rzymu w październiku 1624 r. i krążył po mieście w odpisach. Kluczowe zdanie listu brzmiało: „...wiem o innych faktach doświadczalnych, których nikt dotychczas nie obserwował, na podstawie których, w granicach naturalnych i ludzkich rozważań, prawdziwość systemu kopernikowskiego wydaje się bezsporna." ([1], s. 181). Tekst został opakowany w dyplomatyczne zastrzeżenia, spod których przy uważnym czytaniu widać

Portret papieża Urbana VIII (Muzeum Fogga)

charakterystyczną dla Galileusza kpinę z przemocy dokonywanej na nauce przez politykę. Chciał, jak twierdził, udowodnić niemieckim heretykom, że katolickie Włochy odrzuciły naukę Kopernika nie z powodu ignorancji co do jej prawdopodobieństwa „'...ale przez cześć dla świętego Pisma i Ojców i przez gorliwość w religii i świętej wierze.' Im słuszniejsze dowody (...) 'tym jaśniejszy jest dobroczynny wniosek, że nie należy ufać czysto ludzkiemu rozumowaniu i że musimy bezwzględnie polegać na wyższej wiedzy, która jedyna może wnieść światło w ciemność naszego umysłu'" ([1], s. 181 – 182).

List został przyjęty dobrze i Galileusz uznał to za pomyślny sygnał. Praca trwała jednak jeszcze pięć lat, pierwsze listy z wiadomością o ukończeniu dzieła mają datę 24 grudnia 1629 r. „Dialog o dwu wielkich systemach świata" ma formę rozmowy między trzema ludźmi. Dwaj z nich, Filippo Salviati i Giovanfrancesco Sagredo, to rzeczywiste postacie, nieżyjący już wtedy przyjaciele Galileusza. Salviati reprezentuje samego autora, Sagredo jest arystokratycznym światowcem ciekawym nauki. Trzeci, Simplicio czyli Prostaczek, to postać fikcyjna, wyposażona jednak w rozpoznawalne dla historyków cechy różnych autentycznych indywiduów. Prostaczek jest wyszkolonym w arystotelizmie profesorem uniwersytetu, człowiekiem sympatycznym, pogodnym, bez urazy znoszącym kolejne porażki i gotowym na następne. Reprezentuje on w „Dialogu" impotencję arystotelizmu i nieumiejętność zrozumienia nowej nauki. „Dialog" był książką popularno–naukową, pierwszym w historii fizyki i astronomii obszernym wykładem nauki Kopernika i wniosków z niej, przeprowadzonym na poziomie zrozumiałym w zasadzie dla każdego, kto miał wtedy zwyczaj kupowania i czytania książek. Ważne konsekwencje wyniknęły z ostatniej w książce wypowiedzi Simplicia. Po jawnym przyznaniu się do braku kompetencji i do niezrozumienia przedstawionych mu argumentów mówi on: „... gdyby zapytano was, czy Bóg, z jego nieskończoną potęgą i mądrością, mógłby nadać pierwiastkowi wody ruch odwrotny w jakikolwiek inny sposób niż nadając ruch zawierającemu ją naczyniu, wiem, stwierdzam, że odpowiecie, iż mógłby, i także wiedziałby, jak spowodować to na wiele sposobów, niektóre z nich poza zasięgiem naszego intelektu. Z czego natychmiast wnioskuję, przy założeniu powyższego, że byłoby przesadną śmiałością, gdyby ktokolwiek posunął się aż do kresu i ograniczał Boską potęgę i mądrość jakimś szczególnym własnym przypuszczeniem." ([1], s. 193) „Dialog" kończy się wypowiedziami Salviatiego i Sagredo, ale konkluzją

[6] Filozof aleksandryjski.

„naukową" jest powyższa wypowiedź Simplicia.

Nie był to pierwszy raz w życiu Galileusza, kiedy usiłował przechytrzyć swoich przeciwników, ukrywając, niezbyt starannie, kpinę z ich poglądów pod pozornie wiernopoddańczą deklaracją. Tym razem jednak nie docenił spostrzegawczości wrogów albo przecenił ich tolerancję i poczucie humoru. Wypowiedź Simplicia jest bowiem prowokacyjnie sprzeczna z oczywistą implikacją całego dzieła, a ponadto jest dosłownym cytatem z dawniejszej wypowiedzi Urbana VIII.

5 Publikacja „Dialogu" i nowe oskarżenie.

Dzieło musiało uzyskać zgodę Urzędu świętego na publikację. Urban VIII popierał Galileusza, nalegając tylko na to, aby cała dyskusja była o hipotezach, to od niego pochodzi tytuł książki. Galileusz proponował tytuł „O przypływie i odpływie morza", ale papież nie chciał, aby w ten sposób głównym tematem książki stał się dowód tezy narzucającej Bogu jakąkolwiek konieczność.

Obowiązek krytycznego przeczytania książki należał do księdza Niccolo Riccardiego. Nie był on znawcą astronomii, ale tekst dzieła nie wydał mu się wystarczająco hipotetyczny. Wrogość, jaką idee Galileusza wciąż budziły w pewnych kręgach, skłaniała do ostrożności. Aby uniknąć dalszych opóźnień ustalono, że poszczególne karty rękopisu będą przekazywane do drukarni natychmiast po rewizji, drukarz otrzymał zezwolenie na drukowanie wszystkiego, co otrzyma. Galileusz miał przerobić wstęp i zakończenie, aby lepiej dostosować je do instrukcji papieża i wyjechał z Rzymu w czerwcu 1630 r., po 2-miesięcznym pobycie. Miał wrócić jesienią z gotowymi przeróbkami.

Po kilku miesiącach zmarł książę Cesi, najsilniejszy wtedy sojusznik Galileusza w Rzymie. Druk „Dialogu" został przeniesiony do Florencji, ale wstęp i zakończenie wciąż były w rękach księdza Riccardiego. Czuł on, że tekst, jaki miał, spowoduje kłopoty, ale nie umiał zaproponować odpowiednich zmian i grał na zwłokę. W końcu zwrócił się do Ciampoliego o zezwolenie, otrzymał je i dopiero 19 lipca 1631 r. doręczył ostatnią część rękopisu do ambasady Florencji w Rzymie. Pierwsze egzemplarze wyszły z drukarni w lutym 1632 roku.

Tym razem głównymi wrogami Galileusza okazali się jezuici. Odżyła stara uraza o Grassiego, odżyła stara polemika z Christophem Scheinerem z Ingolstadt o teorię plam słonecznych, która wywołała nową urazę. Wydrukowany na okładce „Dialogu" znak drukarni, trzy ryby pływające w kółko i trzymające się zębami za płetwy grzbietowe, został uznany za znak rozpoznawczy here-

Portret Kardynała Ciampoili'ego (Biblioteka Narodowa, Paryż)

tyckich sekt [8]. 1 sierpnia 1632 r. w księgarni Landiniego we Florencji miejscowy inkwizytor zażądał wydania mu wszystkich egzemplarzy „Dialogu" (ale były już wszystkie sprzedane) i wstrzymania dalszej publikacji.

Na prośbę Galileusza, wielki książę Toskanii wysłał list do papieża z prośbą o zwołanie komisji dla zbadania sprawy. Papież rozmawiał z posłańcem krzycząc prawie ze złości. Stwierdził, że „wasz Galileo" zajął się sprawami, którymi nie powinien się zajmować. Oskarżył Galileusza i Ciampoliego o wyprowadzenie go w pole przy uzyskaniu zgody na publikację i groził, że zakaz publikacji jest najłagodniejszą z kar, jakich tym razem Galileusz może się spodziewać. Komisja była już powołana; jej zadaniem, według słów papieża, było zbadanie „czy byłoby możliwe nieprzedstawianie tej sprawy Urzędowi Świętemu" ([1], s. 206).

