postępy astronomii

1/92

styczeń–marzec
tom 40

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

Mecz o planety – 2:0 dla Wolszczana
Meteoryt Tunguski
Sensacja w kosmologii: naleśnik Zeldowicza

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 – na końcu numeru.

Kolegium Redakcyjne:
Bożena Czerny
Joanna Mikołajewska
Maciej Mikołajewski

Współpraca: Jacek Drążkowski

Adres Redakcji:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń
telefon 116-55 lub 78-33-90
albo 260-18 w. 53
telex 0552234 astr pl

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

Skład komputerowy: Redakcja

Projekt okładki: Tadeusz Jodłowski

Druk: Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe MIZAR Grudziądz, ul. Jalkowskiego 3

Dystrybucja: Sławomir Kruczkowski, 86-300 Grudziądz, ul. Królewska 3/22, tel. 266-50

○ **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 1992

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. 266-50

albo Redakcją w Toruniu (tel. 116-55 i 48-71-44)
lub w Warszawie (tel. 41-00-41 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 – 1.2 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na wewnętrznej stronie okładki i wkładce – 3 mln zł ★ jedna strona kolorowa na czwartej stronie okładki – 4 mln zł ★ 1 cm^2 – 4 tys. zł ★ Opracowanie graficzne czarno-białe – 150-250 tys. zł 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 . . .

. . . „artystyczną" wizję Dany Berry galaktycznej czarnej dziury z dżetem optycznym, inspirowaną obserwacjami galaktyki PKS 0521-36 wykonanymi przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a (patrz str. 25 i 4 str. wkładki). Wobec braku makroskopowych ilości antymaterii we Wszechświecie akrecja stanowi najpotężniejszy i najefektywniejszy mechanizm produkcji energii, w którym może się wyzwalać, w specyficznych warunkach, blisko połowa energii masy spoczynkowej materii (słynne $E = mc^2$). Owe „specyficzne warunki" to oczywiście obiekt maksymalnie zwarty i jednocześnie masywny, położony w gęstym obszarze, dostarczającym odpowiednio dużo materii chętnej do spadania (akrecji). Czyż czarna dziura o masie 10 milionów mas Słońca położona w centum masywnej galaktyki nie byłaby wprost wymarzona? Astrofizykom też tak się wydaje!

E. 900/92

O 17977/1992

PSR 1257+12 *oto nazwa pulsara, którą zatailiśmy w poprzednim numerze. Ale już wówczas mogliśmy na niego mówić swojsko, tak jak dziś mówi świat: PULSAR WOLSZCZANA. Na następnej stronie, autor spełnia obietnicę i opisuje odkrycie swoich planet wokół tego pulsara, w kontekście klęski jaką poniosła grupa A. Lyne'a z niefortunnym „odkryciem" planety wokół pulsara PSR 1829-10. Mecz o planety trwa: na razie wynik 2:0 dla Wolszczana.*

A co nowego w Redakcji? W stopce, ze względów praktycznych, podajemy tylko adres toruński. Nie znaczy to oczywiście, że Bożena Czerny przestaje z nami pracować. Wprost przeciwnie, zupełnie nie wyobrażamy sobie pracy bez niej – to ona rozkręciła cały ten interes! No, może interes to wątpliwy! Z dotacji, którą otrzymaliśmy, zostało pieniędzy na wydanie 1-2 zeszytów przy cenie jaką dyktowała nam warszawska drukarnia. Szczęśliwie los się do nas uśmiechnął i drukowaniem pisma zajmie się Sławek Kruczkowski (postać znana w światku miłośniczym), w Grudziądzu. O jedną trzecią taniej! Również wysyłka do prenumeratorów będzie zorganizowana na miejscu, w Grudziądzu. Mamy nadzieję, że zarówno poziom techniczny jak i kolportaż spełni nasze i Czytelników oczekiwania. Właściwie to powinniśmy zwiększyć nieco nakład (z zeszłorocznych numerów zostały resztki), ale ciężka sytuacja finansowa każe nam podchodzić do tego bardzo ostrożnie. Brak realnych widoków na dotację, zmusza nas niestety do podniesienia ceny. Szczegółowe informacje Czytelnik znajdzie na ostatniej stronie. Mamy nadzieję, że prenumeraty pozwolą nam wydać wszystkie cztery, tegoroczne zeszyty.

W pracy redakcyjnej dalej czynimy wysiłki rozszerzania formuły „Postępów". Stąd pojawiają się nowe okienka, jak „Astronomia w szkole" i coś ekstra dla początkujących obserwatorów – polowanie na ... UFO. Interesuje nas bardzo opinia Czytelników na temat tych nowych działów. W przyszłości zamierzamy zawsze poświęcać trochę miejsca dla tych, którzy poszukują estetycznych wrażeń i odrobiny romantyzmu na niebie. Dzięki tekstom „łatwym i przyjemnym", mogliśmy sobie pozwolić na artykuł nieco trudniejszy, ale wydaje się nam bardzo ciekawy, o ewolucji gwiazd przed stadium mgławicy planetarnej. Po tej lekturze, Czytelnik nieco odpocznie czytając o tunguskim bolidzie. Staszek Bajtlik, jak zwykle, opisuje jeszcze gorące odkrycia kosmologiczne. Tym razem dosłownie – prosto z patelni! „W kraju..." tym razem zabrakło miejsca dla prezentacji ośrodka, ale mamy nadzieję, że rubryka będzie ciekawa zarówno dla astronomów, jak i miłośników. Niestety autorzy notki o wahadle nie dostarczyli swoich wizerunków w momencie jego zawieszania w „latarni" kościoła. Musiało to być bardzo zabawne! A skoro już zabrnęliśmy do kościoła, polecamy SKARANIE BOSKIE. Właśnie eseistyka i „donosy" dostarczają nam zazawyczaj największej satysfakcji. Na te ostatnie wciąż brakuje nam miejsca, a zjawiska (jak np. spotkanie sondy Galileo z planetoidą Gaspra) i odkrycia (jak planeta Lyne'a) szybko przemijają. Zazdrościmy miesięcznikom, że mogą niemal na bieżąco komentować wydarzenia.

Na koniec odnotujmy jeszcze jeden sukces polskiego astronoma, nagrodę Heinemana dla Bohdana Paczyńskiego. Nie czekając na Nobla dla Olka Wolszczana, obu sławnym Rodakom składamy serdeczne gratulacje.

017977 BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU

REDAKCJA

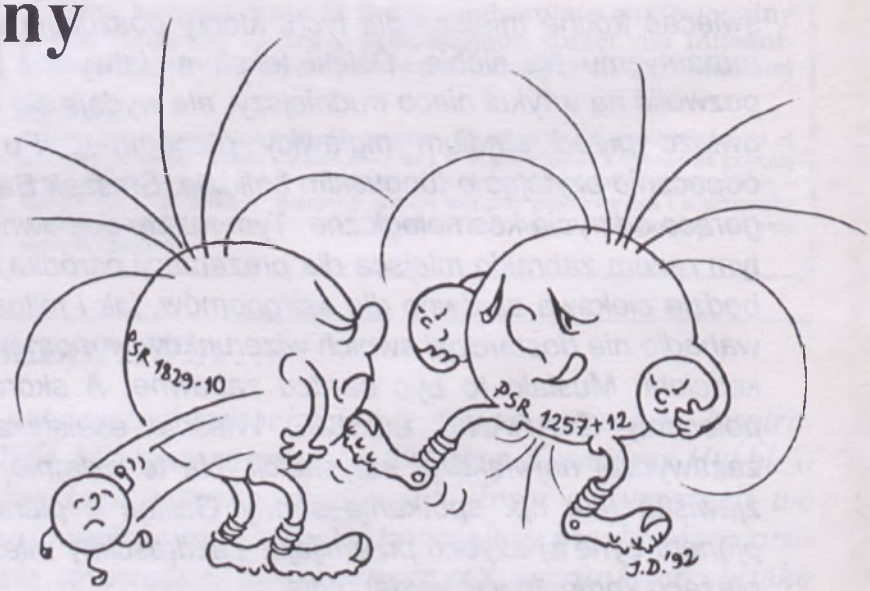
Z duszą na ramieniu podaliśmy w poprzednim numerze (PA 4/1991, str. 175) sensacyjną wiadomość o odkryciu przez polskiego astronoma, Aleksandra Wolszczana, dwóch planet krążących wokół milisekundowego pulsara. Nasz niepokój wzrósł, kiedy stało się jasne (już po wydrukowaniu zeszytu), że „odkrycie" planety wokół pulsara PSR 1829–10 (patrz PA 3/1991 str. 119) było wynikiem błędu redukcji obserwacji. Wszak Wolszczan używał tej samej, chronometrażowej metody! „Nie ma żadnej planety" – donoszą skruszeni, niedoszli „odkrywcy" w Nature z 16 stycznia br. Tymczasem tydzień wcześniej, w tymże Nature, ukazała się praca A. Wolszczana i D.A. Freila o odkryciu planet wokół pulsara PSR 1257+12. Praca ta wygląda niezmiernie solidnie. Oprócz dwóch planet o masach najprawdopodobniej równych około 3.2 i 3.9 masy Ziemi krążących na orbitach zbliżonych do rozmiarów orbity Merkurego, w układzie znajduje się jeszcze co najmniej jedna planeta, ale o dłuższym okresie orbitalnym, a więc wymaga dłuższego okresu obserwacji. Burza w polskiej prasie codziennej wybuchła z prawie trzytygodniowym opóźnieniem w stosunku do publikacji w Nature. W Postępach Astronomii będziemy się starać rzetelnie sprawę relacjonować. Na razie przypomnijmy Czytelnikowi notatkę Michała Czernego (PA 1/1991, str. 17) o zaćmieniowych pulsarach milisekundowych. W obydwu znanych przypadkach masa zaćmiewającego obiektu była bardzo niska (kilkadziesiąt mas Jowisza!), podczas gdy rozmiary zdumiewająco duże: to pulsar na naszych oczach „odparowuje" towarzyszącą gwiazdę. Czy to właśnie z obłoku-dysku powstałego z sąsiadującej gwiazdy kondensują się już w bezpiecznej odległości planety? Jak długo trwa taki proces? Czy i inne „pojedyncze" milisekundowe pulsary zawierają układy planetarne? Oto pytania, na które astronomowie będą teraz usilnie szukać odpowiedzi. Odkrycie planety wokół pulsara nie będącego pulsarem milisekundowym od początku wydawało się kłopotliwe (PA 4/1991, str. 174) i w końcu okazało się definitywnie złe. Palmę pierszeństwa dzierży więc pulsar najsłynniejszego w tej chwili polskiego astronoma. Autor odkrycia, specjalnie dla naszych Czytelników, wyjaśnia dlaczego. (m)

Planeta wokół PSR 1829-10 „znika" po wykryciu błędu w redukcji obserwacji, podczas gdy co najmniej dwie planety wokół PSR 1257+12 wydają się w pełni realne

Pierwszy pozasłoneczny układ planetarny

Aleksander Wolszczan

Jak wiadomo, pomiary momentów pojawienia się impulsów pulsara (pulsarowy „chronometraż") muszą być skorygowane na całe mnóstwo efektów zewnętrznych, włączając w to także wpływ ruchu orbitalnego Ziemi na obserwowane czasy przybycia impulsów do barycentrum Układu Słonecznego (porównaj *PA* 4/1991, str.174 – przyp. red.). A. Lyne ze współpracownikami używają iteracyjnej procedury korekcyjnej, która początkowo ignoruje ekliptyczność orbity Ziemi, co jak Lyne pisze w *Nature*, jest dopuszczalne, jeżeli współrzędne pulsara (jego pozycja na niebie) są znane dostatecznie dokładnie. W przeciwnym wypadku, zaniedbanie korekty na ekliptyczność orbity Ziemi prowadzi do periodycznych fluktuacji w różnicach pomiędzy założonymi i obserwowanymi momentami pojawienia się impulsów. Fluktuacje te mają okres równy 1/2 roku i są oczywiście proporcjonalne do rozmiarów błędu pozycji pulsara. Nie znając jej dostatecznie dokładnie, Lyne ze współpracownikami nie poprawili chronometrażu pulsara 1829-10 na ekliptyczność orbity Ziemi, jakoś o tym zapomnieli, i w efekcie otrzymali planetę krążącą wokół gwiazdy neutronowej z nieco podejrzanym (ale z pewnością nie niemożliwym), półrocznym okresem obiegu. Z ogromnego błędu w pozycji pulsara (około 7') i jego konsekwencji zdali sobie sprawę dopiero po otrzymaniu wyników astrometrii tego obiektu przy pomocy VLA. Oczywiście, takie „potknięcie" może przydarzyć się każdemu – szkoda tylko, że miało to miejsce w wypadku ogłoszenia odkrycia pierwszej planety poza Układem Słonecznym!



Pomimo istnienia szeregu możliwości popełnienia tego rodzaju błędów w procesie pomiaru momentów pojawienia się impulsów i przy dopasowywaniu modeli do takich pomiarów, planety wokół milisekundowego pulsara 1257+12 wyglądają całkiem realnie. Po pierwsze, procedura "poprawki na barycentrum" użyta w tym przypadku od początku zakłada ekliptyczność orbity Ziemi, a więc błędu w rodzaju tego, którego ofiarą padli Lyne i jego koledzy po prostu nie da się popełnić. Po drugie, od samego początku, pozycja pulsara uzyskana z pomiarów przy pomocy VLA (patrz artykuł Stanisława Bajtlika na str. 4 – przyp. red.) znana była z dokładnością około 0".1 i wiadomo było też, że nie różni się ona od założonej o więcej niż 0".7. Tak więc, efekty możliwego błędu pozycji w chronometrażu pulsara 1257+12 można było całkiem dokładnie przewidzieć i zmierzyć. Po trzecie wreszcie, w tym wypadku obserwuje się dwie oczywiste okresowości, 66.6 i 98.2 dni, które na szczęście nie są współmierne z okresem obiegu Ziemi wokół Słońca! Te oraz inne jeszcze, bardziej zawikłane argumenty i testy przemawiają za tym, że planety wokół pulsara pozostają najbardziej sensownym wyjaśnieniem okresowości w chronometrażu PSR1257+12. Jak wiadomo, grawitacyjne perturbacje orbit tych planet, związane z prawie współmiernymi okresami obiegu wokół pulsara (stosunek okresów jest bardzo bliski 3/2), dadzą się przewidzieć i ich wielkość powinna wywołać mierzalne efekty chronometrażowe w ciągu najbliższych 2 – 3 lat. Potwierdzenie istnienia tych efektów, jeśli nastąpi, będzie „stuprocentowym" dowodem na istnienie planet krążących wokół pulsara 1257+12.

W NUMERZE:

4 **Naleśniki na końcu Wszechświata** *Stanisław Bajtlik*

9 grudnia 1991, w jednym z poważniejszych czasopism naukowych, ukazał się artykuł donoszący o odkryciu wielkiego obłoku wodoru, położonego na krańcach obserwowanego Wszechświata. Doniesienie to podnieciło nie tylko uczonych. Skąd taka sensacja? Częściowo odpowiada na to pytanie tytuł z amerykańskiego dziennika The New York Times komentującego to odkrycie: „Gazowy naleśnik oferuje trop do początków Wszechświata".

11 **Katastrofa Tunguska** *Krzysztof Włodarczyk*

Rankiem, 30 czerwca 1908 roku, wydarzyła się katastrofa, która przez następne dziesięciolecia wzbudzała zainteresowanie naukowców i szarlatanów, wywołując wiele emocji i fantastycznych domysłów. Spóbujmy bez niepotrzebnych emocji opisać zdarzenie sprzed blisko 84 lat.

15 **Późne etapy ewolucji gwiazd, a powstawanie mgławic planetarnych** *Ryszard Szczerba*

Mgławice planetarne stanowią rozlegle obłoki zjonizowanego gazu, otaczające bardzo gorącą gwiazdę centralną, przypominającą białego karła. Białe karły rodzą się we wnętrzu gwiazd zwanych asymptotycznymi olbrzymami. Jeśli asymptotyczne olbrzymy są „poprzednikami" białych karłów, to stadium mgławicy planetarnej stanowiłoby krótką fazę przejściową. Ale w jaki sposób dochodzi do utraty masy prowadzącej do jej powstania?

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A **obserwuje**

Dżety radiogalaktyk PKS 0521-36 i 3C 66B (25); Błekitni maruderzy w centrum gromady kulistej 47 Tuc (25); η Carinae (28)

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

Pierwszy pozasłoneczny układ planetarny (2); Niezwykła gwiazda M (24); Post Mortem dla Gingi (24); Obraz Drogi Mlecznej w bliskiej podczerwieni (24); Jak ewoluują obłoki międzygwiazdowe (29)

33 **10-metrowy Teleskop Kecka na Hawajach** *Sławomir K. Górny*

Nadchodzące lata zdają się być okresem, który astronomowie wybrali sobie dla dokonania kolejnego kroku w dziedzinie budowy wielkich, naziemnych teleskopów optycznych. Skok, który się w tej dziedzinie dokonuje wymagał nowych rozwiązań i nowych technologii. Ich efektem jest powstanie wielu ambitnych projektów, z których 10-merowy Teleskop Kecka, znajduje się w końcowej fazie montażu.

10 Umykające Fenomeny Obserwacyjne *Szukamy Merkurego*

30 **Książki:** *Czy warto się uczyć z książek szkolnych? (30); Miesiąc w 32 dni! (31)*

32 Astronomia w szkole: **Układ Słoneczny**

39 **Przegląd czasopism:** *Wejście w lukę*

40 **W kraju...** *WAHADŁO FOUCAULTA W KRAKOWIE (40); Astronomia w KBN (41)*

42 **Sylwetki:** *Nagroda Heinemana dla Bohdana Paczyńskiego*

44 **Esej:** *SKARANIE BOSKIE*

46 **Listy Czytelników**

48 ***Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII?***

Naleśniki na końcu Wszechświata

Stanisław Bajtlik

Dla K. J.

9 grudnia 1991, w jednym z poważniejszych czasopism naukowych The Physical Review Letters ukazał się artykuł trzech amerykańskich radioastronomów: Juana M. Usona, Durgadasa S. Bagri i Timothego J. Cornwella pracujących w Narodowym Obserwatorium Radioastronomicznym w Soccoro, w stanie Nowy Meksyk w USA, donoszący o odkryciu wielkiego obłoku wodoru, położonego na krańcach obserwowanego Wszechświata. Doniesienie to podnieciło nie tylko uczonych. W poświęconym nauce, ukazującym się co wtorek dodatku do najpoważniejszego amerykańskiego dziennika The New York Times, zamieszczono dość długi artykuł, zawierający wywiady z czołowymi kosmologami, komentującymi to odkrycie. Skąd taka sensacja? Częściowo odpowiada na to tytuł eseju z tegoż dziennika: „Gazowy naleśnik oferuje trop do początków Wszechświata".

Sądzimy, że rozumiemy w głównych zarysach ewolucję Wszechświata. Rozpoczęła się 10-20 mld. lat temu. W wyniku Wielkiego Wybuchu[1] Wszechświat zaczął gwałtownie rozszerzać się. Materia, która w początkowym momencie stanowiła bardzo gęstą i gorącą plazmę, wskutek rozszerzania stygła i przechodziła ważne przemiany. Właśnie te przemiany doprowadziły do obserwowanej obecnie asymetrii pomiędzy materią i antymaterią[2], do powstania izotopów[3] lekkich pierwiastków (takich jak deuter i tryt – izotopy wodoru, hel 3, hel, lit), do rozdzielenia materii[4] i promieniowania. Resztkowe promieniowanie elektromagnetyczne, pochodzące właśnie z tego początkowego gęstego i gorącego stanu Wszechświata jest od z górą 25 lat obserwowane jako mikrofalowe promieniowanie tła. Promieniowanie to ma widmo ciała doskonale czarnego (co świadczy o tym, że kiedyś fotony pozostawały w bardzo ścisłym oddziaływaniu z mate-

[1] Wielkie litery można w tym wypadku traktować jako przynależne określeniu „historycznego wydarzenia o przełomowym znaczeniu", podobnie jak Wiosna Ludów, czy (nieco już dziś staromodne) Wielka Rewolucja Październikowa – patrz S. Jodłowski i W. Taszycki, „Zasady pisowni polskiej", Ossolineum, 1986, strona 122.

[2] Cała znana nam z codziennego doświadczenia materia składa się z cząstek – antycząstki obserwujemy tylko w ekstremalnych warunkach, wytwarzanych sztucznie w laboratoriach; właśnie takie ekstremalne warunki panowały powszechnie we Wszechświecie, w początkowych chwilach po Wielkim Wybuchu.

[3] Izotopami nazywamy te formy danego pierwiastka chemicznego, których atomy różnią się między sobą jedynie liczbą neutronów zawartych w jądrach; oznacza to, że własności chemiczne izotopów są identyczne (o tych decydują bowiem budowy powłok elektronowych atomów, te zaś zależą od liczby protonów w jądrze atomu, ale nie zależą od liczby neutronów), różne są natomiast własności fizyczne – np. ciężar właściwy, radioaktywność itd.

[4] Słowa „materia" używamy tutaj nie w znaczeniu „filozoficznym", jako „wszystko co oddziałuje na nasze zmysły" (i detektory), ale w znaczeniu bardziej potocznym – jako cząstki: protony, neutrony, neutrina, itd. – jednym słowem wszystko to, co nie jest „promieniowaniem", czy to elektromagnetycznym, czy grawitacyjnym.

rią) i charakterystyczną temperaturę 2.7 K (czyli ok. –270°C, a więc jest identyczne z promieniowaniem, które wysyła dowolne ciało doskonale czarne schłodzone do takiej niskiej temperatury).

Właśnie to *zrozumienie* podstawowych własności Wszechświata: jego globalnej ekspansji, składu chemicznego i wypełniającego go promieniowania mikrofalowego decyduje o przywiązaniu do teorii Wielkiego Wybuchu i przekonaniu, że w głównych zarysach jest ona poprawna.

Nie oznacza to, że rozumiemy wiele innych podstawowych własności Wszechświata. Np. nie wiemy jaka jest jego *wielkoskalowa struktura*, tzn. jak rozłożona jest w nim materia w wielkich – odpowiadających odległościom większym niż odległości pomiędzy galaktykami – skalach. Jego wiek i skalę odległości potrafimy określić tylko z dokładnością do czynnika ~2. Nie wiemy jak i kiedy powstały galaktyki. Nie możemy odpowiedzieć na pytanie jaka jest geometria Wszechświata ani jaka jest średnia gęstość materii we Wszechświecie (tę wielkość znamy tylko z dokładnością do czynnika ~20). Nie wiemy nawet jaka forma materii dominuje – czy jest to znana z codziennego doświadczenia materia barionowa, czy też większość masy jest w postaci ciemnej, niewidocznej, słabo oddziałującej egzotycznej materii w postaci hipotetycznych cząstek takich jak aksjony, fotina, masywne neutrina, itd. Nie znamy wartości *stałej kosmologicznej* – swobodnego parametru występującego w równaniach teorii względności. Jedynie dla prostoty ta wartość zwykle jest przyjmowana za równą zeru.

Sądzimy jednak, że odpowiedzi na powyższe pytania zostaną znalezione **w ramach** teorii Wielkiego Wybuchu i nic (żadne dane obserwacyjne) na razie nie wskazuje by trzeba było tę szeroką (tzn. dopuszczającą wiele różnych szczegółowych rozwiązań) teorię porzucić.

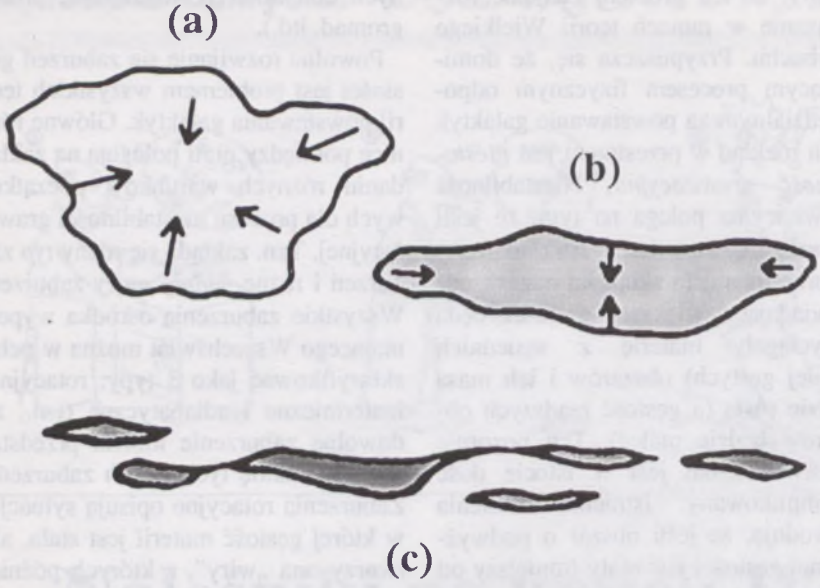
Jednym z takich fundamentalnych, a nie rozwiązanych do dziś problemów jest problem powstawania *galaktyk* i *większych struktur – gromad galaktyk* (zawierających od kilku do kilku tysięcy galaktyk) i *supergromad galaktyk* (skupisk wielu gromad galaktyk). Sądzimy, że ten problem znajdzie rozwiązanie w ramach teorii Wielkiego Wybuchu. Przypuszcza się, że dominującym procesem fizycznym odpowiedzialnym za powstawanie galaktyk i ich rozkład w przestrzeni jest *niestabilność grawitacyjna*. Niestabilność grawitacyjna polega na tym, że jeśli zaburzyć równomierny rozkład masy w przestrzeni, to skupiska materii odpowiadające większej gęstości będą przyciągały materię z sąsiednich (mniej gęstych) obszarów i ich masa będzie rosła (a gęstość rzadszych obszarów będzie maleć). Ten pozornie prosty schemat jest w istocie dość skomplikowany. Istnienie ciśnienia powoduje, że jeśli obszar o podwyższonej gęstości jest mały (mniejszy od pewnej krytycznej wielkości) to proces zapadania ulega zatrzymaniu i następuje po nim rozszerzanie. Podobnie jak to dzieje się w powietrzu: fale dźwiękowe nie są niczym innym jak oscylującymi obszarami zgęszczeń i rozrzedzeń – ciśnienie gazu zapobiega nieograniczonemu narastaniu gęstości. W rozszerzającym się Wszechświecie dochodzi jeszcze jedna komplikacja. Większość niestabilności w przyrodzie prowadzi do bardzo szybkiego – *wykładniczego* narastania z czasem zaburzonej wielkości (gęstości, odchylenia od położenia równowagi itp.). Np. igła postawiona „na sztorc" i pozostawiona bez podparcia zacznie się przewracać i odchylenie jej wierzchołka od pionu będzie narastać w czasie *wykładniczo* – tj. będzie równe pewnej stałej, podniesionej do potęgi będącej czasem mierzonym od początku przewracania się.

Rozszerzanie się Wszechświata powoduje, że obszar o narastającej gęstości – *niestabilny grawitacyjnie*, również podlega rozszerzaniu, prowadzącemu do przeciwnego efektu – obniżania gęstości. W rezultacie tych dwóch, przeciwnych sobie procesów, niestabilność grawitacyjna w ekspandującym Wszechświecie występuje, ale nie jest tak szybka jak inne niestabilności w przyrodzie. Masa pierwotnego zaburzenia narasta nie wykładniczo ale *potęgowo*, tzn. jej wartość jest proporcjonalna do czasu (mierzonego od początku procesu niestabilności) podniesionego do pewnej stałej potęgi, mniejszej od jedności[5]. Oznacza to w praktyce powolne narastanie mas pierwotnych obiektów (protogalaktyk, protogromad, itd.).

Powolne rozwijanie się zaburzeń gęstości jest problemem wszystkich teorii powstawania galaktyk. Główne różnice pomiędzy nimi polegają na zakładaniu różnych warunków początkowych dla procesu niestabilności grawitacyjnej. Tzn. zakłada się różny *typ* zaburzeń i różne *widmo mocy* zaburzeń. Wszystkie zaburzenia ośrodka wypełniającego Wszechświat można w pełni sklasyfikować jako 3 typy: rotacyjne, izotermiczne i adiabatyczne (tzn., że dowolne zaburzenie można przedstawić jako sumę tych trzech zaburzeń). Zaburzenia rotacyjne opisują sytuację, w której gęstość materii jest stała, ale tworzy ona „wiry", z których później narastają zaburzenia gęstości. Ten typ zaburzeń wymaga bardzo dużej początkowej amplitudy, sprzecznej z ograniczeniami wynikającymi z obserwacji mikrofalowego promieniowania tła. Zaburzenia izotermiczne odpowiadają fluktuacjom gęstości *materii* przy niezaburzonym rozkładzie gęstości *promieniowania*. Ponieważ promieniowanie określa temperaturę Wszechświata, odpowiada to rozkładowi materii o stałej temperaturze czyli *izotermicznemu*. Zaburzenia adiabatyczne to zaburzenia zarówno gęstości *materii* jak i *promieniowania*, ale przy zachowaniu stałego stosunku gęstości liczby barionów do gęstości liczby fotonów – czyli przy zachowaniu entropii przypadającej na jeden barion. Można również rozważać kombinacje poszczególnych typów zaburzeń: np. zaburzenia o stałej krzywiźnie, tzn. takie, które nie powodują zakrzywienia przestrzeni – odpowiadają one zaburzeniom zarówno materii jak i promieniowania, ale tak dobranym, by zawsze gęstość całkowita była stała. W tym wypadku jedynymi zaburzeniami są zaburzenia entropii. Widmo mocy zaburzeń gęstości określa względną amplitudę zaburzeń w różnych skalach – czyli np. ile jest zaburzeń odpowiadających masom gromad galaktyk w stosunku do zaburzeń odpowiadających masom galaktyk, w stosunku do zaburzeń odpowiadających masom gromad kulistych itd.

Cała informacja wynikająca z obser-

[5] Wartość tej stałej zależy od szczegółów modelu kosmologicznego – średniej gęstości materii wypełniającej Wszechświat i tempa rozszerzania się Wszechświata.



Rys. 1. Powstawanie **naleśnika** Zeldowicza. Zapadający się obłok gazu (*a*) na ogół będzie daleki od symetrii sferycznej. Początkowe asymetrie ulegną wzmocnieniu w czasie zapadania się i kolaps będzie zachodził głównie w jednym kierunku (*b*). W rezultacie (*c*) powstaje spłaszczony, rozciągnięty, porozrywany obiekt, przypominający kształtem **naleśnik**.

wacji, a dotycząca początkowych zaburzeń gęstości zawiera się jedynie w górnych ograniczeniach amplitudy zaburzeń, wynikających z obserwacji promieniowania tła. Nie wiemy ani jakie było widmo, ani jaki był typ początkowych zaburzeń. Co prawda, spekulacje teoretyczne pozwalają *wyprowadzić* typ i widmo *z pierwszych zasad* (jak np. w teorii zimnej, ciemnej materii wspartej modelem inflacyjnym), ale jak dotąd nie udało się stworzyć teorii, której przepowiednie dobrze zgadzałyby się z obserwacjami we wszystkich skalach.

Jedną z podstawowych różnic pomiędzy teoriami opartymi o zaburzenia izotermiczne i adiabatyczne jest kolejność pojawiania się struktur w różnych skalach. Propagowana w latach 70-tych przez wybitnego rosyjskiego fizyka Jakowa B. Zeldowicza teoria adiabatyczna przewidywała pojawianie się jako pierwszych ogromnych protoobiektów o masach rzędu $10^{15} M_{\odot}$ ($M_{\odot}$ oznacza masę równą masie Słońca). Te ogromne obiekty następnie zapadałyby się grawitacyjnie, a początkowe asymetrie ulegałyby wzmocnieniu prowadząc do niesferycznego kolapsu, którego rezultatem byłyby ogromne, spłaszczone obiekty, przypominające **naleśniki** (ang. *pancakes*, ros. *bliny*). Naleśniki te, po zapadnięciu się, ulegałyby fragmentacji na mniejsze obiekty, te z kolei na mniejsze itd. (patrz rys. 1). Zeldowicz i jego współpracownicy opracowali szczegóły tego procesu, charakterystyczne masy, dyspersje prędkości, stopnie jonizacji, temperatury itp. parametry fizyczne. Identyfikacja naleśników z supergromadami galaktyk, mniejszych fragmentów z gromadami, jeszcze mniejszych z galaktykami prowadzi do tzw. scenariusza **z góry – na dół** (ang. *top – down*), w którym pierwszymi powstającymi we Wszechświecie obiektami są obiekty największe (supergromady), a procesy kolapsu i fragmentacji i towarzyszące im procesy hydrodynamiczne (fale uderzeniowe, grzanie, chłodzenie, lepkość, jonizacja itd.) prowadziłyby kolejno do powstawania obiektów o mniejszych masach (gromad, galaktyk, gromad kulistych).

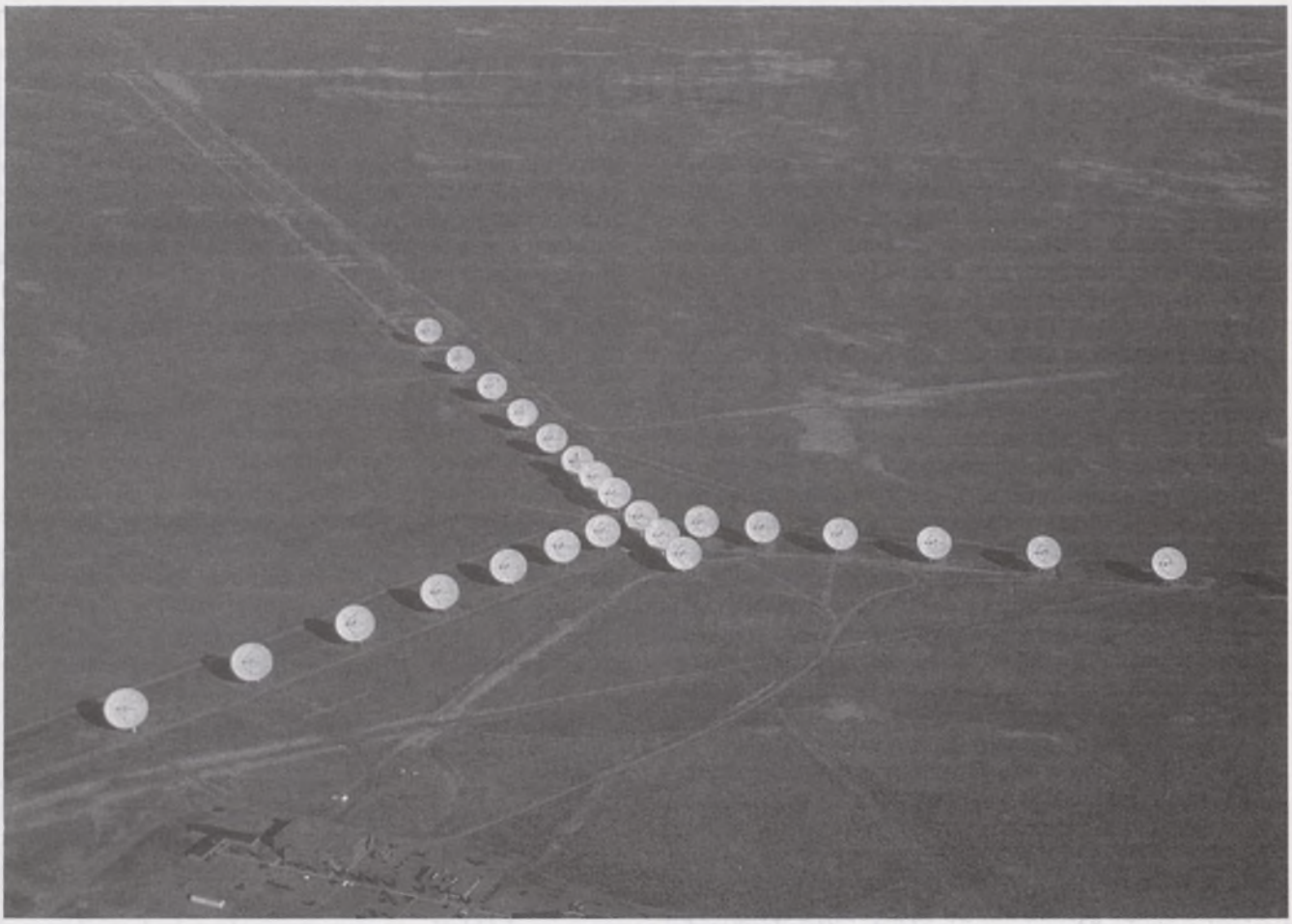
Konkurencyjnym scenariuszem jest scenariusz izotermiczny – czysto grawitacyjnego grupowania materii, w którym najpierw wyodrębniają się obiekty o najmniejszych masach – gromady kuliste, a następnie kolejno grawitacja organizuje materię w coraz większe obiekty – galaktyki, gromady, supergromady. Ten scenariusz zyskał nazwę **z dołu – do góry** (ang. *bottom – up*).

Nieznajomość początkowego rozkładu materii we Wszechświecie nie pozwala *a priori* rozstrzygnąć, który z powyższych scenariuszy opisuje jak powstawały galaktyki. To, co można i trzeba zrobić, to sprawdzić do jakiego końcowego rezultatu (rozkładu materii) każdy z nich prowadzi, kiedy w każdym z nich powstają galaktyki, jakie są masy obiektów przewidywanych przez każdy z nich, jakie zaburzenia rozkładu promieniowania tła powstają w każdym z dwóch scenariuszy, a następnie porównać to z obserwacjami jakimi dysponujemy. Przez długi czas (lata 70-te) obserwacje nie były w stanie rozstrzygnąć, który z powyższych scenariuszy lepiej opisuje to, co działo się we Wszechświecie. Za jednym i drugim scenariuszem przemawiał szereg argumentów fizycznych i wyników obserwacji, ale też każdy miał poważne problemy. Model adiabatyczny wydawał się lepiej opisywać komórkową strukturę rozkładu materii[6]. Fale uderzeniowe i efekty hydrodynamiczne towarzyszące powstawaniu **naleśników** Zeldowicza dawały nadzieję na zrozumienie pochodzenia momentu pędu galaktyk (jeszcze jedna z nie rozwiązanych zagadek). Model izotermiczny wydawał się być zgodny z obserwowanym stopniem wirializacji[7] obiektów: gromady kuliste wydają się być starsze niż galaktyki, galaktyki starsze niż gromady, gromady starsze niż (niezwirializowane jeszcze) supergromady. Model izotermiczny lepiej sobie radził z ograniczeniami nakładanymi na teorie przez obserwacje promieniowania tła.

W latach 80-tych, nowe wyniki obserwacji promieniowania tła, symulacje komputerowe ewolucji układu N – ciał oddziałujących grawitacyj-

[6] Galaktyki są rozłożone w przestrzeni bardzo nierównomiernie, duża część przestrzeni wypełniona jest ogromnymi pustkami o rozmiarach rzędu nawet 50 Mpc (tj. ok. 160 mln lat świetlnych), zupełnie pozbawionymi galaktyk, które koncentrują się na ścianach tych pustek (a szczególnie w miejscach przecięć takich ścian).

[7] Rozdzielenia energii całkowitej układu na energię kinetyczną, związaną z ruchem składników układu i energię potencjalną, związaną z położeniami składników; układ w równowadze charakteryzuje się tym, że uśredniona po czasie całkowita energia potencjalna jest dwukrotnie większa niż uśredniona po czasie całkowita energia kinetyczna składników układu; osiągnięcie takiego stanu wymaga czasu, w którym wzajemne oddziaływanie składników układu (np. gwiazd w gromadzie kulistej, czy galaktyk w gromadzie galaktyk) prowadzi do takiego właśnie rozdzielenia całkowitej energii na energię potencjalną i kinetyczną.



Rys. 2. Widok z samolotu na *VLA (dzięki uprzejmości National Radio Astronomy Observatory, kierowanego przez Associated Universities Inc.).*

nie[8], a nade wszystko teoria powstawania galaktyk, zwana teorią *Ciemnej Zimnej Materii*, spowodowały zanik zainteresowania teorią Zeldowicza.

Tym większą więc niespodzianką było doniesienie Usona, Bagri i Cornwella o odkryciu ogromnego obłoku neutralnego wodoru, położonego na krańcu obserwowanego Wszechświata. Jego odległość od nas określona jest wartością przesunięcia linii widmowych ku czerwieni $z = 3.4$[9], a jego rozmiary i kształt przypominają **naleśnik** Zeldowicza.

Uson, Bagri i Cornwell prowadzili swoje obserwacje używając najbardziej fantastycznego instrumentu radioastronomicznego jaki został dotychczas zbudowany – *Very Large Array* (*VLA*). *VLA* jest własnością i co za tym idzie, jest finansowany przez rząd federalny USA, za pośrednictwem agencji zwanej National Science Foundation (Narodowa Fundacja Nauki). Jest on dostępny dla wszystkich amerykańskich astronomów, a także dla gości spoza USA. Jest to radioteleskop złożony z 27 niezależnych anten, każda o średnicy 26 m, umieszczonych na torach kolejowych tworzących równej długości ramiona litery Y (po 9 anten na każdym ramieniu), zajmującej powierzchnię o średnicy 27 km (wielokrotnie większą od powierzchni wielkiej Warszawy). Urządzenie to znajduje się na rozległym płaskowyżu, w centrum pustynnego stanu Nowy Meksyk, w pobliżu maleńkiego miasteczka Soccoro (patrz Rys. 2). Sygnały odbierane przez poszczególne anteny są łączone w centrum układu przez komputer (do wykonania tego dość skomplikowanego zadania używa się komputerów dużej mocy typu *Convex*). Sprzężone ze sobą poprzez komputer anteny pracują efektywnie jako jeden gigantyczny teleskop. Umieszczone na torach radioteleskopy można przesuwać, ustawiając je w jednej z 72 możliwych pozycji. Maksymalnie rozsunięte anteny tworzą odpowiednik radioteleskopu o średnicy 27 km. Pozwala to na osiągnięcie dużej zdolności rozdzielczej[10]. Ceną za to jest małe pole widzenia – rzędu minut łuku. Za to przy antenach zsuniętych do środka

[8] Analitycznie można ściśle rozwiązać jedynie ewolucję układu dwóch, a w szczególnych przypadkach 3 cial oddziałujących grawitacyjnie. Przy większej ilości cial, ilość zmiennych (3 położenia i 3 składowe pędu dla każdej cząstki) oraz równań ruchu rośnie dramatycznie szybko. Uwzględnienie *wszystkich* oddziaływań pomiędzy wszystkimi cząstkami staje się praktycznie niemożliwe (prowadzi do N^2 oddziaływań). Ewolucję takiego układu można śledzić używając komputerów i algorytmów zmniejszających (za cenę przybliżonego charakteru rozwiązań) ilość zmiennych. Największe symulacje numeryczne, wymagające wielu godzin pracy najszybszych na świecie komputerów typu *Cray*, śledzą (w przybliżeniu) ewolucję układu złożonego z ok. jednego miliona cząstek. Algorytmy, których używają wymagają uwzględnienia $N \log N$ oddziaływań. Typowe symulacje ewolucji układu N cial śledzą położenia „jedynie" ok. 32000 cząstek (sześcian o boku odpowiadającym położeniom jedynie 32 cząstek).