Taka reakcja papieża była skutkiem działań jezuitów skupionych wokół Grassiego i Schiinera. Poczuli oni zagrożenie dla swojej pozycji, do tamtej pory byli głównymi nauczycielami klasy panującej. To oni podsunęli Urbanowi VIII podejrzenie, że Galileusz zakpił z niego, wypowiadając jego zdanie ustami Simplicia. Urban VIII, w czasach gdy był kardynałem, cieszył się szacunkiem uczonych i artystów, teraz zaczął podejrzewać, że nie był traktowany poważnie jako intelektualista.

1 października 1632 r. we Florencji Galileusz otrzymał wezwanie, aby w ciągu 30 dni stawił się w Urzędzie Świętym. Miał on wtedy 68 lat i często chorował, konieczność zimowej podróży do Rzymu przeraziła go, mógł jej nie przeżyć. W liście do kardynała Francesco Barberiniego wyraził skruchę i zaoferował spalenie pozostałych kopii książki. Wyraził gotowość przerobienia tekstu i poprosił o utworzenie komisji we Florencji dla nadzoru przeróbki. Prosił też o odroczenie wezwania do wiosny, a w zakończeniu zapewnił, że jeśli jego prośby nie zostaną wysłuchane „...udam się w podróż, ceniąc posłuszeństwo bardziej niż życie." ([1], s. 221). Była to zamaskowana obietnica, że Galileusz nie ucieknie za granicę. Sugerowano mu to, miał nawet zaproszenie z Padwy, gdzie na terytorium republiki weneckiej byłby poza zasięgiem władzy papieża. List pozostał bez odpowiedzi i zachowała się w archiwach instrukcja Urbana VIII, aby odpowiedzi nie wysyłać ([1], s. 222).

Właśnie wtedy ktoś odkrył w księgach Urzędu świętego ów dziwny tekst z 26 lutego 1616 r. Teraz mógł on stać się podstawą do cięższego oskarżenia. Komisja oskarżyła Galileusza o trzy przestępstwa:

1. Naruszenie rozkazu traktowania teorii Kopernika jako hipotezy.

2. Błędne traktowanie zjawis-

ka pływów jako skutku ruchu Ziemi.

3. Oszukańcze przemilczenie zakazu z 26 lutego 1616 r. W zakończeniu pisma, komisja wylicza te cechy „Dialogu", za które Galileusz powinien być pociągnięty do odpowiedzialności. Oto fragmenty:

„(a) że, bez rozkazu i bez zawiadomienia o tym w jakikolwiek sposób, umieścił imprimatur Rzymu na stronie tytułowej,

(b) że wydrukował przedmowę inną czcionką i uczynił ją bezużyteczną oddzielając ją od reszty pracy; dalej, że włożył konkluzję końcową w usta prostaka i w miejscu, gdzie trudno ją znaleźć. (...),

(c) że bardzo często odstępował w pracy od hipotezy, albo twierdząc absolutnie, że Ziemia porusza się (...) albo sprawiając, że przeciwne twierdzenie wydawało się niemożliwe,

(d) że traktował tę kwestię jako sporną, jakby czekała na wyjaśnienie, podczas gdy w rzeczywistości wyjaśnił ją.

(e) że lekceważy i poniewiera autorów o innych przekonaniach. (...),

(f) że wysuwa szkodliwe twierdzenie (...), że (...) istnieje pewna równość między umysłem boskim i ludzkim. (...),

(g) że błędnie przypisał przypływy oceanu stabilności Słońca i ruchowi Ziemi, które nie istnieją." ([1], s. 224).

Jeśli niektóre zarzuty z powyższej listy wydają się Czytelnikom bezsensowne i bezzasadne, nie powinni powątpiewać w swoją zdolność rozumienia XVII–wiecznych dokumentów. Były one równie bezsensowne i bezzasadne dla wielu ludzi już wtedy. W świetle ówczesnego prawa nie dało się sformułować „czystego" zarzutu opartego na samej treści „Dialogu". Oskarżyciele gorączkowo poszukiwali jakiegokolwiek punktu zaczepienia i wyszedł im wynik jak wyżej. Żadnego z tych zarzutów nie przedstawiono Galileuszowi potem podczas procesu. Dopiero ostatni punkt oskarżenia, złamanie zakazu z 1616 r., miał podstawę prawną.

19 listopada 1632 r. Galileusz dostał drugie wezwanie. W odpowiedzi wysłał zaświadczenie o złym stanie zdrowia podpisane przez trzech lekarzy, które stwierdzało, że podróż może być niebezpieczna dla życia ich pacjenta. Papież odpowiedział, że takie uniki nie będą tolerowane i w przypadku dalszej zwłoki Galileusz odbędzie podróż do Rzymu w towarzystwie komisarza i lekarza, jako więzień zakuty w kajdany.

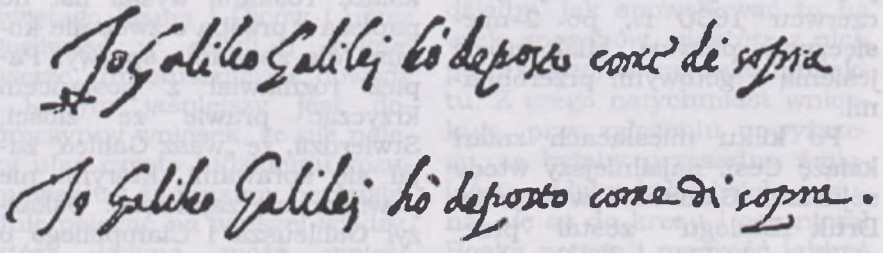
Galileusz przybył do Rzymu 13 lutego 1633 r. Proces odwlekał się. Inkwizycja była sławna ze swoich podstępnych metod. Niektórzy historycy domniemają, że jej sędziowie sami traktowali podejrzliwie zakaz z 26 lutego 1616 r. i celowo zwlekali z rozpoczęciem procesu, aby przyłapać Galileusza na przyznaniu się do znajomości zakazu i jego świadomego złamania ([1], s. 244).

Proces rozpoczął się 12 kwietnia i trwał ok. miesiąca. Jego wierne streszczenie rozsadziłoby ramy niniejszego artykułu; jest on dokładnie opisany, z cytatami z dokumentów, w książce G. de Santillany ([1], s. 257 – 281)[7]. Hipoteza o sfałszowaniu dokumentu z 26 lutego 1616 r. łatwo objaśnia przebieg procesu. Galileusz twierdził, że kardynał Bellarmino odczytał mu dokument, który zabraniał mu wierzyć w teorię Kopernika, ale nie pamiętał, aby ktokolwiek zabraniał mu dyskutować o niej i nauczać jej jako hipotezy. Nie znał i nie mógł sobie przypomnieć nazwisk świadków, którzy byli przy tym obecni. Złożył na ręce sędziów kopię zawiadomienia od Bellarmino, że nie został ukarany. Nie pamiętał, czy ktoś oprócz Bellarmino mówił do niego podczas tamtej audiencji (proszę zajrzeć do tekstu tamtego dokumentu, mówi on, że zakaz głoszenia nauki Kopernika wypowiedział komisarz Seghizzi).

W czasie pierwszego przesłuchania Galileusz popełnił jeden fatalny w skutkach błąd. Stwierdził, że nie rozmawiał z księdzem Riccardim o ostrzeżeniu z 1616 r., nie uznał tego za konieczne, ponieważ, jak powiedział, jego książka była dowodem przeciwko teorii Kopernika i wykazała jej słabość. Stwierdzenie to było w oczywisty sposób nieprawdziwe, pięć dni później eksperci sądu przedstawili raport, w którym wykazali jego nieprawdziwość. W ten sposób Galileusz wpadł w pułapkę: został przyłapany na wierze w teorię Kopernika i obronie jej jako faktu, złamał więc łagodniejszy zakaz z 25 lutego 1616.

Ksiądz Vincenzo da Firenzuola, któremu zezwolono na spotkanie z oskarżonym pomiędzy przesłuchaniami, wyjaśnił mu jego sytuację i namówił na zmianę linii obrony. Podczas drugiego przesłuchania, 30 kwietnia, Galileusz przyznał, że po powtórnym przeczytaniu swojej książki, której nie widział od trzech lat, zauważył, że jego rozumowanie może być odebrane jako argumenty za teorią Kopernika i zgłosił gotowość dopisania

[7] Według zwyczaju Inkwizycji podsądny musiał być uwięziony i całkowicie odosobniony podczas procesu. Z uwagi na stan zdrowia Galileusza i w geście respektu dla wielkiego księcia Toskanii, tym razem oskarżonemu zezwolono na kontakty ze światem za pośrednictwem służącego i przydzielono mu kwaterę w budynku Inkwizycji. Warto przy okazji przypomnieć inne obyczaje sądów Inkwizycji: Porady prawne dla oskarżonego zostały zakazane przez sobór w Walencji w 1245 r., ponieważ „prawnicy przewlekali proces swoim hałasem". Czasami powoływano obrońcę, który działał bez konsultacji z oskarżonym. Oskarżony nie był zawiadamiany o treści oskarżenia aż do momentu ogłoszenia wyroku ([1], s. 264 – 265).



Dwa podpisy Galileusza na protokole sądowym. Pierwszy pochodzi sprzed przesłuchania w dniu 12 kwietnia. Drugi znajduje się pod dokumentem z 30 kwietnia i świadczy o odzyskaniu przez Galileusza pewnej równowagi.

dalszego ciągu, w którym dokładniej przedstawi przeciwną opinię. W czasie trzeciego przesłuchania, 10 maja 1633 r., Galileusz wręczył sędziom oświadczenie na piśmie, w którym obszernie wyjaśniał, że tekst z 26 lutego 1616 r. nie był mu znany, zaś zakazu z 25 lutego 1616 r. nie złamał przez fakt napisania „Dialogu". Wyraził skruchę i prosił o łagodny wymiar kary argumentując, że jego wiek i ciężkie przeżycia związane z procesem same były już karą.

6 Wyrok

Po trzecim przesłuchaniu Galileusz został wypuszczony na wolność i w oczekiwaniu na wyrok zamieszkał w Villa Medici, rezydencji ambasadorów Florencji. Przebieg procesu i uwolnienie po przesłuchaniach pozwalały mieć nadzieję na pomyślny wynik. Niestety, znowu zadziałała anonimowa ręka wroga. Sprawozdanie z procesu, bez odpisów oryginalnych dokumentów i nie podpisane niczyim nazwiskiem, zostało przesłane do władzy nadrzędnej jako materiał do podjęcia decyzji. Dokument ten streszcza historię sprawy od r. 1615, posługując się zniekształceniami cytatów z pism Galileusza, wziętymi z donosu księdza Loriniego. Tekst powołuje się na list do Castellego, ale stwierdza, że „było niemożliwością zdobycie oryginału". To twierdzenie jest fałszywe, list do Castellego krążył w wielu kopiach i trafił do rąk Bellarmina. Historycy przypuszczają, że oryginał został celowo usunięty z archiwum, ponieważ demaskowałby przeinaczenia Loriniego. Dalej, sprawozdanie powołuje się na Cacciniego, ale zniekształca i zaostrza jego wypowiedzi, oraz cytuje dokumenty z 1616 r., również ze zniekształceniami na niekorzyść Galileusza. Oczywiście zataja ono sprzeczność między instrukcją papieża z 25 lutego 1616 r. a jej wykonaniem z 26 lutego 1616 r. Relacja z przesłuchań też została podretuszowana na niekorzyść oskarżonego. Historycy mają swoje hipotezy co do osoby autora tego raportu, ale na ich liście podejrzanych nie ma wyraźnego faworyta. Dodajmy, że w różnych listach z tamtego czasu zawarte są mniej lub bardziej wyraźne aluzje sugerujące, że ich autorzy (także sam Galileusz) coś wiedzieli o oszustwach wszechpotężnych mnichów.

Ludzie władni wydać wyrok, papież i główny inkwizytor, nie uczestniczyli w procesie. Dla nich, spreparowane sprawozdanie było głównym źródłem wiadomości (choć nie jedynym Urban VIII jako kardynał był uczestnikiem niektórych wydarzeń z 1616 r.). Decyzja papieża nosi datę 16 czerwca 1633 r. i brzmi następująco:

„Sanctissimus rozporządził, że rzeczony Galileo ma być przesłuchany co do jego intencji, nawet z groźbą tortur, a jeśli ją podtrzyma, ma wyprzeć się podejrzewanej u niego herezji na plenarnym zgromadzeniu Kongregacji Urzędu Świętego, potem ma być skazany na uwięzienie według upodobania świętej Kongregacji i należy mu rozkazać, aby nie rozprawiał nadal, w jakikolwiek sposób, ani w słowach ani w piśmie, o ruchomości Ziemi i stabilności Słońca, w przeciwnym wypadku narazi się na kary za recydywę. Książka zatytułowana „Dialogo di Galileo Galilei Linceo" ma być zakazana." ([1], s. 317 – 318).

Niezmiernie nam przykro, że w poprzedniej części artykułu na str. 112 przez niedopatrzenie nie pojawiły się podziękowania dla prof. Owena Gingericha z Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics za udostępnienie nam fotokopii ocenzurowanych egzemplarzy dzieła Kopernika.

Dziękujemy i przepraszamy

Ostatnie przesłuchanie odbyło się 21 czerwca. Tym razem Galileusz twierdził, że nie wierzył w teorię Kopernika, a pisząc „Dialog" miał po prostu zamiar wyłożyć wszystkie argumenty obu stron, ponieważ nie były one wystarczające do udowodnienia żadnej z dwu przedstawionych tam teorii. Mimo powtarzanych przez sąd wezwań do mówienia prawdy i wypowiedzianej jawnie groźby tortur, Galileusz podtrzymał tę wypowiedź i nie rozwijał jej. Przesłuchanie zakończyło się po niecałej godzinie.

22 czerwca 1633 r. Galileusz został doprowadzony do wielkiej sali dominikańskiego klasztoru Santa Maria Sopra Minerva ubrany w białą koszulę (zwyczajowy strój ukaranych heretyków). Klęcząc w obecności 10 sędziów wysłuchał wyroku. Pełny tekst zawiera powtórzenie oskarżenia i uzasadnienie i jest dość długi ([1], s. 332 – 336). Galileusz miał wyprzeć się swoich „błędów i herezji", przekląć je i wyrazić wstręt do nich w formie przepisanej przez sąd. „Dialog" miał być zakazany publicznym dekretem [8]. Galileusz został skazany na „formalne więzienie tego Urzędu Świętego na okres stosowny do naszego upodobania" i miał przez trzy lata raz na tydzień odmawiać siedem psalmów pokutnych.