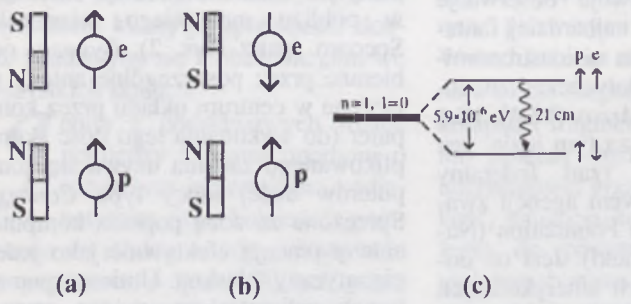
[9] Taka miara odległości we Wszechświecie jest niezależna od założonego modelu kosmologicznego; szerszą dyskusję problemu samego pojęcia odległości w rozszerzającym się i ewoluującym Wszechświecie jak i przesunięcia linii widmowych ku czerwieni można znaleźć np. w artykule autora pt. „Najdalsze i najjaśniejsze obiekty we Wszechświecie" (PA 3/1991, str. 101).

[10] Czyli zdolności odróżnienia dwóch położonych blisko na niebie punktów jako oddzielnych. Maksymalna zdolność rozdzielcza teleskopu określona jest stosunkiem długości fali do średnicy teleskopu. Im większa średnica tym większa zdolność rozdzielcza.

LINIA WODORU 21 cm

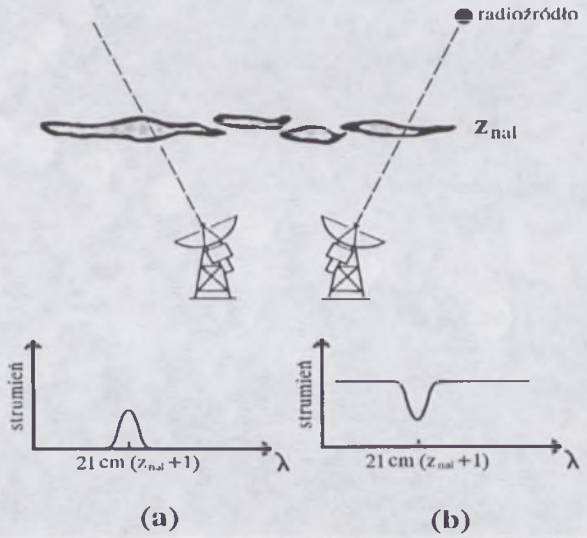
Struktura poziomów energetycznych atomu wodoru zawiera subtelny szczegół o wielkim znaczeniu dla astronomii. Podstawowy poziom energetyczny jest naprawdę rozszczepiony i składa się z dwóch, położonych bardzo blisko siebie poziomów. Różnica energii pomiędzy nimi wynosi zaledwie ~ 6×10^{-6} eV czyli mniej niż jedna milionowa część energii wiązania atomu wodoru (wynoszącej 13.6 eV* – jest to energia potrzebna do wyrwania elektronu z atomu wodoru). Te dwa różne, choć bardzo blisko siebie położone stany energetyczne są wynikiem oddziaływania pomiędzy spinami, czyli momentami magnetycznymi elektronu i protonu (stanowiącego jądro atomu wodoru). Energia stanu, w którym oba spiny ustawione są równolegle jest nieco wyższa niż energia stanu, w którym ustawione są przeciwnie. (Każdy, kto bawił się dwoma magnesami wie, że przy próbie zbliżenia dwóch magnesów jednoimiennymi biegunami, następuje „spontaniczne" przekręcenie magnesów tak, by zetknęły się różnoimienne bieguny – w ten sposób powstaje układ o przeciwnych momentach magnetycznych, który odpowiada niższej energii). W przypadku atomu wodoru, przejście energetyczne wynikające z odwrócenia spinu elektronu prowadzi do wyemitowania różnicy energii w postaci fotonu o długości fali 21 cm, czyli o częstości 1420 MHz (patrz rysunek poniżej).

Ta struktura stanów energetycznych nazywa się *strukturą nadsubtelną*. W normalnych warunkach (na Ziemi) nie obserwuje się przejścia związanego z przekręceniem spinów w atomie wodoru. Takie przejście jest *wysoce wzbronione*. Co nie oznacza, że jest sprzeczne z prawami przyrody – po prostu w ziemskich warunkach gęstości atomów są tak duże, a zderzenia pomiędzy nimi tak częste, że mało prawdopodobne i wymagające długiego czasu *przejścia wzbronione* są nieobserwowalne. W warunkach panujących we Wszechświecie, w przestrzeni międzygwiezdnej i międzygalaktycznej, gęstości gazu są tak małe, a czas pomiędzy zderzeniami atomów tak długi, że powszechnie obserwuje się wiele różnych *przejść wzbronionych*.



Ustawienie spinów elektronu (*e*) i protonu (*p*) (i ich analogia z magnesami), odpowiadające wyższemu (*a*) i niższemu (*b*) poziomowi *struktury nadsubtelnej* podstawowego poziomu energetycznego atomu wodoru. (*c*) schemat poziomów *struktury nadsubtelnej* (*n* i *l* oznaczają liczby kwantowe odpowiadające stanowi podstawowemu).

Pierwszym, który zasugerował, że związana z *nadsubtelną strukturą* atomu wodoru linia 21 cm powinna być obserwowalna był w 1945 roku holenderski astronom H.C. van de Hulst. Od tego czasu obserwacje prowadzone w tym zakresie widma są głównym źródłem wiedzy o strukturze naszej Galaktyki, innych galaktyk, przestrzeni międzygalaktycznej. Fale radiowe o długości 21 cm mają tę ważną cechę, że praktycznie nie są pochłaniane przez pył położony w dysku naszej Galaktyki. Fotony 21 cm, emitowane na przeciwległym do nas końcu Galaktyki – 50 000 lat świetlnych od nas, są z łatwością rejestrowane. Znajomość struktury naszej Galaktyki, łącznie z wiedzą o budowie ramion spiralnych, bierze się głównie z obserwacji fal o długości 21 cm. Światło widzialne jest silnie pochłaniane przez pył i w rezultacie np. światło z rejonów w pobliżu centrum naszej Galaktyki w ogóle do nas nie dociera. Budowa centrum Galaktyki jest do dziś nie rozwiązanym problemem.



Obserwacje linii emisyjnych (*a*) i absorpcyjnych (*b*) pochodzących od **naleśnika** neutralnego wodoru, położonego przy $z=z_{nal}$. Fotony wysyłane przez radioźródło położone w tle są pochłaniane przez wodór w obłoku leżącym pomiędzy radioźródłem i obserwatorem. Zarówno linie emisyjne jak i absorpcyjne występują przy długości fali λ przesuniętej o czynnik (z_{nal}+1), w stosunku do laboratoryjnej wartości 21 cm.

Obserwacje promieniowania o długości fali 21 cm są prowadzone zarówno w poszukiwaniu linii emisyjnych jak i absorpcyjnych. W pierwszym przypadku kieruje się teleskopy na ciemny obszar nieba i rejestruje fotony pochodzące od interesującego nas obiektu. W drugim przypadku rejestruje się promieniowanie pochodzące od jasnego obiektu położonego w tle (radiogalaktyka, kwazar). Atomy wodoru leżące w obiekcie położonym pomiędzy źródłem a nami, absorbują część promieniowania odpowiadającą falom o długości 21 cm (patrz rysunek powyżej).

Natężenie sygnału emisyjnego zależy tylko od ilości atomów wodoru położonych na osi widzenia (gęstości kolumnowej). Głębokość linii absorpcyjnej jest zależna od stosunku gęstości kolumnowej do temperatury gazu. Dodatkowo, kształt profili widmowych zawiera informacje o ruchu materii wewnątrz obserwowanego obiektu, a przesunięcie położeń linii emisyjnych i absorpcyjnych (w stosunku do spoczynkowej, laboratoryjnej długości fali – 21 cm) pozwala określić względną prędkość obiektu w stosunku do Ziemi (co przy kosmologicznych odległościach oznacza określenie odległości do obiektu). Jeśli można oglądać ten sam obiekt – np. obłok gazu, na oba sposoby (i w emisji i w absorpcji) to możliwe jest określenie nie tylko gęstości kolumnowej wodoru ale i jego temperatury. Mamy możliwość prowadzenia takich obserwacji gdy obiekt (obłok) jest na tyle duży, że oprócz przesłaniania źródła w tle (umożliwiającego obserwacje linii absorpcyjnych) przesłania też spory kawałek ciemnego nieba (umożliwiając obserwacje fotonów emitowanych przez obłok).

* Jeden eV – elektronowolt – w układzie *cgs* odpowiada energii ok. 1.6×10^{-12} ergów

układu, przy nieco gorszej zdolności rozdzielczej, powiększa się pole widzenia i można szybciej prowadzić przeglądy nieba. Konkretna konfiguracja zawsze jest dobierana pod kątem rodzaju prowadzonych obserwacji (obserwacje ustalonego źródła, czy przeglądy większej powierzchni nieba). Detektory *VLA* pozwalają rejestrować fale o długościach pomiędzy 1.3 cm a 92 cm. Ułożenie anten na ramionach litery Y nie jest przypadkowe. Pozwala na stosunkowo szybkie uzyskiwanie pełnych obrazów.

Autorzy omawianego tu odkrycia od 1 kwietnia do 7 maja 1991 używali *VLA* w jego najbardziej zwartej konfiguracji. Teleskopy skierowano na obszar nieba wokół radioźródła 0902 +343 ($\alpha_{1950} = 9^h02^m24.8^s$, $\delta_{1950} = +34°19'58''$). To źródło zostało wcześniej zidentyfikowane jako „normalna" galaktyka, o przesunięciu ku czerwieni $z = 3.395 \pm 0.005$. Tak duże przesunięcie linii widmowych ku czerwieni (wynikające z rozszerzania się Wszechświata, zgodnie z prawem Hubble'a, mówiącym, że obiekt oddala się od nas tym szybciej im dalej jest położony) oznacza, że źródło znajduje się prawie na **końcu obserwowanego Wszechświata**. Światło wysłane przez to radioźródło potrzebowało ok. 90% całego czasu jaki upłynął od Wielkiego Wybuchu, czyli, zostało wysłane w momencie, kiedy wiek Wszechświata wynosił zaledwie 10% obecnego wieku. Na swej długiej drodze od źródła do obserwatora fotony oddziałują z materią wypełniającą przestrzeń. W wyniku tego oddziaływania niektóre z nich ulegają pochłanianiu i w widmie położonego w tle obiektu pojawia się wtedy odpowiednia linia absorpcyjna (czy nawet szerszy obszar absorpcji).

Uson, Bagri i Cornwell badali pole wokół radioźródła 0902+343. Ze względu na przesunięcie linii widmowych ku czerwieni, używali detektora rejestrującego fale o częstościach skoncentrowanych wokół 323.5 MHz i 333.125 MHz, co odpowiada falom, o długości 21 cm (patrz ramka obok), przesuniętym w stronę czerwieni o czynnik $(1+z) = (1 + 3.4) = 4.4$. Zarejestrowali absorpcję odpowiadającą obłokowi gazu położonemu przy $z = 3.3968 \pm 0.0004$. Wynikająca z szerokości linii dyspersja prędkości wynosiła ok. 270 ± 50 km/s. Po skierowaniu anten w kierunku 30′ od radioźródła (a więc w kierunku ciemnego nieba) zarejestrowali emisję o natężeniu ok. 11.4 ± 2.3 mJy[12]. Najprostsza interpretacja tego promieniowania prowadzi do wniosku, że pochodzi ono od obłoku neutralnego wodoru, położonego przy $z = 3.3970 \pm 0.0003$. Dyspersja prędkości wynosi ok. 180 ± 40 km/s.

Interpretacja tych obserwacji prowadzi do ważnych wniosków. Wyznaczona z absorpcji gęstość kolumnowa wynosi $\sim 4.4 \times 10^{18}\ T_s$ atomów cm^{-2} K^{-1} (T_s oznacza tutaj *temperaturę spinową*, a więc temperaturę wyznaczającą stan obsadzenia każdego ze stanów *struktury nadsubtelnej*). T_s ma wartość ok. 10^4 K, bliską tego, co przewidywał dla swoich **naleśników** Zeldowicz. Analiza linii emisyjnej prowadzi do oszacowania masy gazu emitującego promieniowanie w zakresie $M \sim (1.3 + 0.4) \times 10^{14}\ h^{-2}\ M_\odot$. Dla porównania, masy gromad kulistych wynoszą $\sim 10^6\ M_\odot$, masy galaktyk są zawarte w granicach $\sim 10^9 \div 10^{11}\ M_\odot$, a masy gromad galaktyk są rzędu $\sim 10^{11} + 10^{14}\ M_\odot$. Granice tego zakresu odpowiadają odpowiednio otwartemu i płaskiemu modelowi Wszechświata, h jest stałą Hubble'a mierzoną w jednostkach 100 km/s Mpc^{-1}. Rozmiary poprzeczne, wynoszące $\sim 300''$ odpowiadają przy $z = 3.4$ odległości ok. $(1.0 - 1.8)\ h^{-1}$ Mpc (odpowiednio dla różnych modeli kosmologicznych). Mała dyspersja prędkości – 180 km/s sugeruje, że układ nie uległ jeszcze *wirializacji* i widzimy go (być może) w stanie zapadania się (w początkowym stadium tego procesu, tuż po wyodrębnieniu się pierwotnego zaburzenia z ekspandującego ośrodka). Nie wiemy jaka część masy wodoru jest w stanie zjonizowanym, zatem nie potrafimy określić całkowitej masy obłoku. Ale jest bardzo prawdopodobne, że przekracza ona $3 \times 10^{14}\ M_\odot$ – wartość zakładaną przez Zeldowicza dla **naleśników**.

Tak więc, na podstawie masy, dyspersji prędkości i temperatury autorzy interpretują obserwowany obłok neutralnego wodoru jako pierwszy przykład **naleśnika** Zeldowicza. Czy mają rację ? Czy taka interpretacja nie jest zbyt pośpieszna ? Wielu ludzi uważa, że jest zbyt pośpieszna. P.J.E. Peebles – czołowy kosmolog z Uniwersytetu w Princeton, główny propagator idei powstawania struktury wg. schematu **„z dołu – do góry"**, skomentował to odkrycie słowami: „wspaniałe odkrycie, ale żadną miarą nie mówi nam ostatniego słowa". Główne wątpliwości budzą rozmiary obiektu. J.P. Huchra z Uniwersytetu Harvarda, jeden z najbardziej znanych obserwatorów galaktyk, powiedział: „ten obiekt musiałby być przynajmniej sto razy większy by przekonać teoretyków, że jest to **naleśnik** Zeldowicza". Wielu kosmologów uważa, że to co widać, to nie tyle **naleśnik** Zeldowicza, co raczej oglądana w stadium powstawania duża (proto)gromada galaktyk.

Niezależnie od tego, czy obserwowany obiekt jest **naleśnikiem** przepowiadanym przez Zeldowicza czy nie, jest to ważne i pierwsze tego rodzaju odkrycie. Komentarz J.M. Usona: „Jesteśmy przekonani, że widzimy obłok w bardzo wczesnym stadium jego ewolucji, w momencie, w którym dopiero zaczyna zapadać się i zanim rozpoczęła się jego fragmentacja i powstawanie w jego wnętrzu gwiazd". I jak zwykle w wypadku pionierskich odkryć – są one wierzchołkiem góry lodowej i za pierwszymi rusza lawina następnych. 3 tygodnie temu, w rozmowie z jednym z radioastronomów w Soccoro, dowiedziałem się, że już teraz dysponują danymi obserwacyjnymi świadczącymi o odkryciu następnego gigantycznego obłoku neutralnego wodoru. Tym razem położonego przy $z = 3.2$, a masie równej aż ok. $10^{15}\ M_\odot$. Z niecierpliwością czekamy na wyniki obserwacji, które być może doprowadzą do określenia rozmiarów i kształtu tego obiektu. Za kilka miesięcy powinniśmy dowiedzieć się czy na końcu obserwowanego Wszechświata leżą ogromne, wypełnione neutralnym wodorem, obłożone zjonizowaną plazmą, gorące **naleśniki**?

Boulder, Colorado
Wieczór Sylwestrowy, 1991

[12] 1 Jy – Jansky jest powszechnie używaną w radioastronomii jednostką strumienia promieniowania, odpowiadającą 10^{-23} erg cm^{-2} s^{-1} Hz^{-1}. Nazwa tej jednostki pochodzi od nazwiska pioniera radioastronomii Karla G. Jansky'ego.

Stanisław Bajtlik na stałe jest zatrudniony w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie. Spędzając większość czasu w renomowanych ośrodkach zagranicznych, nie nadwyręża skromnego budżetu płacowego macierzystej placówki (połowę marca pracownicy CAMK mają spędzić na urlopach bezpłatnych – sic!). Aktualnie przebywa w Joint Institute for Laboratory Astrophysics w Boulder (Colorado, USA). Pomimo, że jest wziętym kosmologiem, znajduje Staszek czas i entuzjazm na współpracę z Redakcją. Liczymy na jeszcze!

Rys. 2. Położenie Merkurego (oznaczonego gwiazdką) nad horyzontem w momencie zachodu Słońca w dniach maksymalnych wschodnich odchyleń (elongacji) w tym roku. Na horyzoncie oprócz zachodzącego Słońca (Sł) zaznaczono kierunki: północny (N), zachodni (W) i południowo-zachodni (SW).

Umykające
Fenomeny
Obserwacyjne

Szukamy Merkurego

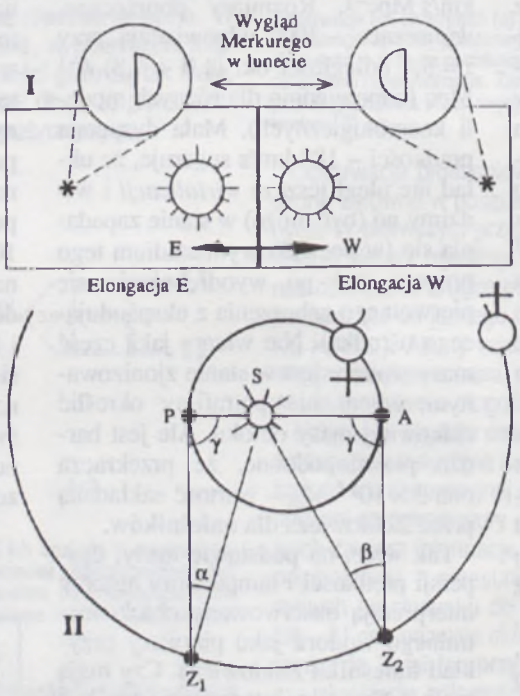
Kazimierz Schilling

Merkury obiega Słońce po znacznie ciaśniejszej orbicie niż Ziemia i dlatego, z naszej planety widać go zawsze bardzo blisko gwiazdy dziennej. Ponieważ nigdy nie świeci na tyle jasno, aby być widocznym w ciągu dnia, na ziemskim niebie gołym okiem może być widziany tylko rano, krótko przed wschodem, lub wieczorem, krótko po zachodzie Słońca. Mało komu chce się wstawać przed świtem, aby oglądać ciekawe nawet zjawisko. Omówimy zatem widoczność wieczorną.

Sięgamy po *Postępy Astronomii* 4/1991 i otwieramy na str. 169 na *Kalendarzu Astronomicznym*. Z wykresu, podającego momenty wschodów i zachodów Słońca i planet, odczytujemy, iż w 1992 r. Merkury zachodzi później niż gwiazda dzienna w następujących przybliżonych okresach: 15.02. – 27.03., 31.05. – 25.07. oraz 7.09. – 21.11. Jak wiadomo, o zachodzie Słońca jest jeszcze zupełnie jasno i aby zobaczyć Merkurego, trzeba poczekać, aż niebo ściemnieje. Przynajmniej do końca cywilnego zmierzchu, kiedy stają się widoczne najjaśniejsze gwiazdy – w maksimum swej jasności planeta niewiele ustępuje Syriuszowi, zaś w minimum jest porównywalna z Denebem. Biorąc to pod uwagę – patrzymy, gdzie linia końca zmierzchu cywilnego przecina się z liniami zachodów planety – z wykresu odczytujemy, że w bieżącym roku, na wieczornym niebie będzie można zobaczyć Merkurego od około 22.02. do 24.03. i od około 6.06. do 15.07. Najlepiej zaplanować sobie poszukiwanie Merkurego na okres 5-20 marca lub 15-30 czerwca, bo wtedy planeta będzie zachodzić najpóźniej, gdy niebo będzie już prawie zupełnie ciemne. A co jesienią? Merkury będzie wtedy widoczny tylko teoretycznie, bo zachodzić będzie, zanim niebo ściemnieje na tyle, aby można go zobaczyć.

Co jest warunkiem lepszej lub gorszej widoczności Merkurego? Aby planeta była dobrze widoczna, na ziemskim niebie musi być możliwie daleko od Słońca. *Postępów* jeszcze nie odłożyliśmy, więc w tabeli „konfiguracje..." łatwo znajdujemy informacje, że okresy wieczornej widoczności, występują wtedy, gdy Merkury ma maksymalne odchylenia wschodnie (na maksymalne odchylenia zachodnie przypadają okresy widoczności porannej). To znaczy wtedy, gdy na tle zodiaku jest maksymalnie w lewo od Słońca. Maksymalne odchylenia, wschodnie (E) lub zachodnie (W), nazywają się fachowo *elongacjami* (E lub W) i występują, gdy Słońce, Ziemia i Merkury tworzą w przestrzeni trójkąt prostokątny z kątem prostym przy Merkurym (Rys. 1.). Interesujące nas wschodnie elongacje wynoszą: 9 marca – 18° ($-0^m.3$), 6 lipca – 26° ($+0^m.6$) i 31 października – 24° ($-0^m.1$). Aby wiedzieć z jakimi gwiazdami można porównywać Merkurego, w nawiasach podano jasność planety w wielkościach gwiazdowych.

Elongacja z 31.10. jest trochę tylko mniejsza od lipcowej, a wyraźnie większa od marcowej. Dlaczego zatem jesienią Merkurego praktycznie nie widać? Aby planeta zachodziła odpowiednio później niż Słońce, nie wystarczy by była w pobliżu wschodniej elongacji. Jak wiadomo, zmieniając swe położenia na tle zodiaku, Słońce zawsze znajduje się dokładnie na ekliptyce, a Merkury, z powodu dość znacznego nachylenia orbity do orbity Ziemi, w jej pobliżu – do 7° nad lub pod ekliptyką. Jeżeli wieczorem ekliptyka tworzy mały kąt z zachodnią częścią horyzontu, to Merkury będzie zachodził prawie równocześnie ze Słońcem nawet przy dużej wschodniej elongacji. I właśnie taka sytuacja bedzie miała miejsce jesienią. Natomiast w marcu i w czerwcu, o zachodzie Słońca, ekliptyka tworzy z zachodnim horyzontem dosyć duży kąt i Merkury, będący w okolicach wschodniej elongacji, zachodzi prawie 2 godziny po Słońcu (Rys. 2). Warto nadmienić, że Rys. 2 wykonano za pomocą obrotowej mapy nieba, która pozwala demonstrować wiele, złożonych nawet zagadnień. Podobnie Czytelnik, posługując się mapką obrotową oraz „klepsydrą", mapką i tabelką naszego *Kalendarza*, może sam przewidzieć (i sprawdzić na niebie!) położenie Merkurego w elongacjach zachodnich – na niebie porannym. **Zachęcamy!**



Rys. 1. Elongacje Merkurego: I – konfiguracje na ziemskim niebie, II – konfiguracje w płaszczyźnie orbity Ziemi (ekliptyki). Na rysunku zaznaczono kierunek wschodni (E) i zachodni (W), położenie Ziemi i Merkurego podczas elongacji wschodniej (Z_1) i zachodniej (Z_2) oraz perihelium (P) i aphelium (A) orbity Merkurego. Zwróćmy uwagę na praktycznie kołową orbitę Ziemi (ekscentryczność $e \approx 0.02$) i wyraźnie eliptyczną ($e \approx 0.2$) orbitę Merkurego. Podczas elongacji Merkury może być w dowolnym punkcie swojej orbity a tylko na rysunku, specjalnie pokazano ekstremalne elongacje, pokrywające się z przejściami przez perihelium (kąt elongacji $\alpha = 17°30'$) i aphelium (kąt elongacji $\beta = 27°45'$). Kąt przy Merkurym $\gamma = 90°$ (dla eliptycznej orbity tylko w aphelium i perihelium) definiuje ekstremalne elongacje.

Pozostaje jeszcze wyjaśnić, iż Merkury jest podczas elongacji w różnych kątowych odległościach od Słońca, dlatego, że okrąża je po wyraźnie eliptycznej orbicie (Rys. 1). Jeżeli elongacja zbiega się z przejściem planety przez perihelium, widać ją 17°30' od gwiazdy dziennej, jeżeli zaś z przejściem przez aphelium, kąt elongacji wynosi 27°45'. Warto jeszcze dodać, że w momencie elongacji, Merkury wygląda jak Księżyc w kwadrze. Będą to mogły sprawdzić osoby, dysponujące lunetką lub dużą lornetką, bo gołym okiem nie widać tarczy planety. Pierwszym człowiekiem, który w 1639 r. na pewno zobaczył fazy Merkurego, był Ioannes Baptista Zupo, zaś drugim gdański astronom Jan Heweliusz – 22. 11. 1644.

Z precyzyjnych i bardzo licznych obserwacji Merkurego, zasłynął pod koniec XVIII w. wileński astronom Marcin Odlanicki-Poczobut. Systematyczne obserwacje zaczął w 1775 r. a już w 1777 r. dużą ich serię przesłał do Paryża Josephowi Lalande'owi, który wykorzystał je do poprawiania orbity planety. Przykładem pracowitości naszego uczonego jest wykonanie w 1786 r. aż 60 obserwacji – w Paryżu wykonano wtedy tylko 4. Wyniki obserwacji, wykonanych przez Poczobuta, użyte były, wraz z wieloma innymi, do obliczeń, jakie w 1859 r. pozwoliły Urbainowi Leverrier'owi odkryć ruch perihelium Merkurego – zjawiska, które na początku XX w. stało się dowodem na słuszność teorii względności.

Krzysztof Włodarczyk

Fragment komety Encke przyczyną KATASTROFY TUNGUSKIEJ

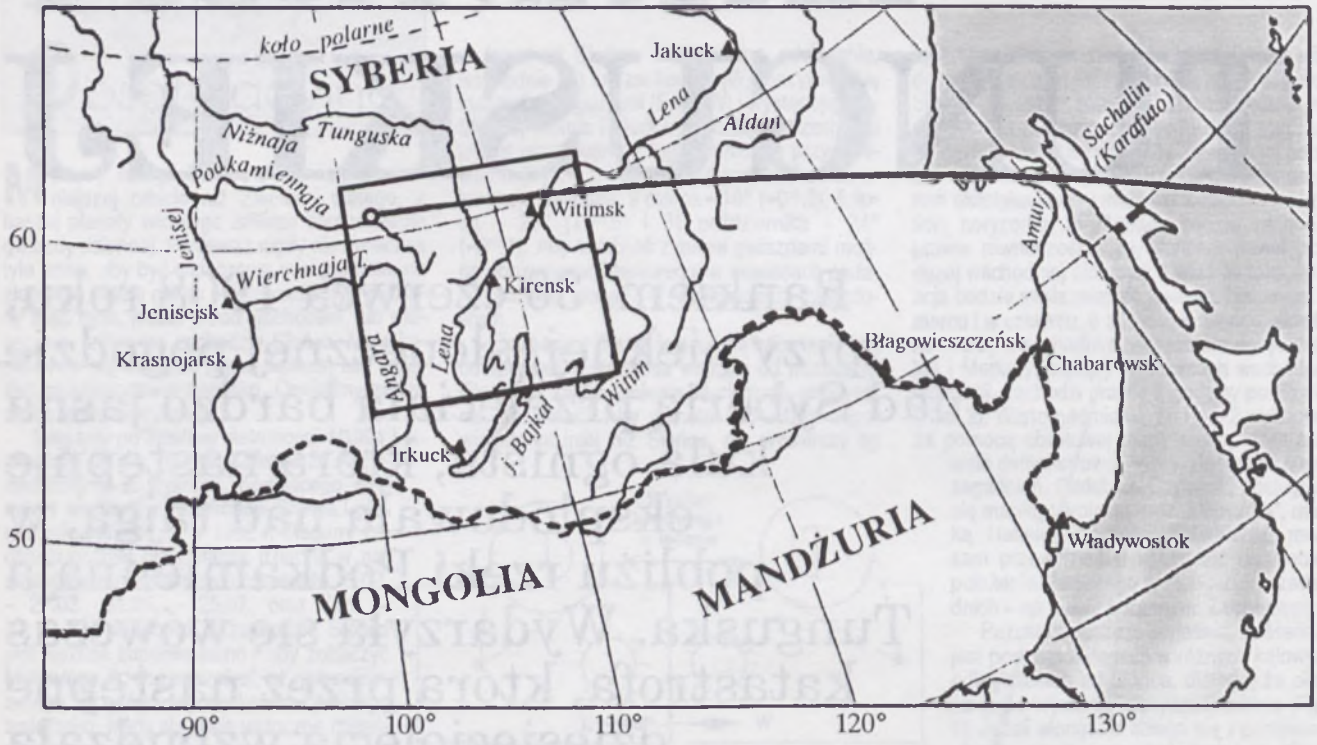
Rankiem, 30 czerwca 1908 roku, przy pięknej, słonecznej pogodzie nad Syberią przeleciała bardzo jasna kula ognista, która następnie eksplodowała nad tajgą, w pobliżu rzeki Podkamiennaja Tunguska. Wydarzyła się wówczas katastrofa, która przez następne dziesięciolecia wzbudzała zainteresowanie naukowców i szarlatanów, wywołując wiele emocji i fantastycznych domysłów. Poświęcono jej kilkaset książek i publikacji naukowych. W Polsce przeważa jednak literatura sensacyjna, prezentująca różne fantastyczne hipotezy. Spróbujmy więc bez niepotrzebnych emocji opisać zdarzenie sprzed 83 lat.

Spadek fragmentu komety Encke na Ziemię.

Przelot kuli ognistej widziany był przez wiele osób pracujących na polach i w lasach dawnej guberni Jenisejskiej, w promieniu około 600 km od miejsca wybuchu. Odgłosy towarzyszące fali uderzeniowej i gigantycznej eksplozji były słyszane nawet w odległości dwukrotnie większej. Katastrofa wydarzyła się na zupełnym pustkowiu i dzięki temu nie było ofiar wśród ludzi. Powstało jednak wiele szkód. Zniszczony został ogromny obszar tajgi o powierzchni 2150 km^2. Najbardziej przerażeni byli mieszkańcy położonej najbliżej miejsca wybuchu faktorii Wanawara, oddalonej od epicentrum o około 65 km. Odczuli oni skutki potężnej fali uderzeniowej, która uszkodziła wiele domów. W oddalonym o około 1000 km Irkucku, Obserwatorium Geofizyczne zarejestrowało trzęsienie ziemi o sile 4.5 stopnia. Wstrząs ten zarejestrowały również inne stacje sejsmologiczne, między innymi w Londynie i Jenie. Drugim efektem geofizycznym było niezwykłe świecenie nieba w nocy z 30 czerwca na 1 lipca, obserwowane w Europie i Azji. Zjawisko to zostało utrwalone na fotografii wykonanej w Danii. Przeprowadzono wówczas obserwacje spektroskopowe wykluczające podobieństwo do zorzy polarnej.

Początkowo katastrofa tunguska znana była jedynie mieszkańcom Centralnej Syberii. W lokalnej prasie ukazywały się listy czytelników zawierające opis zjawiska. Dzięki temu gazety ówczesne stały się ważnym źródłem relacji spisanych bezpośrednio po katastrofie. Przelot kuli ognistej, a zwłaszcza towarzyszące mu odgłosy wybuchów, wywołały wśród prostego ludu przerażenie, potęgowane wspomnieniami niedawnej wojny rosyjsko-japońskiej. Sprawa stała się głośna, wywoływała wiele domysłów i dzięki temu trafiła na łamy gazet. Drugim cennym źródłem informacji stały się listy nadesłane do Obserwatorium Geofizycznego w Irkucku. Były to odpowiedzi stałych korespondentów na rutynową ankietę poświęconą zarejestrowanemu trzęsieniu ziemi. Z 1908 roku pochodzi w sumie około 40 relacji naocznych świadków. Tylko kilkanaście z nich dotyczy przelotu kuli ognistej. Pozostałe ograniczają się do opisu efektów dźwiękowych. Te niezwykle interesujące relacje zostały jednak szybko zapomniane. W Cesarstwie Rosyjskim pojawiły się inne problemy i o katastrofie tunguskiej mało kto pamiętał.

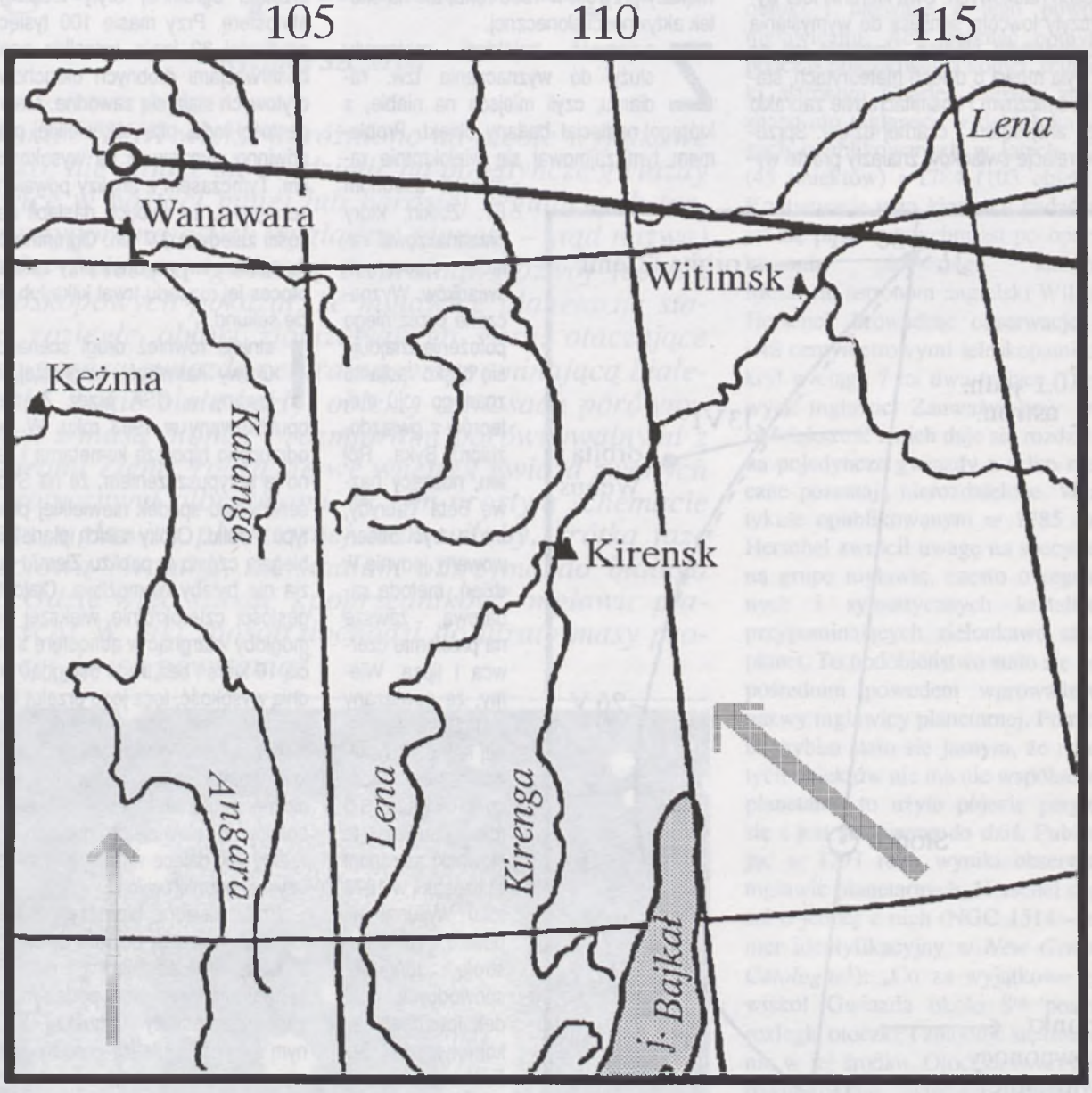
Nauka zainteresowała się tym wydarzeniem dopiero w 1921 roku, kiedy radziecki badacz meteorytów L.A. Kulik dowiedział się o nim przypadkowo z kartki starego kalendarza na rok 1910. Ten wielki entuzjasta, wkrótce potem, odbył podróż po Syberii i zebrał kolejne relacje świadków. W sześć lat później, w lutym 1927 roku zorganizował pierwszą ekspedycję, która dotarła do miejsca gigantycznego wybuchu. Ogrom powalonego lasu upewnił Kulika w przeświadcze-



Rys. 1. Najbardziej prawdopodobna trajektoria meteorytu tunguskiego. Linią ciągłą zaznaczono rzut tej trajektorii na powierzchnię Ziemi – w tych miejscach meteoryt przelatywał nad głowami obserwatorów. Ramką zakreślono obszar, z którego pochodzą relacje naocznych świadków. Katastrofa wydarzyła się rankiem 30 czerwca 1908 roku i mapkę wykonano na podstawie ówczesnych źródeł. Z tego względu zaznaczono dawny przebieg granicy rosyjskiej, odbiegający znacznie od współczesnego.

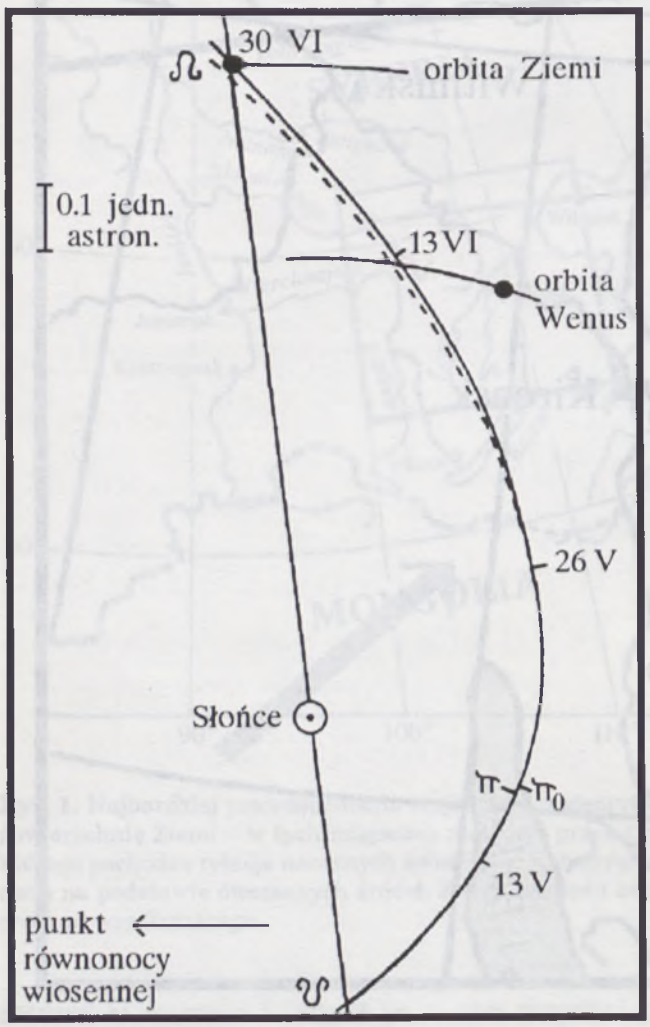
miejscu wybuchu. Pozostaje jednak problem wyznaczenia orbity tajemniczego ciała niebieskiego. A tu od początku było wiele kontrowersji i sprzeczności.