Siedmiu z dziesięciu sędziów podpisało wyrok. Trzej sędziowie, kardynałowie Gasparo Borgia, Francesco Barberini i Laudivio Zacchia, woleli zaryzykować załamanie dalszej kariery niż przyłączyć się do niegodziwego spektaklu. Ich nazwiska będą załącznikiem do ewentualnej przyszłej rehabilitacji, obok nazwiska Ciampoliego i wielu innych, na które zabrakło tu miejsca. Nazwiska pozostałych sędziów pominiemy jako mało istotne (choć są zapisane w dokumentach, por. [1], s. 331).

Po odczytaniu wyroku sędziowie wręczyli Galileuszowi tekst do odczytania na głos. Ryzykując zaostrzenie kary, Galileusz zaprotestował przeciwko dwu punktom. Był gotów odczytać cokolwiek sąd mu nakaże, ale nie stwierdzenie, że był złym katolikiem, ani nie przyznanie się do oszukania kogokolwiek, w szczególności w związku z publikacją „Dialogu". Sąd uznał protest, a Galileusz ukląkł powtórnie i odczytał poprawiony tekst. Jest on znowu

[8] Zakaz rozpowszechniania „Dialogu" spowodował błyskawiczne wykupienie i ukrycie wydrukowanych egzemplarzy, a ich czarnorynkowa cena podskoczyła o czynnik od 8 do 12 ([1], s. 352).

Bibliografia została podana w części pierwszej (PA 3/93)

dość długi. Zawiera zapewnienie o wierze w naukę Kościoła katolickiego, przyznanie się do stawianych oskarżonemu zarzutów, formułę o wyparciu się i przeklęciu błędów oraz przysięgę, że nie popełni takich błędów w przyszłości i doniesie Urzędowi Świętemu o każdym heretyku lub podejrzanym o herezję ([1], s. 337 – 338).

Pod tekstem znajduje się data i podpis Galileusza.

7 „Eppur si muove".

Według legendy, Galileusz po odczytaniu formuły wyparcia się błędów i herezji miał powiedzieć do siebie pod nosem „A jednak się porusza". Nie ma o tym wzmianki w dokumentach. Jest to legenda, ale całkowicie zgodna z charakterem Galileusza i pochodząca rzeczywiście z ostatniego okresu jego życia. Malarz, prawdopodobnie ze szkoły Murilla, być może sam mistrz, namalował w r. 1643 lub 1645 obraz przedstawiający Galileusza w lochu Inkwizycji. Obraz był w XX wieku w posiadaniu pewnej belgijskiej rodziny i został w r. 1911 przesłany do oczyszczenia. Po wyjęciu z ramy okazał się on większy niż rama. Galileusz pokazywał palcem na ścianę lochu, w miejsce, które było ukryte poza zagięciem obrazu i niewidoczne, gdy płótno było w ramie. Na ścianie znajdował się tam napis „Eppur si muove". Powiedzenie to zostało wprowadzone do literatury przez Giuseppe Barettiego w wydanej w 1757 r. w Londynie książce „The Italian Library" ([5], s. 357).

30 czerwca 1633 r. Galileusz został oddany pod nadzór przyjaznego mu arcybiskupa Sieny. Po pięciu miesiącach miał być uwięziony we Florencji, ale zmieniono potem ten wyrok na dożywotni areszt domowy w jego własnym domu w Arcetri. Tam umarł 9 stycznia 1642 r.

Mimo postępującej choroby i utraty wzroku przed śmiercią, Galileusz nie poddał się biernie losowi. Władza w Rzymie nie śmiała odmówić zezwoleń na wizyty u niego różnym osobistościom zza granicy. Dzięki takim wizytom udało się przemycić za granicę i opublikować poza zasięgiem władzy papieża dwie książki: łaciński przekład „Dialogu" (wydany w 1637 r. w Strasbourgu) oraz największe dzieło jego życia, „Dwie nowe nauki" (wydane w r. 1638 przez wydawnictwo Elzevir w Leiden).

W naszych czasach ludzie Kościoła lubią w związku ze sprawą Galileusza mówić o „bolesnej pomyłce" [9]. Ta retoryka pochodzi najwyraźniej z dużo późniejszego okresu. Gdy Galileusz w r. 1634 poprosił o zezwolenie na wizytę u lekarza we Florencji, w imieniu papieża odpowiedziano mu: „Sanctissimus odmówił zgody na prośbę i powiedział, że rzeczony Galileo powinien zostać ostrzeżony, aby zaprzestał przesyłania próśb, albo zostanie przeniesiony do więzienia Urzędu Świętego" ([1], s. 236). Po śmierci Galileusza wielki książę Toskanii zamierzał wystawić pomnik nad jego grobem. Papież (wciąż ten sam) ostrzegł księcia, że uzna to za obrazę swojego majestatu ([1], s. 356).

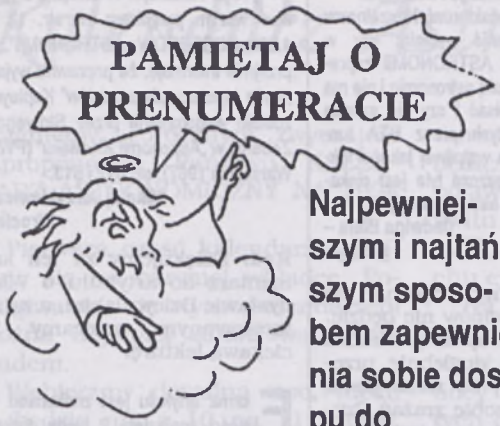
„Dialog" został wykreślony z Indeksu w r. 1822 ([1], s. 250). W czasach nowożytnych usprawiedliwiano często potępienie Galileusza twierdzeniem, jakoby teoria Kopernika była niewystarczająco udowodniona i nie przez wszystkich astronomów popierana w XVII wieku. Zdanie takie znalazło się nawet w komunikacie komisji papieskiej ogłoszonym w 1992 r. [10]. Oskarżenie Galileusza, jak tu wykazano, nie miało jednak nic wspólnego z astronomią i w XVII wieku ten argument nie został użyty. Było ono oparte na zarzutach teologicznych i formalno – prawnych (te ostatnie zaś najprawdopodobniej zostały oparte na fałszerstwie). Zakaz rozpowszechniania „Dialogu" spowodował upadek nauk przyrodniczych we Włoszech i upadek Florencji jako centrum kultury ([1], s. 330).

Argument o nieuznawaniu teorii Kopernika przez XVII–wiecznych astronomów jest dość perfidny. Działanie Inkwizycji przeciwko Galileuszowi było bowiem elementem akcji zmierzającej do zdławienia teorii Kopernika przy użyciu terroru i przemocy, a jej zwolennicy nie mieli swobody wypowiadania się. Gdyby działanie to było skuteczne, teoria Kopernika do dziś byłaby literaturą podziemną (w krajach katolickich). W krajach protestanckich nigdy nie była prześladowana. Największe zło tamtej akcji polegało na tym, że zaniepokojeni teologowie, zamiast słuchać nowych idei i próbować je zrozumieć, usiłowali dyktować fizykom i astronomom, co jest prawdziwe. Istnieją wyraźne wskazówki, że nawet jezuici w XVII wieku byli „prywatnie" zwolennikami teorii Kopernika ([1], s. 315), ale na głośne przyznanie się do tego nie pozwalała im specyficznie pojęta lojalność oraz, oczywiście, bardzo realna perspektywa spłonięcia na stosie lub przeżycia reszty dni w lochu.

Trudno dopatrzeć się jakichkolwiek okoliczności łagodzących dla Kościoła w całej tej historii. Nieumiejętność bezwarunkowego przyznania się do winy i próba ponownego samousprawiedliwienia po 350 latach zostaną prawdopodobnie dopisane do listy „bolesnych pomyłek". Możemy tylko wszyscy wyciągnąć różne nauki na przyszłość z tego doświadczenia. Jedna z nich może być taka: oto do czego prowadzi podpieranie „wartości chrześcijańskich" świeckimi represjami karnymi.

[9] To nie jest dosłowny cytat z czyjejkolwiek wypowiedzi.

Doc. Andrzej Krasiński z Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika w Warszawie, specjalista w zakresie ogólnej teorii względności, jest autorem drugiego już dla nas tekstu. Tym razem tematem jest historia astronomii, ale powiada się, że historia jest po to, aby uczyć i miejsce w Postępach słusznie się jej należy. A więc UCZMY SIĘ! Ten sam zresztą tekst ukaże się również w Postępach Fizyki.



Najpewniejszym i najtańszym sposobem zapewnienia sobie dostępu do

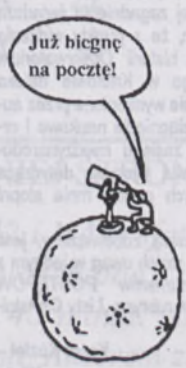
POSTĘPÓW ASTRONOMII jest prenumerata

- Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym obok przekazie
- Prosimy o czytelne wypełnienie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu
- POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy
- Cena prenumeraty na rok 1993 wynosi 120.000 zł, a pojedynczego zeszytu 30.000 zł
- Cena prenumeraty na rok 1994 wynosi 156.000 zł
- Można zamawiać jeszcze zeszyty 2, 3, 4 z roku 1991 w cenie 15.000 zł oraz 1, 2 z roku 1992 w cenie 20.000 zł za egzemplarz, a także podwójny zeszyt 3-4/1992 w cenie 30.000 zł
- Koszt przesyłki w kraju jest wliczony w koszt prenumeraty
- Cena prenumeraty do krajów europejskich jest zwiększona o 75%
- Cena prenumeraty do krajów pozaeuropejskich jest zwiększona o 150%
- Wysyłka POSTĘPÓW ASTRONOMII do krajów pozaeuropejskich będzie realizowana pocztą lotniczą
- Podane ceny pozostają aktualne aż do wydania zeszytu 1/94

Reklamacje

dotyczące prenumerat prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora pod adresem:

Sławomir Kruczkowski,
ul. Królewska 3/22,
86-300 Grudziądz,
tel. (0-51) 22794 (praca),
26650 (dom)



W następnych numerach postępów astronomii

- 450 lat De Revolutionibus
- Fotoreportaż z Hawajów
- Powstanie i ewolucja struktur we Wszechświecie
- Chrońmy niebo gwiaździste

Odcinek dla poczty

zł .....
Słownie złotych .....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....

Dokładna nazwa i nr r-k: „POSTĘPY ASTRONOMII" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa

nazwa banku: BYDGOSKI BANK KOMUNALNY S.A. Oddział w Grudziądzu

Nr r-ku 438601-19826-132

Pobrano opłatę zł .....

stempel

Podpis przyjmującego

Odcinek dla posiadacza rachunku

zł .....
Słownie złotych .....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....

Dokładna nazwa i nr r-k: „POSTĘPY ASTRONOMII" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa

nazwa banku: BYDGOSKI BANK KOMUNALNY S.A. Oddział w Grudziądzu

Nr r-ku 438601-19826-132

Pobrano opłatę zł .....

stempel

Podpis przyjmującego

Pokwitowanie dla wpłacającego

zł .....
Słownie złotych .....
nazwisko, imię .....
Dokładny adres .....

Dokładna nazwa i nr r-k: „POSTĘPY ASTRONOMII" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa

nazwa banku: BYDGOSKI BANK KOMUNALNY S.A. Oddział w Grudziądzu

Nr r-ku 438601-19826-132

Pobrano opłatę zł .....

stempel

Podpis przyjmującego

WYPEŁNIĆ I WYCIĄĆ

W związku z dyskusją o POSTĘPACH ASTRONOMII na Walnym Zebraniu PTA, pragnę podzielić się kilkoma uwagami:

1. Przedmiotem krytyki nie powinny być „Postępy w ogóle", ale konkretny artykuł Redaktora Naczelnego. Krytykując musimy zdawać sobie sprawę z faktu, że jest to minimalna część wszystkich artykułów, które ukazały się w POSTĘPACH ASTRONOMII, odkąd ukazują się one w odnowionej formie.
2. Łacińskie przysłowie mówi – De gustibus non est disputandum, dlatego nie powinniśmy dyskutować nad kulturą i smakiem Redaktora Naczelnego. Musimy sobie jednak odpowiedzieć na pytanie: czy popularyzacja astronomii ma się odbywać na poziomie „Sky and Telescope" – większość artyku- łów, czy też na poziomie „Nie" – co zdaje się rozpoczynać artykuł Redaktora Naczelnego.
3. Polskie Towarzystwo Astronomiczne jako wydawca POSTĘPÓW ASTRONOMII jest odpowiedzialne za poziom czasopisma i płacąc kilkaset milionów złotych rocznie, ma prawo do określonych wymagań. W szczególności Towarzystwo nie może dopuścić do ewolucji de coelo in coenum.

   Wymagania PTA względem Redakcji nie są formą cenzury, ale prawem zleceniodawcy względem tych, którzy zlecenie realizują. Nie wydaje się natomiast uczciwym wykorzystanie stanowiska redaktora do drukowania własnych artykułów wbrew życzeniom sponsora.
4. Brak cenzury i wolność prasy polegają na tym, że każdy ma możliwość wydrukowania swego nieocenzurowanego artykułu albo w POSTĘPACH albo w „Nie". Natomiast nie należy tego mylić z możliwością drukowania wszystkiego i wszędzie.
5. Sądzę, że Redaktorowi Naczelnemu można postawić pytania: czy w POSTĘPACH ASTRONOMII zaprezentował już całą astronomię i nie ma już o czym pisać i czy nie szkoda ciężko zdobytych przez PTA funduszy na druk wątpliwej jakości tekstów, skoro jeszcze tyle jest ciekawych tematów astronomicznych.

Jadwiga Biała – Olsztyn

Red. Naczelny wyjechał do Paryża i dowcipów nie będzie. Jak wróci, to sprawę humoru w Postępach dogłębnie przedyskutujemy, bo rzecz jasna nie chcemy sobie zrażać Czytelników, którym zbyt ostry żart nie odpowiada. Natomiast zawiedzionym możemy polecić lekturę ostatniej powieści Umberto Eco „Wahadło Foucaulta", str. 14.