Jednoznaczne wyznaczenie trajektorii dowolnego meteorytu możliwe jest tylko wtedy, gdy znamy miejsce i czas spadku, kierunek lotu oraz prędkość. W przypadku katastrofy tunguskiej znamy miejsce i moment wybuchu. Na podstawie analizy zdjęć lotniczych wykonanych w 1939 roku obliczono współrzędne epicentrum: szerokość geograficzna 60°53′09″ oraz długość 101°53′40″. Moment wybuchu znamy dzięki analizie zapisów trzęsienia ziemi: $0^h14^m30^s$ UT albo $7^h02^m00^s$ czasu lokalnego z dokładnością do 48^s. Pozostałe parametry możemy ocenić jedynie na podstawie relacji naocznych świadków. Większość z nich zebrano dopiero w latach 1959-1974, a więc po upływie przeszło pół wieku od momentu katastrofy. Znamy około 300 relacji opisujących przelot kuli ognistej. Niestety, aż ponad 200 zebrano z ogromnym opóźnieniem. Pamięć ludzka okazała się zawodna i tylko nieliczne relacje zawierały cenne informacje. Pozostałe różniły się znacznie w ocenie czasu katastrofy i kierunku przelotu kuli ognistej i prawdopodobnie dotyczyły innych wydarzeń. Bardzo ciekawe były relacje tubylczych mieszkańców Syberii z mongolskiego plemienia Tunguzów (zwanych dziś Ewenkami), z którymi zetknął się jeszcze Kulik w latach dwudziestych. Tubylcy wypasali w tajdze stada reniferów i od początku znali miejsce katastrofy. W swoich relacjach mówili o ogromnej kuli ognistej, która oderwała się od Słońca. Podobnie twierdzili też inni świadkowie, lecz ich wypowiedzi zostały błędnie zinterpretowane przez podanie kierunku „z



Rys. 2. Najbliższa okolica miejsca katastrofy tunguskiej, z której pochodzą relacje naocznych świadków. Linią ciągłą zaznaczono najbardziej prawdopodobną trajektorię kuli ognistej obserwowanej 30 czerwca 1908 roku. Strzałka w lewym dolnym rogu, oznacza błędny kierunek przelotu kuli ognistej, wynikający z niewłaściwej interpretacji relacji świadków. Druga strzałka przedstawia kierunek najczęściej spotykany w publikacjach, wynikający z uśrednienia błędnych danych oraz trajektorii przedstawionej powyżej.

południa". A przecież zjawisko było obserwowane rano, kiedy Słońce znajdowało się na wschodzie. Dzięki takiej interpretacji, do najczęściej wymienianego kierunku „ze wschodu na zachód" lub „z południowschodu na północo-zachód", doszedł jeszcze kierunek „z południa na północ", do dziś jeszcze wymieniany w niektórych pracach naukowych. Dwa kierunki lotu wystarczyły łowcom sensacji do wymyślania niesamowitych hipotez. Powstało ich aż 77. Była mowa o dwóch meteorytach, statku kosmicznym i kosmitach. Nie zabrakło także antymaterii i czarnej dziury. Sprzeczne relacje świadków znalazły proste wyjaśnienie – nad Syberią roztrzaskał się statek kosmiczny o napędzie jądrowym, który dwukrotnie zmieniał kierunek lotu. Zdumiewa jedynie fakt, że przez wiele lat szukano dowodów na poparcie tej fantastycznej hipotezy. Śladów promieniotwórczości dopatrywano się w pniach powalonych drzew, które rzeczywiście miały największy przyrost w 1908 roku, ale na skutek aktywności słonecznej.



Rys. 3. Rzut orbity hipotetycznego ciała tunguskiego (linia ciągła) oraz komety Encke (linia przerywana) na płaszczyznę orbity Ziemi. Na rysunku zaznaczono również hipotetyczne położenie peryhelium ciała tunguskiego (π_0) względem peryhelium komety (π). Daty odnoszą się do 1908 r. i opisują ruch ciała tunguskiego przed katastrofą (kometa w podobnych położeniach na orbicie znajdowała się ponad dwa tygodnie wcześniej). Linia prosta, przebiegająca przez Słońce, to tzw. linia węzłów, w których orbita przecina płaszczyznę orbity Ziemi. Zderzenie mogło nastąpić tylko w jednym z takich węzłów. Przed katastrofą, ciało tunguskie znajdowało się poniżej płaszczyzny orbity ziemskiej i dopiero 30 czerwca 1908 roku przecięło tę płaszczyznę.

Znajomość trajektorii meteorytu służy do wyznaczania tzw. radiantu, czyli miejsca na niebie, z którego nadleciał badany obiekt. Problemem tym zajmował się wielokrotnie radziecki astronom I.T. Zotkin, który przeanalizował relacje naocznych świadków. Wyznaczone przez niego położenie znajduje się blisko radiantu znanego roju meteorów z gwiazdozbioru Byka. Rój ten, noszący nazwę Beta Taurydy, może być obserwowany jedynie w dzień, metodą radarową, zawsze na przełomie czerwca i lipca. Wiemy, że powiązany jest z orbitą słynnej komety Encke, obiegającej Słońce z okresem 3.3 roku. Zauważył to słowacki astronom L. Kresak i w 1978 roku wysunął hipotezę, że katastrofę tunguską spowodował upadek fragmentu tej komety. Kometa Encke przechodziła przez peryhelium 1 maja 1908 roku. Jej fragment, aby dotrzeć do Ziemi 30 czerwca, musiałby poruszać się po bardzo podobnej orbicie, lecz nieco obróconej. Musiałby też przejść przez punkt przysłoneczny 17 maja. Tak duże opóźnienie wskazywałoby na bardzo odległy w czasie rozpad komety Encke. Nie jest to jednak wykluczone, ponieważ rozpad komet nie jest czymś niezwykłym. Hipoteza Kresaka znajduje potwierdzenie w relacjach świadków oraz doskonale tłumaczy efekty atmosferyczne towarzyszące katastrofie. Kontrowersje budzi jedynie problem przelotu ogromnej bryły lodowej przez atmosferę. Przy masie 100 tysięcy ton i prędkości 30 km/s, wszelkie analogie z obserwacjami drobnych okruchów meteorytowych stają się zawodne. Małe ciało o gęstości lodu, przy tak wielkiej prędkości, powinno wyparować na wysokości 70-80 km. Tymczasem z analizy powalonego lasu wynika, że wybuch nastąpił na wysokości zaledwie 3-7 km. Ogromna bryła lodu spełnia ten warunek przy założeniu, że proces jej rozpadu trwał kilka lub kilkanaście sekund.

Istnieje również drugi scenariusz naukowy katastrofy tunguskiej, sformułowany w USA przez Z. Sekaninę, opublikowany w 1983 roku. W tej wersji odrzucono hipotezę kometarną i zastąpiono ją przypuszczeniem, że na Syberii obserwowano spadek niewielkiej planetoidy, typu Apollo. Orbity takich planetoid przebiegają często w pobliżu Ziemi i taka kolizja nie byłaby niemożliwa. Ciało takie, o gęstości czterokrotnie większej od lodu, mogłoby wtargnąć w atmosferę z prędkością 10 km/s i bez trudu osiągnąć odpowiednią wysokość, lecz jego przelot byłby niezgodny z relacjami świadków, zwłaszcza tych z faktorii Wanawara. Ważnym mankamentem hipotezy Sekaniny jest bezgraniczne zaufanie analogii z obserwacjami bolidów o niewielkich masach, gdy nie wiemy jak dalece możemy ekstrapolować uzyskane z nich wyniki.

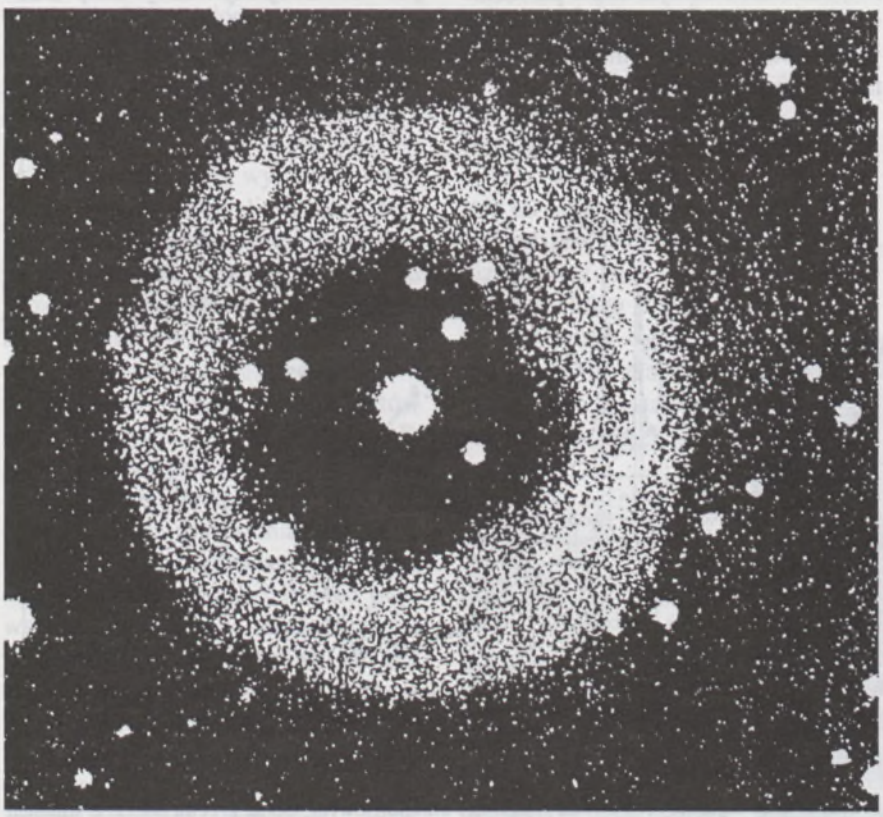
Przedstawione hipotezy znajdują swoich zwolenników i dopiero dalsze badania pozwolą wykluczyć jedną z nich. Być może, potrafimy wówczas podać rozwiązanie zagadki katastrofy tunguskiej. Zawiedzionym łowcom sensacji proponuję obejrzenie załączonych ilustracji. Na mapkach (Rys. 1 i 2) przedstawiono bliższą i dalszą okolicę epicentrum z zaznaczeniem trajektorii zgodnej z hipotezą kometarną. Na rysunku 3 pokazano rzut orbity ciała tunguskiego wraz z orbitą prawdopodobnie macierzystej komety Encke, na tle orbity Ziemi.

Krzysztof Włodarczyk jest astronomem w krakowskiej WSP, częstym gościem w obserwatorium tejże uczelni na Suhorze w Gorcach. W najbliższym czasie pokażemy Czytelnikom uzyskane przez autora obrazy komety Faye'a, choć dawniej zajmował się głównie gwiazdami podwójnymi. Czyżby zmiana zainteresowań?

Późne etapy ewolucji gwiazd a powstawanie mgławic planetarnych

Ryszard Szczerba

Pod koniec XVIII wieku wyróżniono na niebie wyjątkowe zjawisko: nie dające się rozdzielić na pojedyncze gwiazdy mgławice w postaci mniej lub bardziej regularnych tarczek (przypominających wyglądem planety – stąd nazwa) ze słabo świecącą gwiazdą centralną. Rozwój technik spektroskopowych pokazał, że mgławice planetarne stanowią rozległe obłoki zjonizowanego gazu, otaczające bardzo gorącą gwiazdę centralną, przypominającą białego karła. Takie białe karły, obiekty o masach porównywalnych z masą Słońca i rozmiarami porównywalnymi z rozmiarami Ziemi, rodzą się we wnętrzu gwiazd zwanych asymptotycznymi olbrzymami. W tym prostym schemacie stadium mgławicy planetarnej stanowiłoby, krótką fazę przejściową ewolucji, od stadium olbrzyma do białego karła. Gdzie więc szukać „poprzedników" mgławic planetarnych? W jaki sposób dochodzi do utraty masy prowadzącej do ich powstania?



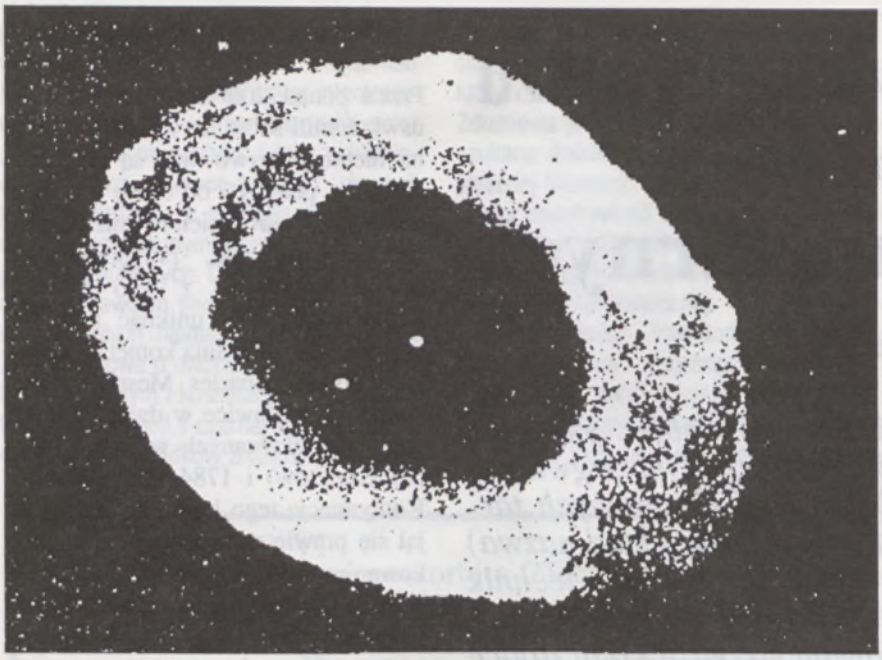
Rys. 1. Mgławica planetarna PK 329+2°1 o rozmiarze kątowym 80″ znajdująca się w odległości około 1000 parseków.

Czym są mgławice planetarne

Przed ponad 200 laty astronomowie uświadomili sobie, że wśród obiektów na niebie obserwowane są nie tylko gwiazdy, planety i od czasu do czasu komety. Są wśród nich również źródła bardziej rozciągłe, przypominające obłoki i nazwane z tego powodu mgławicami. Aby uniknąć pomyłek podczas poszukiwania komet, francuski astronom Charles Messier zebrał znane mu mgławice w dwóch katalogach opublikowanych w latach 1771 (45 obiektów) i 1784 (103 obiekty). Kontynuacją tego kierunku badań zajął się prawie natychmiast po opublikowaniu pierwszego katalogu Messiera, astronom angielski William Herschel. Prowadząc obserwacje 30 i 48 centymetrowymi teleskopami odkrył w ciągu 7 lat dwa tysiące (!) nowych mgławic. Zauważył przy tym, że większość z nich daje się rozdzielić na pojedyncze gwiazdy a tylko nieliczne pozostają nierozdzielone. W artykule opublikowanym w 1785 roku Herschel zwrócił uwagę na specyficzną grupę mgławic, często o regularnych i symetrycznych kształtach, przypominających zielonkawe tarcze planet. To podobieństwo stało się bezpośrednim powodem wprowadzenia nazwy mgławicy planetarnej. Pomimo iż szybko stało się jasnym, że natura tych obiektów nie ma nic wspólnego z planetami, to użyte pojęcie przyjęło się i jest stosowane do dziś. Publikując w 1791 roku wyniki obserwacji mgławic planetarnych, Herschel napisał o jednej z nich (NGC 1514 – numer identyfikacyjny w *New General Catalogue*[1]): „Co za wyjątkowe zjawisko! Gwiazda około 8^m posiada rozległą otoczkę i znajduje się dokładnie w jej środku. Otoczka tworzy tak równomiernie świecącą tarczkę, że trudno przypuszczać aby składała się z gwiazd których nie potrafimy rozdzielić. Nie powinno być także wątpliwości co do bezpośredniego związku pomiędzy gwiazdą a rozległą, świecącą otoczką[2]". Na rysunkach 1 i 2 po-

[1] Katalog obiektów rozciągłych: mgławic gazowych (w tym planetarnych), galaktyk, gromad kulistych i zwartych gromad otwartych. Wykaz wszystkich skrótów pojawiających się w tekście, znajdzie Czytelnik w oddzielnej ramce.

[2] Obecnie ocenia się, że gwiazda centralna tej mgławicy planetarnej ma jasność w zakresie wizualnym bliską $9^m.5$. Czyżby więc w ciągu 200 lat gwiazda osłabła o $1^m.5$?!



Rys. 2. Mgławica planetarna NGC 6720 o rozmiarze kątowym 70″ znajdująca się w odległości bliskiej 500 parseków. Zachęcam Czytelników do sprawdzenia ile czasu potrzebuje foton wyemitowany przez gwiazdę centralną na osiągnięcie zewnętrznego skraju tych mgławic.

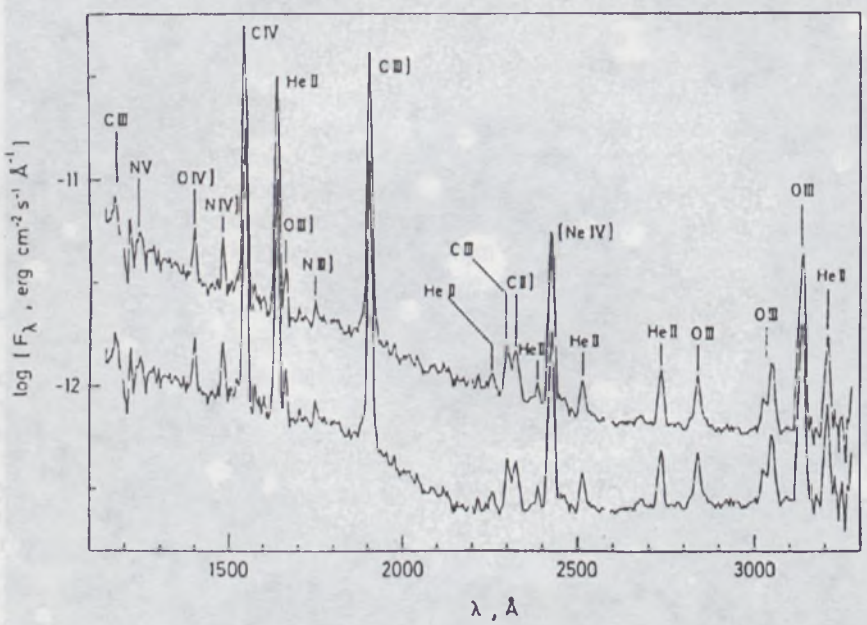
kazane są dwie współczesne fotografie mgławic planetarnych: PK 329+2°1[3] oraz NGC 6720. Co prawda nie wszystkie znane mgławice planetarne (ponad 1500 obiektów w naszej i kilkadziesiąt w najbliższych nam galaktykach) mają tak regularne kształty. Warto jednak podkreślić, że bardzo wysoki stopień symetrii jest nieodłączną cechą tej klasy obiektów.

Mając wyobrażenie jak wyglądają mgławice planetarne spróbujmy odpowiedzieć precyzyjniej na postawione pytanie: czym są mgławice planetarne? Rozwój technik obserwacyjnych, fizyki atomowej i wysiłek intelektualny wielu pokoleń astronomów pokazał, że są one zjonizowanymi otoczkami gazowymi rozciągającymi się na odległość nawet kilku dziesiątych części parseka od gorących gwiazd o temperaturach od 30 do kilkuset (!) tysięcy kelwinów. Okazało się, że pierwotną przyczyną świecenia mgławicy planetarnej jest promieniowanie docierające od położonej w jej centrum gwiazdy. Fotony emitowane przez gwiazdę powodują jonizację gazu, dając początek całej gamie procesów fizycznych bezpośrednio odpowiedzialnych za obserwowane widmo. Charakterystyczną cechą widm mgławic planetarnych są linie emisyjne, a wśród nich tzw. linie wzbronione. Przykłady widm mgławic planetarnych pokazane są na dwóch kolejnych rysunkach. Na rysunku 3 pokazano ultrafioletowe widmo mgławicy NGC 7662 otrzymane przy pomocy satelity IUE (*International Ultraviolet Explorer*), natomiast na rysunku 4 przedstawiono część widma optycznego mgławicy NGC 2242, otrzymanego instrumentami naziemnymi.

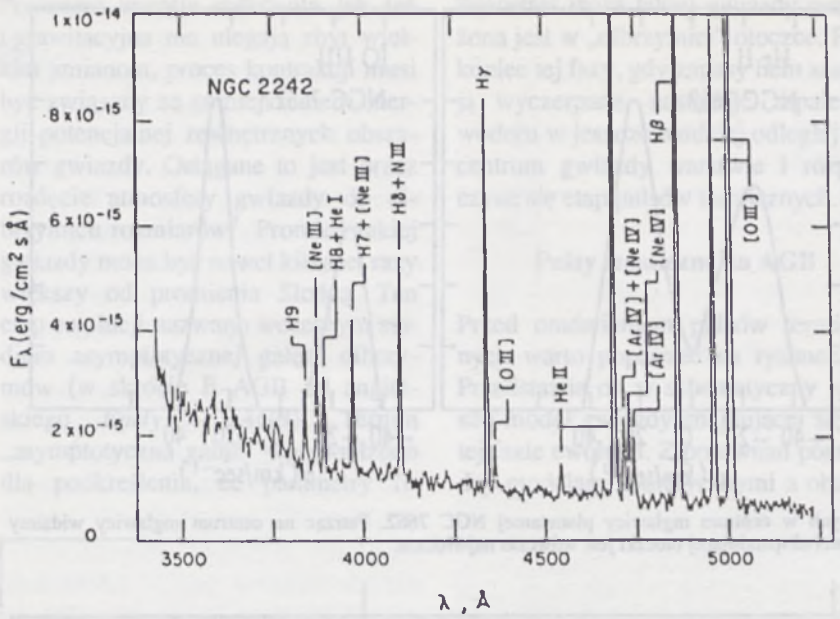
[3] PK od nazwisk Perek i Kohoutek – twórców jednego ze współczesnych katalogów mgławic planetarnych z 1967 roku. Liczby oznaczają współrzędne galaktyczne obiektu: 329 – długość a +2°1 – szerokość galaktyczną.

Aby zaznaczyć, że mamy do czynienia z linią wzbronioną zwyczajowo stosuje się nawiasy kwadratowe przy symbolu odpowiedzialnego za nią jonu, np. w przypadku linii wzbronionej powstającej w dwukrotnie zjonizowanym tlenie – stosujemy [O III] (w spektroskopii przyjęto oznaczać atom tlenu symbolem O I). Czym są i skąd biorą się linie wzbronione w mgławicach planetarnych? Otóż, pewne poziomy energetyczne niektórych jonów mają bardzo długi czas życia. Bardzo mała gęstość materii w mgławicy (rzędu 10^4 jonów w 1 cm^3) umożliwia jednak „dotrwanie" jonu w stanie wzbudzonym do momentu, w którym nastąpi emisja spontaniczna fotonu i przejście na poziom o niższej energii. Innymi słowy, prawdopodobieństwo przejścia, wynikiem którego jest emisja kwantu o częstości odpowiadającej linii wzbronionej, jest bardzo małe. Jon musi mieć dostatecznie dużo czasu i „spokoju" aby takie przejście mogło wystąpić. W warunkach większej gęstości pojawianiu się linii wzbronionych zapobiegają znacznie częstsze zderzenia wzbudzonego jonu ze swobodnymi elektronami. Jon przechodząc na poziom o niższej energii nie emituje wówczas fotonu (nie obserwujemy danej linii) albowiem nadwyżka energii unoszona jest przez zderzający się z nim elektron.

W mgławicach planetarnych bar-



Rys. 3. Widmo mgławicy NGC 7662 w zakresie ultrafioletowym. Górna krzywa pokazuje strumień jaki docierałby do obserwatora gdyby ekstynkcja międzygwiazdowa była zaniedbywalna, tzn. promieniowanie wyemitowane przez gwiazdę nie byłoby absorbowane przez pył znajdujący się pomiędzy obserwatorem a źródłem.

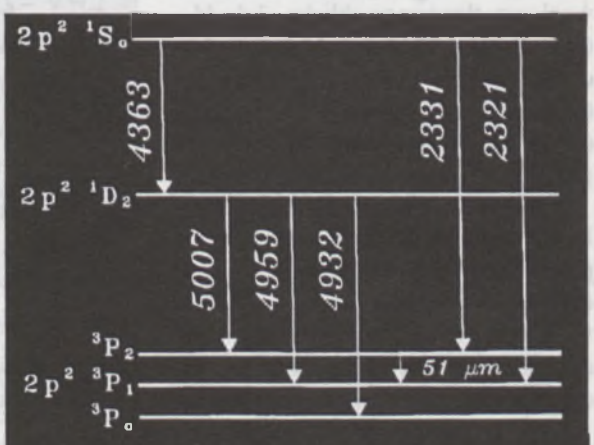


Rys. 4. Niebieska część widma optycznego mgławicy NGC 2242.

dzo często obserwowanymi liniami wzbronionymi są linie dwukrotnie zjonizowanego tlenu [O III] λλ 4959 i 5007 Å (na rysunku 5 pokazany jest schemat kilku najniższych poziomów energetycznych jonu O III wraz z długościami fal najważniejszych przejść). To głównie one – leżąc w zielonym zakresie widma – odpowiedzialne są za „zielonkawy wygląd" mgławic planetarnych. Na przełomie naszego stulecia sprawiły one jednak nielada kłopot interpretacyjny. Naszkicowany powyżej mechanizm odpowiedzialny za powstawanie tych linii nie był wówczas znany. Aby wyjaśnić pochodzenie zagadkowych linii, naukowcy zajmujący się spektroskopią zaproponowali istnienie, jakoby nieznanego jeszcze, pierwiastka o nazwie nebulium (nebula – w języku angielskim to mgławica). Okazało się jednak i tym razem, że nie należy mnożyć bytów zbyt pochopnie. W 1927 roku I.S. Bowen, jako pierwszy podał przedstawioną powyżej interpretację.

Kontynuując rozważania nad pytaniem, czym są mgławice planetarne, nie można pominąć milczeniem pierwszych wyników obserwacyjnych świadczących o ich ekspansji. W początkach tego stulecia dwaj astronomowie: W.W. Campbell i J.H. Moore, opublikowali wyniki obserwacji mgławic planetarnych wykonanych z najwyższą – wówczas dostępną – spektroskopową zdolnością rozdzielczą. Okazało się, że linie emisyjne są poszerzone a niektóre z nich nawet rozdzielone. Charakterystyczne dla mgławic planetarnych profile linii emisyjnych przedstawione są na rysunku 6. Podana przez Campbella i Moore'a interpretacja sugerowała, że jest to wynik rotacji mgławicy. Niedobór energii widoczny w centrum linii (patrz rysunek 6) miał być powodowany jakoby, wolniej rotującą zewnętrzną otoczką, która absorbuje energię emitowaną w głębszych warstwach. Jednak już w 1928 roku Ch.D. Perrine i następnie H. Zanstra pokazali, że w świetle odkrycia Bowena (patrz wyżej) ta interpretacja jest niesłuszna[4]. Oni też jako pierwsi zasugerowali, że rozdzielenie linii wynika z dobrze znanego efektu Dopplera[5] i świadczy o ekspansji mgławic planetarnych. Tak więc stało się jasnym, że mgławice planetarne są świecącymi obłokami materii, oddalającymi się od swoich gwiazd centralnych.

Rodzi się więc następne pytanie: jak powstają mgławice planetarne? Powszechnie obecnie przyjęta hipoteza wyjaśniająca ich „narodziny" liczy sobie 35 lat. Mianowicie, w 1956 roku I.S. Szkłowski zauważył, że gwiazdy centralne mgławic planetarnych przypominają bardzo gorące białe karły. Wywnioskował stąd, że w wyniku ewolucji każda z nich przekształca się prawdopodobnie w białego karła. Dalej zauważył, że obserwowane prędkości ekspansji (średnio 20 km/s) są zbliżone do prędkości ucieczki materii z powierzchni czerwonych olbrzymów. Wysunął więc hipotezę, że mgławice planetarne powstają w wyniku odrzucenia otoczki przez pewne obiekty należące do grupy czerwonych olbrzymów. W następnych stadiach ewolucji gwiazda osiąga coraz wyższą temperaturę i w efekcie następuje jonizacja oddalającej się otoczki. Od tego czasu jakościowy scenariusz zaproponowany przez Szkłowskiego znalazł wiele potwierdzeń. Nie udało się jednak w sposób jednoznaczny odpowiedzieć na pytanie: w jaki sposób i dlaczego czerwone olbrzymy tracą swoje otoczki? Badania mgławic planetarnych, co prawda niezwykle interesujące ze względu na nie same, stawiają sobie za cel udzielenie odpowiedzi na to pytanie a przynajmniej przybliżenie nas do rozwiązania tej zagadki. Mając na uwadze powyższe pytanie, w dalszej części tego artykułu postaram się omówić stan naszej wiedzy o stadiach ewolucji gwiazd, bezpośre-

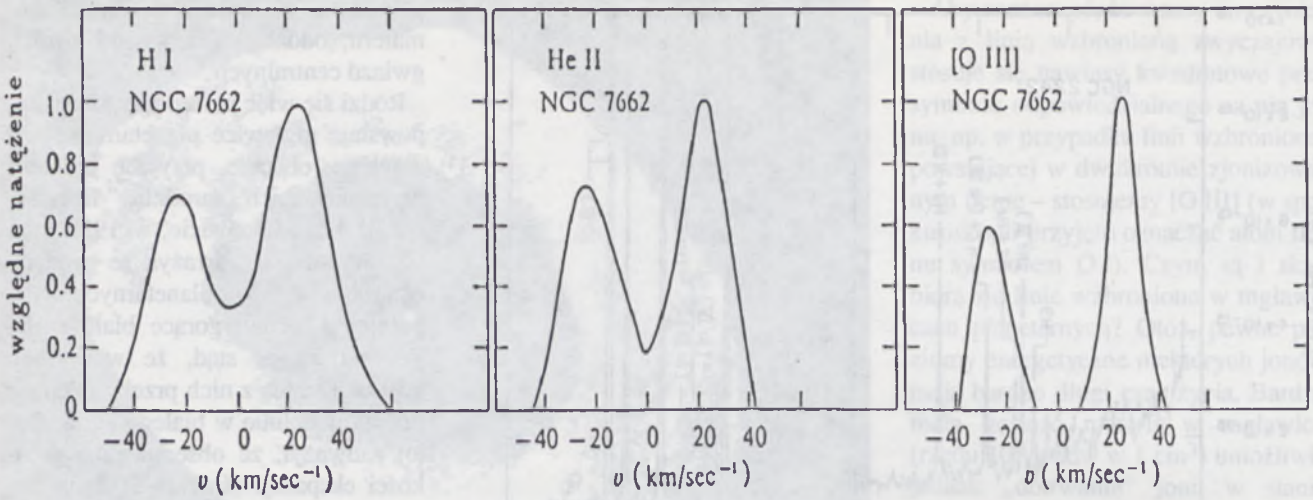


Rys. 5. Schematyczny diagram kilku, najniżej leżących poziomów energetycznych jonu O III. Każdy poziom opisano stosowanym w spektroskopii atomowej symbolem. Zaznaczone są również długości fal najczęściej obserwowanych przejść.

[4] Jak widać na rysunku 6 linie wzbronione mają również rozdzielone profile. Z drugiej strony zdolność absorpcyjna gazu dla tych linii jest tak mała, że prawie każdy "wzbroniony" foton jest w stanie opuścić mgławicę. Przeczy to możliwości istnienia warstwy o dużej nieprzezroczystości.

[5] Długości fal emitowanych przez materię poruszającą się do nas są krótsze a przez oddalającą się od nas dłuższe niż w przypadku gazu znajdującego się w stanie spoczynku.

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU



Rys. 6. Przykłady profili linii emisyjnych obserwowanych w centrum mgławicy planetarnej NGC 7662. Patrząc na centrum mgławicy widzimy największą separację albowiem radialna składowa prędkości ekspandującej otoczki jest wówczas największa.

dnio poprzedzających powstanie mgławic planetarnych. Współczesna astronomia wie, że takich „poprzedników" należy szukać wśród olbrzymów znajdujących się na asymptotycznej gałęzi olbrzymów (w skrócie AGB od angielskiego *Asymptotic Giant Branch*), jednym z końcowych etapów ewolucji gwiazd.

Co to jest AGB ?

Powszechnym jest obecnie przekonanie, że gwiazdy o masach na ciągu głównym w zakresie od około 1 do ponad 8 $M_\odot$ przechodzą w trakcie swojej ewolucji przez etap mgławicy planetarnej. Gwiazdy mniej masywne albo ewoluują bezpośrednio do stadium białego karła albo nie są w stanie rozświecić odrzuconej otoczki przed jej rozproszeniem. Natomiast gwiazdy o masach początkowych większych od 8 $M_\odot$ osiągając masę jądra węglowo–tlenowego bliską 1.4 $M_\odot$ (tzw. granicę Chandrasekhara) wybuchają jeszcze przed odrzuceniem mgławicy jako supernowe, dając początek tak egzotycznym obiektom jak gwiazdy neutronowe i czarne dziury.

Prześledźmy obecnie co teoria ewolucji gwiazd wnosi do naszej wiedzy o przedmgławicowych etapach ich życia. Po wypaleniu helu w jądrze, wszystkie gwiazdy osiągają etap, podczas którego gaz elektronowy w jądrze węglowo–tlenowym zostaje zdegenerowany[6], a procesy nuklearne zachodzą głównie w wyżej położonej, cienkiej warstwie helowej, wytwarzając większość energii docierającej do powierzchni gwiazdy. Procesy jądrowe powodujące łączenie wodoru w hel są wówczas prawie wyłączone. W tym czasie, kontrakcja centralnych części gwiazdy powoduje wzrost grawitacyjnej energii potencjalnej jądra.

Skróty użyte w tekście

AGB – *Asymptotic Giant Branch* – asymptotyczna gałąź olbrzymów

E–AGB – *Early–AGB* – wczesny etap asymptotycznej gałęzi olbrzymów

TP–AGB – *Thermaly Pulsing–AGB* – faza pulsów termicznych na asymptotycznej gałęzi olbrzymów

IR – *InfraRed* – podczerwień

IRC – *InfraRed Catalogue* – katalog danych podczerwonych

IRAS – *InfraRed Astronomical Satellite* – satelita obserwujący w podczerwieni w 1983 roku

IUE – *International Ultraviolet Explorer* – satelita obserwujący w ultrafiolecie od 1978 roku

L – *Luminosity* – jasność, dzielność promieniowania gwiazdy

$L_\odot$ – dzielność promieniowania Słońca (~ 3.8×10^{33} erg/s)

LPV – *Long Period Variable* – zmienna długookresowa

$M_\odot$ – masa Słońca

NGC – *New General Catalogue* – katalog rozciągłych obiektów astronomicznych

PK – katalog mgławic planetarnych, „PK" od nazwisk autorów: Perek, Kohoutek

OH/IR – źródła podczerwone z emisją maserową OH 1612 MHz

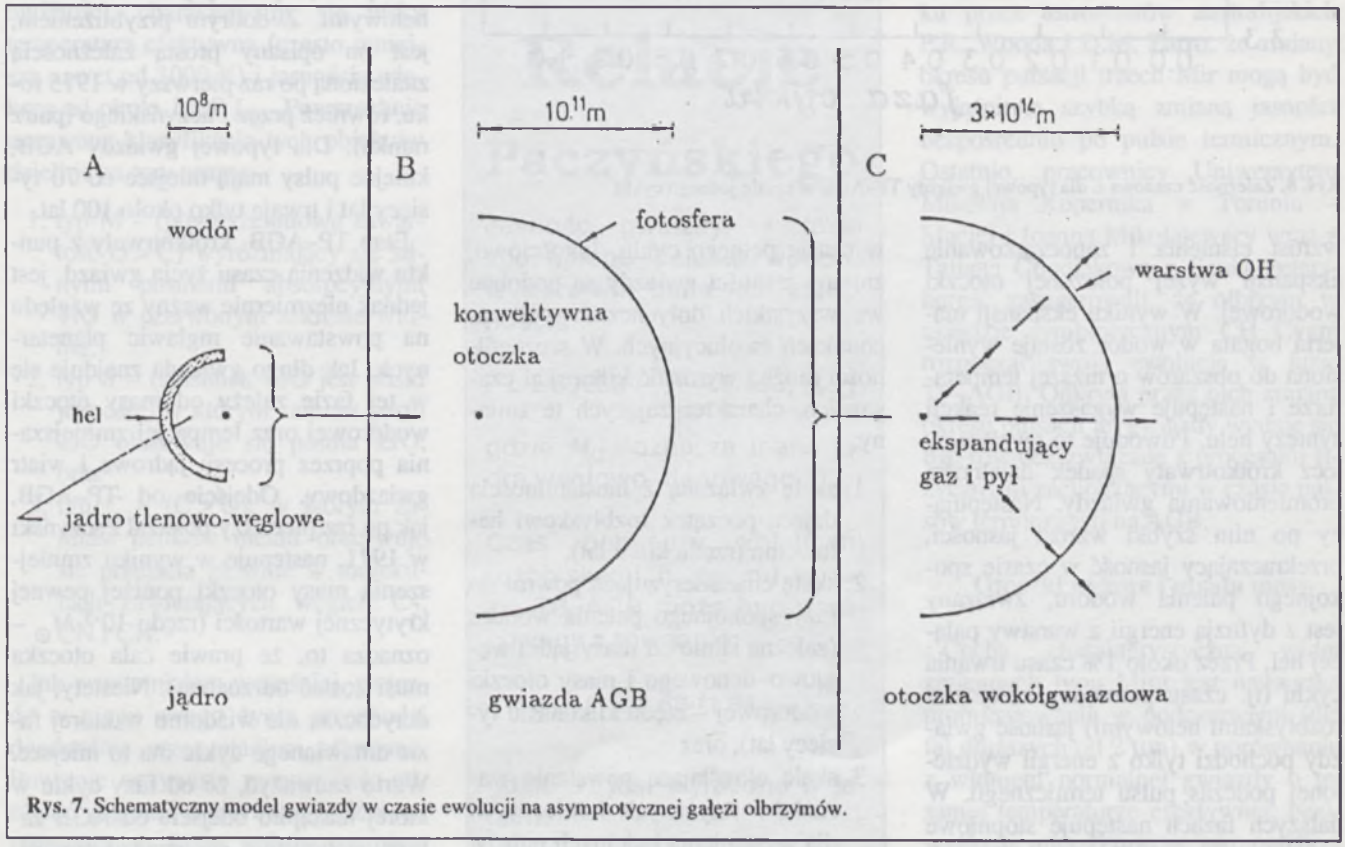
[6] Ze względu na ogromne gęstości w jądrze, gaz elektronowy przestaje podlegać prawom gazu doskonałego. Do głosu dochodzi mechanika kwantowa ze słynnym zakazem Pauli'ego, który nie dopuszcza aby w danym stanie energetycznym znajdowały się więcej niż dwa elektrony o przeciwnych spinach – mówimy wówczas, że gaz elektronowy jest zdegenerowany. W szczególności ciśnienie takiego gazu przestaje zależeć od panującej we wnętrzu gwiazdy temperatury.

Ponieważ energia całkowita jak też i grawitacyjna nie ulegają zbyt wielkim zmianom, proces kontrakcji musi być związany ze zmniejszeniem energii potencjalnej zewnętrznych obszarów gwiazdy. Osiągane to jest przez rozdęcie atmosfery gwiazdy do olbrzymich rozmiarów[7]. Promień takiej gwiazdy może być nawet kilkaset razy większy od promienia Słońca. Ten etap ewolucji nazwano wczesnym stadium asymptotycznej gałęzi olbrzymów (w skrócie E–AGB od angielskiego *Early – AGB*). Termin „asymptotyczna gałąź" wprowadzono dla podkreślenia, że parametry fizyczne (tj. temperatura i jasność) mniej masywnych olbrzymów AGB zbliżają się do parametrów gwiazd z pierwszej gałęzi olbrzymów[8]. Jak sugerują modele teoretyczne, faza E–AGB trwa około 10 milionów lat a masa jądra węglowo–tlenowego osiąga w tym czasie wielkość niewiele przekraczającą połowę masy Słońca. Pozostała masa takiej gwiazdy rozłożona jest w „olbrzymiej" otoczce. Pod koniec tej fazy, gdy zapasy helu zostają wyczerpane, następuje zapalenie wodoru w jeszcze bardziej odległej od centrum gwiazdy warstwie i rozpoczyna się etap pulsów termicznych.

Pulsy termiczne na AGB

Przed omówieniem pulsów termicznych warto popatrzeć na rysunek 7. Przedstawia on w schematyczny sposób model gwiazdy znajdującej się w tej fazie ewolucji. Z porównań pomiędzy modelami teoretycznymi a obserwacjami wiemy, że jądro węglowo–tlenowe typowej gwiazdy ma masę bliską 0.6 $M_{\odot}$. Początkowo porównywalna ilość materii znajduje się również w otoczce ale jej objętość jest około milion (!) razy większa. Obserwacje takich gwiazd pokazują, że nieodłączną cechą fazy pulsów termicznych jest intensywny wypływ materii (patrz część C rysunku 7), który ma zasadniczy wpływ na tempo zmniejszania masy zawartej w otoczce. Temperatura efektywna takiej gwiazdy jest bliska 3000 K (dwukrotnie mniejsza niż Słońca) a jej typowa jasność wynosi 6000 $L_{\odot}$. (tzn. jest 6000 razy większa niż energia emitowana przez Słońce[9]).

W czasie spalania wodoru w warstwie produkowany jest hel, który zbiera się w głębiej położonych obszarach. Po nagromadzeniu krytycznej ilości helu następuje proces jego syntezy w węgiel. Warto zauważyć, że palenie helu w warstwie jest termicznie niestabilne: wzrost jego temperatury podnosi tempo procesów jądrowych, a tym samym i tempo produkcji energii, która nie mogąc być natychmiast przetransportowana na zewnątrz, powoduje dalszy wzrost intensywności zachodzących reakcji. Proces gwałtownego palenia helu w warstwie nosi nazwę pulsu termicznego (albo rozbłysku helowego) w warstwie, a charakteryzującą się nimi fazę ewolucji gwiazd przyjęto nazywać fazą pulsów termicznych na AGB (w skrócie TP–AGB od angielskiego *Thermaly Pulsing– AGB)*. W końcu jednak, energia uwolniona w pulsie termicznym zostaje wykorzystana bezpośrednio na

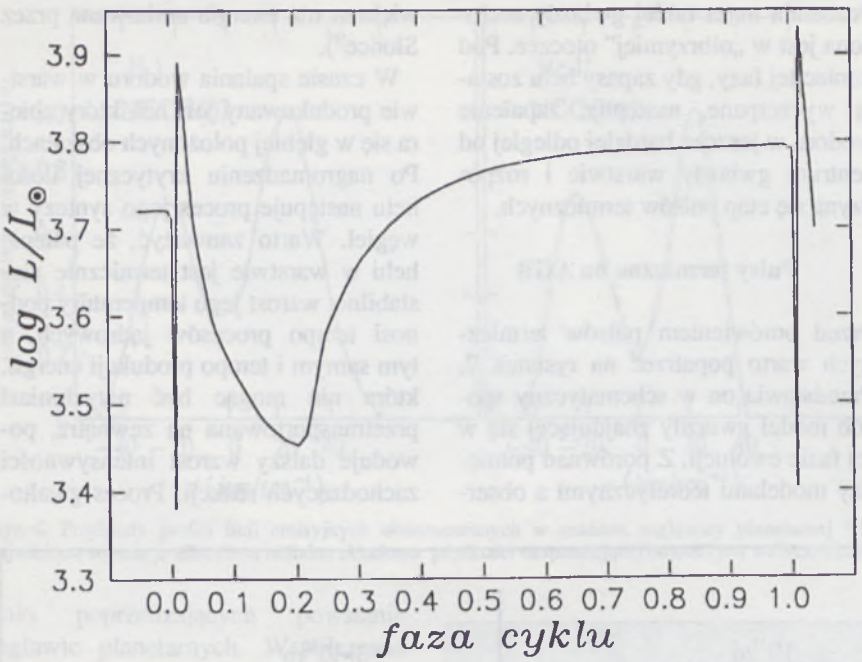


Rys. 7. Schematyczny model gwiazdy w czasie ewolucji na asymptotycznej gałęzi olbrzymów.

[7] Jest to już drugie stadium olbrzyma w życiu gwiazdy. Po raz pierwszy gwiazda staje się olbrzymem po wyczerpaniu wodoru w centrum i odejściu od ciągu głównego.

[8] Położenie gwiazd AGB na diagramie H-R względem zwyczajnych olbrzymów i innych gwiazd, przedstawia rysunek w ramce na str. 26 (przyp. red.).

[9] W astronomii przyjęto oznaczać jasność gwiazdy (w polskiej literaturze poświęconej zagadnieniom astronomicznym używa się często zwrotu dzielność promieniowania gwiazdy) symbolem L (od angielskiego *luminosity*). Wielkość ta oznacza całkowitą energię emitowaną przez gwiazdę w jednostce czasu. Symbolem $L_{\odot}$ oznaczamy jasność Słońca



Rys. 8. Zależność czasowa L dla typowej gwiazdy TP–AGB w czasie jednego cyklu.

wzrost ciśnienia i zapoczątkowanie ekspansji wyżej położonej otoczki wodorowej. W wyniku ekspansji materia bogata w wodór zostaje wyniesiona do obszarów o niższej temperaturze i następuje wygaszenie reakcji syntezy helu. Powoduje to gwałtowny lecz krótkotrwały spadek dzielności promieniowania gwiazdy. Następujący po nim szybki wzrost jasności, przekraczający jasność w czasie spokojnego palenia wodoru, związany jest z dyfuzją energii z warstwy palącej hel. Przez około 1% czasu trwania cyklu (tj. czasu pomiędzy kolejnymi rozbłyskami helowymi) jasność gwiazdy pochodzi tylko z energii wydzielonej podczas pulsu termicznego. W dalszych fazach następuje stopniowe spowolnienie reakcji syntezy He w C i w konsekwencji spadek L. Bogata w wodór materia otoczki opada bliżej jądra i rozgrzewa się aż do momentu, w którym następuje ponowne zapalenie wodoru. Jasność gwiazdy ponownie rośnie, by po około 20% czasu dzielącego kolejne pulsy termiczne osiągnąć prawie stałą w danym cyklu wartość. Pozostałe 80% cyklu jest zdominowane przez energię wytwarzaną podczas spokojnego palenia wodoru w warstwie.

Dla zobrazowania omówionych powyżej procesów na rysunku 8 przedstawiono zmiany dzielności promieniowania w typowej gwieździe AGB w czasie pełnego cyklu. Jakościowo, zmiany jasności gwiazdy są podobne we wszystkich dotychczasowych rachunkach ewolucyjnych. W szczególności można wyróżnić kilka skal czasowych, charakteryzujących te zmiany:

1. skalę związaną z niestabilnością dającą początek rozbłyskowi helowemu (rzędu kilku lat),
2. skalę charakteryzującą powrót do fazy spokojnego palenia wodoru (zależną silnie od masy jądra węglowo–tlenowego i masy otoczki wodorowej – rzędu kilkunastu tysięcy lat), oraz
3. skalę określającą powstanie warunków fizycznych koniecznych dla wystąpienia kolejnych pulsów termicznych (rzędu kilkudziesięciu tysięcy lat – patrz ramka, str. 21).

Przy dyskusji obserwacji odnoszących się do obiektów na TP–AGB, omówię jeszcze jedną skalę czasową. A mianowicie skalę związaną z pulsacjami.

Parametry opisujące cykl zależą głównie od masy jądra węglowo–tlenowego. Najważniejszą zależnością, znalezioną po raz pierwszy przez polskiego astronoma Bohdana Paczyńskiego[10] w 1970 roku, jest niewątpliwie prawie liniowa zależność pomiędzy jasnością gwiazdy w fazie spokojnego palenia wodoru w warstwie a masą jej jądra (patrz ramka). Innymi słowy, masa jądra określa tempo produkcji energii czyli tempo przetwarzania wodoru a w konsekwencji i tempo wzrostu masy jądra węglowo–tlenowego. Dla typowej gwiazdy, blisko końca AGB (masa jądra 0.6 $M_\odot$, jasność 6000 $L_\odot$) tempo zmniejszania masy otoczki wodorowej w wyniku reakcji łączenia wodoru w hel jest bliskie 10^{-7} $M_\odot$/rok. Warto zapamiętać tę wielkość aby porównać z tempem zmniejszania masy otoczki w wyniku wiatru gwiazdowego, o którym za chwilę. Inną ważną wielkością charakteryzującą ewolucję na TP–AGB jest czas pomiędzy kolejnymi rozbłyskami helowymi. Z dobrym przybliżeniem, jest on opisany prostą zależnością znalezioną po raz pierwszy w 1975 roku, również przez Paczyńskiego (patrz ramka). Dla typowej gwiazdy AGB, kolejne pulsy mają miejsce co 70 tysięcy lat i trwają tylko około 100 lat.

Etap TP–AGB, krótkotrwały z punktu widzenia czasu życia gwiazd, jest jednak niezmiernie ważny ze względu na powstawanie mgławic planetarnych. Jak długo gwiazda znajduje się w tej fazie zależy od masy otoczki wodorowej oraz tempa jej zmniejszania poprzez procesy jądrowe i wiatr gwiazdowy. Odejście od TP–AGB, jak po raz pierwszy pokazał Paczyński w 1971, następuje w wyniku zmniejszenia masy otoczki poniżej pewnej krytycznej wartości (rzędu 10^{-3} $M_\odot$ – oznacza to, że prawie cała otoczka musi zostać odrzucona). Niestety, jak dotychczas nie wiadomo w której fazie omawianego cyklu ma to miejsce. Warto zauważyć, że od fazy cyklu w której nastąpiło odejście od AGB zależy zachowanie się gwiazd centralnych mgławic planetarnych. Jeśli gwiazda zakończy swoją ewolucję na AGB w czasie rozbłysku helowego to w ciągu dalszej ewolucji będzie paliła hel w warstwie. Jeśli zaś zdarzenie to będzie miało miejsce w trakcie spokojnego palenia wodoru to z dużym prawdopodobieństwem możemy oczekiwać tego samego procesu i w fazie mgławicowej. Nic więc dziwnego, że próbując znaleźć fizyczną przyczynę zakończenia ewolucji na AGB (innymi słowy, próbując zidentyfikować proces odpowiedzialny za zmniejsze-

[10] O Bohdanie Paczyńskim piszemy w dziale *Sylwetki*, niniejszego numeru (przyp. red.)

nie masy otoczki do wyżej wspomnianej wartości krytycznej), naukowcy badają mgławice planetarne, dążąc do ustalenia jakie procesy jądrowe zachodzą pod powierzchnią ich gwiazd centralnych.

Obecnie przejdziemy do przeglądu obserwacji obiektów, co do których sądzi się, że znajdują się na etapie pulsów termicznych.

Kandydaci na AGB

Od czasu wysunięcia hipotezy „narodzin" mgławic planetarnych przez Szkłowskiego, wiemy, że ich poprzednikami są olbrzymy. Olbrzymy, w ogólności, charakteryzują się niską temperaturą efektywną (często mniejszą nawet od 3000 K) i jasnością większą od około 1000 $L_\odot$. Powszechnie uznawana klasyfikacja tych obiektów dzieli je na trzy grupy:

1. typ M – (powierzchniowa zawartość O > C) wyróżniający się silnymi pasmami absorpcyjnymi TiO w czerwonym zakresie widma,
2. typ S – (stosunek C/O jest bliski jedności) w którym zamiast pasm TiO obserwuje się pasma ZrO, oraz
3. typ C – (C > O), w którym zamiast tlenków metali obserwuje się przejścia głównie w molekułach zawierających węgiel: C_2, CN i CH.

Jak wspomniałem wcześniej, gwiazda w ciągu swego życia przechodzi dwukrotnie przez stadium olbrzyma. Powstaje oczywiste pytanie: jak odróżnić giganta z pierwszej gałęzi od olbrzyma w fazie pulsów termicznych?

Teoretyczne modele ewolucji jak również obserwacje gromad kulistych pokazują, że gwiazdy na pierwszej gałęzi olbrzymów mają jasności nie większe niż około 2000 $L_\odot$. Z drugiej strony, z relacji Paczyńskiego (patrz ramka) wynika, że gwiazda TP–AGB w fazie spokojnego palenia wodoru w warstwie osiąga znacznie większe jasności. Od $L \approx 2000\ L_\odot$ dla masy jądra tlenowo–węglowego $\approx 0.53\ M_\odot$ do $L > 50000\ L_\odot$ dla granicznej masy Chandrasekhara $1.4\ M_\odot$. Jak pokazują obserwacje, obiektami o jasnościach w tym zakresie są tzw. zmienne długookresowe (LPV – od angielskiego *Long Period Variables*). Możemy więc przypuszczać, że LPV są gwiazdami w fazie TP–AGB.

Ważną grupą wśród zmiennych długookresowych są gwiazdy typu Mira. Ich obserwowane okresy pulsacji zawarte są w przedziale od 150 do około 500 dni. Zmiany jasności bolometrycznej w czasie pulsacji są rzędu 1 mag ale amplituda zmian w barwie V może osiągać nawet 5–6 mag. Porównanie widm syntetycznych z obserwowanymi pokazało, że temperatury efektywne Mir są bliskie 3000 K i w czasie jednego okresu pulsacji mogą zmieniać się nawet o 750 K. Termin Mira został wprowadzony przez Fabriciusa na początku XVII wieku po odkryciu, że jedna z czerwonych gwiazd w gwiazdozbiorze Wieloryba znika i pojawia się co pewien czas. Są to gwiazdy głównie o widmie charakterystycznym dla olbrzymów typu M (znane są jednak również Miry węglowe) z liniami emisyjnymi wodoru. Za przynależnością Mir do fazy TP–AGB przemawiają ich jasności, zawarte w przedziale od około 2000 $L_\odot$ do ponad 10000 $L_\odot$, a więc w dolnym zakresie przewidzianym przez teorię dla gwiazd TP–AGB. Dodatkowym argumentem za przynależnością Mir do tej fazy jest obecność technetu stwierdzona w ich atmosferach. Najtrwalszy izotop tego pierwiastka ma czas połowicznego zaniku rzędu stu tysięcy lat i interpretacja takich obserwacji jako dowodu na to, że w czasie pulsu termicznego produkty reakcji jądrowych wynoszone są na powierzchnię gwiazdy wydaje się bardzo atrakcyjna. Unikalnym jak dotąd wynikiem, sugerującym również związek Mir z fazą TP–AGB, było pokazanie w 1981 roku przez astronomów australijskich P.R. Wooda i D.M. Zarro, że zmiany okresu pulsacji trzech Mir mogą być wyjaśnione szybką zmianą jasności bezpośrednio po pulsie termicznym. Ostatnio, pracownicy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu – Maciej i Joanna Mikołajewscy wraz z Tatianą Chudiakową z Sankt Petersburga, zasugerowali, że olbrzym w układzie symbiotycznym CH Cygni rozpoczął swoją ewolucję w fazie TP–AGB. Odkryta przez nich zmiana okresu pulsacji tej gwiazdy wydaje się być również związana z procesami fizycznymi zachodzącymi w czasie pulsów termicznych na AGB.

Relacje Paczyńskiego

Jasność gwiazdy w fazie spokojnego palenia wodoru w warstwie dana jest zależnością:

$$L = 59250 \cdot \left(\frac{M_C}{M_\odot} - 0.495\right) [L_\odot]$$

gdzie M_C oznacza masę jądra węglowo–tlenowego.

Czas pomiędzy kolejnymi rozbłyskami helowymi w fazie TP–AGB może być oszacowany z równania:

$$\log(\Delta t) = 3.68 \cdot \left(1.914 - \frac{M_C}{M_\odot}\right)$$

gdzie Δt jest wyrażone w latach.

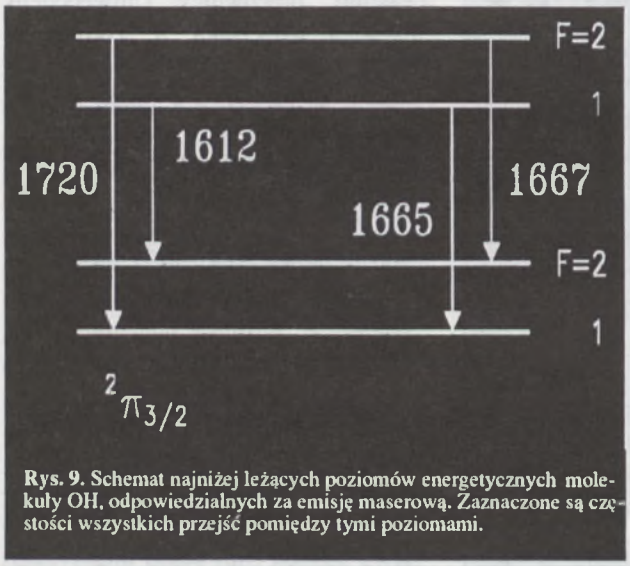
Otoczki pyłowe i utrata masy

Cechą charakterystyczną widm zmiennych typu Mira jest nadwyżka promieniowania w podczerwieni (dla fal dłuższych od 2 μm) w porównaniu z widmem normalnej gwiazdy o tej samej temperaturze efektywnej. Nadwyżkę tę interpretuje się jako emisję z pyłu powstającego w otoczce wokółgwiazdowej (patrz schemat gwiazdy AGB na rysunku 7). Pył absorbując promieniowanie ultrafioletowe i widzialne gwiazdy nagrzewa się do temperatury kilkuset kelwinów i nagromadzoną energię wypromieniowuje w zakresie podczerwonym. Obecność pyłu w otoczce świadczy o procesach utraty masy w wyniku wiatru gwiazdowego. Temperatury kondensacji ziaren pyłu z molekuł są na tyle niskie (około 1000 K), że proces ten nie może zachodzić na powierzchni gwiazdy o temperaturze bliskiej 3000 K. Sensownym wytłumaczeniem jest więc

przyjęcie, że bogata w molekuły materia jest wynoszona daleko nad powierzchnię gwiazdy gdzie niska temperatura umożliwia powstanie ziarenek pyłu o rozmiarach rzędu 10^{-5} cm. Ocenia się, że takiemu procesowi ulega z reguły nie więcej niż 1 % masy wyrzuconej materii. Nadwyżka promieniowania w podczerwieni jest związana bezpośrednio z ilością emitującego pyłu. Dlatego też, na podstawie obserwacji Mir w zakresie podczerwonym można było ocenić, że tempo wyrzutu masy w tych obiektach jest rzędu 10^{-7} $M_{\odot}$/rok. Jest więc ono porównywalne z tempem redukcji masy otoczki wodorowej w wyniku procesu syntezy wodoru w hel (patrz punkt poświęcony pulsom termicznym na AGB).

Ziarenka pyłu mają największą zdolność absorbowania promieniowania ultrafioletowego i widzialnego. Przy bardzo dużych ilościach pyłu w otoczce, gwiazda może stać się niewidoczna w zakresie ultrafioletowym a nawet i widzialnym. Ten efekt był przyczyną odkrycia dopiero w 1969 roku, w wyniku pierwszego przeglądu podczerwonego (dane można znaleźć w katalogu IRC – *InfraRed Catalogue*), że istnieją obiekty widoczne głównie w podczerwieni, które własnościami kinematycznymi przypominają Miry. Późniejsze ich badania pokazały, że są one również zmiennymi długookresowymi, ale pulsującymi z okresami w ogólności większymi niż Miry.

Większą liczbę jeszcze bardziej ekstremalnych obiektów (m.in. zupełnie niewidocznych w zakresie widzialnym z maksimum emisji dla λ większego od około 10 μm i okresami pulsacji nawet do 2000 dni) znalazł podczas swej misji w 1983 roku satelita podczerwony IRAS – *InfraRed Astronomical Satellite*. Te bardzo chłodne i czerwone obiekty uważa się powszechnie za bezpośrednie poprzedniczki mgławic planetarnych. Są wśród nich zarówno obiekty z przewagą tlenu w warstwach powierzchniowych (tzw. źródła OH/IR) jak i z nadwyżką węgla (tzw. podczerwone gwiazdy węglowe). Przyjrzyjmy się dokładniej wspomnianym klasom obiektów.



Rys. 9. Schemat najniżej leżących poziomów energetycznych molekuły OH, odpowiedzialnych za emisję maserową. Zaznaczone są częstości wszystkich przejść pomiędzy tymi poziomami.

Źródła OH/IR

Charakterystyczną cechą źródeł OH jest emisja maserowa obserwowana w zakresie radiowym na falach o długości 18.6 cm (1612 MHz), pochodząca z molekuły OH. Ponieważ zakres radiowy nie jest pochłaniany przez pył, więc takie obiekty mogą być obserwowane nawet jeśli są zupełnie niewidoczne w zakresie optycznym. Emisja maserowa jest generowana w cienkiej warstwie (patrz schemat gwiazdy AGB na rysunku 7), położenie której jest określone tempem utraty masy. Na rysunku 9 pokazane są 4 najniżej leżące poziomy energetyczne molekuły OH wchodzące w skład stanu podstawowego. W normalnych warunkach prawdopodobieństwa przejść pomiędzy poziomami są takie, że najsilniejsza emisja jest obserwowana w liniach głównych (1665 i 1667 MHz). W obiektach OH mamy jednak do czynienia z inwersją obsadzeń poziomów energetycznych[11]. Mechanizm powodujący inwersję obsadzeń nazywany jest pompowaniem masera. W przypadku gwiazd OH taką rolę spełniają najprawdopodobniej fotony o określonej długości fali, emitowane przez pył. Jest to konieczny warunek wystąpienia akcji maserowej. Fotony oddziałując ze wzbudzoną molekułą wymuszają przejście z emisją linii maserowej, która wymusza przejścia w innych molekułach, itd.

Po raz pierwszy emisja OH została zaobserwowana w 1968 roku przez W.J. Wilsona i A.H. Barretta. Dużo później, dla niektórych źródeł charakteryzujących się emisją maserową OH dokonano identyfikacji z obiektami widzialnymi tylko w zakresie podczerwonym. Do ich określania wprowadzono więc termin: źródła OH/IR, albowiem IR (od angielskiego *InfraRed*) jest skrótem stosowanym do oznaczania podczerwieni. Są trzy zasadnicze powody aby uważać gwiazdy OH/IR za obiekty należące do TP–AGB, związane ewolucyjnie z Mirami i mgławicami planetarnymi. Mianowicie:

1. Prawie wszystkie obiekty tego typu pulsują z okresami od 500 do 2000 dni. Dużo większe okresy można zrozumieć jako efekt zmniejszenia masy otoczki wodorowej.
2. Dla gwiazd OH/IR z największymi amplitudami zmian jasności można oszacować odległości. Możliwe jest wówczas wyznaczenie ich jasności, które rzeczywiście leżą w zakresie od 4000 do około 50000 $L_{\odot}$ – tj. w zakresie przewidzianym przez teorię (patrz ramka z relacjami Paczyńskiego).
3. Kinematyczne własności gwiazd OH/IR i ich rozkład w Galaktyce są takie same jak Mir i mgławic planetarnych.

Jeszcze jeden bardzo ciekawy wniosek został wyciągnięty przez L. Heckerta w 1990. Mianowicie jego badania statystyczne pokazały, że prędkość ekspansji otoczek pyłowych wokół gwiazd OH/IR jest skorelowana z masą obiektu na ciągu głównym (im większa masa tym większa prędkość ekspansji). Ponieważ wśród obiektów obserwowanych przez IRAS znaleziono zarówno małe jak i duże prędkości ekspansji, więc narzucającym się wnioskiem jest, że zjawisko OH/IR występuje dla gwiazd o szerokim za-

[11] Z reguły, ilość molekuł, jonów lub atomów w wyższych stanach energetycznych jest mniejsza niż w stanach o niższej energii. Inwersja obsadzeń oznacza odejście od tej reguły. Tzn. więcej jonów znajduje się w stanach o wyższej energii.

kresie mas na ciągu głównym.

Gwiazdy węglowe

Gwiazdy węglowe znane są właściwie od początków spektroskopii (tj. od końca ubiegłego stulecia). Obecnie przypuszcza się, że powstają one w czasie fazy TP–AGB. Mianowicie, w wyniku rozbłysku helowego podstawa konwektywnej otoczki przesuwając się w głąb gwiazdy dociera do obszaru wzbogaconego w produkty reakcji nukleosyntezy helu. W szczególności, dzięki konwekcji warstwy powierzchniowe mogą zostać wzbogacone w węgiel. W wyniku kilku pulsów termicznych stosunek powierzchniowy C/O (z pierwotnego < 1) może zmienić się na większy od 1. Powstaje wówczas gwiazda węglowa. Istotny argument za przynależnością gwiazd węglowych do fazy AGB wynika ze spostrzeżenia M. Jury z 1986 roku, że pomimo iż gwiazdy typu C stanowią tylko 3 % całkowitej liczebności chłodnych olbrzymów (łącznie z gigantami pierwszej gałęzi), to ilość gwiazd z otoczkami bogatymi w pył węglowy jest zbliżona do ilości gwiazd z otoczkami pyłowymi charakterystycznymi dla obiektów z nadwyżką tlenu w warstwach powierzchniowych. Aby wyjaśnić taką dysproporcję wydaje się koniecznym założenie, że wszystkie gwiazdy węglowe są obiektami AGB i to dość zaawansowanymi w ewolucji. Zasługą satelity IRAS było znalezienie dużej grupy gwiazd bez odpowiedników optycznych, charakteryzujących się cechami widmowymi w zakresie podczerwonym, typowymi dla pyłu powstałego z węgla. Jak wspomniałem, obiekty te nazywa się podczerwonymi gwiazdami węglowymi. Dane z satelity IRAS pokazują, że ilości niewidocznych optycznie obiektów OH/IR i podczerwonych gwiazd węglowych są zbliżone. Można więc przypuszczać, że fazę AGB kończy podobna liczba gwiazd typu M i C.

Zakończenie fazy AGB – utrata otoczki

Dopiero obserwacje podczerwone pokazały jak powszechne jest zjawisko utraty masy przez czerwone olbrzymy. Co więcej, przegląd nieba zrobiony przez satelitę IRAS pokazał, iż wszystkie źródła gwiazdowe o dużej nadwyżce na 12 i 25 μm są zmiennymi długookresowymi i odwrotnie, wszystkie LPV mają dużą nadwyżkę w podczerwieni. Jak należało oczekiwać, źródła widoczne tylko w dalekiej podczerwieni charakteryzują się największymi tempami utraty masy. Interpretacja danych satelity IRAS i inne wyszukane metody, pokazały, że tempa utraty masy w tych obiektach leżą w zakresie od kilka razy 10^{-6} do kilka razy 10^{-4} $M_{\odot}$/rok. Tak więc stało się jasnym co jest zasadniczym procesem określającym tempo ewolucji na AGB. Jest nim wiatr gwiazdowy, który może być nawet 1000 (!) razy bardziej efektywny niż procesy jądrowe w procesie zmniejszania masy otoczki wodorowej.

Propozycja Szkłowskiego iż mgławice planetarne są efektem odrzucenia otoczki czerwonego olbrzyma zrodziła pytanie: w jaki sposób tracą one swoje otoczki? Do czasu uznania wagi utraty masy w wyniku wiatru gwiazdowego, prace teoretyczne prowadzono głównie w kierunku identyfikacji gwałtownego procesu fizycznego powodującego odrzucenie otoczki w bardzo krótkiej skali czasowej. W 1968 roku, dwaj polscy astronomowie, Bohdan Paczyński i Janusz Ziółkowski zaproponowali odrzucenie otoczki wodorowej olbrzyma w wyniku niestabilności dynamicznej. Idea ta, co prawda w różnych odmianach, przetrwała do dziś. Obecnie sądzi się jednak, że bliższe prawdy są propozycje teoretyczne, które próbują wyjaśnić problem zakończenia fazy AGB poprzez stopniowe zmniejszanie masy otoczki wodorowej w wyniku wiatru gwiazdowego i procesów jądrowych.

Rodzi się więc kolejne pytanie, dlaczego olbrzymy z fazy TP–AGB charakteryzują się tak dużymi tempami utraty masy? Najbardziej atrakcyjnym modelem utraty masy dla tych gwiazd wydaje się być model dwustopniowego wyrzutu materii. Pulsacje obiektu centralnego generują periodyczne fale uderzeniowe, które dysypując energię w trakcie ich ruchu ku powierzchni gwiazdy, wynoszą materię do obszaru w którym warunki fizyczne są sprzyjające (tzn. odpowiednio niska temperatura przy dostatecznie dużej gęstości gazu) dla kondensacji i wzrostu ziaren pyłu. Powstałe ziarna pyłu absorbują promieniowanie i zyskują tym samym pęd wychwyconych fotonów. Dzięki temu zaczynają one poruszać się w kierunku od gwiazdy. Ziarna pyłu zderzając się z cząstkami gazu przekazują im część pędu zyskanego z pola promieniowania. W efekcie, również gaz zaczyna poruszać się w kierunku od gwiazdy. Tak, w wielkim uproszczeniu, przedstawiają się nasze wyobrażenia o przyczynie utraty masy w gwiazdach asymptotycznej gałęzi olbrzymów. Warto jednak zauważyć, że mają one poparcie zarówno obserwacyjne jak i teoretyczne. Mianowicie, w 1986 roku M. Jura pokazał obserwacyjnie, że istnieje silna korelacja pomiędzy nadwyżką promieniowania na 12 μm a pulsacjami. Sugeruje to, że pomiędzy pulsacjami a powstawaniem pyłu istnieje rzeczywiście ścisły związek. Z drugiej strony, w niedawnych (1991 rok) obliczeniach numerycznych C. Dominik ze współpracownikami pokazali, że przy sprzyjających warunkach taki dwustopniowy mechanizm może łatwo powodować utratę masy z tempem rzędu nawet kilka razy 10^{-4} $M_{\odot}$/rok. Są to niewątpliwe argumenty przemawiające za poważnym potraktowaniem tego mechanizmu jako przyczyny utraty masy w zmiennych długookresowych.

Podsumowując rozważania o powstaniu mgławic planetarnych, możemy z dużą dozą prawdopodobieństwa powiedzieć, że podczerwone gwiazdy węglowe i niewidoczne optycznie źródła OH/IR są obiektami w fazie wyrzutu ich otoczek, z których w krótkim czasie (od kilku do kilkunastu tysięcy lat!) powstaną mgławice planetarne. Warto również podkreślić, że obecne wysiłki naukowców idą w kierunku odpowiedzi na pytanie: co dzieje się z gwiazdą i odrzuconą otoczką przed rozświeceniem mgławicy planetarnej. Dużym problemem jest znalezienie kryteriów obserwacyjnych wyróżniających tę klasę gwiazd. Ale o tym może innym razem.

Ryszard Szczerba jest astrofizykiem w toruńskiej Pracowni Astrofizyki Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN. Interesują go różnorodne, modelowe aspekty teorii ewolucji gwiazd, otoczek wokółgwiazdowych i mgławic planetarnych.

Niezwykła gwiazda M

We wrześniowym numerze *Astronomical Journal*, Donald P. Schneider z Princeton w USA, wraz z kolegami donoszą o odkryciu bardzo zagadkowej gwiazdy PC0025+0447. Jak to z odkryciami bywa, obiekt wytropiono przypadkiem, w wyniku wieloletnich, systematycznych poszukiwań kwazarów o dużych wartościach przesunięcia ku czerwieni. Gwiazda ta została zauważona przez automatyczny algorytm poszukiwawczy ze względu na bardzo silną linię emisyjną wodoru H_α. Dopiero bardzo staranne badanie szczegółów widma (stosunków natężeń linii wodorowych, linii wodorotlenku wapnia, tlenku tytanu, itp.) pozwoliło stwierdzić, że jest to w rzeczywistości bardzo chłodna i bardzo bliska gwiazda, położona w odległości zaledwie 60 parseków! Gwiazdy takie, to sam „dolny" koniec ciągu głównego, wciąż bardzo słabo poznany, zasiedlany przez najmniejsze gwiazdy, mające jeszcze zdolność palenia w swym wnętrzu wodoru ($M \sim 0.08\ M_\odot$) oraz jeszcze mniejsze brązowe karły, nigdy w pełni nie osiągające stadium gwiazdy i tym samym nie przechodzące przez inne fazy ewolucyjne. Nowo odkryta gwiazda jest najprawdopodobniej dynamicznie ewoluującym obiektem, dopiero zmierzającym do osiągnięcia fazy brązowego karła.

Odkrycie obiektu PC0025+0447 jest zatem niezwykle ciekawe z punktu widzenia ewolucji gwiazd. I nie tylko. Oceniona odległość do tej gwiazdy wraz z oceną prawdopodobieństwa jej odkrycia (przegląd nieba był systematyczny), pozwala ocenić przestrzenną gęstość takich obiektów. Gdyby się okazało, że odległość jest jednak znacząco mniejsza niż 63 parseki, to takie właśnie małomasywne, ale liczne gwiazdy mogą się okazać dominującymi w ocenie średniej masy w okolicach Słońca. (b)

Post mortem dla Gingi

1-go listopada 1991 japoński satelita Ginga zakończył życie, spalając się w atmosferze. Przyczyną spadku było tarcie w czasie ruchu orbitalnego w górnych warstwach atmosfery. Ginga, satelita obserwujący niebo rentgenowskie w zakresie 1-30 keV, jest uważany za największy dotychczasowy sukces japońskiego programu kosmicznego. Głównym odbiornikiem rentgenowskim na Gindze były liczniki proporcjonalne o powierzchni czynnej aż ok. 0.6 m^2, zbudowane w Leicester, w Wielkiej Brytanii. Satelita był wystrzelony ponad pięć lat temu, 5 lutego 1987.

Wkrótce po wystrzeleniu, satelita zarejestrował promieniowanie rentgenowskie ze słynnej supernowej 1987A, w Wielkim Obłoku Magellana. Były to szczególnie istotne obserwacje, gdyż nigdy przedtem nie udało się uchwycić „pierwotnego" promieniowania rentgenowskiego, z pierwszych chwil po wybuchu supernowej. Starsze pozostałości po wybuchach supernowych są również źródłami promieniowania rentgenowskiego, ale jest to promieniowanie pochodzące z materii międzygwiazdowej rozgrzanej w czasie wybuchu.

Ginga wniosła też swój wkład do badania zjawiska dziwnych, prawie periodycznych modulacji jasności (ang. QPO – *quasi periodic oscillations*). Poprzedni satelita rentgenowski – EXOSAT, zaobserwował ten efekt w małomasywnych układach rentgenowskich. Względnie wysoka czułość Gingi, umożliwiła odkrycie tego samego zjawiska, po raz pierwszy, w masywnym podwójnym układzie galaktycznym (zawierającym czarną dziurę?) GX339-4. Odkrycie to jest zagadką, gdyż kwestionuje wiele teoretycznych modeli tegoż zjawiska.

Innym istotnym odkryciem były obserwacje silnych linii absorbcyjnych w widmach rozbłysków gamma. Linie te są interpretowane jako cyklotronowe linie w silnym polu magnetycznym gwiazdy neutronowej. Do tej pory jednak, nie zaobserwowano identycznej linii w tym samym rozbłysku przez dwa niezależne instrumenty i status tychże linii pozostaje niejasny. Niedawne odkrycie przez satelitę GRO (*Gamma Ray Observatory*), że rozkład kątowy rozbłysków jest izotropowy, wydaje się jednak pozostawać w sprzeczności z pochodzeniem rozbłysków z gwiazd neutronowych w Galaktyce, ponieważ powinny one być skoncentrowane w dysku.

Satelita Ginga dokonał również istotnych odkryć dotyczących aktywnych jąder galaktyk. Obserwacja zmienności galaktyki Seyferta NGC6814 w 50-sekundowej skali czasowej, prawdopodobnie dowodzi silnej kolimacji promieniowania, gdyż jasność źródła znacznie przewyższa ograniczenie Eddingtona. Galaktyka ta jest dość niezwykła, gdyż jak pokazały dane z EXOSATa i Gingi, jest jedyną pokazującą okresowość (ok. 200 minut). Najważniejszym odkryciem Gingi w dziedzinie aktywnych jąder galaktyk, wydają się dokładne pomiary jasności linii silnie zjonizowanego żelaza o energii 6-7 keV (artykuł poświęcony tej linii zamieściliśmy w PA 3/1991 – przyp. red.). Linia ta powstaje w wyniku fluorescencji żelaza w chłodnej materii oświetlanej silnym promieniowaniem rentgenowskim w centralnych rejonach aktywnego jądra galaktycznego, prawdopodobnie w pobliżu supermasywnej czarnej dziury.

Ginga była trzecim japońskim satelitą rentgenowskim, po Hakucho i Tenmie. Japoński program kosmiczny, w odróżnieniu od innych, jest szalenie punktualny: opóźnienia startów są rzadkie (zwykle spowodowane pogodą), i nie przekraczają kilku dni. Czwarty japoński satelita rentgenowski, ASTRO-D, zostanie wystrzelony 5 lutego 1993. Będzie to pierwszy japoński satelita z optyką rentgenowską (zaprojektowaną i zbudowaną przez Amerykańską Agencję Kosmiczną – NASA/Goddard) i odbiornikiem rentgenowskim opartym na zasadzie kamery CCD (zaprojektowanym i zbudowanym przez Instytut Technologiczny Massachussets).

Grzegorz Madejski i Andrzej Zdziarski

Obraz Drogi Mlecznej w bliskiej podczerwieni

Kolorowe zdjęcie obok (1 str. wkładki) przedstawia najnowszy obraz naszej Galaktyki (czyli Drogi Mlecznej) uzyskany w ramach eksperymentu DIRBE (*Diffuse Infrared Background Experiment*) prowadzonego na pokładzie amerykańskiego satelity COBE (*Cosmic Background Explorer*). Satelita ten, został przeznaczony przede wszystkim do badania promieniowania kosmicznego tła. Prezentowane zdjęcie powstało z połączenia obrazów uzyskanych w trzech barwach, odpowiadających długościom fali 1.2, 2.2 oraz 3.4 μm, tutaj reprezentowanych odpowiednio przez niebieski, zielony i czerwony kolor. Obraz został przedstawiony we współrzędnych galaktycznych, pozioma linia przechodząca przez środek obrazu odpowiada płaszczyźnie Drogi Mlecznej. Obszar na zdjęciu pokrywa długości galaktyczne od 264° (prawa strona) do 96° (lewa strona), z bardzo jasnym Centrum Galaktyki w środku. Północny biegun galaktyczny znajduje się u góry.

Głównym źródłem promieniowania w bliskiej podczerwieni są gwiazdy należące do Drogi Mlecznej. Wyraźnie widać zarówno cienki dysk jak i centralne zgrubienie zawierające gwiazdy leżące bliżej Centrum Galaktyki niż nasze rodzime Słońce, które znajduje się na peryferiach Drogi Mlecznej, w odległości około 28 tysięcy lat świetlnych od jej centrum. W pobliżu płaszczyzny, czyli tam gdzie jest najwięcej pyłu pochłaniającego światło odległych gwiazd, obraz jest bardzo czerwony. W widzialnej części widma, pochłanianie to jest tak silne, że centralne obszary Drogi Mlecznej przestają być widoczne. Pojedyncze jasne punkty, daleko od dysku Galaktyki, odpowiadają gwiazdom znajdującym się w pobliżu Słońca. (j)

ZDJĘCIE NA ROZKŁADÓWCE PRZEDSTAWIA...

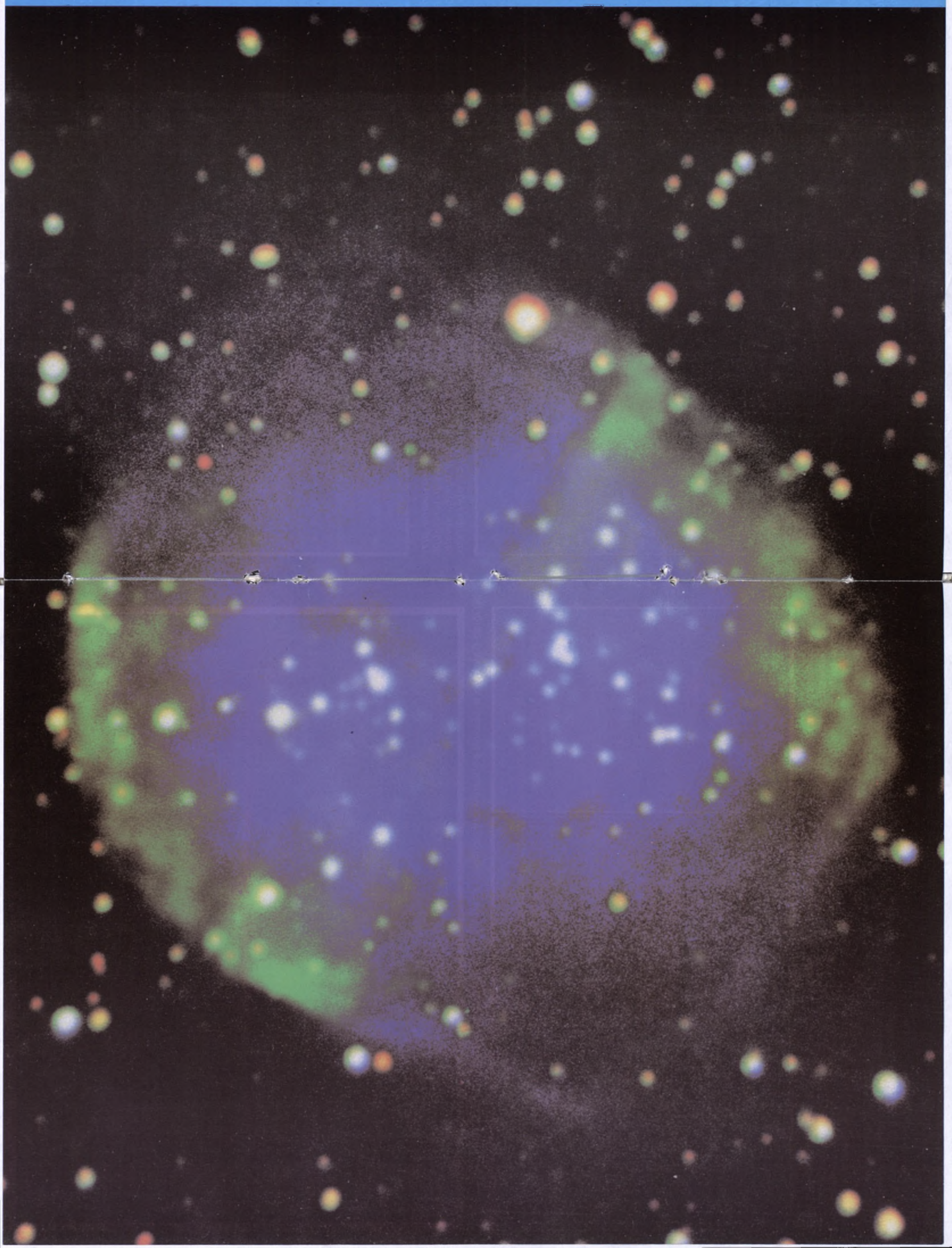
...piękny, uzyskany przez H. Schilda, obraz mgławicy planetarnej „Hantle" (Dumbbell – M27) w gwiazdozbiorze Lisa. Nie wszystkie mgławice planetarne mają kształt regularnych pierścieni, a obserwowany tu obraz dwubiegunowego wypływu na tle słabej, kolistej tarczki, wydaje się nawet bardziej typowy. Zielonkawy kolor mgławicy pochodzi z bardzo silnej emisji słynnego „nebulium", czyli linii wzbronionych dwukrotnie zjonizowanego tlenu (patrz artykuł na str. 15-23)

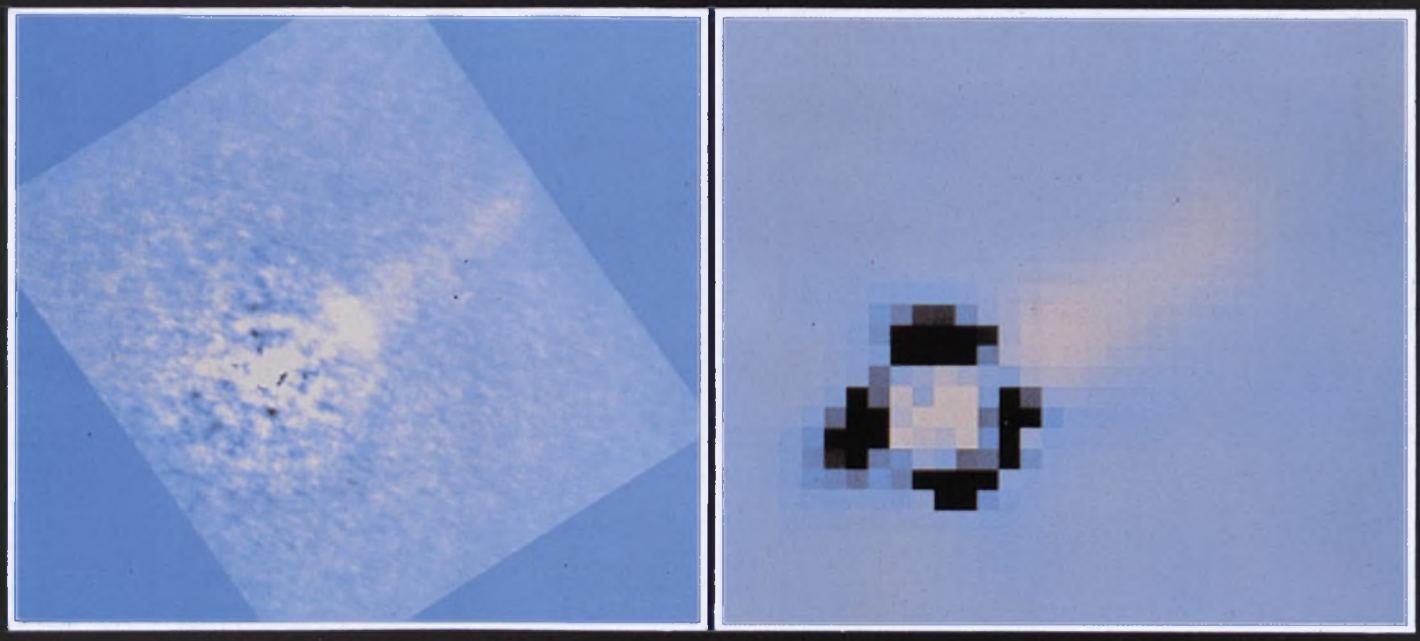
Obraz Galaktyki w bliskiej podczerwieni uzyskany z satelity COBE (patrz notka obok, str. 24).