Przy pisaniu historii instytucyj sobie współczesnych niełatwo jest ustrzec się opisywania i podkreślania mniej ważnych szczegółów biograficznych osób związanych z tymi instytucjami. Przy- kładem takiego postępowania może być sprawa dat uzyskiwania przeze mnie stopni naukowych, którą zajął się szczegółowo w swoim artykule w PA 3–4/92 dr Jan Mietelski. Warto byłoby może zastanowić się, czy autor tego artykułu, pisząc o osiągnięciach astronomii krakowskiej w latach 1950–1970, zamiast obszernej dyskusji nad mało znaczącymi szczegółami biograficznymi dotyczącymi dat uzyskiwania stopni naukowych, które przypadkowo zbiegły się z terminami początku względnie końca drugiej wojny światowej nie powinien był raczej wspomnieć o tym, że wyniki badań prof. Karola Kozieła nad libracją fizyczną Księżyca znalazły międzynarodowe uznanie społeczności astronomicznej. Jednym zaś z niewątpliwych tego dowodów był dwukrotny wybór K. Kozieła w latach 1958–61–64 na stanowisko prezydenta Komisji „Ruchu i figury Księżyca" Międzynarodowej Unii Astronomicznej, a w latach 1964-67 na stanowisko wiceprezydenta komisji „Księżyc" tej Unii i to w okresie intensywnych badań nad ruchem obrotowym Księżyca, związanych z planowaniem wyprawy na Księżyc statku kosmicznego „Apollo 11". A może dobrze byłoby dodać między innymi również, że od szeregu lat kalendarz astronomiczny „Jeżegodnik" stosuje rozwinięcia libracji fizycznej w długości, podane przez K. Kozieła, do obliczania efemerydy krateru księżycowego Mösting A (patrz na przykład „Jeżegodnik" 1973, str. 694). Już te dwa omówione wyżej zagadnienia świadczą wyraźnie o tym, że z punktu widzenia znaczenia dla historii Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie daleko ważniejsze są nie wymienione przez autora artykułu osiągnięcia naukowe i organizacyjne o zasięgu międzynarodowym, niż szeroka dyskusja dotycząca dat uzyskiwanych przeze mnie stopni naukowych.

Będę naprawdę zobowiązany, jeśli ujrzę tych kilka moich uwag w jednym z najbliższych numerów POSTĘPÓW ASTRONOMII w rubryce „Listy Czytelników".

Karol Kozieł – Wisła

Droga Redakcjo! W związku z pierwszym przypisem na str. 12 nr 1/93 „POSTĘPÓW ASTRONOMII" uprzejmie informuję, że poprawne wyjaśnienie hipotezy „dwu prądów" Kapteyna zostało wspomniane przez Struvego i Zebergs w „Astronomii XX wieku" (PWN, Warszawa 1967), str. 512 i 513.

Mikołaj Jerzykiewicz – Wrocław

Red. Dziękujemy za ten komentarz do artykułu o Władysławie Dziewulskim, a zainteresowanym polecamy tę ciekawą lekturę.

Forma artykułu jest znakomita! W treści znalazłem 2 błędy drukarskie, które dobrze byłoby sprostować:

1) z winy edytora tekstu na str. 125 przy rys. 3 jest: „x1C" a powinno być „$x\ 10^{5}$" oraz
2) na str. 129, środkowa kolumna: „... rozmiary której oceniali na 30°." – powinno być oczywiście „30′" (sekund łuku).

Parę innych błędów to tylko drobne „literówki" jak np. „zajerestrować", na które mam nadzieję, niewiele osób zwróciło uwagę.

Bogdan Maciesowicz – Rzeszów

Red. Chodzi o artykuł autora „Komety ostatnich lat" (PA 3/93, str.121). Przynajmniej jeden zadowolony!

Szanowna Pani! Pisze do Pani 58 – letni człowiek, który jeszcze pół roku temu mógł jeszcze przewracać „Układy Słoneczne", a dziś... Ojciec zmarł, matka od 2.5 roku sparaliżowana, została mi praca, gotowanie, opieka medyczna, ale jedyną moją nadzieją są... książki. Czy nie będzie to nietakt z mojej strony prosić o pomoc „dla głowy"? Będę wdzięczny za każdą książkę (astronomia, geologia, chemia, S – F, ...). Zbudowałem teleskop (typ Newtona), mam kolekcję meteorytów. Proszę Panią i Czytelników o pomoc.

Zbigniew Krzaczyński – Pyskowice

Red. List przyszedł w maju, ale ponieważ był adresowany personalnie do mnie (B. Cz.), to przeleżał przez cały okres mojego pobytu za granicą. Jest mi niewymownie przykro. Sądzę, że Pana Zbigniewa trapi nie tylko brak książek, ale brak życzliwych kontaktów z ludźmi. Może ktoś z Państwa do Pana Zbigniewa napisze? Adres: 44 – 120 Pyskowice, ul. Wolności 8/3.

W numerze PA 2/93 w Podziękowaniach dla doktorów Wambsgansa i Witta podaliśmy nieprawdziwe numery rysunków (4, 6). Powinno być 1, 3.

Obu Panów serdecznie przepraszamy!

Prenumerata „postępów astronomii" 1994

ilość prenumerat ☐ *156.000 zł

Zamówienia na zeszyty z lat 1991-1993 (ceny na poprzedniej stronie)

rocznik zeszyt ilość egz. suma

Razem .....zł

Prenumerata „postępów astronomii" 1994

ilość prenumerat ☐ *156.000 zł

Zamówienia na zeszyty z lat 1991-1993 (ceny na poprzedniej stronie)

rocznik zeszyt ilość egz. suma

Razem .....zł

Prenumerata „postępów astronomii" 1994

ilość prenumerat ☐ *156.000 zł

Zamówienia na zeszyty z lat 1991-1993 (ceny na poprzedniej stronie)

rocznik zeszyt ilość egz. suma

Razem .....zł

WYCIĄĆ I WYPEŁNIĆ

Kalendarz Astronomiczny na 1994 rok

Pragniemy, corocznym zwyczajem zaproponować Państwu KALENDARZ ASTRONOMICZNY NA 1994 rok.

Pierwsza część kalendarza znajduje się na barwnej wkładce. Posługiwanie się tym kalendarzem można najlepiej zilustrować przykładem.

Wybierzmy dowolną noc, niech to będzie np. z 10 na 11 lutego. Pionowa czarna linia odpowiadająca tej dacie przecina się z liniami ukośnymi odpowiadającymi konkretnym momentom zdarzeń dziejących się na niebie.

Tej nocy teoretycznie będzie można zobaczyć na niebie każdą z pięciu planet widocznych nieuzbrojonym okiem. Najefektowniej będzie widoczny **Jowisz**, wschodząc o godzinie 0^{20}, górując o 5^{04} . Słabiej widoczny będzie **Saturn** zachodząc o 17^{30} jeszcze podczas zmierzchu astronomicznego. Najsłabiej widoczne będą: **Mars** (wschód o 6^{48}), który pojawi się nad horyzontem w czasie świtu cywilnego i **Wenus** (zachód o 17^{04}), która zajdzie w czasie zmierzchu cywilnego.

Na osobną uwagę zasługuje **Merkury** (zachód o 18^{20}), gdyż moment jego zachodu nastąpi u progu nocy astronomicznej. Zatem w tych dniach widoczność Merkurego będzie jedną z najlepszych w 1994 roku (podobna widoczność będzie między 1 i 10 listopada kiedy to wschód Merkurego nastąpi w podobnych warunkach).

Oprócz tego można odczytać moment wschodu i zachodu Słońca (odpowiednio 7^{01} i 16^{40}), a także moment prawdziwej północy (23^{50}).

Pamiętajmy jednak, że podane momenty są wyznaczone dla miejsca o współrzędnych $\varphi = 52°$, $\lambda = 21°$ i dla innych rejonów Polski różnice mogą dochodzić nawet kilkudziesięciu minut.

Druga część kalendarza znajduje się na 1 i 4 stronie wkładki. Przedstawiony jest tam skrótowo przebieg dwóch zaćmień, które będą widoczne w Polsce w 1994 roku: zaćmienie Słońca w dniu 10 maja i częściowe zaćmienie Księżyca w dniu 24 maja. Poza tymi dwoma będzie widoczne w Polsce w dniu 18 listopada półcieniowe zaćmienie Księżyca. Jest to jednak zjawisko mało efektowne i widoczne tylko w bardzo dobrych warunkach pogodowych.