Złączenie Księżyca z Wenus, Jowiszem i Marsem w dniu 15 czerwca 1991 (Konkurs Fotograficzny, PA 2/91, str. 71). Z kilkunastu pięknych zdjęć jakie otrzymaliśmy większość niestety musieliśmy zdyskwalifikować z powodów defektów technicznych. Autor środkowego zdjęcia, Przemysław Woźniak z Poznania, wykonał swoje zdjęcie z pokładu statku Anton Czechow płynącego po Jeniseju w tajdze, interesuje się czy zjawisko to wyglądało w Polsce podobnie. Dwa pozostałe zdjęcia, Mieczysława L. Paradowskiego (z lewej) i Jerzego Marciniaka (z prawej), sugerują, że tego dnia pogoda dopisała w Polsce przede wszystkim w Lublinie. Najbardziej malowniczy wydawał nam się krajobraz tajgi, chociaż chybotliwy pokład pozwolił autorowi tylko na 1-sekundową ekspozycję (lubelskie złączenia 6-7 sekund) i na zdjęciu nie widać Marsa, najsłabszego po Księżycu, Wenus i Jowiszu, z widocznych na bocznych zdjęciach.

postępy astronomii

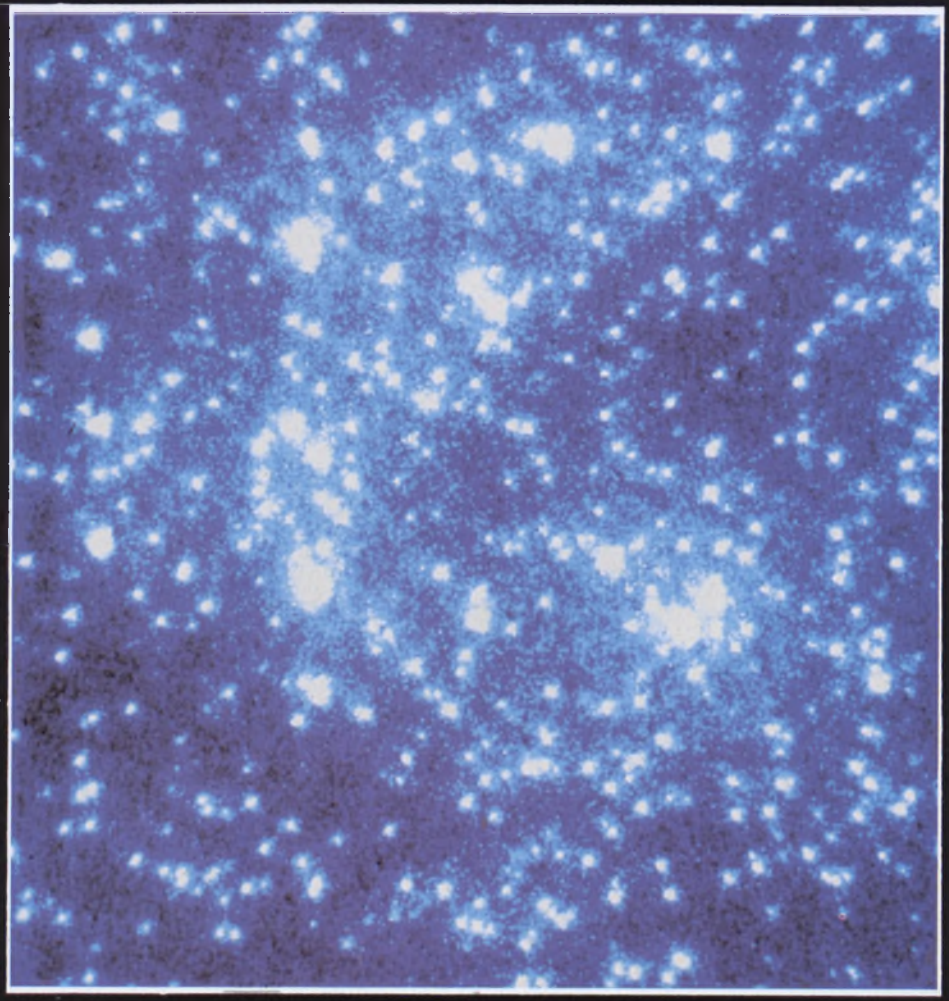
Mgławica planetarna „DUMBBELL" (M 27) w gwiazdozbiorze Lisa (Vulpecula)





Dwa wizerunki optycznego dżetu w radiogalaktyce PKS 0521-36 (patrz notka obok, str. 25) uzyskane przy pomocy kamery FOC Teleskopu Kosmicznego Hubble'a (z lewej) i z ziemi, przy pomocy 3,6 metrowego teleskopu w obserwatorium ESO (z prawej). W obydwu przypadkach, dla lepszego ukazania struktury dżetu, światło pochodzenia gwiazdowego z macierzystej galaktyki zostało usunięte w procesie komputerowej obróbki obrazu.

Powyżej: Dżet optyczny (w świetle ultrafioletowym) z radiogalaktyki 3C 66B uzyskany kamerą FOC Teleskopu Kosmicznego Hubble'a (patrz notka obok, str. 25). Obraz galaktyki będącej źródłem dżetu usunięto w drodze obróbki komputerowej.



Obok: Centrum gromady kulistej 47 Tuc uzyskane kamerą FOC w długości fali 2200 A. Co najmniej 21 najjaśniejszych obiektów stanowi tzw. błękitnych maruderów (patrz notka obok, str. 25).

DŻETY RADIOGALAKTYK PKS 0521-36 i 3C 66B

Wśród zdjęć wykonanych przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a (Hubble Space Telescope, w skrócie HST) znajdują się dwie szczegółowe podobizny dżetów (ang. *jet*) wytwarzanych w jądrach radiogalaktyk PKS 0521-36 i 3C 66B. Nazwą „dżety" określa się w astrofizyce wąskie strugi materii wypływające ze źródła, którym oprócz jądra galaktyki może być gwiazda neutronowa, a nawet nie w pełni jeszcze uformowana zwykła gwiazda o niezbyt dużej masie. Najciekawszymi w tej rodzinie są jednak dżety galaktyczne, zasilane przez tajemnicze obiekty znajdujące się w centralnych obszarach galaktyk aktywnych. Transportują one ogromne ilości energii na odległościach rzędu megaparseków i w większości przypadków dają się obserwować jedynie na falach radiowych.

Dżety w PKS 0521-36 i 3C 66B są jednymi z zaledwie kilku obiektów, które udało się obejrzeć także i w innej dziedzinie widma elektromagnetycznego. Zdjęcia wykonane przez HST w ultrafiolecie wyglądają na pierwszy rzut oka dość niepozornie; zawierają jednak dużo szczegółów mogących w istotny sposób powiększyć nasze zasoby informacji o dżetach galaktycznych. Widać na nich (PKS 0521-36 – zdjęcia na wkładce) szereg „węzłów" (ang. *knots*), czyli miejsc, w których stosunkowo cienka i słabo świecąca struga poszerza się i rozjaśnia, a także (3C 66B – zdjęcie na wkładce) wyraźnie rozseparowane włókna splecione ze sobą w warkocz o długości 30000 lat świetlnych.

Emitowane przez dżety promieniowanie (zarówno radiowe, jak i ultrafioletowe oraz widzialne) jest tzw. promieniowaniem synchrotronowym, wytwarzanym przez elektrony poruszające się z podświetlnymi prędkościami w polu magnetycznym. W przypadku dżetów galaktycznych źródłem elektronów są najprawdopodobniej centralne części dysku gazowego okrążającego supermasywną (10 mln mas Słońca) czarną dziurę („artystyczna" wizja tego zjawiska zdobi okładkę numeru). Ten sam dysk generuje silne pola magnetyczne, których linie sił układają się z grubsza równolegle do jego osi obrotu.

Oddziaływania między elektronami, polem magnetycznym i materią międzygwiazdową oraz międzygalaktyczną przebiegają w sposób niezmiernie skomplikowany (podobne procesy spędzają sen z powiek inżynierom próbującym skonstruować reaktor termojądrowy). Z prostych obliczeń wynika na przykład, że poruszające się w dżetach elektrony tracą prędkość na tyle szybko, iż już w odległości kilkuset lat świetlnych od czarnej dziury ich energie przestają wystarczać do produkcji kwantów światła widzialnego, nie mówiąc już o ultrafioletowym (innymi słowy, najprostsza teoria wyklucza dżety optyczne o długościach większych od ok. 1000 lat świetlnych). Ponieważ nowoodkryte dżety są ponad dziesięciokrotnie dłuższe przypuszcza się, iż elektrony ulegają w nich wielokrotnym przyspieszeniom. Obszary występowania sił przyspieszających są najprawdopodobniej zlokalizowane w pobliżu jasnych węzłów lub wręcz w ich wnętrzu, zaś bezpośrednim czynnikiem przyspieszającym mogą być fale uderzeniowe wzbudzane przez niestabilności naładowanej elektrycznie strugi materii.

Fale uderzeniowe nie mogą jednak wytwarzać struktur podobnych do warkocza galaktyki 3C 66B. W tym przypadku zaobserwowane przez teleskop Hubble'a sploty najprawdopodobniej układają się na powierzchni „magnetycznej rury", zaś poruszające się po tejże powierzchni elektrony napotykają na znacznie mniejsze opory niż elektrony płynące w PKS 0521-36 całym przekrojem dżetu. W obu przypadkach obrazy ultrafioletowe z HST są bezcennym uzupełnieniem danych radioastronomicznych i być może przy ich to właśnie pomocy uda się znaleźć odpowiedź na przynajmniej niektóre ze związanych z dżetami pytań. Przede wszystkim – czy źródła dżetów to rzeczywiście supermasywne czarne dziury? I dalej: jakie to procesy i oddziaływania fizyczne odpowiadają za utrzymywanie wysokiego stopnia kolimacji dżetów (zapobiegają „rozpływaniu się" dżetów na boki)? Czy przyspieszanie elektronów odbywa się w sposób ciągły, czy – tak jak to sugerują zdjęcia PKS 0521-36 – impulsowo? Miejmy nadzieję, iż w miarę napływu nowych danych z teleskopu Hubble'a mgła niepewności otaczająca dżety galaktyczne i ich źródła będzie się stawała coraz bardziej przejrzysta.

Michał Różyczka

BŁĘKITNI MARUDERZY W CENTRUM GROMADY KULISTEJ 47 TUC

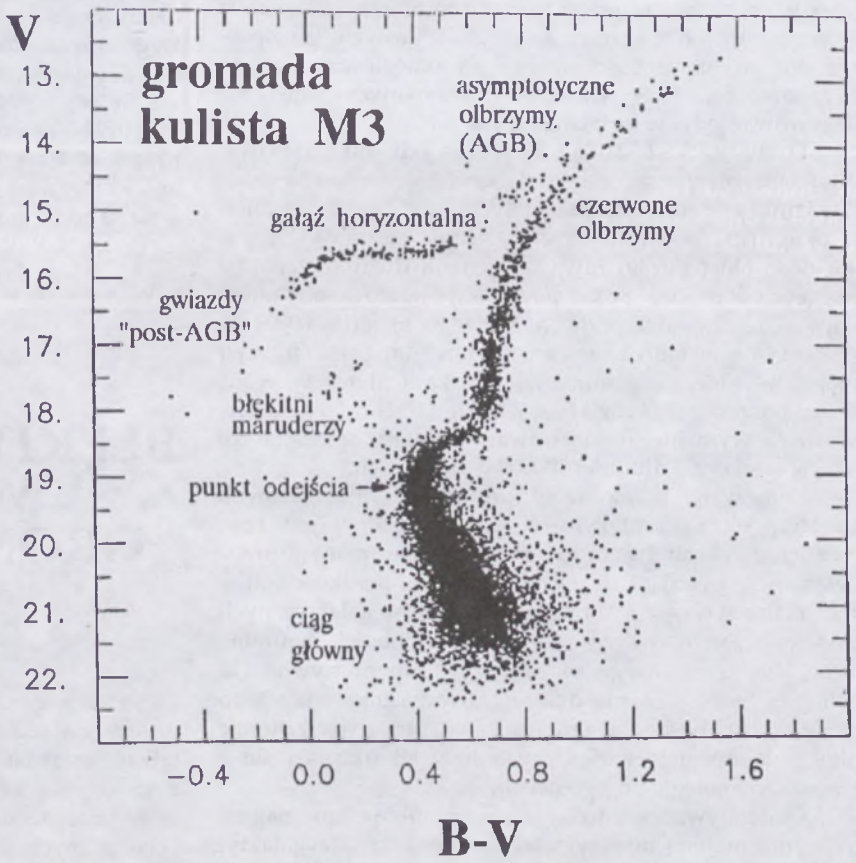
Obserwacje gromad gwiazd – skupisk kilkuset do kilkuset tysięcy gwiazd w stosunkowo niewielkich (o rozmiarach kilkadziesiąt lat świetlnych) obszarach – dostarczają ważnych danych astronomicznych i astrofizycznych. Rozkładem przestrzennym i zróżnicowaniem cech fizycznych i chemicznych dobrze reprezentują gwiazdową składową Galaktyki stanowiąc idealne wyznaczniki jej wielkoskalowych struktur i własności. Wiarygodne oceny zarówno odległości jak i wieku gromad pozwalają na wyznaczenie absolutnych wartości parametrów fizycznych obiektów wchodzących w ich skład. Możliwość datowania obserwowanych w gromadach zjawisk jest wręcz bezcenna w symulowaniu i testowaniu teorii ewolucji gwiazd i systemów gwiazdowych. Przy założeniu jednoczesności formowania się całej gromady, przedstawia ona „migawkowe zdjęcie" aktualnego stanu ewolucyjnego tworzącej ją grupy gwiazd. Każdy etap ewolucji takiej grupy wyróżnia się m.in. charakterystyczną dla danego etapu postacią zależności między jasnością absolutną gwiazd gromady od ich temperatur powierzch-

niowych, czyli Diagramem Hertzsprunga-Russella (Diagramem H-R). Ponieważ Diagram H-R można skonstruować zarówno obserwacyjnie jak i teoretycznie (na bazie przyjętej teorii ewolucji), porównanie obu reprezentacji stanowić może test poprawności przyjętej teorii.

Wśród szczególnie intrygujących, i być może pozornych, niezgodności między przewidywaniami teorii ewolucji gwiazd a obserwacjami jest występowanie w pewnych gromadach tzw. „błękitnych maruderów" (ang. *blue stragglers*). Na obserwowanych wykresach H-R tych gromad (patrz ramka) pojawiają się oni w obszarze odpowiadającym gwiazdom albo wyraźnie opóźnionym w ewolucji w stosunku do pozostałych, albo też obdarzonym nienaturalnie wielkimi masami. Pierwsza z interpretacji pociąga za sobą konieczność wyjaśnienia obecności w starej gromadzie odpowiedniej ilości materii koniecznej do uformowania takich obiektów. Jest to trudne do pogodzenia z danymi obserwacyjnymi. Bardziej prawdopodobne wydaje się przyjęcie dużych mas błękitnych maruderów. Gdyby jednak takie, wyróżniające się masy przypisać indywidualnym gwiazdom w momencie ich powstania, to wówczas ich ewolucja przebiegałaby szybciej, a nie wolniej niż pozostałych gwiazd w gromadzie i w efekcie błękitni maruderzy „opuściliby" widoczne obszary Diagramu H-R. Innym wytłumaczeniem jest przyjęcie, że obserwowane wielkie masy nie odnoszą się do pojedynczych gwiazd, ale raczej do konfiguracji powstałych w wyniku wzajemnych zderzeń i grawitacyjnego przechwytywania pomiędzy członami gromady. Błękitni maruderzy byliby zatem ciasnymi systemami podwójnymi (wielokrotnymi?). Problem ten poruszał już Tomasz Plewa w *Postępach Astronomii* (1991/1, str. 32). Tłumaczyłoby to wystarczająco ich osobliwe położenie na wykresach H-R otrzymanych z obserwacji o małej zdolności rozdzielczej, a równocześnie nie byłoby sprzeczne z obowiązującą teorią ewolucji gwiazd. W tym wypadku można by też oczekiwać, że tacy błękitni maruderzy będą występowali głównie w centralnych rejonach gromad. Wynika to zarówno ze znacznych gęstości gwiazd w tych obszarach, co bezpośrednio sprzyja formowaniu błękitnych maruderów, jak również z grawitacyjnego „opadania" w te rejony „ciężkich" obiektów już po uformowaniu. Centralne położenie błękitnych maruderów w gromadzie, gdyby uzyskało obserwacyjne potwierdzenie, mogłoby zatem potwierdzić ich wielokrotną strukturę i tym samym pozbawić je tajemniczości.

Niestety, z technicznego punktu widzenia, obserwacje centralnych obszarów gromad, szczególnie kulistych, są ogromnie trudne. Wymagają bowiem zarówno niezwykłych zdolności rozdzielczych jak i sięgania do bardzo słabych gwiazd. Warunki takie były praktycznie nie do spełnienia w dotychczasowych obserwacjach naziemnych. Dlatego też tak wielkie wrażenie wywołuje odkrycie, na zdjęciach uzyskanych 16 października 1990 r. orbitalnym teleskopem Hubble'a, szeregu przypuszczalnych błękitnych maruderów w centralnych obszarach gromady kulistej 47 Tuc. Wynik jest szczególnie interesujący, gdyż taki był główny

Błękitni maruderzy na Diagramie H–R



Przedstawiony powyżej diagram Hertzsprunga–Russella dla gromady M3 zawiera kilka „tajemniczych" punktów na przedłużeniu ciągu głównego, powyżej „punktu odejścia" gwiazd. Ponieważ ciąg główny w gromadzie jest monotoniczną funkcją masy, „punkt odejścia" wskazuje po prostu, że gwiazdy bardziej masywne niż te leżące w jego pobliżu, miały już dostatecznie dużo czasu (gwiazdy bardziej masywne szybciej ewoluują), by na tyle zmienić swoją wewnętrzną strukturę (wyewoluować), żeby od ciągu głównego odejść (np. zmierzać w kierunku czerwonych olbrzymów). Jeśli wierzyć, że gwiazdy leżące powyżej punktu odejścia rzeczywiście są bardziej masywne niż ich „siostry" z niższych partii ciągu głównego, to rzeczywiście w niezrozumiały sposób spóźniają się one w swojej ewolucji (stąd *maruderzy*). Przymiotnik *błękitni* zawdzięczają oczywiście monotonicznemu wzrostowi temperatury z masą dla gwiazd na ciągu głównym i znajdując się zawsze nad „punktem odejścia" są z natury zawsze bardziej niebiescy niż najbardziej masywne gwiazdy leżące jeszcze w niekwestionowany sposób na ciągu. (m)

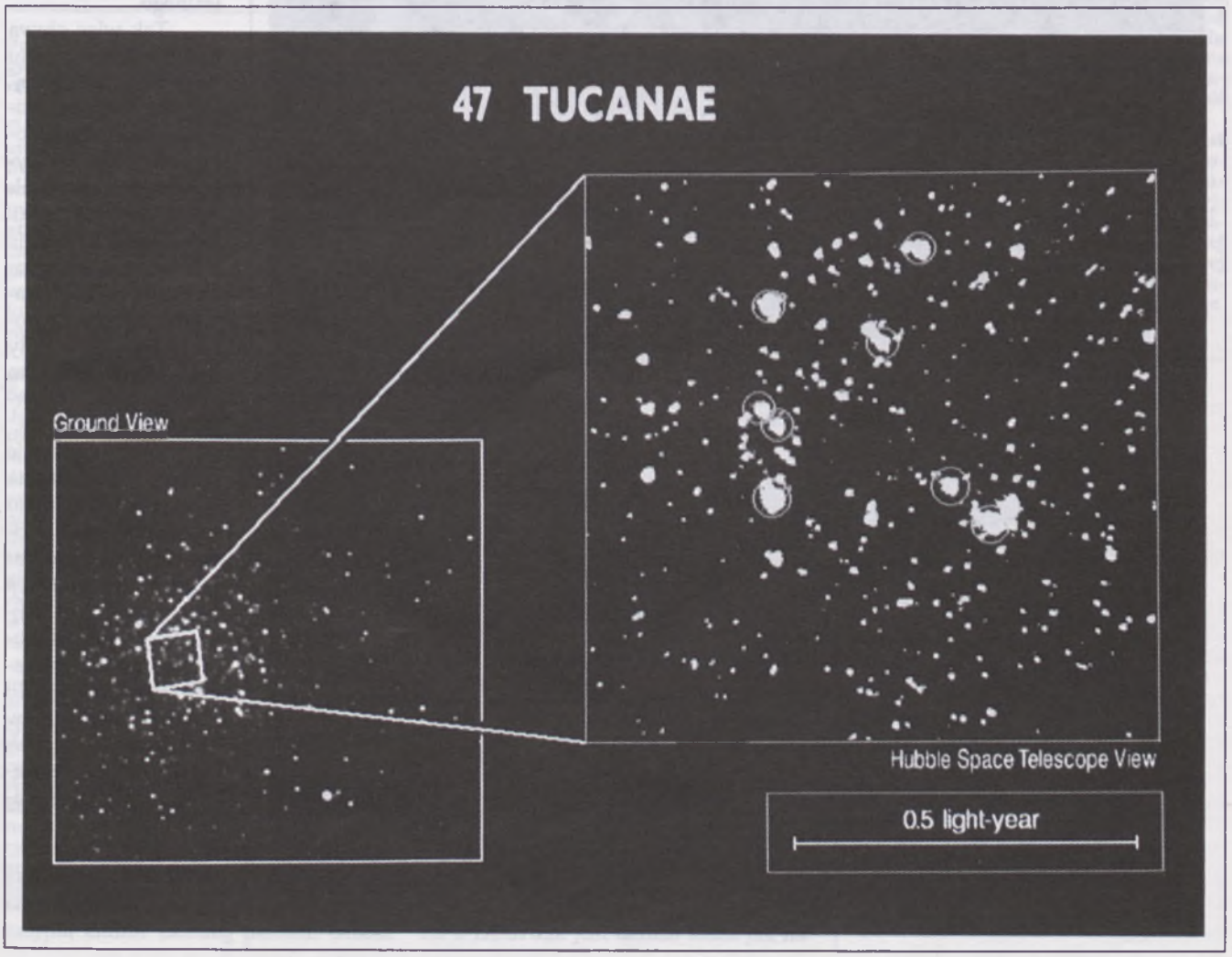
cel analizy obrazu tej stosunkowo bliskiej gromady, otrzymanego „Kamerą do Obserwacji Słabych Objektów" (*Faint Object Camera* – w skrócie FOC) umieszczoną na Kosmicznym Teleskopie Hubble'a (HST).

Wymieniona kamera charakteryzuje się doskonałą przestrzenną zdolnością rozdzielczą (0.1 sek. luku) i dużą czułością w zakresie ultrafioletowym (w zakresie, w którym błękitni maruderzy są szczególnie aktywni). Te dwie cechy predystynują ją szczególnie do obserwacji obiektów w zagęszczonych, centralnych obszarach gromad kulistych. Doskonałą tego ilustracją jest prezentowane na zdjęciu poniżej, porównanie obrazów tej samej okolicy gromady 47 Tuc wykonanych kamerą CCD umieszczoną w ognisku 2,2 metrowego teleskopu w Obserwatorium Europejskim w Chile, ze zdolnością rozdzielczą (w tym wyjątkowym klimacie) 0.8 sek.łuku i zasięgu 16 mag., i obrazu uzyskanego wspomnianą kamerą FOC umieszczoną na teleskopie Hubble'a. Obserwacje FOC wykonano w zakresie 2200Å. Prezentowane pole widzenia wynosi 11x11 sek. luku, co odpowiada rozmiarom przestrzennym 0.75 roku świetlnego (przy odległości gromady 47 Tuc równej 15000 lat świetlnych). Porównanie wykazuje dramatyczną wręcz przewagę obrazu satelitarnego, zarówno w zdolności rozdzielczej, jak i zasięgu.

Zdjęcie prezentowane na wkładce, przedstawia barwną reprodukcję obrazu gromady uzyskanego HST (odbicie zwierciadlane obrazu poprzedniego) z wyraźnie widocznymi obiektami zidentyfikowanymi, na podstawie ich szczególnie intensywnego promieniowania ultrafioletowego, jako błękitni maruderzy (zaznaczone kółkami na zdjęciu czarno-białym).

Mimo, że obserwowane centralne położenie błękitnych maruderów w gromadzie wydaje się zgodne z przypisywaniem im znacznych mas, ich powstawanie w procesach statystycznie znaczących zderzeń, w sprzyjających temu procesowi obszarach dużych zgęszczeń, może nie być jedynym mechanizmem tłumaczącym własności tych obiektów. Obserwuje się je bowiem (czy rzeczywiście takie same?) również w niektórych gromadach otwartych (np. w gromadach NGC188, NGC6791), charakteryzujących się znacznie mniejszymi gęstościami i prawdopodobieństwami zderzeń gwiazd. Tym niemniej, prezentowany obraz gromady 47 Tuc uzyskany teleskopem Hubble'a, wyjątkowy ze względu na swoją jakość, ujawnia interesującą właściwość tych intrygujących obiektów.

Andrzej Strobel



η CARINAE

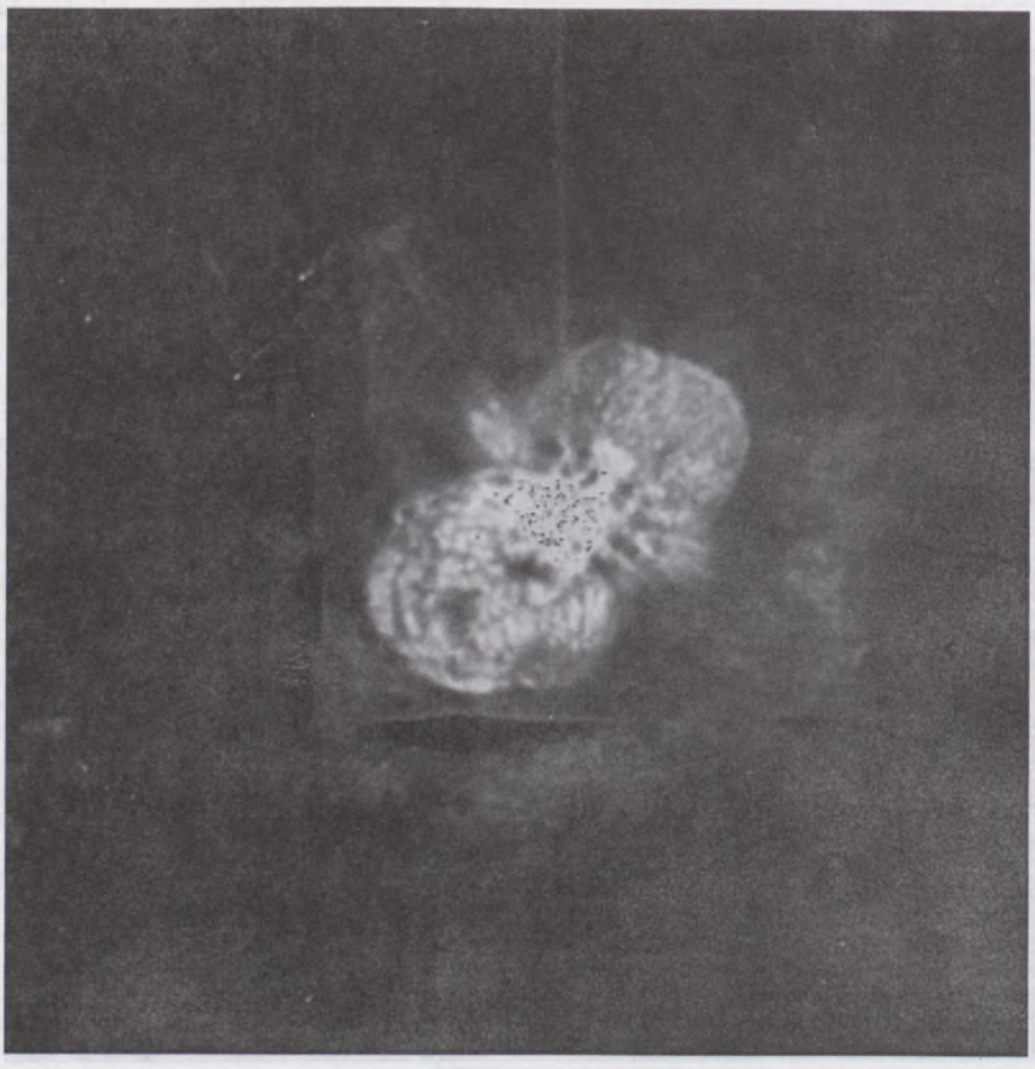
Jednym z kolejnych celów Teleskopu Kosmicznego Hubble'a była η Carinae, ledwo dostrzegalna gołym okiem gwiazdka w gwiazdozbiorze Kila, na południowej półkuli nieba.

Na gwiazdę tę zwrócono uwagę w 1843 roku, gdy nagle zajaśniała blaskiem porównywalnym jedynie z blaskiem Syriusza (osiągnęła -1^m). Potem powoli słabła w nieregularnym tempie, by ustabilizować się (choć wykazując ciągłą – od kilkudziesięciu lat – zmienność o niewielkiej amplitudzie) na poziomie szóstej wielkości gwiazdowej. Analiza starych atlasów nieba oraz pewnych parametrów materii wokółgwiazdowej wskazuje, że gwiazda była bardzo niestabilna od paru tysięcy lat.

η Carinae uważana jest za ważny probierz teorii ewolucji masywnych gwiazd. Masa tej gwiazdy oceniana jest na ponad 100 mas Słońca. Jest ona najjaśniejszym znanym zródłem promieniowania podczerwonego w Galaktyce (po Centrum Galaktyki). Przechodzi ona niestabilną fazę ewolucji, której natura jest niezbyt znana. W 1843 roku nastąpił (jeden z kolejnych) silny wyrzut materii (odrzucenie otoczki), który stworzył zwartą, gęstą otoczkę zwaną *homunculus* – człowieczek, od kształtu, jaki obecnie przybrała.

η Carinae wykazuje wiele podobieństw do tzw. mgławic bipolarnych. Mgławice te składają się często z dwóch obłoków znajdujących się w pobliżu osi rotacji centralnego układu podwójnego.

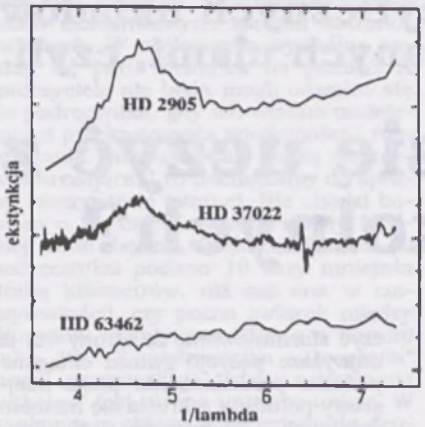
Uważano dotychczas, że jest duże prawdopodobieństwo, że „głowa" i „nogi" homunkulusa są takimi właśnie obłokami, z czego wynikałoby, że płaszczyzną domniemanego układu podwójnego była talia człowieczka. I tu właśnie nastąpiło zupełne zaskoczenie, gdy odebrano obraz z teleskopu Hubble'a. Otóż okazało się, że pod kątem prostym do osi człowieczka wystaje dżet (!, w postaci dwóch równoległych linii skierowanych na północny wschód, widocznych na załączonym zdjęciu), co całkowicie zmienia wyobrażenie o orientacji obiektu. Dżet wyraźnie kończy się frontem uderzeniowym, gdzie zderza się pewnie z materią wokółgwiazdową. Z drugiego boku homunkulusa nie widać wypływu materii: prawdopodobnie natrafia on na gęstą materię wokółgwiazdową już bardzo blisko obiektu centralnego.

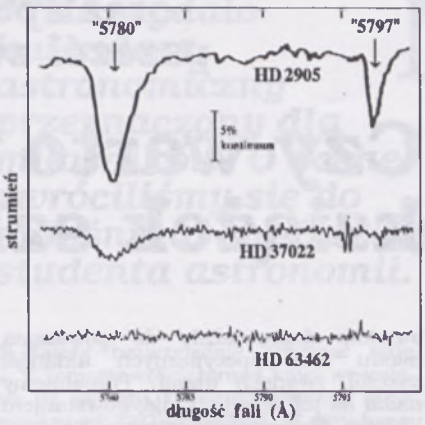


Tak więc głowa i nogi człowieczka to najprawdopodobniej wielki wokółrównikowy torus wyrzucony w wyniku niewyjaśnionej niestabilności w 1843 roku. Obserwacja ta będzie z pewnością ważnym elementem odtwarzania stanu ewolucyjnego gwiazdy η Carinae, ponadto skieruje dalsze obserwacje na lepszy trop.

Dżet wykazuje pewną drabiniastą strukturę. Nie udało się jednoznacznie zidentyfikować mechanizmu fragmentacji przepływu, lecz najbardziej prawdopodobne są interpretacje odwołujące się do zjawisk falowych, w szczególności powstawania fal stojących w płynącej materii.

Tomasz Chlebowski





Po raz pierwszy udało się zasugerować przebieg ewolucji obłoków międzygwiazdowych na podstawie ich cech widmowych.

Jak ewoluują obłoki międzygwiazdowe?

Jacek Krełowski

Przekonanie o tym, że obłoki międzygwiazdowe podlegają ewolucji zakorzeniło się w astrofizyce od dawna. Oczywistym jest fakt obrotu materią w Galaktyce tj. powstawanie gwiazd, ich ewolucja, częściowy rozpad, a następnie formowanie kolejnych generacji ze wzbogaconej w ciężkie pierwiastki materii. Obłoki muszą więc jakoś powstawać, a następnie ulegać zagęszczeniu. Możliwe są przy tym zmiany jakościowe tworzącej je materii takie jak wzrost ziaren pyłu i powstawanie molekuł – być może bardzo skomplikowanych. Wyniki ostatnich obserwacji, w które zamieszany byłem wraz z kolegami z różnych stron świata, jak Ted Snow, Ignazio Porceddu czy Peter Jenniskens, zdają się sugerować istnienie dość ostro zarysowanych „przejść fazowych" od jednego typu obłoku do drugiego. Fakt iż obecność molekuły CN w ciemnych obłokach zależy krytycznie od kształtu krzywej ekstynkcji ciągłej w dalekim ultrafiolecie (poniżej 1800 Å) i powiązana jest z silnie zmiennym stosunkiem natężeń niezidentyfikowanych rozmytych linii międzygwiazdowych (patrz ramka) 5780 i 5797 Å, jest tego wymownym dowodem.

Jak dotąd ewolucja chmur materii międzygwiazdowej pozostawała wszakże w sferze czysto teoretycznych spekulacji. Nie udało się bowiem ustawić jakiegokolwiek zbioru obłoków w sekwencję czasową i wskazać obserwacyjnie kierunku ewolucji. Wydaje się, że podczas konferencji „Cosmic Dust" zorganizowanej w Lejdzie z okazji odejścia na emeryturę J. Mayo Greenberga (30-31 stycznia 1992) został uczyniony pierwszy krok w tym kierunku.

Prześledźmy możliwą sekwencję ewolucyjną chmur ciemnej materii. Obłoki rozrzedzonego gazu reprezentowane są tu w widmie gwiazdy HD2905 – obiektu o $E(B\text{-}V) = 0.30$ (patrz ramka), przesłanianego, jak wynika z profili linii sodu międzygwiazdowego podanych przez Hobbsa, przez co najmniej 4 obłoki. Współgra to z „magiczną" wartością nadwyżki barwy (patrz ramka) średniego obłoku uznawaną od dawna za równą 0.07 mag. Jak widać z rysunku po lewej stronie krzywa ekstynkcji (patrz ramka) charakteryzuje się tu silnym pasmem 2200 Å i dość szybkim wzrostem w kierunku dalekiego ultrafioletu. Ta sama krzywa dla gęstego jądra Mgławicy Oriona (reprezentowanego przez gwiazdę HD37022) zawiera już tylko szczątkową strukturę 2200 Å, po której nie obserwujemy dalszego wzrostu ekstynkcji. W widmie gwiazdy HD63462, klasyfikowanej jako Be o ogromnej prędkości obrotu ($V \sin i$ ok. 400 km/s), a więc zapewne widzianej przez dysk reliktowej materii, nie obserwuje się ani śladu „garbu" 2200 Å. Sytuacja taka może odpowiadać ewolucji polegającej na wzroście ziaren, drogą przyklejania atomów, molekuł, bądź innych ziaren. Ziarna duże w porównaniu z długością fali dają ekstynkcję „szarą", niezależną od długości fali, odpowiadającą płaskiej krzywej.

Ta sama sekwencja gwiazd (rysunek po prawej stronie) pokazuje istotne zmiany w wyglądzie niezidentyfikowanych rozmytych linii międzygwiazdowych. W widmie HD2905 obserwujemy wyraźne, szerokie pasma ok. 5780 i 5797 Å. Najwyraźniej odpowiedzialnym za nie czynnikom sprzyja środowisko rozrzedzonego obłoku. W gęstniejącej materii linie rozmyte zanikają, poczynając od 5797; 5780 obserwowana w HD37022 jest bardzo słaba jak na wyznaczoną nadwyżkę barwy. Efekt ten występuje wyłącznie w gęstym jądrze mgławicy Oriona, a więc tam, gdzie jeszcze nie zanikły procesy gwiazdotwórcze. Poza gęstym jądrem, własności materii przesłaniającej gwiazdy asocjacji nie odbiegają zbytnio od obserwowanych w innych obszarach nieba. Wreszcie linie rozmyte znikają zupełnie. Obserwujemy to w widmie gwiazdy HD63462. Krzywa ekstynkcji jest tu całkowicie wolna od struktury 2200 Å, co sugeruje obecność wyłącznie dużych ziaren pyłu, a linie rozmyte całkowicie nieobecne, pomimo dość dużej nadwyżki barwy ($E(B\text{-}V) = 0.20$). Dysk taki mógłby zatem być końcowym stadium ewolucji ciemnego obłoku – skutkiem kolapsu grawitacyjnego. Znikanie linii rozmytych może być efektem przyklejania się wywołujących je czynników (zapewne dużych molekuł) do ziaren pyłu, po którym następują reakcje chemiczne z materiałem ziarna. Warto może dodać, że profile tych tajemniczych struktur pozostają bez istotnych zmian pomimo malenia intensywności – zmienia się zatem obfitość wywołujących je czynników, a nie ich jakość. Warto tu wspomnieć moją notkę (PA 2/1991, str. 72), z której wynika iż gwiazdy z gęstego jądra Mgławicy Oriona są przesłonięte przez kilka obłoków o zadziwiająco podobnych własnościach optycznych. Nie mogą to zatem być otoczki okołogwiazdowe, a jedynie reliktowa materia wciąż obecna pośród gwiazd Mgławicy. Materia ta nie brała bezpośredniego udziału w tworzeniu gwiazd, jest zatem ewolucyjnie „wcześniejsza" od dysków widocznych wokół uformowanych już obiektów.

Zaprezentowana powyżej próba jest pierwszym ustawieniem ciemnych obłoków międzygwiazdowych w ciąg ewolucyjny na bazie kryteriów obserwacyjnych. Poza tą sekwencją pozostają nadal inne, znane już obłoki. Niemniej pierwszy krok w kierunku widmowej klasyfikacji i badań nad ewolucją ciemnych obłoków został, jak się wydaje, zrobiony.

SŁOWNICZEK „MATERIALISTY" MIĘDZYGWIAZDOWEGO
(nie mylić z marksistowskim)

Krzywa ekstynkcji (prawo ekstynkcji) – przebieg wartości ekstynkcji (sumy pochłaniania i rozpraszania) z długością fali; zwykle przedstawiana jako funkcja odwrotności długości fali. Najczęściej obserwowane przypadki przypominają krzywą dla gwiazdy HD2905 z rysunku po lewej stronie.

Nadwyżka barwy $E(B\text{-}V)$ – różnica wielkości ekstynkcji w fotometrycznych pasmach B i V (4400 i 5500 Å); najpopularniejsza miara ilości materii międzygwiazdowej w kierunku obserwowanej gwiazdy.

Rozmyte linie międzygwiazdowe – zbiór ok. 100 struktur widmowych niewiadomego pochodzenia, na ogół szerszych od linii międzygwiazdowych atomów i molekuł. Najdawniej znane spośród nich to linie 5780 i 5797 Å (rysunek po prawej stronie), odkryte już w 1922 roku.

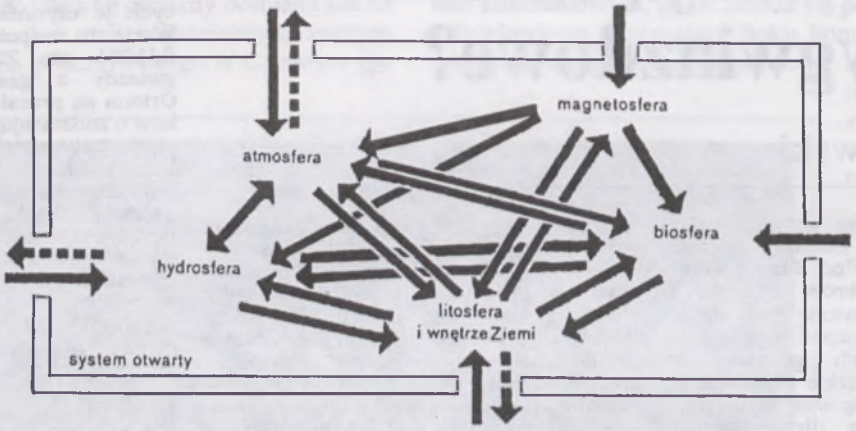
Przemiany ewolucyjne pszczół doprowadziły do powstania miodu oraz specyficznych układów pszczół zwanych ulami, czyli:

Czy warto się uczyć z książek szkolnych?

Moja córka zdała do szkoły średniej. W księgarni na ulicy Mazowieckiej w Warszawie kupiłem komplet podręczników do I klasy liceum. Z ciekawości zajrzałem do „*Geografii*"*), a dokładniej do rozdziału III „Ziemia jako planeta Układu Słonecznego". Zacząłem czytać i oglądać rysunki. To, co zobaczyłem przeszło moje najgorsze oczekiwania.

Książki szkolne nie cieszą się na ogół dobrą opinią. Ta generalnie niska ocena jest niesprawiedliwa – zdarzają się podręczniki dobre. „*Geografia*" do I i II licealnej (jedna książka jest przeznaczona dla obu klas) do nich nie należy. Nie czując się ekspertem nie mogę ocenić szczegółowo całego dzieła, w innych rozdziałach znalazłem jednak też fragmenty budzące grozę. Świadomie używam mocnych określeń, gdyż nie widzę powodów do mydlenia sprawy eufemizmami. Nie miejsce tu na kompletną recenzję, spróbuję jedynie podać przykłady usprawiedliwiające moją opinię. Jestem przekonany, że należy szeroko sygnalizować istnienie problemu merytorycznej jakości podręczników szkolnych – ich poprawą jest zainteresowane praktycznie całe społeczeństwo. Szczegółowa recenzja może zaciekawić węższe grono odbiorców i – mam nadzieję – wydawnictwo, w którym książka się ukazała. Przejdźmy zatem do konkretów.

Już drugie zdanie w omawianym rozdziale niesie informację co najmniej niejasną, mianowicie, że początkiem Wszechświata „była eksplozja neutronowa". Autor nie wyjaśnia, co znaczy w tym wypadku *neutronowa*. Przypuszczam, że nic. Dalej: „Następujące po sobie przemiany wszechświata doprowadziły do powstania materii międzygwiezdnej oraz specyficznych układów gwiazd, zwanych galaktykami". Dla nie zorientowanego czytelnika (a takim będzie uczeń I klasy) zdanie to stwierdza, że materia międzygwiezdna i galaktyki to dwie równorzędne formy istnienia materii we Wszechświecie, a tak nie jest. Czy w podręczniku biologii, w rozdziale traktującym o pszczołach można napisać: przemiany ewolucyjne tych owadów doprowadziły do powstania miodu oraz specyficznych układów pszczół, zwanych ulami? Pozostajemy nadal na tej samej stronie: powstaniem Układu Słonecznego zajmuje się kosmogonia, zatem na ten temat istnieją hipotezy kosmogoniczne, a nie kosmogeniczne. Nieprecyzyjne (ale może dające się obronić), jest też stwierdzenie, że „cała materia wszechświata powstała z wodoru". Autor podaje, że „jest wiele milionów galaktyk" i że Ziemia znajduje się w jednej z nich. Nie mówi jednak nic, ile jest gwiazd w galaktyce. Problem w tym, że nie wiemy, ile jest galaktyk we Wszechświecie, a ile jest gwiazd w naszej Galaktyce co nieco się orientujemy. Nawiasem mówiąc, astronomowie piszą *Wszechświat* z dużej litery, żeby zaznaczyć jego unikatowość (podobnie *Ziemia* i *Słońce*, gdy mówimy o konkretnej planecie i gwieździe). Tyle uwag do pierwszej strony rozdziału III. Muszę tylko dodać, że na tej stronie jest wszystkiego 8 zdań, resztę miejsca zajmują tytuł i fotografia.



Ryc. 1. Schemat powiązań w systemie Ziemi

Nie jest moim zamiarem męczyć Czytelnika wyliczeniem wszystkich pomyłek i nieścisłości występujących w tekście. Ujmując krótko: lektura podręcznika pozwala wskazać przykłady chyba wszystkich rodzajów błędów i potknięć, jakie można sobie wyobrazić w tego rodzaju publikacji. Są zatem:

1. Błędy rzeczowe, czyli po prostu informacje nieprawdziwe. Wynikają one chyba z niedbałości Autora, gdyż można je łatwo sprawdzić w każdej fachowej książce. Odnoszę wrażenie jednak, że Autor czasami nie rozumie opisywanych przez siebie zagadnień. Przypadek pierwszy ilustruje stwierdzenie na str. 44, że gwiazdy Krzyża Południa należą do gwiazdozbioru Oktant. W rzeczywistości Krzyż Południa jest odrębnym gwiazdozbiorem. Ale jak wytłumaczyć sformułowanie ze strony 46, iż najwyższe pozycje gwiazd osiągane podczas przechodzenia przez miejscowy południk „określa się mianem deklinacji". Tymczasem, „deklinacja" gwiazdy nie zależy od jej ruchu dziennego.
2. Gmatwanie tekstu przez wprowadzanie pojęć zupełnie niepotrzebnych dla zrozumienia problemu. Często również pojawia się termin fachowy bez podania jego definicji. Tak jest np. z informacją, że „na równiku horyzont jest jednocześnie kołem godzinnym" (str. 39). Po pierwsze, Autor nie precyzuje, co to jest *koło godzinne*, a po drugie – sama informacja nie wnosi nic do omawianego problemu. Autor twierdzi: „oznacza to, że nad dowolnym punktem na równiku Słońce w swym widomym średnim ruchu dobowym co 24^h osiąga skrajną wysokość (górowanie)". W istocie rzeczy, w każdym punkcie na Ziemi (z wyjątkiem biegunów) Słońce góruje co 24 godziny.
3. Skrajna nieporadność językowa i brak precyzji. Np.: „Fale elektromagnetyczne [Słońca] cechuje z jednej strony ogromny zakres – od milionowej części mikrometra (10^{-14}m) do dziesiątków, a nawet tysięcy kilometrów, z drugiej strony fale te posiadają stałą prędkość ($V = 300\,000$ km/s^{-1}). Widmo słoneczne na górnej granicy atmosfery mieści się w 99% w zakresie promieniowania krótkofalowego" (str. 55, rozdział IV). Przy okazji: poza fatalnym stylem, milionowa część mikrometra ma długość 100 razy większą niż 10^{-14}m, a jednostką prędkości jest km/s.
4. Liczne błędy wartości liczbowych. Są to być może literówki.
5. Rysunki są często nieczytelne (przykład załączam). W niektórych wypadkach nie udało mi się w ogóle dotrzeć do treści, które Autor chciał przekazać.

Jak napisałem wcześniej, nie zamierzam wymieniać wszystkich potknięć. Moim celem było wykazanie, że astronomiczne fragmenty książki są złe. Jeżeli nie udało mi się tego zrobić przekonująco, zmuszony jestem zachęcić do lektury oryginalnego tekstu.

*) Wojciech Stankowski, *Geografia fizyczna z geologią*, Podręcznik dla szkoły średniej, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1991, wydanie piąte.

Jestem pewien, że ogromna większość użytkowników podręcznika – uczniów i nauczycieli – nie będzie nim usatysfakcjonowana. Młodzież nie znajdzie tam prostych, zrozumiałych wyjaśnień elementarnych zjawisk astronomicznych. W najlepszym wypadku nauczy się paru formułek na pamięć. A nauczyciele nie będą mogli odwołać się do podręcznika, gdy ich własne umiejętności przekazywania wiadomości i rozbudzania zainteresowań okażą się niewystarczające. I tu dochodzimy do sprawy rzeczywiście istotnej. Nie chodzi bowiem o to, czy absolwent szkoły średniej znać będzie średnicę Słońca (w podręczniku podano 10 razy mniejszą liczbę kilometrów, niż ma ona w rzeczywistości), czy pozna związek między długością ekliptyczną Słońca a porami roku itp. Z podręcznika „*Geografia*" uczeń wywnioskuje jedno: astronomia „szkolna" jest nudna i niezrozumiała. W społecznym obiegu istnieje jednak „druga astronomia". Zewsząd, z gazet, ilustrowanych magazynów, radia, telewizji sączy się coś, co również zajmuje się znakami zodiaku oraz położeniami na niebie Słońca, Księżyca i planet. Jest proste, bywa zabawne, nie wymaga używania szarych komórek i – niestety – coraz częściej uzurpuje sobie miano nauki. Astrologia i horoskopy są obecne na każdym kroku. W samym wymyślaniu horoskopów przez jednych, a czytaniu - przez drugich nic ma nic zdrożnego, można się w końcu bawić na różne sposoby. To, co mnie niepokoi to stwarzanie przez niektórych aktywistów astrologii pozorów „naukowości", aureoli wiedzy prawdziwej. Nie twierdzę, że od horoskopów w „Telewizji Śniadaniowej" już tylko jeden krok do okultyzmu, magii i rysowania pentagramów. Nie twierdzę również, iż źle uczona astronomia w szkole to główna przyczyna zainteresowania horoskopami na każdy dzień roku, czy popularności senników egipskich i „Mędrców Syjonu". Można jednak przypuszczać, że dobre podręczniki szkolne z fizyki, astronomii, chemii, biologii i geografii to pierwszy krok do eliminacji tych irracjonalnych postaw.

Co zrobić z rozdziałem III „*Geografii*"? Został bowiem wydrukowany i znalazł się w ręku każdego licealisty. W tym roku szkolnym najlepiej będzie, jeżeli przy wykładaniu dziennego i rocznego ruchu Ziemi nauczyciele zrezygnują z pomocy podręcznika i ewentualnie zachęcą uczniów do lektury uzupełniającej. Na dalszą przyszłość apeluję do *Wydawnictw Szkolnych i Pedagogicznych*, aby zwróciły się do P.T. Specjalistów Naukowców z prośbą o napisanie nowego podręcznika, a przynajmniej jego astronomicznej części. Książki wydawane przez WSiP są recenzowane. Aby uniknąć powtórzenia kłopotów, należy nową wersję fragmentów astronomicznych poddać opinii fachowca z tej dziedziny. Nie powinno być z tym trudności – w Polsce jest około stu zawodowych astronomów.

Andrzej Sołtan

Czyżby reforma kalendarza?

Miesiąc w 32 dni!

PTMA wydało kalendarz astronomiczny przeznaczony dla miłośników. O ocenę zwróciliśmy się do miłośnika, choć dziś już studenta astronomii.

Należy bezwzględnie przyznać rację Tomaszowi Ściężorowi, który we wstępie do swojego *Kalendarza miłośnika astronomii na rok 1992*[*)] zauważył, że dotychczas nie było takiego krajowego wydawnictwa. Brak ten był bardzo bolesny. Miłośnicy astronomii radzili sobie w różnoraki sposób. Większość musiała zadowolić się dość ogólnymi informacjami podawanymi przez *Uranię*, niektórzy zdobywali (np. przez ORPAN) rosyjski *Astronomiczeskij Kalendar*, a już tylko wybrańcy mieli dostęp do profesjonalnych roczników.

Od pewnego czasu na naszym rynku można było zdobyć kalendarze plakatowe przedstawiające pewne zjawiska (wschody, zachody, etc.) w formie klepsydry. Pojawiły się one również w ostatnich ubiegłegocznych numerach *Wiedzy i Życia* oraz *Postępów Astronomii*. Kalendarze te są do siebie bardzo podobne i różnią się tylko graficznymi rozwiązaniami niektórych zjawisk astronomicznych, jak choćby faz Księżyca. Dość ważnym ich składnikiem jest schematyczna mapka okolic ekliptyki zawierająca położenia najjaśniejszych planet Układu Słonecznego. Dzięki układowi graficznemu klepsydry już po kilku sekundach wiemy jakie planety możemy zobaczyć dziś wieczorem, kiedy zaś będziemy mogli podziwiać pierścienie Saturna. Zaletą tych kalendarzy jest bardzo łatwy sposób obsługi i dlatego może korzystać z nich każdy, niekoniecznie miłośnik astronomii.

Miłośniczy polski rocznik zaadresowany jest do nieco bardziej zaawansowanych amatorów. Na pewno *Kalendarz miłośnika astronomii na rok 1992* ucieszył wielu nocnych marków już samym swoim istnieniem. Mimo to nie popadajmy w skrajne uwielbienie, bo jak każdy pierwiosnek, kalendarz ten, nie wygląda w pełni tak, jak wcześniej sobie to wymarzyliśmy. Aby jednak recenzja ta nie była zbyt subiektywna poprosiłem o opinię na temat *Kalendarza* kilku znanych mi odbiorców tego wydawnictwa. Znaleźli się wśród nich uczniowie szkół średnich, jak i studenci pierwszych lat astronomii UMK.

Po pierwszym przejrzeniu książki pana Ściężora rodzi się przypuszczenie, że jest ona tłumaczeniem wspomnianego już rosyjskiego kalendarza (zawartość, układ tabelek). Dopiero lektura wstępu wyjaśnia, że jest to nasze w pełni rodzime dzieło.

Na pochwałę zasługują jasne opisy poprzedzające kolejne rozdziały, natomiast szata edytorska pozostawia wiele do życzenia. Całość wydrukowana została czcionką o jednakowej wielkości i jedynie wytłuszczenia niektórych linii informują o zmianie tematu, bądź rozdziału. W ten sposób kolejne rozdziały zlewają się ze sobą w jednolitą papkę, co z kolei w pewnym stopniu utrudnia korzystanie z *Kalendarza*. Bardzo niestarannie autor przygotował rozdział poświęcony księżycom Jowisza. Pomysł normalizacji długości miesięcy do 32 dni wydaje się raczej nie najszczęśliwszym, natomiast olbrzymim błędem edytorskim jest przedstawienie położeń wszystkich galileuszowych księżyców takimi samymi liniami i brak opisów tych linii.

Niektórzy z moich kolegów z radością powitaliby w następnych edycjach schematyczne diagramy przedstawiające przebieg zaćmień widocznych w Polsce. Pojawiały się również życzenia o zamieszczenie tabelki z pozycjami jaśniejszych obiektów Messiera. Nie zajęłaby ona dużo miejsca, a czasem dobrze mieć taką tabelkę pod ręką, gdy pokazujemy cioci piękno nieba.

Niezbyt dobrym pomysłem wydaje się zamieszczenie w *Kalendarzu* kolorowych zdjęć. Dwa z nich zresztą dublują się z ilustracjami na okładce, co jest chyba całkowitym nieporozumieniem. Druk tych zdjęć w dużym stopniu wpłynął chyba na cenę, bynajmniej nie obniżając jej. Wydaje się, że jakikolwiek rocznik astronomiczny (w tym również miłośniczy) nie wymaga kolorowych fotografii. Sugerowałbym Zarządowi Głównemu PTMA, aby ładne widoczki z kosmosu wydał w formie pocztówek, bądź plakatów, czy nawet fototapety. Dotychczas takie wydawnictwa pojawiały się na naszym rynku raczej sporadycznie.

Krzysztof Rumiński

[*)] Tomasz Ściężor, *Kalendarz miłośnika astronomii na rok 1992*, Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Biblioteka *Uranii* nr 4, Kraków 1991, cena 20000 zł (zamówienia tak jak podano w ramce na dole).

postępy astronomii

REKOMENDUJĄ

KOSMOLOGIA WSPÓŁCZESNA

Krzysztof Maślanka, Wydawnictwo i Drukarnia „Secesja", Kraków 1991

Cztery, napisane pięknym i przystępnym językiem, eseje o Wszechświecie. To świetna książka dla wszystkich! (recenzja Bożeny Czerny w Świecie Nauki 11/1991, str. 125)

Książkę można nabyć przesyłając **przekazem pocztowym** (nie na konto – to przyspiesza operacje) kwotę **12000 zł**, na adres: ZG PTMA, ul. św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków

Astronomia w szkole

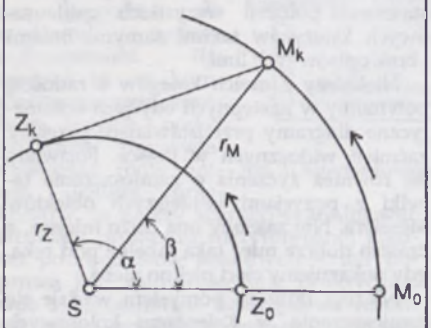
Układ Słoneczny

Juliusz Domański

Jednym z podstawowych zagadnień w dziale ASTRONOMIA I GRAWITACJA jest nasze najbliższe otoczenie we Wszechświecie – Układ Słoneczny. Rozpoczniemy od wyliczenia elementów Układu:

- 1 gwiazda,
- co najmniej 9 planet,
- około 60 księżyców,
- setki tysięcy planetoid,
- komety (być może nawet 10^{12}),
- meteoroidy, czyli drobne bryłki materii (ile?),
- gaz i pył międzyplanetarny,
- promieniowanie korpuskularne Słońca (wiatr słoneczny),
- pola magnetyczne.

ZADANIE 1. Kwadratura Marsa występuje 106 dni po opozycji (rys.). Okres obiegu Ziemi wokół Słońca 365 dni, Marsa 687 dni. Jaka jest odległość Marsa od Słońca?



Rozwiązanie:

Promień wodzący Ziemi zakreśla w ciągu 106 dni kąt $\alpha = 360° \times (^{106}/_{365}) = 104°.5$, a promień wodzący Marsa kąt $\beta = 360° \times (^{106}/_{687}) = 55°.5$. Z rysunku mamy:

$$r_M = \frac{r_Z}{\cos(\alpha-\beta)} = \frac{r_Z}{\cos 49°} = \frac{1\ \text{j.a.}}{0.6561} =$$

$$= 1.52\ \text{j.a.}$$

Wystarczy więc znać tylko jedną bezwzględną wartość odległości w Układzie Słonecznym, by znać wszystkie odległości między planetami.

Dziesiąta planeta (planeta X) jest poszukiwana od dawna, istnieją przesłanki wskazujące na jej istnienie. Jeśli obliczenia są poprawne, to powinna ona obiegać Słońce z okresem ok. 1000 lat i w odległości ok. 100 j.a. (co na to panowie Titius i Bode?). Liczba księżyców też nie jest jeszcze definitywnie określona. Nie tak dawno, w styczniu 1989 roku przelot Voyagera 2 w pobliżu Neptuna zwiększył ich liczbę o 6. Ilość planetoid jest trudna do ustalenia. Obiektów o dokładnie wyznaczonych orbitach znamy dziś ponad 5000. Spośród nich 28 ma średnice ponad 200 kilometrów. Jeśli policzymy obiekty o jasnościach większych niż 19^m (zarejestrowane na kliszach), otrzymujemy liczbę ok. 40 000. Ilość komet jest nieomal nie do ustalenia. Są to obiekty niewielkie, ich masy ocenia się na $10^{11} - 10^{17}$ kg. Hipoteza holenderskiego astronoma, Jana H. Oorta mówi o istnieniu obłoku komet na peryferiach Układu Słonecznego. Jeśli okaże się słuszna, to liczba 10^{12} może nie być przesadzona. Nie znamy łącznej masy meteoroidów. O ilości gazu i pyłu międzyplanetarnego też nie mamy pewnych informacji. Wiatr słoneczny składa się głównie z protonów i elektronów. Jego strumień (w okolicach Ziemi) wynosi ok. 10^8 cząstek·cm^{-2}·s^{-1}. Prędkość wiatru zawiera się w przedziale 250-800 km s^{-1}.

ZADANIE 2. W czerwcu 1978 r. odkryto księżyc Plutona, Charon. Obiega on macierzystą planetę w średniej odległości 19 130 km w czasie 6.39 dni ($6^d9^h17^m$). Jaka jest masa układu Pluton-Charon? W czerwcu 1988 r. wyznaczono promienie obu globów. Wynoszą one 1150 i 596 km. Zakładając zbliżoną gęstość obu globów oszacuj ich masy. Jaka jest średnia gęstość tych globów? Masa układu Ziemia-Księżyc $M_Z + M_K = 6.0485\times10^{24}$ kg.

Rozwiązanie:

$$\left.\begin{aligned} T_{Ch}^2 &= \frac{4\pi^2}{G(M_{Pl}+M_{Ch})}a_{Ch}^3 \\ T_K^2 &= \frac{4\pi^2}{G(M_Z+M_K)}a_K^3 \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_{Pl}+M_{Ch} = \frac{a_{Ch}^3}{a_K^3}\cdot\frac{T_K^2}{T_{Ch}^2}\cdot(M_Z+M_K) =$$

$$= 1.264\times10^{22}\ \text{kg} =$$

$$= 0.002\,M_Z$$

Uwzględniając stosunek objętości mamy:
$M_{Pl} = 1.19\times10^{22}$ kg, $M_{Ch} = 0.17\times10^{22}$ kg, $\rho_{śr} = 1.9$ g/cm^3

Na zakończenie zauważmy, że Słońce skupia 99.87% masy całego Układu. Zaakcentujmy jeszcze dające się zauważyć prawidłowości w budowie Układu:

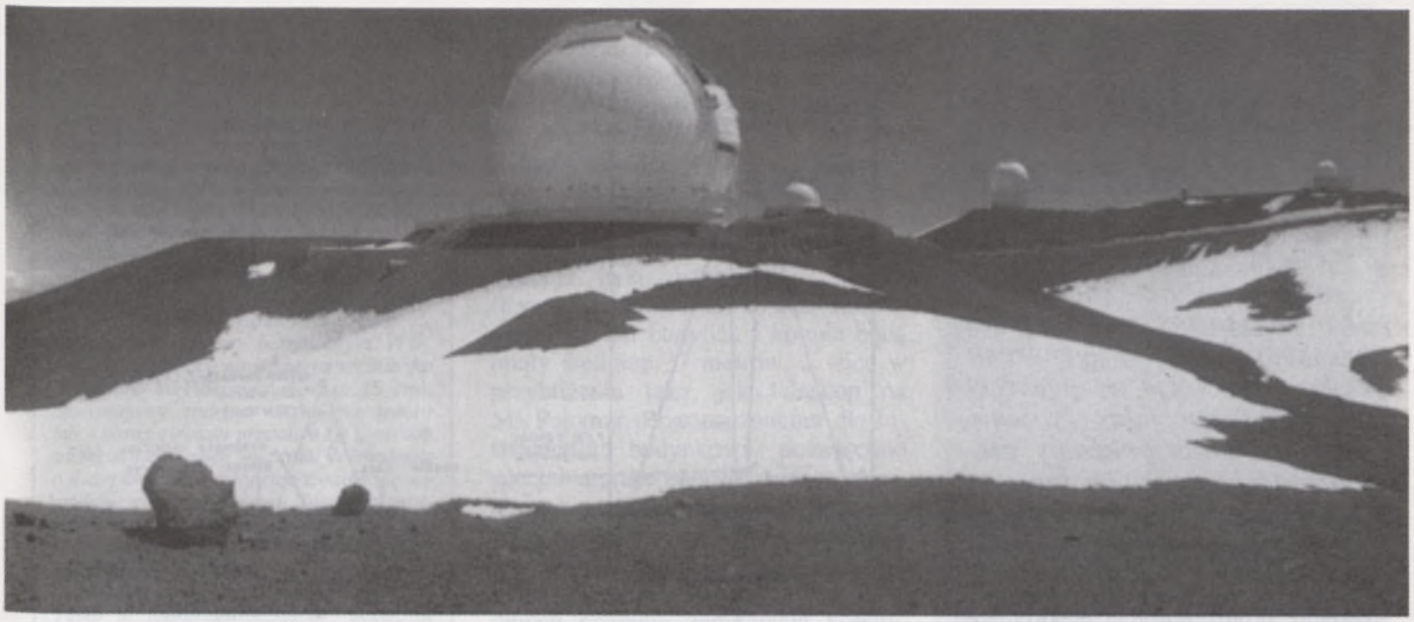
- wszystkie planety obiegają Słońce w tym samym kierunku;
- wszystkie planety poruszają się w przybliżeniu w tej samej płaszczyźnie;
- orbity wszystkich planet są co prawda eliptyczne, ale niewiele różniące się od okręgów;
- większość planet (wyjątki: Wenus i Uran) dokonuje obrotu wokół osi w tym samym kierunku, w jakim obiegają Słońce. Również Słońce obraca się w tym samym kierunku co większość planet.

Planety wyraźnie dzielą się na dwie grupy różniące się w istotny sposób. Przedstawiamy to w tabelce.
Z tego podziału wyłamuje się Pluton, niewielka, peryferyjna planeta, dotychczas bardzo słabo zbadana.

Dodatkowe informacje o planetach warto wpleść w historię misji Marinerów, Vikingów i Voyagerów (patrz artykuł autora w *Fizyce w Szkole*, 3/1991), a także obserwacje kamerą planetarną Teleskopu Kosmicznego Hubble'a (PA 2-4/1991), ilustrując je wspaniałymi zdjęciami (przeźroczami) uzyskanymi dzięki tym misjom. Urozmaiceniem działu powinno być kilka zadań. Dwa przykłady podajemy w ramkach.

PLANETY TYPU ZIEMIA (małe)	PLANETY TYPU JOWISZ (duże)
♦ duża gęstość ($\rho_{śr} = 5.32$ g/cm^3)	♦ mała gęstość ($\rho_{śr} = 1.12$ g/cm^3)
♦ stałe powierzchnie	♦ brak stałej powierzchni, być może posiadają niewielkie żelazno-krzemowe jądra
♦ niewielkie masy rzędu 1 M_Z	♦ duże masy (15 – 300 M_Z)
♦ brak lub 1-2 księżyce	♦ kilkanaście księżyców i pierścienie
♦ powolny ruch wirowy	♦ szybki ruch wirowy
♦ skład: O (45-50%), Si (30%), Al (8%), Fe (5-10%)	♦ skład: H (80%), He (20%)

(gęstość średnią policzono jako średnią ważoną)



Kopuła teleskopu Kecka na szczycie wulkanu Mauna Kea (4150 m npm) na Hawajach. W dalszym planie widoczne kopuły (od lewej do prawej) 3.0-metrowego podczerwonego teleskopu należącego do NASA, 3.6-metrowego kandyjsko-francusko-hawajskiego teleskopu optyczno-podczerwonego, 60-centymetrowego i 2.2-metrowego teleskopów optycznych Uniwersytetu Hawajskiego (zdjęcie *MERCURY* 1/1991).

10-metrowy Teleskop Kecka na Hawajach*)

Sławomir K. Górny

Nadchodzące lata zdają się być okresem, który astronomowie wybrali sobie dla dokonania kolejnego kroku w dziedzinie budowy wielkich, naziemnych teleskopów optycznych. Ponieważ jednak dla klasycznego monolitycznego zwierciadła granicą technologiczną średnicy D wydaje się być 8 metrów, a jednocześnie koszt budowy rośnie jak D^3, dlatego niektórzy postanowili raczej dokonać wielkiego skoku i przekroczyć tę granicę za jednym zamachem, niż się mozolnie (i kosztownie) do niej zbliżać. Taki skok wymagał jednak nowych rozwiązań i nowych technologii, opracowaniu których poświęcono szereg obszernych programów badawczych i specjalnych międzynarodowych konferencji naukowych. Ich efektem było powstanie wielu ambitnych projektów, z których jednak tylko nieliczne uzyskały fundusze potrzebne na realizację.

W artykule tym postaram się przedstawić jeden z ciekawszych projektów, a mianowicie budowany dla Obserwatorium Mauna Kea na Hawajach 10-metrowy, segmentowy Teleskop Kecka, który jest wspólnym przedsięwzięciem Kalifornijskiego Instytutu Technologicznego oraz Uniwersytetu Kalifornijskiego. 70 mln $ potrzebne na jego realizację przekazała Fundacja W. M. Kecka i stąd nazwa teleskopu. Instrument zaprojektowano w systemie Ritchey-Chretiena tzn. z hiperboloidalnym lustrem głównym. Schemat optyczny jest przedstawiony na Rys. 1. Zaplanowano, iż w instrumencie tym dostępne będą ogniska o efektywnej ogniskowej 15-krotnie przewyższającej efektywną średnicę powierzchni zbierającej ($F/15$): Cassegraina, dwa Nasmytha oraz cztery boczne ogniska Cassegraina. Szybki dostęp do nich zapewnią łatwe do wymiany zwierciadła pomocnicze. Specjalne ognisko $F/25$ będzie miało własne sześciokątne lustro wtórne o średnicy ok. 0.5 m i posłuży dla przyrządów pracujących w podczerwieni, które umieszczone ok. 4 m nad zwierciadłem głównym (na przecięciu osi optycznej i poziomej montażu) będą mogły być lepiej izolowane termicznie od otoczenia. Warto podkreślić, że teleskop będzie działał w szerokim zakresie widma: od granicy przepuszczalności atmosfery – 300 nm, aż do 30 μm w podczerwieni (patrz tekst na szarym marginesie na str. 34-37).

Główna nowość zastosowanej konstrukcji polega na tym, że hiperboliczne lustro główne teleskopu składać się będzie z 36 heksagonalnych elementów. Mają one przekątną 1.8 metra, grubość $h = 7.5$ cm i są oddzielone między sobą 3 mm przerwą. Taka konstrukcja sprawi, że zwierciadło główne przyjmie nietypowy, sześciokątny kształt (Rys. 2). Będzie ono miało maksymalną średnicę 10.95 metra, ale efektywna apertura wyniesie 9.82 metra. Każdy z elementów wa-

*) Wiele interesujących informacji na temat omawianego tutaj projektu Czytelnik znajdzie we wspaniale ilustrowanych artykułach Jarosława Włodarczyka we *Wiedzy i Życiu* (7/1991, str. 10) i Corey S. Powell w *Swiecie Nauki* (1/1992, str. 74).

Obserwacje Astronomiczne W podczerwieni

Jednym z zastosowań wielkich teleskopów nowej generacji będą obserwacje w podczerwieni. Na specjalne życzenie Czytelników przybliżamy niektóre problemy związane z tą techniką.

Astronomia podczerwieni obejmuje badania promieniowania elektromagnetycznego źródeł kosmicznych w zakresie od około 0.7μm do około 1000μm (1μm=10^{-6}m). Jest to zakres wielokrotnie szerszy od optycznego (0.4μm – 0.7μm).

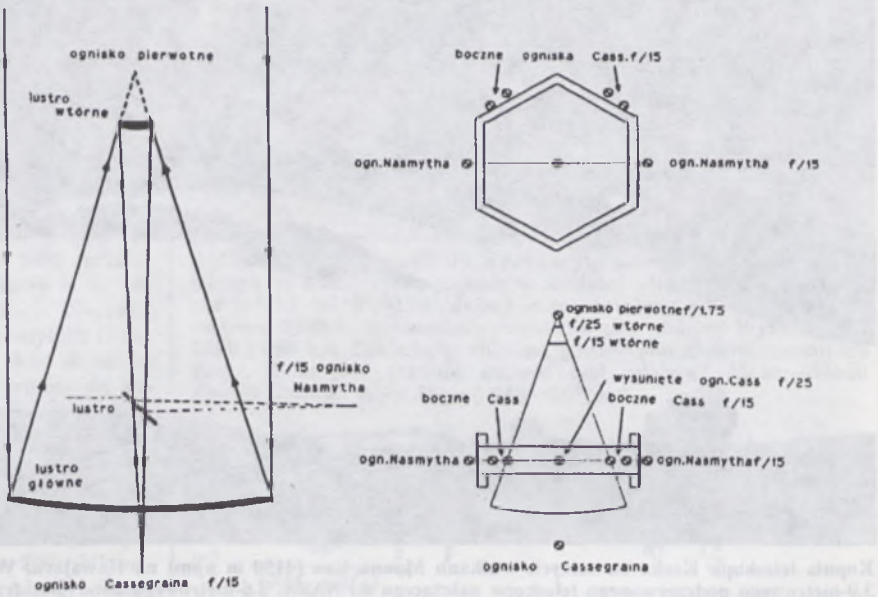
Do głównych źródeł promieniowania podczerwonego zalicza się emisję zimnych obiektów jak np. planety, emisję pyłu, kosmiczne promieniowanie tła, emisję (ciągłą i w liniach) gazu, nietermiczną emisję energetycznych cząstek.

Badania w podczerwieni mają kluczowe znaczenie w wielu dziedzinach astronomii gwiazdowej i pozagalaktycznej. Obejmują one takie problemy jak: natura obiektów Układu Słonecznego, formacja gwiazd i systemów gwiazdowych, warunki fizyczne towarzyszące końcowym stadiom ewolucji gwiazd, skład materii w ośrodku międzygwiazdowym, chemiczna ewolucja galaktyk oraz ewolucja Wszechświata.

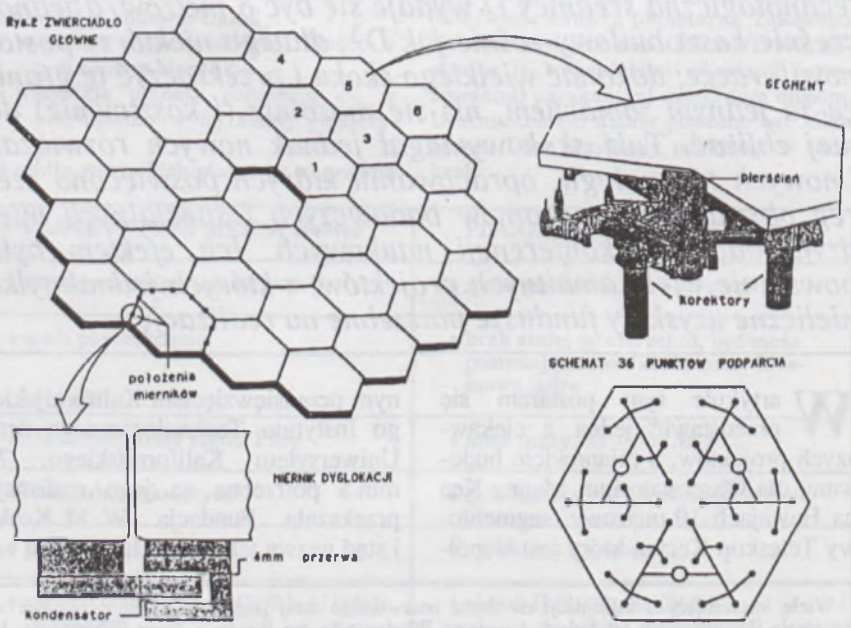
Pierwszej demonstracji istnienia promieniowania podczerwonego dokonał Sir William Herschel w 1800 roku. Światło słoneczne po przejściu przez szklany pryzmat skierował on na zestaw czułych termometrów rozstawionych tak, by różne składowe promieniowania padały na różne termometry. Wskazanie termometru leżącego poza długofalową granicą widma optycznego było maksymalne, co oznaczało istnienie promieniowania podczerwonego w świetle słonecznym.

Chociaż już na początku XX wieku E. Pettit i S. Nicholson dokonali pomiaru emisji podczerwonej Księżyca, głównych planet i najjaśniejszych gwiazd przy pomocy prymitywnych *termostosów*, to za narodziny astronomii pod-

Rys.1 SCHEMAT OPTYCZNY TELESKOPU KECKA



żyć będzie ok. 400 kg, a całe lustro główne 15 ton – mniej więcej tyle co teleskopu 5-metrowego na Mt. Palomar. Wszystkie elementy będą hiperboloidami pozaosiowymi, a dokładny ich kształt określony jest przez odległość od centrum zwierciadła i dlatego, jak zostało zaznaczone na rysunku, potrzebne są elementy tylko sześciu typów. Podstawową zaletą przyjętego rozwiązania jest lekkość tak cienkich zwierciadeł (w klasycznym $D/h = 20$, tu ok. 130), łatwych do wymiany w ciągu jednego dnia i aluminizacji nie wyłączającej teleskopu z jego normalnej nocnej pracy. (Zbuduje się po 6 elementów każdego typu oraz po jednym dodatkowym.) Równocześnie teleskop o takiej budowie będzie dużo tańszy (koszt proporcjonalny do D^2), a jego konstrukcja nośna ważyć będzie tylko 250 ton. Montaż będzie azymutalny i zbudowany w formie kratownicy. Po jego bokach będą się znajdowały dwa tarasy dla ciężkich instrumentów korzystających z ognisk Nasmytha. Lżejsze instrumenty będą mocowane bezpośrednio do konstrukcji. Rozmiary tego typu teleskopów w przyszłości ograniczać będzie jedynie wytrzymałość montażu, a nie jak u obecnych, niemożliwe do skorygowania deformacje nazbyt ciężkiego lustra. Wyeliminowane zostaną także problemy z transportem wielkich elementów w często niedostępne, górzy-



SEEING

Turbulentny ruch atmosfery ziemskiej w istotny sposób pogarsza warunki prowadzenia obserwacji astronomicznych. Wywołuje on dwojakiego rodzaju zaburzenia: fluktuacje kierunku – seeing (z ang. widzialność) oraz fluktuacje jasności obserwowanych obiektów – scyntylację.

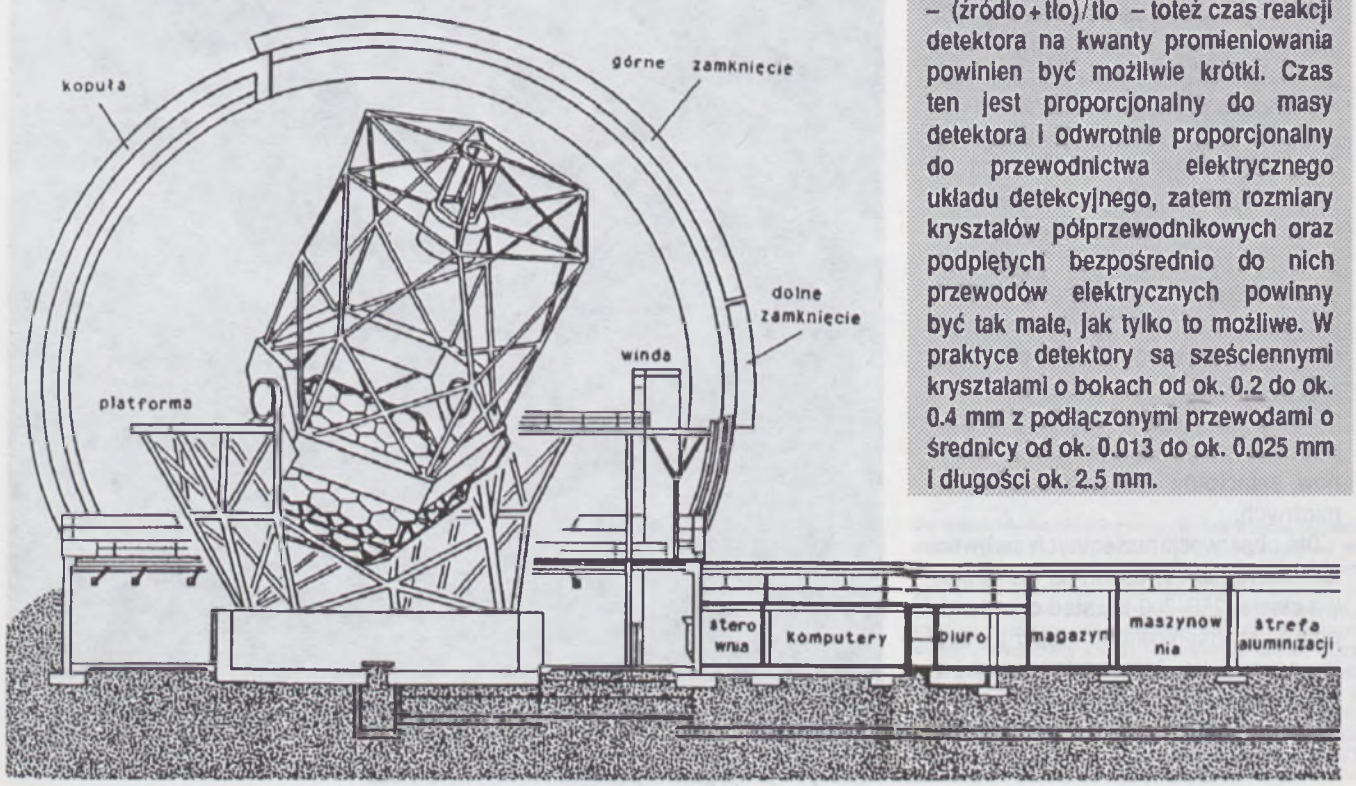
Do powstania seeingu dochodzi, gdy płaski dotąd front fali promieniowania obiektu, po przejściu strefy turbulentnej staje się frontem zaburzonym – pofalowanym. W teleskopie o średnicy mniejszej od rozmiarów elementów turbulencyjnych (np. 15 cm), obserwujemy zmienne nachylenie frontu fali – obraz gwiazdy przesuwa się w sposób nieregularny w polu widzenia. W teleskopie o dużej średnicy odchylenia sumują się powodując rozmycie obrazu. Także wykonując fotografię otrzymamy obrazy rozmyte. Stopień rozmycia waha się w zależności od warunków miejsca obserwacji i aktualnego stanu atmosfery – osiągając nawet 10". Tylko w najkorzystniejszych miejscach (góry Chile, płaskowyże Kaliforni, Wyspy Kanaryjskie, Hawaje) są noce, gdy efekt ten spada poniżej 1".

Scyntylacja jest związana ze zmianą amplitudy fali promieniowania przechodzącego przez wyższe warstwy atmosfery. Powszechnie objawia się ona jako dobrze znane migotanie gwiazd. Oglądając planety nie obserwujemy scyntylacji, gdyż sumują się wówczas efekty pochodzące od różnych fragmentów tarczy planety. Dla większych teleskopów amplituda scyntylacji jest mniejsza.

ste rejony, w których buduje się dzisiaj obserwatoria. Zniknie także ryzyko, że jakaś przypadkowa katastrofa zniszczy bezpowrotnie całe cenne lustro główne. (Podczas szlifowania lustra wtórnego zdarzyło się w rejonie Zatoki Kalifornijskiej trzęsienie ziemi, które na szczęście nie wyrządziło żadnych szkód.)

Aby zminimalizować odkształcające działanie grawitacji, projektanci Teleskopu Kecka starali się, aby jego konstrukcja była maksymalnie zwarta (Rys. 3). Udało im się to znakomicie, dzięki czemu budynek i kopuła będą miały średnicę 37 metrów, a więc w przybliżeniu taką, jak teleskop na Mt. Palomar. Przeznaczonemu dla instrumentu budynkowi poświęcono specjalne prace badawcze idące głównie w kierunku zminimalizowania wywoływanych przez niego turbulencji atmosfery. Oprócz specjalnego opływowego kształtu i składającego się z dwóch członów zamknięcia kopuły, na uwagę zasługują specjalne żaluzje ograniczające do niezbędnego minimum szczelinę wejściową. Posunięto się nawet do tego, że budynki obserwatorium zostaną pokryte warstwą pyłu wulkanicznego, aby ich własności termiczne były takie same jak otaczającego terenu. Wewnątrz budynku, dzięki systemowi dokonującemu pełnej wentylacji pomieszczenia w czasie 5 minut, utrzymywana jest stała temperatura – równa tej na zewnątrz, a podczas dnia odpowiadająca przewidywanej na następną noc. Wybór Ha-

Rys.3 SCHEMAT MONTAŻU I BUDYNKU



czwieni przyjmuje się rok 1960, kiedy Frank J. Low wynalazł niskoszumowy bolometr germanowo-galowy (Ge:Ga).