Trzecia część kalendarza to zestawienie faz Księżyca (tabela poniżej). Dla uproszczenia podajemy tylko daty bez precyzyjnych momentów.

Opracowanie:
Sławomir Kruczkowski
i Fryderyk Kędracki

Kalendarz faz Księżyca

	styczeń	*luty*	*marzec*	*kwiecień*	*maj*	*czerwiec*
NÓW	12	10	12	11	10	9
PIERWSZA KWADRA	19	18	20	19	18	16
PEŁNIA	27	26	27	25	25	23
OSTATNIA KWADRA	5	3	4	3	2	1

	lipiec	*sierpień*	*wrzesień*	*październik*	*listopad*	*grudzień*
NÓW	8	7	5	5	3	3
PIERWSZA KWADRA	16	14	12	11	10	9
PEŁNIA	22	21	19	19	18	18
OSTATNIA KWADRA	30	29	28	27	26	25

ZDJĘCIE NA OSTATNIEJ STRONIE OKŁADKI PRZEDSTAWIA...

... Mgławicę Oriona (M42 i M43) sfotografowaną 90/60 cm kamerą Schmidta Obserwatorium Astronomicznego w Piwnicach pod Toruniem. Zdjęcie zostało wykonane na kolorowej kliszy z czasem ekspozycji około 40 minut. Oryginalna wielkość mgławicy na kliszy jest dwukrotnie mniejsza niż wydrukowana. Autorem zdjęcia jest Krzysztof Rumiński.

postępy astronomii

1993

STYCZEŃ – MARZEC 1993, strony 1 – 48 ZESZYT 1
KWIECIEŃ – CZERWIEC, strony 49 – 96 ZESZYT 2
LIPIEC – WRZESIEŃ, strony 97 – 144 ZESZYT 3
PAŹDZIERNIK – GRUDZIEŃ, strony 145 – 192 ZESZYT 4

INDEKS do Tomu 41

TYTUŁY

Artykuły

15 lat minęło jak jeden dzień..., *Joanna Mikołajewska, Bożena Czerny*, 174
Fizyka w niejednorodnym Wszechświecie, *Andrzej Krasiński*, 29
Gwiazda betlejemska, *Jadwiga Biała*, 158
Gwizdy neutronowe jako soczewki grawitacyjne, *Janusz Osarczuk*, 56
Historja astronomji na Uniwersytecie Wileńskim, *Władysław Dziewulski*, 4
Komety ostatnich lat, *Bogdan Maciesowicz*, 121
Laury za PSR 1913+16, *Aleksander Wolszczan*, 169
Magnetohydrodynamiczne dynamo w galaktykach spiralnych, *Katarzyna Otmianowska – Mazur*, 39
Matematyka i przyroda czyli Twierdzenie Russella – Vogta, *Kazimierz Stępień*, 164
Muzyka sfer: Concertino na pulsujące gwiazdy, *Dymitar D. Sasselov*, 25
Pola magnetyczne, rotacja galaktyk i teoria dynamo, *Ryszard Wielebiński*, 65
Soczewkowanie grawitacyjne, *Krzysztof Z. Stanek, Bohdan Paczyński*, 100
Sprawa Galileusza cz. 1, *Andrzej Krasiński*, 109
Sprawy Galileusza ciąg dalszy cz. 2, *Andrzej Krasiński*, 183
Supernowa 1993J w galaktyce M81, *Joanna Mikołajewska, Maciej Mikołajewski*, 83

Pozostałe

Astrolustracja posła Krasowskiego, *Robert Szaj*, 52
Błyski gamma – najjaśniejsze obiekty we Wszechświecie, *Włodzimierz Kluźniak*, 155
CH Cygni i inne ... gwiazdy zmienne Dziewulskiego, 15
Co to jest GRO?, 148
Co zaobserwowało GRO?, 149
Diagram Hertzsprunga – Russella, *Juliusz Domański*, 179
Dysk akrecyjny wokół czarnej dziury w centrum NGC 4261, 73
Galaktyki w stadium embrionalnym, wkładka
Gorący gaz w galaktyce NGC 4151, *Andrzej A. Zdziarski*, 152
Gwiazdy, uniwersytety i obserwatoria Władysława Dziewulskiego w XXX rocznicę śmierci, *Stanisław Gąska*, 11
Io: globalny wulkan, *Andrzej Woszczyk*, 19
Jak przygotowywano się do spotkania Galileo z Gasprą, 23
Jak to robią Francuzi, *Andrzej J. Maciejewski*, 46
Kometa Levy w Nowym Wiśniczu, *Krzysztof Ścigalski*, 134
Ladacznice niebieskie, *Ewa Janaszak*, 138
Meteoryt (?) Jerzmanowicki, *Maciej Mikołajewski*, 95
Międzygwiazdowe linie rozmyte, *Jacek Krełowski*, 54
Obserwatorium Promieniowania Gamma – pierwsze wyniki misji, 148
Odkrycie pierwszej mikrosoczewki grawitacyjnej w kierunku Centrum Galaktyki, *Andrzej Udalski*, 171
Ogromne jasności 3C 279: magiczny trik ogólnej teorii względności?, *Magdalena Zbyszewska*, 149
Oś, *Krzysztof Rumiński*, 119
PSR 1718-19, *Krzysztof Belczyński*, 135
Początek nowej ery w badaniach planetoid, *Tomasz Kwiatkowski*, 22
Podwójne jądro aktywnej galaktyki Markarian 315, *Joanna Mikołajewska*, 73
Proplydy – dyski protoplanetarne w Orionie, *Andrzej Woszczyk*, 115
Q 0957+561 A/B: Grawitacyjna linijka, *Bożena Czerny*, 74
Radioastronomia bez granic, *Roy S. Booth*, 76
S(u)pernowo w Piwnicach, *Maciej Mikołajewski*, 86
SN 1993 J, 167
Tajemnica rentgenowskiego tła - rozwiązana!, *Andrzej A. Zdziarski*, 168
Teleskop Kosmiczny „robi" remanent po supernowej sprzed 15000 lat, 72
Teoria a fakty, *Bożena Czerny*, 181
Układ odniesienia, *Adam Jakubowski*, 142
Veni, Vidi ... Ensisheim 1992, *Edith Pilska*, 89
XXVI Zjazd PTA tuż, tuż ..., *Adam Michalec*, 48
XXXVII Olimpiada Astronomiczna, 136
Z Pleszewa do galaktyk, *Ryszard Wielebiński*, 80