Promieniowanie podczerwone jest niewidoczne dla oka, toteż techniki używane do badania źródeł podczerwonych są różne od tych, które znalazły zastosowanie w astronomii optycznej. W astronomii podczerwieni jako detektorów używa się najczęściej elementów półprzewodnikowych zmieniających swoje przewodnictwo pod wpływem absorbowanego promieniowania (wewnętrzne zjawisko fotoelektryczne). Do najpopularniejszych detektorów używanych w astronomii podczerwieni, obok szerokopasmowego bolometru germanowo-galowego Ge:Ga należą kryształy: PbS, InSb, Ge:Hg, Si:As, Si:Sb.

W wyniku absorpcji fotonów podczerwonych temperatura detektora rośnie. Dla temperatur bliskich 1 K opór elektryczny kryształu germanowego z domieszką galu jest z grubsza proporcjonalny do temperatury w czwartej potędze, co oznacza dużą czułość tego detektora dla niskich temperatur. Również ze względu na to, że szum termiczny detektora jest proporcjonalny do kwadratowego pierwiastka jego temperatury dla uzyskania większych czułości należy stosować chłodzenie elementów detekcyjnych. Procedura usuwania tła wymaga aby bolometr pracował naprzemiennie – (źródło + tło)/tło – toteż czas reakcji detektora na kwanty promieniowania powinien być możliwie krótki. Czas ten jest proporcjonalny do masy detektora i odwrotnie proporcjonalny do przewodnictwa elektrycznego układu detekcyjnego, zatem rozmiary kryształów półprzewodnikowych oraz podpiętych bezpośrednio do nich przewodów elektrycznych powinny być tak małe, jak tylko to możliwe. W praktyce detektory są sześciennymi kryształami o bokach od ok. 0.2 do ok. 0.4 mm z podłączonymi przewodami o średnicy od ok. 0.013 do ok. 0.025 mm i długości ok. 2.5 mm.

Obecny poziom światowej technologii ciała stałego pozwala już na rozpoczęcie produkcji dwuwymiarowych układów detektorów podczerwonych w systemach 32x32, 64x64 i 128x128 komórek (pikseli) na wzór optycznych CCD.

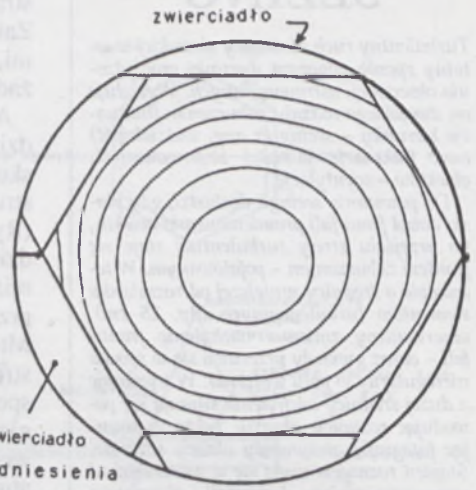
Obok trudności technicznych towarzyszących produkcji bardzo czułych detektorów podczerwonych istotnym problemem jest chłodzenie tych detektorów oraz ich osłanianie od pobliskich, na ogół bardzo silnych, źródeł promieniowania takich jak elementy konstrukcji teleskopu, przedmioty otoczenia czy atmosfera. Chłodzenie detektorów służy obniżaniu poziomu ich własnego promieniowania termicznego. Niską temperaturę rzędu 1–5 K zapewniają w dzisiejszych teleskopach podczerwonych specjalne systemy chłodzenia, pracujące na wzór zwykłej chłodziarki domowej, ale wykorzystujące ciecze o bardzo niskich temperaturach wrzenia – najczęściej ciekły hel, który wrze w temperaturze kilku K.

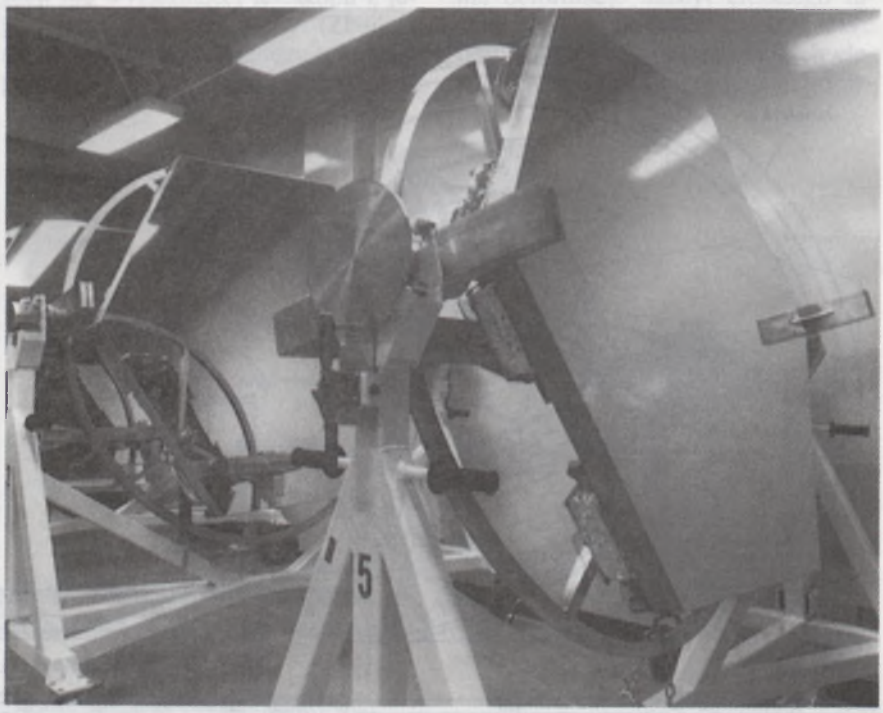
Zwierciadła teleskopów podczerwonych są tymi elementami, które nie nastręczają specjalnych kłopotów gdyż mogą one być identyczne z tymi, które pracują w teleskopach optycznych. Niełatwą natomiast rzeczą jest sytuowanie teleskopów podczerwonych. Tutaj problemów dostarcza atmosfera ziemska, a ściślej zawarte w niej para wodna, dwutlenek węgla, ozon i pył. W zakresie podczerwonym promieniowania elektromagnetycznego istnieje zaledwie kilka okien, w których można prowadzić obserwacje naziemne. Te wąskie okna rozciągają się wokół 1.25, 1.6, 2.3, 3.6, 5.0, 10.5 i 20 μm. Ze względu na zapylenie atmosfery naziemne teleskopy podczerwone powinny być sytuowane wysoko w górach w rejonach o suchym klimacie i małym zapyleniu. W najsuchszych warunkach wysokogórskich otwierają się dodatkowo okna wokół 33, 350 i 1000 μm. Pozostałe obszary widma podczerwonego są dostępne z balonów, samolotów oraz ze statków kosmicznych.

Dla obserwacji naziemnych zarówno atmosfera jak i teleskop są stosunkowo ciepłe (250–300 K), stąd one dominują w promieniowaniu, dając bardzo intensywne tło. Idealizacja warunków obserwacji w podczerwieni idzie w kierunku minimalizacji tego promieniowania tła czyli obniżania temperawajów na miejsce lokalizacji nowego teleskopu też był oczywiście nieprzypadkowy, a podyktowany ich znakomitymi warunkami dla prowadzenia obserwacji astronomicznych: dużą ilością pogodnych dni – ok. 250 w ciągu roku oraz małym *seeingiem* (patrz ramka na str. 35) atmosferycznym – mniejszym niż 1 sek. łuku podczas połowy czasu obserwacyjnego.

Elementy zwierciadła głównego wykonane są ze szkła *zerodurowego* (wsp. rozszerzalności 1×10^{-8}/°C) i mają początkowo formę owalnych menisków o średnicy 1.9 m (Rys. 4). Dla nadania im potrzebnego kształtu zastosowano nową technikę formowania. W pierwszym etapie poddaje się je działaniu starannie wyliczonych sił, przyłożonych do krawędzi, a wywołanych przez obciążniki. Sterowane komputerowo szlifowanie ma ponownie nadać, zdeformowanej nimi powierzchni, sferyczność. Dopiero wówczas uwalnia się przyłożone siły, po czym lustro w procesie relaksacji przyjmuje żądaną formę pozaosiowej hiperboloidy. Następnie blok obcina się do postaci sześciokąta i nawierca w jego tylnej części 55 otworów, do których montuje się system podtrzymujący. Dzięki tym zabiegom usunięte zostają, występujące zwłaszcza na brzegach, napięcia wewnątrz materiału. Jednocześnie działania te wprowadzają pewne dodatkowe zniekształcenia. Ich efekt jest przewidywalny i został częściowo skompensowany już w pierwszej fazie szlifowania. Ostateczny kształt zostaje nadany powierzchni za pomocą miejscowych retuszy. Okazało się jednak, iż są one bardzo pracochłonne i dlatego postanowiono prowadzić je tylko do momentu, w którym zadanie usunięcia błędów wyprofilowania krzywizny każdego segmentu może przejąć zespół 30 resorów listkowych, stanowiących deformującą uprząż, umocowaną do konstrukcji podtrzymującej i będącą jej stałą częścią.

Rys. 4 SCHEMAT SZLIFOWANIA I PRZYCIĘCIA





Pojedynczy, sześciokątny segment zwierciadła teleskopu Kecka, pomimo przekątnej 1.8 m ma grubość zaledwie 75 mm. Możliwość składania dużych powierzchni zbierających z luster o tak niewielkiej grubości otwiera praktycznie nieograniczone możliwości dla budowy wielkich teleskopów nowej generacji (zdjęcie *MERCURY* 1/1991).

Po wyprodukowaniu każdego sześciokątnego fragmentu dokonuje się sprawdzenia poprawności jego działania jako elementu całego zwierciadła. W tym celu jest on montowany do przeznaczonej dla siebie komórki konstrukcji teleskopu, a następnie, przy zastosowaniu specjalnych przyrządów testu autokolimacyjnego, jest badana jakość obrazów źródła punktowego, tworzonych przez ten segment w ognisku teleskopu. Przeprowadzone analizy komputerowe pokazują, że błędy wykonania powierzchni każdego elementu nie powinny przekroczyć 0.1 mikrona.

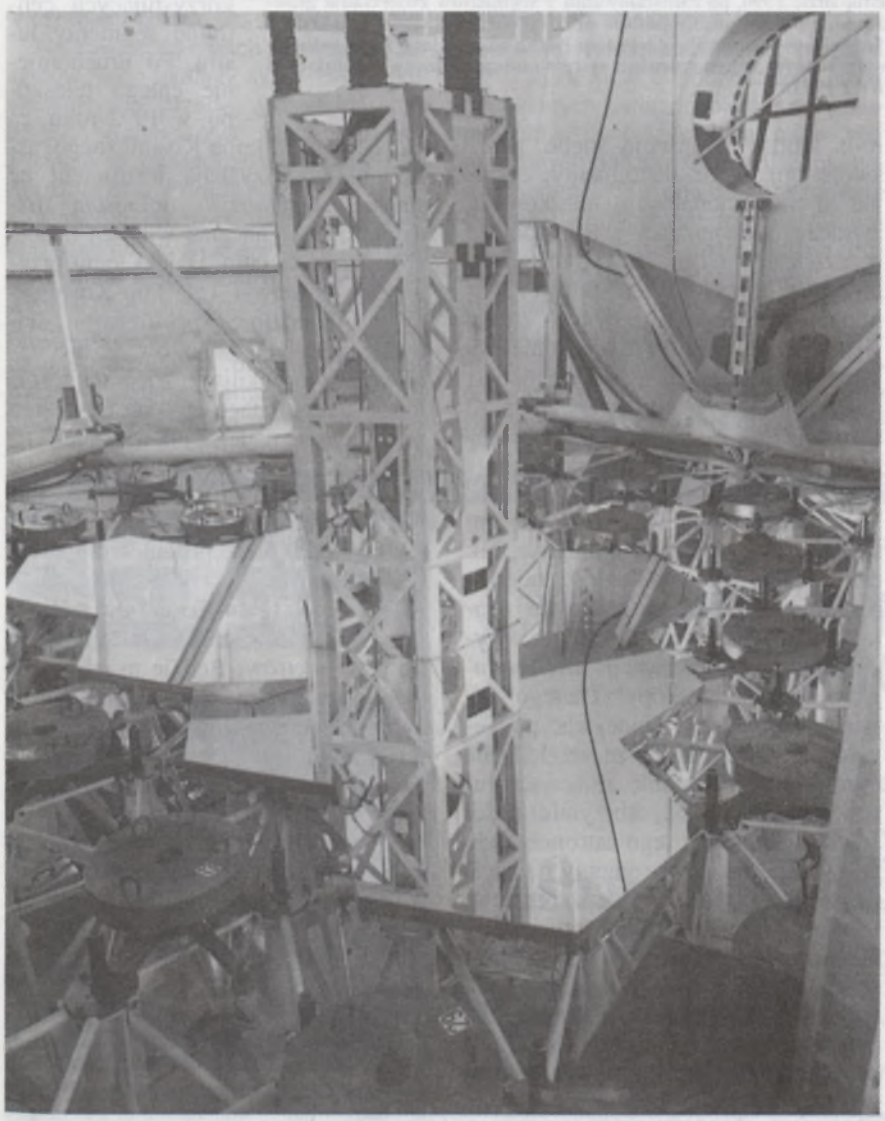
Konstruktorzy założyli, że zdolność rozdzielcza nowego teleskopu ograniczona będzie jedynie warunkami atmosferycznymi oraz dyfrakcją. Ma to zapewnić system pasywnego i aktywnego podtrzymywania elementów zwierciadła, eliminujący różnorodne deformacje. Część pasywna tego systemu ograniczy przesunięcia oraz rotacje. Jego głównym elementem jest pierścień o średnicy 25 cm i grubości 2.5 cm. Będzie on równoległy do płaszczyzny segmentu, a umocowany w jego środku ciężkości (Rys. 2). Dokładność wykonania i jakość użytych materiałów zapewnią, że sam system pasywny będzie utrzymywał teleskop w położeniu zenitalnym nie pozwalając na wywołane grawitacją odchylenia większe niż 10 nm. Stopień zdeformowania kształtu lustra zmienia się wraz ze zmianą położenia teleskopu, dlatego doskonała jakość obrazów nie byłaby możliwa bez systemu aktywnego, który dzięki giętkości centralnego pierścienia, może korygować wzajemne nachylenia segmentów, dokonując przesunięć w kierunku pionowym.

System aktywnego podtrzymywania zwierciadła wymaga dokładnych informacji o położeniu każdego sześciokątnego fragmentu. Dostarczy ich 168 mierników – po dwa na każdym brzegu łączącym sąsiadujące segmenty (Rys. 2). Liczba użytych czujników znacznie przewyższy niezbędną, co umożliwi eliminację przypadkowych błędów w pomiarach oraz rozpoznanie i wyłączenie niesprawnych elementu teleskopu i jego otoczenia oraz w kierunku wzrostu przeźroczystości nieba nad teleskopem. Wiązka fotometryczna musi być tak mała jak tylko to możliwe w swojej rozciągłości kątowej dla zmniejszenia liczby fotonów tła. Atmosfera ponad stanowiskiem teleskopu musi więc mieć wspaniały *seeing* co oznacza, że nie powinna ona zaburzać czytelności obrazu w teleskopie. Teleskopy podczerwone przystosowane do obserwacji w szerokim zakresie widma są obecnie umieszczane na orbicie okołoziemskiej. Dla eliminacji tła instrumentalnego ich optyka może być tam studzona do kilku K. Dostępne obserwacjom jest całe widmo podczerwone, a ze względu na brak problemów z atmosferycznym zaburzeniem jakości obrazu, obserwacji można dokonywać z maksymalną możliwą rozdzielczością, ograniczoną jedynie dyfrakcją na aperturze.

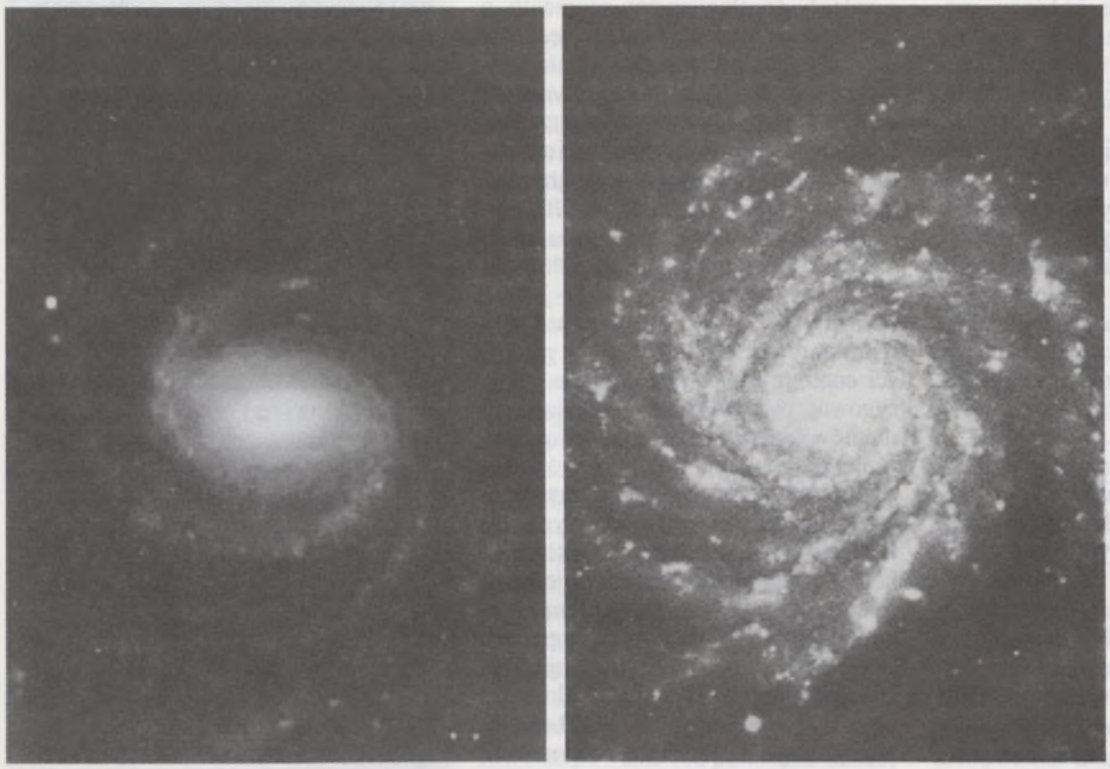
Po udanej misji obserwacyjnej satelitarnego teleskopu podczerwonego IRAS planuje się na najbliższe lata uruchomienie dalszych orbitalnych teleskopów podczerwonych: 60-centymetrowego ISO (ang. *Infrared Astronomy Satellite*), 80-centymetrowego SIRTF (ang. *Space InfraRed Telescope Facility*) i innych.

Podczerwone teleskopy orbitalne, w związku z wymaganiami im stawianymi, należą do najdroższych inwestycji astronomicznych. Czy wobec tego obserwacji w podczerwieni nie można zastąpić innymi, mniej kosztownymi? W wielu przypadkach byłoby to możliwe, ale istnieją dwie zasadnicze przyczyny rozwoju kosztownych i bardzo skomplikowanych obserwacji w tym zakresie widma. Pierwszą z nich jest fakt, że ziarna pyłu kosmicznego emitują intensywnie właściwie tylko w podczerwieni. Drugą przyczyną jest duża przeźroczystość obłoków pyłowych dla promieniowania z tego obszaru widma.

Bogdan Wszołek



Po zainstalowaniu pierwszych dziewięciu segmentów zwierciadła w listopadzie 1990, przystąpiono do testowania systemu elektronicznej kontroli i korekcji położenia luster. (zdjęcie *MERCURY* 1/1991). Nowe możliwości otwiera zastosowanie, odtajnionego ostatnio, systemu naprowadzania na cele w programie *wojen gwiezdnych* (SDI): analizując obraz utworzonej wiązką lasera „sztucznej gwiazdy", można, ruchami optyki, w czasie realnym (!) korygować przypadkowe turbulencje atmosfery (*seeing*). Technika ta, tzw. *optyka adaptacyjna* została opisana we wspomnianym już artykule w *Świecie Nauki* (1/1992, str. 74), a także *w Uranii* (1/1992, str. 16).



„Pierwsze światło" z teleskopu Kecka: uzyskany w listopadzie 1990, po zainstalowaniu 9 segmentów zwierciadła głównego, obraz galaktyki NGC 1232 (po lewej). Dla porównania prezentowany jest (po prawej) obraz tej samej galaktyki z 4-metrowego teleskopu w obserwatorium Kitt Peak. Inżynierowie montujący teleskop Kecka zapewniają, że kiepska jakość uzyskanego nim obrazu jest spowodowana prowizorycznym uruchomieniem systemu adaptacyjnego regulującego położenie luster, obiecując poprawę (zdjęcie *MERCURY* 1/1991).

tów. Program sterujący przelicza wzajemne odległości między segmentami zwierciadła na ich bezwzględne położenia i wysyła do korektorów impulsy kierujące usuwaniem wykrytych dyslokacji. Na heksagon przypadają 3 korektory, dociskające go łącznie w 36 punktach podparcia. Każdy wyposażony jest w precyzyjny tłok, o możliwości sterowania wynoszącej ok. 4nm na jeden krok ruchu, co powinno pozwolić na takie poprawienie wszystkich termicznych i grawitacyjnych deformacji powierzchni, że w 20 minutowym polu widzenia ogniska *F*/15, przy idealnym *seeingu*, teleskop skupiać będzie 80% światła gwiazdy w okręgu o średnicy 0.5 sek. łuku. Cały cykl: pomiar, analiza i korekta położenia segmentów ma trwać 0.5 sekundy.

Nowy, 10-metrowy Teleskop Kecka, o dużej powierzchni zbierającej (prawie $76m^2$ – odpowiednik 4 palomarskich) i wspaniałej zdolności rozdzielczej, zwiększy dotychczasowe możliwości prowadzenia naziemnych obserwacji astronomicznych. Aby je możliwie najpełniej wykorzystać zaprojektowano zespół licznych instrumentów badawczych. Ze względu na ograniczony budżet, który i tak przekroczył zakładany i osiągnał 94 mln $, początkowo zbuduje się tylko niektóre z nich. Miłośnicy astronomii, którzy obserwują niebo przez swoje amatorskie instrumenty, czytając o profesjonalnych teleskopach, zwracają główną uwagę na zdolność rozdzielczą – na to, jak dobre można otrzymać obrazy. W ten sposób zapominają, że jednym z głównych źródeł współczesnej wiedzy astronomicznej jest spektroskopia, w której ważne jest najczęściej, aby możliwie najlepszą rozdzielczość miało widmo. Przy słabych obiektach jest to jednak niemożliwe – zbyt mało gromadzimy światła, by uzyskać długą wstęgę o dobrym stosunku $\lambda/d\lambda$ (gdzie λ – długość fali; $d\lambda$ – najmniejsza odległość między dwiema rozróżnialnymi jeszcze strukturami). Można temu zaradzić wydłużając czas obserwacji, albo budując większe teleskopy. Dlatego tak wiele można sobie obiecywać po Teleskopie Kecka, który ze względu na ogromną powierzchnię zbierającą lustra, może skupiać olbrzymie ilości światła. Świadomi tego astronomowie na pytanie: jakie instrumenty najchętniej widzieliby na wyposażeniu tego teleskopu, w większości odpowiedzieli, że spektrografy o różnych zdolnościach rozdzielczych. Dzięki temu dla najjaśniejszych obiektów uzyska się bardzo szczegółowe widma, a dla słabszych widma będą co prawda gorszej jakości, ale za to będzie ich można uzyskać bardzo dużo. Jako pierwsze rozpoczną pracę spektrografy ze zdolnością rozdzielczą $\lambda/d\lambda$ widma: 10000 i 100000, wraz z systemem tworzenia obrazów na płytkach CCD, pokrywającym obszar 6×8 min. łuku z rozdzielczością 0.15 sek. Powstaną także dwie kamery przeznaczone do badań w podczerwieni w zakresach: 1 ÷ 5 i 8 ÷ 20 mikronów, z rozdzielczością kątową odpowiednio: 0.15 oraz 0.08 do 0.32 sek.łuku.

Pierwsze obrazy z Teleskopu Kecka otrzymane zostały podczas próbnych obserwacji wykorzystujących centralne segmenty lustra. Po uruchomieniu całego teleskopu, w 1992 roku, za $1/16$ ceny Teleskopu Kosmicznego, astronomowie uzyskają instrument ze słabszą wprawdzie zdolnością rozdzielczą, ale znacznie większą ilością zbieranego światła. Dzięki temu przewyższy on nawet Teleskop Kosmiczny w dziedzinie spektroskopii słabych, odległych obiektów. Z niecierpliwością oczekujmy więc na informacje o rezultatach jego obserwacji, a powinny one nadejść już wkrótce.

Chociaż teleskop Kecka nie został jeszcze w pełni uruchomiony, to pierwsze rezultaty jego pracy okazały się tak obiecujące, iż postanowiono wybudować drugi tego typu obiekt. Bliźniaczy Keck II ma zostać umieszczony w budynku odległym od pierwszego o 85 metrów. Będzie mógł pracować samodzielnie oraz wspólnie ze swoim starszym bratem, tworząc interferometr optyczny. Instrumenty w tej konfiguracji będą pozwalały na uzyskanie rozdzielczości równej 0.01 sek. łuku, przy zdolności skupiania światła odpowiadającej pojedynczemu reflektorowi o średnicy 14.1 metrów. Uzyskanie „pierwszego światła" z Kecka II planuje się na rok 1996.

Sławek Górny kończy studia i pracuje, jako astronom, w Instytucie Astronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu.

RECENZJE

postępów astronomii

Przegląd czasopism

WEJŚCIE W LUKĘ?

Ostatnimi czasy do grona czasopism poświęconych dziewiątej muzie dołączyło *Vademecum miłośnika astronomii*, wydawane przez Prywatne Wydawnictwo Naukowe (PWN!?) *Vega*. Jak możemy przeczytać w słowie wstępnym: „Tematyka *Vademecum* obejmuje głównie zagadnienia natury praktycznej, które mają mobilizować czytelników do prowadzenia własnych obserwacji astronomicznych".

Vademecum miłośnika astronomii jest (nominalnie?) dwumiesięcznikiem przypominającym w swej formie oraz cenie PTMA-owską *Uranię* przed wprowadzeniem koloru.

Na zawartość dwóch pierwszych zeszytów, jakie ukazały się w 1991 roku, składają się przede wszystkim stałe działy: *Kalendarzyk astronomiczny*, *Poznajemy gwiazdozbiory*, *Kącik konstruktora* oraz *Porady różne*.

Mankamentem doskwierającym pierwszemu z wymienionych działów wydają się mapki pokazujące wybrane wycinki nieba z zaznaczonymi pozycjami planet, aktualne tylko na określoną datę i godzinę. A przecież w ciągu dwóch miesięcy Wenus lub Mars potrafią przewędrować przez niejeden gwiazdozbiór! W tym samym dziale znajdujemy zachętę do oglądania księżyców Jowisza, niestety, bez żadnej pomocy w ich identyfikacji. Kryje się tam też parę merytorycznych niedociągnięć. Ot choćby takie: „Szczególnie interesujące są obserwacje czterech najjaśniejszych księżyców Jowisza (...) ale czasem jednego lub dwóch z nich brakuje, gdyż są akurat skryte za tarczą Jowisza". Ciekawe, co zrobi młody następca Galileusza, gdy spostrzeże brak aż trzech księżyców?!

Poznajemy gwiazdozbiory to prezentacja najciekawszych obiektów do amatorskich obserwacji (oglądania) w wybranych konstelacjach. Tu, aż prosi się o kilka słów o pochodzeniu nazw omawianych gwiazdozbiorów oraz tłumaczenia obcojęzycznych nazw wymienionych obiektów. Ograniczenie się w obserwacjach nieba do postrzegania jedynie ciał fizycznych, to zaledwie połowa przyjemności jakiej można doznać w obcowaniu z rozgwieżdżonym nieboskłonem.

Kącik konstruktora zawiera opis wykonania prostej lunety. Pomysł adaptacji lornetki do dużych powiększeń, może być bardzo przydatny dla młodzieży i o wiele bardziej godny polecenia niż budowa lunety ze szkieł okularowych.

Kolejny dział, *Porady różne*, poświęcony jest problemom fotografowania nieba przy pomocy jak najprostszych środków (okładkę pierwszego numeru zdobi niezłe zdjęcie Księżyca wykonane (sic!) przy pomocy aparatu Smiena 8M w połączeniu z lunetką o średnicy 65 mm). Kto wie, czy ten właśnie dział nie stanowi, jak na razie, najcenniejszej części *Vademecum*. Pozostała jego zawartość nie wydaje się wnosić czegoś nowego, ani pojęciowo, ani metodologicznie, do tego co można już od dawna znaleźć na naszym rynku, czy to w miesięczniku *Urania*, czy książkach, *Niebo na dłoni* Pitticha i Kalmancoka, *Obserwujemy nasze niebo* Brzostkiewicza itp. Jednakże, ponieważ pismo jest wyraźnie adresowane do młodzieży, może nawet dzieci, do „niedzielnych" *podglądaczy* nieba, wydaje się wypełniać lukę jaką pozostawiła *Urania* i ... *Postępy Astronomii*. Bez poprawy graficznej formy pisma i otwarcia na szersze grono autorów, przy jednoczesnym zachowaniu promocyjnej ceny, trudno ocenić szanse wydawnictwa *Vega* na sukces. (J.D.)

REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA

Czasopismo

VADEMECUM MIŁOŚNIKA ASTRONOMII

(cena 7800 zł za egz.)

oraz

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY NA 1992 ROK

(cena 5800 zł za egz.)

zakupisz, przesyłając zamówienie na adres: PWN „VEGA", 95-035 Ozorków, skr. poczt. 63, lub dokonując wpłat na konto PKO O/Zgierz nr 47627-65692-136

REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA

Przed 500 laty (1491 r.) przybył do Krakowa osiemnastoletni Mikołaj Kopernik z Torunia. Podczas 4 lat studiów w Jagiellońskiej Wszechnicy zrodziła się tu jego myśl – trudno ustalić jak dalece sprecyzowana – o heliocentrycznej budowie układu planetarnego.

Teoria ta – ostatecznie dopracowana przez Kopernika w jego dziele „*O Obrotach*" – opiera się na dwóch założeniach:

- w ciągu doby Ziemia dokonuje obrotu wokół swej osi;
- w ciągu roku Ziemia wykonuje obieg dookoła Słońca.

Potwierdzenie tych śmiałych tez przez wyniki obserwacji astronomicznych i eksperymentów fizycznych, uzyskano bardzo późno. W 1728 r. J. Bradley odkrył aberrację światła, spowodowaną ruchem obiegowym Ziemi wokół Słońca; paralaksę gwiazd zmierzono w 1838 r.; zaś ruch obrotowy Ziemi wokół osi stwierdził – dopiero przeszło 300 lat po śmierci Kopernika, w 1851 r. – fizyk francuski J.B.L. Foucault w słynnym doświadczeniu z wahadłem.

Wahadło swobodnie zawieszone, uruchomione w dowolnym kierunku, powinno stale zachowywać płaszczyznę wahań. Uruchomione np. na biegunie Ziemi, w płaszczyźnie skierowanej ku wybranej dowolnie gwieździe, będzie stale utrzymywało ten sam kierunek wahań. Obserwator z zewnątrz widziałby Ziemię wykonującą pełny obrót jak gdyby „pod" wahadłem, dookoła swej osi raz w ciągu doby gwiazdowej. Obserwator stojący na powierzchni planety, obok wahadła, nie odczuwa wirowania Ziemi; odnosi wrażenie, że to wahadło dokonuje obrotu o 360° w ciągu doby. Wahadło uruchomione na równiku ziemskim utrzymuje ten sam kierunek wahań.

Ogólnie, w dowolnej szerokości geograficznej ϕ kąt δ odchylenia płaszczyzny wahań od płaszczyzny pierwszego wahnięcia, będzie narastał w miarę obrotu Ziemi z prędkością:

WAHADŁO FOUCAULTA W KRAKOWIE

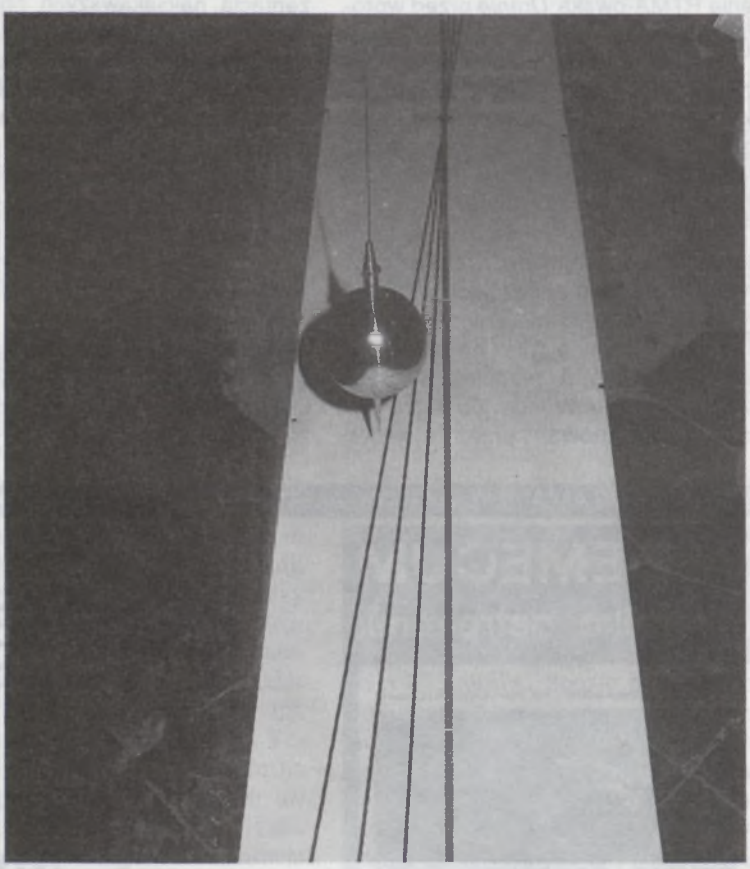
$\dot{\delta} = 15° \sin \phi$ / 1 godzinę gwiazdową
(godzina gwiazdowa jest około 10 sekund krótsza od godziny słonecznej).

J.B.L. Foucault wykonał swe doświadczenie 8 stycznia 1851 r., najpierw w piwnicy, z wahadłem o długości 4 m, potem – już z jedenastometrowym – w sali południkowej Obserwatorium Astronomicznego w Paryżu; wreszcie wielki pokaz tego eksperymentu odbył się w paryskim Panteonie z wahadłem o długości 67 m.

W Krakowie, w czerwcu 1949 r., Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii przeprowadziło taki eksperyment w Kościele Św. Św. Piotra i Pawła. Wahadło, zawieszone w „latarni" u góry kopuły, miało 46.5 m długości; okres wahań T = 13.68 s. Uruchomione w osi kościoła, w kierunku: *drzwi – ołtarz*, odchylało się po jednym okresie (po 2 wahnięciach) o kąt 2'37".3 zaś po 10 minutach o dobrze już widoczny kąt 1°55'. Po 30 minutach – kiedy kąt odchylenia osiągał już wartość 5°46' – wyraźnie było widoczne inne zjawisko: w miarę gaśnięcia amplitudy wahań następowała powolna zmiana kształtu rozety kreślonej przez wahadło pod działaniem siły Coriolisa, objawiająca się jej owalizacją.

W roku 1991, w pięćsetną rocznicę przybycia Mikołaja Kopernika na studia w Krakowskiej Wszechnicy i w 140 rocznicę doświadczenia Foucaulta, postanowiono znów powtórzyć ten bezpośredni, znakomity dowód na jedno z podstawowych twierdzeń Mikołaja Kopernika, że Ziemia wiruje wokół swej osi.

Adam Michalec i Maciej Mazur



Wahadło o masie około 16 kg, na drucie o grubości 1.7 mm, zawieszone jest na przegubie kulowym, wyłożonym teflonem. Wahadło ufundowało i wykonało Przedsiębiorstwo Zmechanizowanych Robót Inżynieryjnych z Krakowa. W dniu 6 czerwca 1991 J. Kurylewicz i A. Michalec dokonali pomiarów kopuły (latarni) w Kościele Św. Św. Piotra i Pawła. Maksymalna długość, od gzymsu do posadzki, wynosi 46.95 m. 12 czerwca nastąpiło wciągnięcie belki (8×12×326 cm) i wyżej wymienieni (na dole towarzyszyli: T. Trzmiel, M. Mazur i J. Mietelski) zainstalowali wahadło, po czym dokonano próbnych wahnięć. Oficjalne uruchomienie odbyło się w dniu 19 czerwca o godz. 13. Łącznie, w ramach programu Krakowskiego Komitetu Obchodów 500-nej Rocznicy Podjęcia Studiów przez Mikołaja Kopernika w Krakowie, w dniach 19–21 czerwca 1991 odbyło się 7 pokazów. Ponownie wahadło wypowiedziało swoje nieśmiertelne „a jednak się kręci" grupie wyjątkowych w tej dziedzinie niedowiarków – uczestnikom XXV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, we wrześniu 1991 r. (patrz PA 4/91, str.188).

Komitet Badań Naukowych zaprasza astronomów do składania wniosków grantowych. Najbliższy termin upływa 30 lipca 1992 r.

Komitet Badań Naukowych (KBN) zakończył pierwszy konkurs wniosków o sfinansowanie projektów badawczych (grantów). Ta forma finansowania badań naukowych, szeroko stosowana na Zachodzie, jest w naszym kraju nowością. Uzyskała ona jednak bardzo wysoki priorytet w KBN i dzięki temu, mimo ostatnich drastycznych cięć w wydatkach budżetu państwa na naukę, granty ocalały.

Zgodnie z obecnymi zasadami, wnioski grantowe mogą składać pojedyncze osoby lub zespoły badawcze. W imieniu zespołu występuje zawsze jego kierownik, który następnie podpisuje ewentualną umowę i ponosi jednoosobowo odpowiedzialność wobec KBN za realizację grantu. Wniosek może złożyć każdy, kto ma pomysł ciekawych badań (w tym przypadku astronomicznych), niezależnie od wykonywanego zawodu i miejsca zatrudnienia. Miejscem realizacji grantu jest najczęściej jednostka, w której zatrudniony jest jego kierownik. Może nim być jednak także inna jednostka, która np. zapewni lepsze warunki realizacji grantu, a nawet pomieszczenie prywatne. W kosztorysie grantu, jego kierownik może planować wydatki na zatrudnienie osób niezbędnych do realizacji grantu, współpracę z astronomami zagranicznymi, zakup aparatury, wydawnictwa etc. Okres realizacji projektu nie powinien przekraczać trzech lat. Wszystkie złożone wnioski uczestniczą następnie w konkursie, w wyniku którego najlepsze wnioski kierowane są do realizacji. Każdy wniosek uczestniczący w konkursie kierowany jest przez przewodniczącego Sekcji Astronomii KBN (obecnie niżej podpisany) do trzech niezależnych recenzentów. Oceniając wniosek recenzent bierze pod uwagę przede wszystkim jego wartość merytoryczną (doniosłość, nowatorstwo) oraz szanse jego pomyślnej realizacji (a więc przede wszystkim dorobek naukowy kierownika grantu i jego pozycję w nauce światowej). Każdy recenzent ocenia wniosek w skali od 1 do 5, a także opiniuje kosztorys grantu. Następnie wniosek oceniany jest przez Sekcję Astronomii, powołaną przez Zespół P-3 KBN (Nauk Matematycznych, Fizycznych i Chemicznych). Obecnie, w skład Sekcji wchodzi ośmiu astronomów (M. Demiański, A. Drożyner, A. Kus, J. Smak, K. Stępień, J. Sylwester, M. Urbanik, J. Ziółkowski). Członkowie Sekcji zapoznają się z wnioskiem, jego recenzjami (anonimowymi) i po przeprowadzeniu dyskusji, oceniają (w tajnym głosowaniu) wniosek w skali od 1 do 5. Średnia ocena wynikająca z ocen recenzentów oraz ocen członków Sekcji decyduje o pozycji wniosku na liście rankingowej Sekcji. Osobno Sekcja dyskutuje kosztorys wniosku i formułuje propozycję dotyczącą niezbędnych środków finansowych. Lista rankingowa oraz propozycje dotyczące finansowania przekazywane są następnie Zespołowi P-3. Zespół, w skład którego wchodzi siedem osób wybranych przez środowisko naukowe (obecnie: 2 chemików, 2 fizyków, 2 matematyków i 1 astronom*), podejmuje ostateczne decyzje dotyczące ilości wniosków kierowanych do realizacji (górna część listy rankingowej) oraz ich finansowania. Warto zaznaczyć, że w procesie selekcji konkursowej KBN osobno rozważa wnioski początkujących badaczy (w wieku do lat 30). Badacze tacy nie muszą legitymować się znaczącym dorobkiem naukowym. Ich szanse (o ile mają ciekawy pomysł) są, mimo to, duże. Na zakończenie podajemy listę projektów badawczych z dziedziny astronomii, które zostały zakwalifikowane do finansowania w ramach pierwszego konkursu. Warto zaznaczyć, że wskaźnik sukcesu (stosunek ilości wniosków zakwalifikowanych i złożonych) był wyjątkowo wysoki i wynosił ponad 70%. Wniosek jest jasny: warto starać się o granty.