AUTORZY

Belczyński Krzysztof, PSR 1718-19, 135
Biała Jadwiga, Gwiazda betlejemska, 158
Booth Roy S., Radioastronomia bez granic, 76
Czerny Bożena, 15 lat minęło jak jeden dzień..., 174
Obserwatorium Promieniowania Gamma – pierwsze wyniki misji, 148
Q 0957+561 A/B: Grawitacyjna linijka, 74
Teoria a fakty, 181
Domański Juliusz, Diagram Hertzsprunga – Russella, 179
Dziewulski Władysław, Historja astronomji na Uniwersytecie Wileńskim, 4
Gąska Stanisław, Gwiazdy, uniwersytety i obserwatoria Władysława Dziewulskiego w XXX rocznicę śmierci, 11
Jakubowski Adam, Układ odniesienoa, 142
Janaszak Ewa, Ladacznice niebieskie, 138
Kluźniak Włodzimierz, Błyski gamma – najjaśniejsze obiekty we Wszechświecie, 155
Krasiński Andrzej, Fizyka w niejednorodnym Wszechświecie, 29
Sprawa Galileusza cz. 1, 109
Sprawy Galileusza ciąg dalszy cz.2, 183
Krełowski Jacek, Międzygwiazdowe linie rozmyte, 54
Kwiatkowski Tomasz, Początek nowej ery w badaniach planetoid, 22
Maciejewski Andrzej J., Jak to robią Francuzi, 46
Maciesowicz Bogdan, Komety ostatnich lat, 121
Michalec Adam, XXVI Zjazd PTA tuż, tuż ..., 48
Mikołajewska Joanna, 15 lat minęło jak jeden dzień, 174
Dysk akrecyjny wokół czarnej dziury w centrum NGC 4261, 73
Galaktyki w stadium embrionalnym, wkładka
Jak przygotowywano się do spotkania Galileo z Gasprą, 23
Podwójne jądro aktywnej galaktyki Markarian 315, 73
Supernowa 1993J w galaktyce M81, 83
Teleskop Kosmiczny „robi" remanent po supernowej sprzed 15000 lat, 72
Mikołajewski Maciej, CH Cygni i inne ... gwiazdy zmienne Dziewulskiego, 15
Meteoryt (?) Jerzmanowicki, 95
SN 1993 J, 167
Supernowa 1993J w galaktyce M81, 83
S(u)pernowo w Piwnicach, 86
Osarczuk Janusz, Gwizdy neutronowe jako soczewki grawitacyjne, 56
Otmianowska – Mazur Katarzyna, Magnetohydrodynamiczne dynamo w galaktykach spiralnych, 39
Paczyński Bohdan, Soczewkowanie grawitacyjne, 100
Pilska Edith, Veni, Vidi ... Ensisheim 1992, 89
Rumiński Krzysztof, Oś, 119
Sasselov Dymitar D., Muzyka sfer: Concertino na pulsujące gwiazdy, 25
Stanek Krzysztof Z., Soczewkowanie grawitacyjne, 100
Stępień Kazimierz, Matematyka i przyroda czyli Twierdzenie Russella – Vogta, 164
Szaj Robert, Astrolustracja posła Krasowskiego, 52
Ścigalski Krzysztof, Kometa Levy w Nowym Wiśniczu, 134
Udalski Andrzej, Odkrycie pierwszej mikrosoczewki grawitacyjnej w kierunku Centrum Galaktyki, 171
Wielebiński Ryszard, Pola magnetyczne, rotacja galaktyk i teoria dynamo, 65
Z Pleszewa do galaktyk, 80
Wolszczan Aleksander, Laury za PSR 1913+16, 169
Woszczyk Andrzej, Io: globalny wulkan, 19
Proplydy – dyski protoplanetarne w Orionie, 115
Zbyszewska Magdalena, Co to jest GRO?, 148
Co zaobserwowało GRO?, 149
Ogromne jasności 3C 279: magiczny trik ogólnej teorii względności?, 149
Zdziarski Andrzej A., Gorący gaz w galaktyce NGC 4151, 152
Tajemnica rentgenowskiego tła – rozwiązana!, 168

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU

JACEK UNIWERSAŁ

Produkcja Teleskopów Astronomicznych i Lunet
34-300 ŻYWIEC, ul. Poniatowskiego 9
tel. (61)3364

LUNETY, REFRAKTORY

MODEL nr 0

- średnica obiektywu	47 mm
- ogniskowa obiektywu	500 mm
- powiększenie	40×

MODEL nr 4

- średnica obiektywu	65 mm
- ogniskowa obiektywu	400 mm
- powiększenie	od 50× do 100×
- zasięg	10.5^{m}

MODEL nr 7

- średnica obiektywu	65 mm
- ogniskowa obiektywu	800 mm
- powiększenie	płynne od 30× do 70× oraz 100-200×
- zasięg	10.5^{m}

TELESKOPY ZWIERCIADLANE

System Newtona

MODEL nr 2

- średnica zwierciadła	70 mm
- ogniskowa zwierciadła	550 mm
- powiększenie	40×, 65×, 100×
- zasięg	11^{m}
- zdolność rozdzielcza	2″

MODEL nr 3

- średnica zwierciadła	70 mm
- ogniskowa zwierciadła	800 mm
- powiększenie	60×, 100×, 160×
- zasięg	11^{m}
- zdolność rozdzielcza	1.6″

MODEL nr 5

- średnica zwierciadła	90 mm
- ogniskowa zwierciadła	900 mm
- powiększenie	70×, 120×, 200×
- zasięg	11.5^{m}
- zdolność rozdzielcza	1.3″

MODEL nr 6

- średnica zwierciadła	150 mm
- ogniskowa zwierciadła	1500 mm
- powiększenie	50×, 120×, 200×, 300×, 450×, 600×
- zasięg	12.5^{m}
- zdolność rozdzielcza	0.8″

MODEL nr 8 szukacz komet

- średnica zwierciadła	150 mm
- ogniskowa zwierciadła	900 mm
- powiększenie	30×, 80×, 120×, 200×, 300×, 450×
- zasięg	12.5^{m}
- zdolność rozdzielcza	0.9″

MODEL nr 9

- średnica zwierciadła	250 mm
- ogniskowa zwierciadła	1500 mm
- powiększenie	50×, 120×, 200×, 300×, 450×, 600×
- zasięg	14^{m}
- zdolność rozdzielcza	0,5″

TELESKOPY ZWIERCIADLANE

System Cassegraina

MODEL nr 10

- średnica zwierciadła	150 mm
- ogniskowa zwierciadła	2200 mm
- powiększenie	80×, 100×, 200×, 300× 450×, 700×
- zdolność rozdzielcza	0.8″

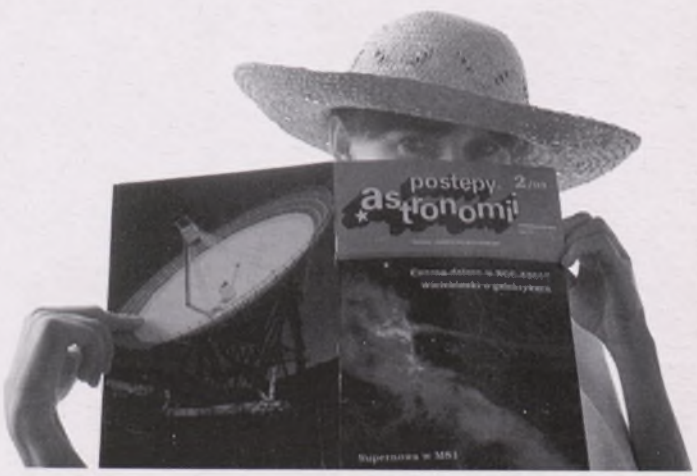
MODEL nr 11

- średnica zwierciadła	250 mm
- ogniskowa zwierciadła	3400 mm
- powiększenie	od 50× do 800×
- zdolność rozdzielcza	0.5″

Wszystkie lunety posiadają obraz prosty, ziemski. Jest możliwa sprzedaż teleskopów i lunet bez statywów, bez oprzyrządowania dodatkowego, niektórych części optycznych – obiektywów, zwierciadeł, okularów. **Ceny do uzgodnienia.**

Zakład jest fundatorem nagród (instrumentów do obserwacji nieba) dla Laureatów Olimpiady Astronomicznej i Laureatów konkursu POSTĘPÓW ASTRONOMII.

Przypominamy, że termin nadsyłania rozwiązania konkursu z bieżącego numeru upływa dnia 30 czerwca 1994 roku.



Biblioteka Główna UMK
300048429957