Janusz Ziółkowski

Od Redakcji: Lista 28 tematów badań, które zawiera tabela obok, stanowi plon pierwszego konkursu na granty w KBN. Z powodu silnego oporu wobec publikowania listy w oryginalnej, rankingowej kolejności KBN, przekazujemy ją w kolejności alfabetycznej nazwisk ich kierowników. Zamierzamy drukować również wyniki kolejnych konkursów, albowiem wydaje się to najbardziej obiektywnym i aktualnym przeglądem tematyki badań astronomicznych prowadzonych w kraju, który może zainteresować wszystkich Czytelników. Tematykę związaną z najciekawszymi, naszym zdaniem, projektami będziemy starali się przybliżać w artykułach. Jeden z nich został już przedstawiony (M. Kubiak, PA 4/1991, str. 148), a pośrednio i kilka innych (J. Mikołajewska, PA 2/1991, str. 81; B. Czerny, PA 3/1991, str. 99; J. Krełowski, PA 1/1992, str. 29). Wymienione w tabeli liczby obejmują: ilość miesięcy realizacji projektu, sumę pieniędzy przyznanych w roku 1991 i całkowity przewidziany koszt finansowania badań (mamy nadzieję, że nie ulegnie cięciom budżetowym). Należy pamiętać, że projekty obejmują w niektórych przypadkach kilka, kilkanaście osób w różnych instytucjach, w innych tylko kierownika grantu. Niemniej jednak prezentowana lista może być źródłem wielu ciekawych spostrzeżeń, z których odnotujmy na razie praktycznie identyczną (9-10) ilość profesorów, docentów oraz doktorów (w tym jeden magister) jako kierowników projektów. Pięcioma projektami kierują kobiety, co stanowi niewątpliwie większy procent niż np. posłanek w Sejmie. Tu się liczył tylko pomysł!

* autor tekstu (przyp. red)

GRANTY

Kierownik projektu – *miejsce pracy kierownika* – tytuł projektu	czas (mies.)	1991 mln. zł	cały mln. zł
dr Jacek Chołoniewski – *Obserwatorium Astronomiczne UW* – Uruchomienie komputerowego systemu przetwarzania danych astronomicznych MIDAS	12	40	101
doc. dr hab. Henryk Cugier – *Instytut Astronomii UWr* – Astronomia w ultrafiolecie	36	87	455
doc. dr hab. Bożena Czerny – *CAMK Warszawa* – Anizotropia rozkładu pyłu w aktywnych jądrach galaktyk	12	28	70
doc. dr hab. Bożena Czerny – *CAMK Warszawa* – Linia żelaza jako test mechanizmu akrecji w aktywnych jądrach galaktyk	12	68	169
prof. dr hab. Wojciech Dziembowski – *CAMK Warszawa* – Wielomodalne oscylacje gwiazd	36	180	840
doc. dr hab. Janusz Gil – *Instytut Fizyki WSP Zielona Góra* – Badanie własności spektralnych i polaryzacyjnych promieniowania pulsarów	36	56	420
prof. dr hab. Bolesław Grabowski – *WSP Opole* – Efekty ciśnieniowego poszerzenia linii spektralnych w plazmie i gazach oraz wykorzystanie tych efektów w diagnostyce	36	56	420
prof. dr hab. Paweł Haensel – *CAMK Warszawa* – Struktura i ewolucja gwiazd neutronowych	36	150	630
doc. dr hab. Jan Hanasz – *CAMK Toruń* – Pomiary zorzowego promieniowania kilometrowego Ziemi z pokładu satelity	36	250	978
prof. dr hab. Jerzy Jakimiec – *Instytut Astronomiczny UWr* – Analiza obserwacji z „Solar Maximum Mission – modele rozbłysków słonecznych	12	48	120
dr Roman Juszkiewicz – *CAMK Warszawa* – Wielkoskalowa struktura Wszechświata: teoria, obserwacje, fenomenologia	36	168	1260
dr Janusz Kałużny – *Obserwatorium Astronomiczne UW* – Fotometria gromad gwiazdowych	24	37	186
doc. dr hab. Zbigniew Kłos – *CBK Warszawa* – Obłok (eksperyment satelitarny ze sztucznie wytworzonym obłokiem – przyp. red)	18	205	543
doc. dr hab. Andrzej Krasiński – *CAMK Warszawa* – Modele Wszechświata w teorii Einsteina	24	5	55
prof. dr hab. Jacek Krełowski – *Instytut Astronomii UMK* – Relacja stosunków natężeń linii rozmytych i prawa ekstynkcji międzygwiazdowej	12	28	70
prof. dr hab. Jacek Krełowski – *Instytut Astronomii UMK* – Związek linii molekularnych zrozmytymi liniami międzygwiazdowymi	36	17	126
mgr Jerzy Krzesiński – *WSP Kraków* – Obserwacyjny test modeli struktury wewnętrznej w układach podwójnych	12	8	20
prof. dr hab. Marcin Kubiak – *Obserwatorium Astronomiczne UW* – Obserwacje mikrosoczewkowania grawitacyjnego	36	1200	7800
dr Maria Kurpińska-Winiarska – *Obserwatorium Astronomiczne UJ* – Komputeryzacja krakowskiej kartoteki minimów gwiazd zaćmieniowych	12	8	20
dr Joanna Mikołajewska – *Instytut Astronomii UMK* – Struktura fizyczna wybranych gwiazd symbiotycznych i pokrewnych układów podwójnych	30	84	525
doc. dr hab. Michał Różyczka – *Obserwatorium Astronomiczne UW* – Numeryczne symulacje procesów astrofizycznych	36	84	648
prof. dr hab. Józef Smak – *CAMK Warszawa* – Dyski akrecyjne w układach kataklizmicznych	36	28	210
doc. dr hab. Jan Smoliński – *CAMK Toruń* – Badania spektroskopowe i radiowe nadolbrzymów	30	56	350
prof. dr hab. Kazimierz Stępień – *Obserwatorium Astronomiczne UW* – Zjawiska magnetyczne w gwiazdach	36	72	543
dr Andrzej Strobel – *Instytut Astronomii UMK* – Wyznaczanie położenia przestrzennego i wieku odległych gromad otwartych	24	28	140
doc. dr hab. M. Urbanik – *Obserwatorium Astronomiczne UJ* – Modele pól magnetycznych i promieni kosmicznych w galaktykach spiralnych	12	107	262
dr Edwin Wnuk – *Uniwersytet A. Mickiewicza Poznań* – Dynamika naturalnych i sztucznych satelitów planet	24	34	116
dr Iwona Wytrzyszczak – *Uniwersytet A. Mickiewicza Poznań* – Dynamika Księżyca	36	16	122

Nagroda Heinemana dla

Bohdana Paczyńskiego

The Heineman Prize for Astrophysics za 1992 rok została przyznana profesorowi Bohdanowi Paczyńskiemu. Nagroda Heinemana jest jedną z najbardziej prestiżowych nagród przyznawanych przez Amerykańskie Towarzystwo Astronomiczne i Amerykański Instytut Fizyki. Nagrodę ufundowano w 1979 roku. Jest przyznawana corocznie „za wybitne osiągnięcia w dziedzinie astrofizyki". Bohdan Paczyński jest obecnie profesorem na Wydziale Nauk Astrofizycznych Uniwersytetu w Princeton (USA). Do 1981 roku Profesor Paczyński przez wiele lat był związany z Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN (wcześniej Zakład Astronomii PAN) w Warszawie.

SYLWETKI postępów astronomii

Bohdan Paczyński

Bohdan Paczyński jest jednym z czołowych astronomów naszych czasów. Jego działalność naukową charakteryzuje wielka wszechstronność zainteresowań. W swych badaniach zajmował się rozmaitymi, zupełnie odmiennymi obiektami astronomicznymi i stosował różne metody badawcze. Paczyński wywarł istotny wpływ na rozwój wielu działów astrofizyki. Jest bardzo produktywnym naukowcem. Opublikował około 170 oryginalnych prac naukowych. Jest on także niezwykle inspirującym wykładowcą i opiekunem naukowym. Współpraca z nim odegrała znaczącą rolę w karierach wielu naukowców, dzisiaj szeroko znanych.

Osiągnięcia prof. Paczyńskiego spotkały się z już z wieloma wyrazami uznania ze strony międzynarodowej społeczności naukowej. Był zapraszany przez czołowe amerykańskie i europejskie uniwersytety. Wygłaszał prestiżowe wykłady. W 1982 roku otrzymał nagrodę Fundacji Jurzykowskiego. Jako pierwszy z Polaków został w 1984 roku wybrany na członka zagranicznego Narodowej Akademii Nauk Stanów Zjednoczonych. W 1987 roku Królewskie Towarzystwo Astronomiczne w Londynie przyznało mu Medal Eddingtona. To tylko ważniejsze przykłady.

Bohdan Paczyński urodził się w Wilnie w 1940 roku. Astronomią zainteresował się bardzo wcześnie. W rozwoju tych zainteresowań istotną rolę odegrał prof. Włodzimierz Zonn. Jako uczeń liceum, Paczyński wiele czasu spędzał w Obserwatorium Astronomicznym w Ostrowiku, gdzie obserwował gwiazdy zaćmieniowe metodą Argelandera. Obserwacje te, stały się podstawą jego pierwszej pracy opublikowanej w *Acta Astronomica* w 1958 roku.

Obserwacje gwiazd zmiennych kontynuował jako pracownik Zakładu Astronomii PAN w obserwatoriach zagranicznych. Rozprawę doktorską jednak napisał ze statystyki materii międzygwiazdowej. Była w niej elegancka teoria i wyniki obliczeń rachunkowych metodą Monte Carlo, przeprowadzonych na lampowym komputerze. Komputer stał się odtąd jego głównym narzędziem pracy i, jak się wydaje, przedmiotem trwającej do dziś fascynacji. O jego nieprzeciętnych zdolnościach matematycznych świadczy to, że w 1957 roku zajął drugą lokatę na Olimpiadzie Matematycznej. W pracy badawczej matematykę stosuje jednak oszczędnie, zawsze jako środek, a nie cel sam w sobie.

Miał 24 lata, gdy uzyskał doktorat. Jego promotorem był prof. Stefan Piotrowski. Pracując w dalszym ciągu w Zakładzie Astronomii, przemienionym w 1975 roku w Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika, Paczyński awansował bardzo szybko. Habilitował się w wieku 27 lat, profesurę uzyskał po kolejnych siedmiu latach, a mając 37 lat został członkiem PAN. W 1982 roku został profesorem w Princeton.

Światowe uznanie przyniosły mu prace poświęcone teorii ewolucji gwiazd należących do ciasnych układów podwójnych. Zrozumienie mechanizmu ewolucji tych obiektów należy do najważniejszych osiągnięć astrofizyki lat sześćdziesiątych. Paczyński był wśród pionierów stosujących numeryczne metody modelowania ewolucji gwiazd do badania skutków utraty materii przez jeden ze składników. W ten sposób udało mu się wyjaśnić pochodzenie układów typu Algola oraz układów, w których jeden ze składników jest gwiazdą typu Wolfa-Rayeta.

Bohdan Paczyński pierwszy zwrócił uwagę na to, że pochodzenie układów kataklizmicznych można najprościej wyjaśnić uwzględniając emisję fal grawitacyjnych. W tym czasie samo istnienie fal grawitacyjnych było przedmiotem kontrowersji. Hipoteza Paczyńskiego umożliwiała empiryczne rozstrzygnięcie tego problemu, w sposób wprawdzie pośredni, lecz niezwykle oryginalny. Znacznie później, w pracach z 1981 i 1983 r., powrócił do tego problemu, kiedy wykazał, że utrata momentu pędu związana z emisją fal grawitacyjnych, wyjaśnia istnienie ograniczenia od dołu okresów układów tego typu.

Kilka jego wyników z lat siedemdziesiątych wywarło doniosły wpływ na badania podwójnych układów gwiazdowych. Wymienić tu trzeba teorię wymiany masy w układach, w których składnik tracący

Laureaci Nagrody Heinemana

1980 *J.H. Taylor, Jr.*
1981 *R. Giacconi*
1982 *P.J.E. Peebles*
1983 *I. Shapiro*
1984 *M. Rees*
1985 *S.M. Faber*
1986 *H. Spinrad*
1987 *D.L. Lambert*
1988 *J.E. Gunn*
1989 *C.E. Heiles*
1990 *R. McCray*
1991 *W.L.W. Sargent*
1992 *B. Paczyński*

masę posiada otoczkę konwektywną i pokazanie że wiele układów musi przejść przez fazę wspólnej otoczki. Te prace doczekały się licznych kontynuacji w badaniach astronomów z wielu ośrodków. Przeprowadzona przez Prof. Paczyńskiego analiza parametrów układu podwójnego związanego ze źródłem rentgenowskim Cygnus X-1, przyniosła pierwsze solidne argumenty za tym, że jednym ze składników tego układu jest czarna dziura.

W latach siedemdziesiątych Prof. Paczyński stał się, bez wątpienia, światowym liderem teorii ewolucji gwiazd. Zadecydowały o tym nie tylko, i może nawet nie przede wszystkim, jego prace o ewolucji układów podwójnych, lecz jego wkład do rozwiązania podstawowych zagadnień ewolucji gwiazd pojedynczych. W serii sześciu artykułów *Evolution of Single Stars* Paczyński podjął próbę pełnego opisu ewolucji gwiazdy, od jej narodzin jako obiektu na Ciągu Głównym Wieku Zerowego, aż do śmierci w postaci gwiazdy zbudowanej z materii zdegenerowanej. Wykorzystał do tego swój bardzo pomysłowy program liczenia modeli gwiazd w ciągach ewolucyjnych. To dzięki tym pracom zrozumieliśmy, że mgławice planetarne z obiektami centralnymi stanowią pośrednią fazę ewolucji od nadolbrzymów do białych karłów, dowiedzieliśmy się, że na zaawansowanych etapach ewolucji całkowity strumień energii emitowany przez gwiazdę zależy nie od masy całej gwiazdy, lecz od masy węglowo-tlenowego jądra i że występują wtedy niestabilności prowadzące do gwałtownych zmian w strukturze gwiazdy. Co najważniejsze, w ten sposób poznaliśmy drogę prowadzącą do powiązania śmierci gwiazdy – to znaczy jej postaci końcowej, z masą początkową.

Dalsze prace Bohdana Paczyńskiego szły w kierunku wyjaśnienia natury tych niestabilności i zbadania ich obserwowalnych konsekwencji. Pokazał, że przy pomocy liniowych serii figur równowagi można łatwo zinterpretować wyniki obliczeń numerycznych. Odwołując się do szybkich procesów zachodzących w wyniku niestabilności zdołał wyjaśnić pochodzenie gwiazd węglowych. Prof. Paczyński zajmował się również warunkami panującymi w jądrach gwiazd tuż przed wybuchem supernowej. Między innymi, zwrócił on uwagę na efektywność procesów URCA w chłodzeniu jąder konwektywnych.

Pod koniec lat siedemdziesiątych w centrum jego zainteresowań znalazły się dyski akrecyjne. Wtedy powstał jego ambitny program stworzenia dla tych obiektów teorii równie solidnej, jak teoria struktury i ewolucji gwiazd. Program ten realizował z zespołem współpracowników. Niektórzy z nich stali się znanymi w świecie specjalistami w tej dziedzinie. Z wielu wyników tego zespołu na pierwszym miejscu wymienić należy stworzenie teorii „grubych dysków", która stale odgrywa ważną rolę w interpretacji danych o kwazarach.

Błyski gamma są być może najbardziej tajemniczym z obserwowanych w kosmosie zjawisk. Nie mogły one nie zainteresować Paczyńskiego. Z izotropii ich rozkładu wynika, że źródła błysków znajdują się albo bardzo blisko, albo bardzo daleko. Paczyński jest zwolennikiem umieszczenia tych obiektów na odległościach kosmologicznych. W kilku pracach z ostatnich lat zaproponował on różne modele, pozwalające wyjaśnić wydzielenie się w krótkim czasie ogromnej energii błysków. W swych rozważaniach brał pod uwagę mechanizmy tak różne, jak emisja z hipotetycznych strun kosmicznych, zderzenia gwiazd neutronowych i gwiazd „dziwnych". W tych pracach widać ogromną inwencję prof. Paczyńskiego. Wstępne wyniki obserwacji wykonanych przy pomocy satelity GRO (*Gamma Ray Observatory*) zdają się wskazywać także, że nie zawiodła go i w tym przypadku intuicja.

Stopniowo w pracach Bohdana Paczyńskiego dominować zaczęły zagadnienia dotyczące soczewek grawitacyjnych. Początkowo interesowała go głównie identyfikacja zjawisk soczewkowania w danych obserwacyjnych. Na przykład, to on poprawnie zinterpretował świecące łuki wokół gromad galaktyk, których niedawne odkrycie było niemałą sensacją, jako efekt soczewkowania grawitacyjnego. Podał przy tym prosty obserwacyjny test swej hipotezy. Test ten został przeprowadzony i tę interpretację potwierdził. Ostatnio zainteresowania Paczyńskiego koncentrują się na zjawisku soczewkowania promieniowania kwazarów przez pojedyncze gwiazdy, zjawisku, które dla odróżnienia od soczewkowania przez galaktyki i ich gromady, nazywa się mikrosoczewkowaniem grawitacyjnym. Interesują go perspektywy, jakie obserwacje tego zjawiska stwarzają dla wykrywania obiektów o fundamentalnym dla astrofizyki znaczeniu, a których mała jasność uniemożliwia bezpośrednią detekcję. W dwóch pracach z tego roku pokazuje, w oparciu o obliczenia modelowe, jak zrealizować program obserwacyjny poszukiwania w pobliżu centrum Galaktyki masywnych zwartych ciał oraz układów planetarnych.

Ten, z oczywistych powodów, fragmentaryczny przegląd osiągnięć naukowych Bohdana Paczyńskiego trzeba uzupełnić choćby krótkim opisem jego roli jako profesora i organizatora nauki. Był on z pewnością przez wiele lat centralną postacią warszawskiej astronomii. Skupiał wokół siebie dużą liczbę młodych naukowców, proponował atrakcyjne tematy prac, a jego entuzjazm do pracy badawczej udzielał się otoczeniu. Jego wykłady cieszyły się dużą popularnością, zwłaszcza jego wykład dla studentów fizyki. Wraz z prof. Józefem Smakiem był twórcą idei utworzenia w Warszawie Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika. Odegrał ważną rolę w organizacji tej placówki.

Wiadomość o wprowadzeniu stanu wojennego zastała go w Kalifornijskim Instytucie Techniki, gdzie przebywał już po raz drugi jako *Sherman Fairchild Distinguished Visiting Fellow*. Bez inicjatywy z jego strony posypały się oferty z najlepszych amerykańskich uniwersytetów. Wybrał Princeton. Jego związki ze środowiskiem warszawskich astronomów pozostają jednak ciągle bardzo żywe. W trudnych dla naszej nauki latach osiemdziesiątych, zwłaszcza w ich pierwszej połowie, wspierał polskie ośrodki materialnie prenumerując czasopisma i kupując komputery. Corocznie gości w Instytucie Nauk Astrofizycznych po kilku astronomów z Centrum Astronomicznego i z Uniwersytetu Warszawskiego. Bezpośrednim wynikiem jego współpracy z nimi jest kilkanaście wspólnych publikacji z lat 1983-91. Istnieją perspektywy rozszerzenia tej współpracy w związku z planem budowy teleskopu w Chile, wspólnie przez Uniwersytet Warszawski i Princetoński.

W. D.

SKARANIE BOSKIE

...wystarczy w pogodną noc podnieść głowę. Nie trzeba wtedy wiele by wszystko to, o czym tyle się naczytaliśmy i to, co w tak malowniczy i wręcz niewiarygodnie sensacyjny sposób pokazali nam redaktorzy telewizyjnych programów popularnonaukowych, pozwoliło nam przyjąć postawę Stwórcy. Można łatwo wyobrazić sobie i Wielki Wybuch, i supernową, zderzające się galaktyki, dyski akrecyjne, czarne dziury, struny kosmiczne, pulsary i kwazary; nawet przesunięcie ku czerwieni nie wydaje się być straszne. Nie ulega wątpliwości, że astronomia jest jedną z ostatnich romantycznych i urokliwych nauk. Jak żadna inna, zdaje się dawać poczucie ocierania się o prawdy ostateczne i wielkość Wszechświata. Co prawda urok ten bywa zdradliwy i wymagający. Gdy opuści się już głowę to częstokroć przychodzi rozwiązywać jakieś równanie transferu, żmudnie redukować obserwacje, całkować wymyślne i nieprawdopodobnie skomplikowane równania, coś dopasowywać ... No, ale kto kocha przyjmuje te okrucieństwa jako wyraz czułości, a czasami wręcz jako najintymniejszą poufałość.

Matuzalemy astronomii (czyli stara nomenklatura astronomii – mechanicy nieba) twierdzą, i nie bez racji, że astronomia była najpiękniejsza gdy składała się głównie z Mechaniki Nieba – to znaczy na samym początku. Zaczęło się wszystko od Newtona i jego równań. Potem tacy jak Gauss, Euler, Lagrange, Hamilton ponawymyślali tak, iż wydawało się, że wszystko da się policzyć – gdzie i kiedy będzie znajdować się jakaś planeta, albo kiedy znów będziemy mieli okazję zobaczyć jak kometa z rozwianymi włosami przyćmiewa swym pojawieniem wszystko co na niebie można oglądać. Młodzieńcza bezczelność i pewność siebie znalazła najlepszy wyraz w stwierdzeniu Laplace'a, który ni mniej ni więcej powiedział, że jakby mu dać dokładny warunek początkowy to policzy wszystko co się wydarzy w przyszłości. Na dobitkę analizując jakieś tam perturbacje stwierdzono, że muszą istnieć jeszcze inne planety i co gorsza rzeczywiście je odkryto. Czy mogło coś przerwać tę euforię wywołaną pasmem sukcesów?

Jak Pan Bóg chce kogoś pokarać to zabiera mu rozum i zsyła matematyka. I rzeczywiście, pod koniec ubiegłego wieku, matematyk Poincare zajął się, będącą podówczas w pełnym rozkwicie, Mechaniką Nieba. I to wystarczyło. Nie dość, że napisał pełno książek z Mechaniką Nieba w tytule, nie dość, że książki te czytają, z wypiekami na twarzy, nie tylko matematycy, to jeszcze, i tutaj proszę uważać, powiedział, że są jakieś problemy i wcale tak wspaniale nie musi być jakby mogło się wydawać. Chociaż usłyszano to wszystko dopiero po przeszło pół wieku, i chociaż jeszcze przez dość długi czas nic nie mąciło olimpijskiego spokoju pewnych siebie mechaników, to był to początek powolnej utraty czystości, znaczenia i wielkości.

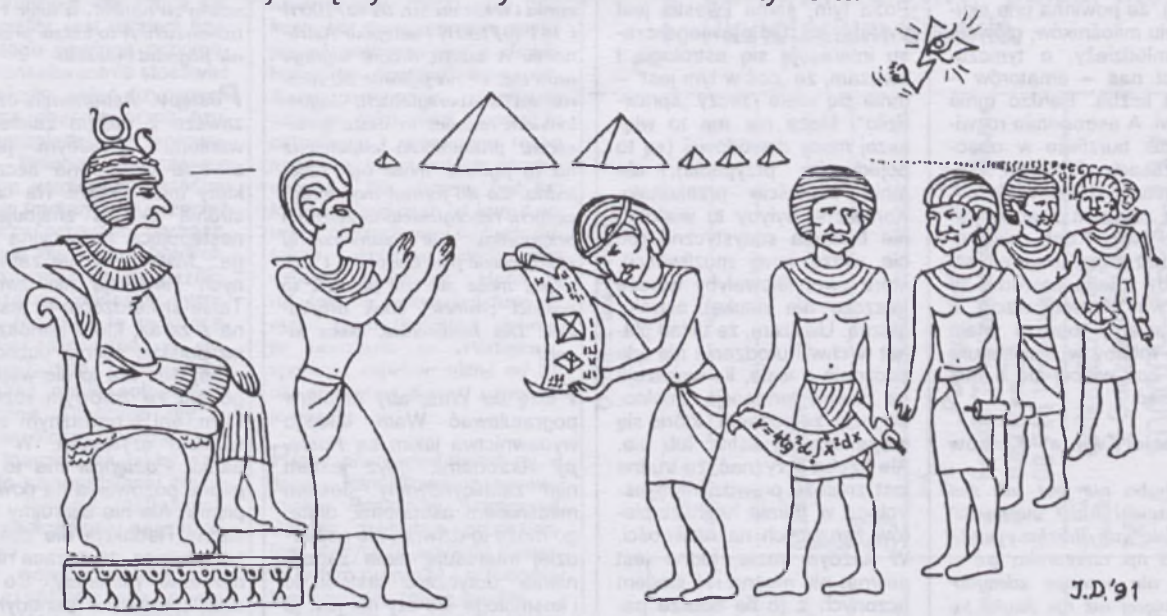
Nienawistny czas biegnie szybko i wszystko się zmienia (tak twierdzi Poeta, więc musi to być prawda). Gwiazdy okazały się ciekawsze. Rzeczywiście, jak długo można się zajmować jakimiś dziesiątymi poprawkami w piętnastym rzędzie rachunku zaburzeń? Tak, gwiazdy, gwiazdy über alles... Była jeszcze maleńka nadzieja, że wróci dawna świetność gdy pojawiły się sztuczne satelity. Ale gdzie tam, wszystko zeżarły komputery.

Jak Pan Bóg chce kogoś tak naprawdę pokarać, to zsyła na niego bardzo wielu matematyków. I taka kara spotkała, i tak już dostatecznie zmaltretowaną, Mechanikę Nieba. Poczynając od późnych lat pięćdziesiątych, co rusz to jakiś matematyk popełniał książkę z Mechaniką Nieba w tytule, a na początku lat sześćdziesiątych, podówczas zupełny, jak to się dziś określa – małolat, niejaki (dawniej, bo dziś prof.) Arnold, opętany doszczętnie tym co ponawypisywał Poincare, wymyślił, i tutaj znów proszę uważać, że w naszym układzie orbity planet mogą dyfundować! Czyli, że jakby poczekać to się to wszystko rozleci; z tym,

że bliżej nie wiadomo czy na pewno. Proszę sobie wyobrazić, jakaś dyfuzja tam gdzie już Laplace powiedział: „dajcie mi tylko warunek początkowy…" Kompletne szaleństwo!

No tak, ale najgorszą cechą matematyków nie są wcale ich szalone pomysły. Najgorsze jest to, że wykorzystując najprzeróżniejsze i nad wyraz podejrzane sztuczki (czyż nie jest właśnie taką sztuczką dowód ad absurdum?), potrafią udowodnić to, co im się uroiło.

Zaraza, którą nazwano chaosem deterministycznym (czy słyszał ktoś bardziej pokrętną nazwę?) ogarnęła wszystko: od bijącego serca i cieknącej wody po oscylacje gwiazd. I nie ma takiej świętości, którą by uszanowano. Nawet zwykłe wahadło (jednakowoż z wibrującym punktem podwieszenia) – ten nigdy nie doceniany królik doświadczalny mechaniki – potrafi ponoć zachowywać się chaotycznie. Wszędzie tam, gdzie teoria przewidywała potencjalnie wszystko do końca, wszędzie tam, gdzie nawet śladu jakichś losowych zaburzeń, wszędzie tam, gdzie skrajny determinizm został wpisany w założenia poprzez prawa Newtona okazuje się być obecny ów chaos. I nie tylko tam!



JEDENASTA PLAGA EGIPSKA

Drogi powrotnej nie ma, nie da się już nikogo oszukać, że jakby mieć dostatecznie duży komputer to moglibyśmy policzyć dowolnie dokładnie na dowolnie długi okres czasu orbity planet, komet i asteroidów. Już nikt w to nie uwierzy. Koniec. Nie wróci epoka bezczelnej pewności siebie, kiedy to można było powiedzieć: „oto tyle i tyle mi wyszło i tak być musi". Jest to chyba już ostatni gwóźdź do trumny starej Mechaniki Nieba. Nie pociesza nawet myśl, że pewnie gdzieś za sto albo dwieście lat matematycy naostrzą sobie dostatecznie swoje zęby jadowe i zabiorą się za astrofizykę i kosmologię i wymyślą coś takiego, co nawet się Chandrasekharowi nie śniło.

Jak tu żyć? Z jednej strony te gwiazdy, a z drugiej – ten chaos, z którym nie wiadomo co zrobić. A było tak pięknie. Tylko zwycięska Mechanika Nieba i nic więcej. Marząc o tych pięknych chwilach, uświadamiam sobie, że przecież wszystko zaczęło się od Newtona i to on to wymyślił. Czyli, że musiał wiedzieć od samego początku „co jest grane", czyli że ukrył to wszystko by ironicznie zadrwić z Laplace'a i z nas. Czyż potrzebny jest jeszcze jakiś ślad lub tajny dokument? Nie, to przecież oczywiste, że był głęboko zakamuflowanym matematykiem i dlatego też popsuł tak śliczną zabawkę jak determinizm – ten najlepszy i najprostszy – mechanistyczny. Dlatego też, chociaż to nieładnie złorzeczyć, powiedzmy sobie z całą pasją: ***niech sczezną matematycy****!*

Andrzej J. Maciejewski

Listy Czytelników

Astronomią zacząłem się interesować od grudnia 1990 r. W styczniu 1991 r., niektóre lekcje fizyki były poświęcone astronomii. Nauczycielka rozdzieliła całej klasie tematy z astronomii i powiedziała, abyśmy je przedstawili w formie referatów na kolejnych, wyznaczonych lekcjach fizyki. Uf! To była cała nasza edukacja astronomiczna.

Zastanawiam się, dlaczego tak niewielu ludzi „uprawia" – chociażby podobnie jak ja – astronomię amatorską. Wydaje mi się, że powinna ona skupiać wielu miłośników, głównie wśród młodzieży, a tymczasem jest nas – amatorów – znikoma liczba. Bardzo mnie to martwi. A astronomia rozwija się tak burzliwie w obecnych czasach. Przynosi, niemal z dnia na dzień, wiele nowych, a zarazem znaczących odkryć. Powinny one zainteresować każdego śmiertelnika, chociażby z tego powodu, że żyjemy we Wszechświecie, o którym wiemy bardzo mało i nic nie robimy w tym kierunku, aby coś więcej się o nim dowiedzieć.

Maciej Kwinta – Kraków

Red. *Chyba nie jest tak źle! Bardzo wielu ludzi „uprawia" astronomię amatorską, może mniej niż np. amatorską grę w szachy, ale przecież zdecydowanie więcej niż np. fizykę jądrową. Czy ktoś słyszał np. o towarzystwie miłośników akceleratorów? A przecież Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii istnieje i analogiczne organizacje działają w wielu krajach.*

Z tymi referatami też by mogło być nie najgorzej, gdyby opierały się choćby na Uranii, Świecie Nauki i ... Postępach Astronomii. A może po prostu nauczyciele nie wiedzą o naszym istnieniu? Kto ma im powiedzieć, jeśli nie ich uczniowie! A postaraliśmy się dla nich i ich uczniów otworzyć specjalne „okienko" (str. 32)

Jestem studentem III roku fizyki na UJ. Od ponad sześciu lat interesuję się astronomią. Jestem czytelnikiem *Uranii*. Z przyjemnością przeczytałem dwa tegoroczne numery *Postępów Astronomii*. Poziom artykułów niezły, wiele ciekawych informacji. Gdyby tak więcej konkretnych danych liczbowych, wzorów... Myślę, że kalendarzyk astronomiczny to byłby niezły pomysł. Przydałoby się też czasem coś o ciekawych obiektach na niebie, dostępnych do obserwacji za pomocą lornetki (bo tylko takim sprzętem dysponuje większość miłośników astronomii, nie wyłączając mnie), choć to już raczej temat dla *Uranii*. Konkurs fotograficzny na złączenie Wenus, Jowisza i Księżyca zakrawa na kpinę – numer 2/91 kupiłem 1.5 miesiąca po fakcie.

Mam pewne zastrzeżenia do *Testu wiedzy astronomicznej*, a ściślej, do pytania 20. Ono nie dotyczy astronomii, lecz astrologii, a jest to zasadnicza różnica (nb. spotykałem ludzi, którzy tego nie rozróżniali). Poza tym, sama kwestia jest dyskusyjna. Od pewnego czasu interesuję się astrologią i uważam, że „coś w tym jest" – mnie się wiele rzeczy „sprawdziło". Może nie ma to większej mocy dowodowej (są to pojedyncze przypadki), ale mnie osobiście przekonało. Konieczne byłyby tu wieloletnie badania statystyczne (bo nie widzę innej możliwości), które zweryfikowałyby wiedzę (jeszcze nie naukę) astrologiczną. Uważam, że układ planet w chwili urodzenia nie tyle decyduje o losie, ile wskazuje na pewne tendencje, zdolności, czy zagrożenia, które się mogą urzeczywistnić lub nie. Ale trzeba przyznać, że trudno jest znaleźć prawdziwego astrologa w tłumie hochsztaplerów żerujących na naiwności. W każdym razie, jedno jest pewne: nie można iść śladem uczonych z (o ile dobrze pamiętam) Akademii Francuskiej, którzy twierdzili, iż „kamienie nie mogą spadać z nieba, bo w niebie nie ma kamieni". Argumentacja typu „...Wierzenia astrologiczne są jedynie wytworem fantazji, żadnego bowiem uzasadnienia naukowego nie mają i mieć nie mogą" (E. Rybka: *Astronomia Ogólna*) jest niedopuszczalna. Tak więc uważam, że *Postępy Astronomii* powinny zajmować się astronomią, chyba, że zmienią tytuł na *Postępy Astronomi i Astrologii* (ale w redakcji musiałby zasiąść ktoś znający się na astrologii).

Nowe pytanie 20 mogłoby brzmieć np.: *Najjaśniejszą gwiazdą po Słońcu jest Polarna*, gdyż takiego zdania jest zdecydowana większość młodzieży ze szkół podstawowych i średnich – stwierdziłem to na obozach harcerskich. Nie znalazłem prawie nikogo, kto przed rozmową ze mną na ten temat, podałby właściwą odpowiedź! Dlatego konieczna jest popularyzacja astronomii.

Sławomir Stachniewicz – Kraków

Red. *W nauce obowiązek udowodnienia lub podania uzasadnienia naukowego każdej hipotezy, w tym wypadku prawdziwości astrologii, zazwyczaj spoczywa na jej autorach, czy zwolennikach. Jak na razie nikt nie podał takiego uzasadnienia, a prowadzone badania statystyczne (np. S. Carlson, „A double Blind Test of Astrology", Nature 318, 419 (1985), a także wstęp A.K. Wróblewskiego do książki G.J. Playfaira i S. Hilla, „Cykle nieba") też przyniosły wynik negatywny. Polecamy również rysunki i tekst na str. 91 (2/1991) i 141 (3/1991) Postępów Astronomii. A swoją drogą, wydaje nam się, że na pytanie 20 akurat na uniwersytetach, Jagiellońskim również (a może zwłaszcza) prawidłowa odpowiedź na to pytanie może być tylko jedna. Co do formuł matematycznych, rzeczywiście w żadnym przypadku nie zamierzamy zastępować podręczników i najwyżej może się coś pojawić w postaci „ramek" obok artykułów. Dla koneserów, rzecz jasna!*

Piszę do Was, aby najpierw pogratulować Wam takiego wydawnictwa jakim są *Postępy Astronomii*, gdyż jestem nim zafascynowany. Jestem miłośnikiem astronomii, dlatego może to dziwne, ale najbardziej interesują mnie zagadnienia dotyczące astrofizyki i kosmologii. Bo czy nie jest to fascynujące, kiedy się czyta o tak osobliwych i często jeszcze tajemniczych obiektach i zjawiskach jak kwazary, pulsary, fale grawitacyjne, itp. Przez analogię można by powiedzieć, że zwykle bardziej nas fascynują takie kraje jak Fidżi, czy Indonezja niż np. Bułgaria i Austria. A może jest tak jak w przysłowiu: „Cudze chwalicie, swego nie znacie...". Myślę jednak, że to kwestia osobista, czy bardziej jestem zainteresowany np. kwazarami, czy też np. Marsem.

Jedna tylko uwaga, a mianowicie, myślę, że zamieszczane rysunki P. Jacka Drążkowskiego mogłyby być nieco mniejsze. Oczywiście, że są potrzebne, gdyż obrazują zagadnienia poruszane w danym artykule, ale gdyby były mniejsze, to powstałe miejsce można by zapełnić np. ciekawymi nowinkami z różnych dziedzin astronomii, a tych Wam chyba nie brakuje.

Jacek Kohut – Istebna

Red. *Pismo staramy się redagować i składać w taki sposób by nadać mu jakiś indywidualny rys i charakter. Rysunki Jacka Drążkowskiego stanowią tu nasz najpotężniejszy i całkowicie oryginalny atut. Mają nie tyle „obrazować" zagadnienia poruszane w artykułach, co ukazywać je w krzywym zwierciadle. Wciąż nas zadziwia różnica poczucia humoru u astronomów, których te rysunki po prostu śmieszą, i miłośników, zwłaszcza młodych, tak śmiertelnie poważnych! Chcemy by Postępy Astronomii nie były zwyczajnym pismem popularnonaukowym, ale mamy ambicję być pismem „o nauce", a więc i o astronomach. A to ludzie przeważnie pogodni i weseli!*

Postępy Astronomii czytam zawsze z dużym zainteresowaniem. Chciałbym jednak zwrócić uwagę na szczegół, który mnie drażni. Na drugiej stronie okładki znajduje się następująca redakcyjna uwaga: „Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca". Takie stwierdzenie to jest jedna z zaraz, które panoszą się na polskiej scenie publicystycznej. Nie ma to nic wspólnego ani ze zdrowym rozsądkiem, ani z poważnym traktowaniem czytelnika. W przypadku *Postępów* ma to znamiona pozowania na poważne pismo. Ale nie czarujmy się – żadna Redakcja nie zbankrutuje dlatego, że zwraca nie zamówione materiały. Co bardziej „poważne" periodyki, co na szczęście nie jest jeszcze udziałem *Postępów*, dopisują ponadto inną, już „heretycką" uwagę: „Redakcja zastrzega sobie prawo zmiany tytułów i dokonywania skrótów" – jak się domyślamy – bez uzgodnienia z autorami, co często kończy się drukowaniem obcych nam faktów pod naszymi nazwiskami. Zupełnie inny charakter ma uwaga: „Przedruk materiałów i zdjęć tylko za pozwoleniem Redakcji" – i tu pretensji mieć nie można.

Wojciech Skaba – Toruń

P.S. Listy do Redakcji są jej własnością i nie podlegają zwrotowi.

Red. *Jak każda redakcja, otrzymany towar (teksty) musimy dobrze sprzedać, a więc przede wszystkim opakować. Stąd ramki, przypisy, rysunki i zdjęcia. Bywa, że nie udaje nam się wydobyć całego tego blichtru od autora, a tekst tak czy owak jest ważny i wartościowy. Wtedy jasne, że zmieniamy tytuły, dodajemy śródtytuły, skracamy, a nawet, o zgrozo dopisujemy parę słów etc. Może tylko z tą różnicą, że staramy się jed-*

nak komunikować z autorami.
P.S. Redakcja pozwoliła sobie zastąpić użyty przez autora listu przymiotnik „heretyczny" słowem „heretycki", ponieważ ten pierwszy w języku polskim nie występuje.

Pozwalam sobie zwrócić uwagę Redakcji na pewne problemy związane z terminologią i jednostkami występującymi w tekstach opublikowanych artykułów. Kiedyś zajmowałem się tymi sprawami, bez widocznych wyników, a teraz mam nadzieję, że Panie potrafią uporządkować te sprawy dla dobra *Postępów Astronomii* i potrzeb dydaktyki i popularyzacji wiedzy astronomicznej.

Moja opinia jest następująca: Astrofizyka, jak Panie same napisały, jest działem fizyki. Dlatego powinna przyjmować i konsekwentnie stosować terminologię pojęć fizycznych używaną obecnie przez fizyków, uwzględniając wprowadzane zmiany. Tymczasem pod tym względem jesteśmy okropnie tradycyjni. A przecież wystarczy przejrzeć podręczniki fizyki dla klas licealnych, aby przekonać się, że uczniowie uczą się jednostek systemu SI. Jednostki te są konsekwentnie stosowane na studiach wyższych, zostały przyjęte przez nauki pokrewne i techniczne. Dlaczego my te same wielkości fizyczne mierzymy inaczej, tak jakby nam zależało na utrudnianiu zrozumienia tekstów astrofizycznych i podkreślaniu naszej odrębności.

Przy pojęciach specyficznych, astrofizycznych, powinniśmy stosować terminologię dokładnie zdefiniowaną i ujednoliconą w skali krajowej, unikając odrębności środowiskowych. W tym zakresie nowe *Postępy Astronomii* mogą odegrać rolę czynnika porządkującego i upowszechniać nie tylko nowe treści, ale i poprawną terminologię. Wprawdzie jest to dodatkowe i kłopotliwe zadanie dla Redakcji, ale tych terminów i jednostek, które mogą być wątpliwe, jest bardzo mało. Wystarczy więc tylko o tym pamiętać i zwalczyć pewne nawyki i przyzwyczajenia. Dodatkową trudnością jest fakt, że w naukowej literaturze angielskiej terminologia, szczególnie pojęć fotometrycznych, jest równie zmienna i wieloznaczna jak nasza polska.

Wydaje mi się, że każdy autor proponuje własną terminologię. A ja pamiętam czasy, gdy wszyscy fizycy, starsi, młodsi i studenci, uczyli się jednostek SI. Nauczyli się i teraz wszędzie stosują. Dlatego uczeń w liceum musi wiedzieć, że jednostką mocy jest wat (W). I to mu wystarcza na całe życie, chyba, że zacznie czytać *Postępy Astronomii* i zobaczy erg/s. Ale wątpię, żeby to było korzystne dla astrofizyki.

Proszę nie gniewać się za te uwagi, ale taka dowolność terminologiczna nie powinna występować w naukach ścisłych.

Antoni Opolski – Wrocław

Red. *W dalszej części listu Profesora następuje długa i szczegółowa lista naszych „przestępstw jednostkowych". Niektóre uwagi bardzo cenne, np. o niejednoznaczności ułamków piętrowych typu km/s/Mpc. Być może warto też zacząć lansować „magnitudę", właśnie tak, z polską odmianą! Nie możemy się jednak zgodzić co do opinii typu, że tesla jest lepsza od gaussa i to nie bynajmniej dlatego, że jest 10000 razy większa. Nie mamy zamiaru zastępować podręczników i chcielibyśmy by „Postępy" ukazywały żywą astronomię, astrofizykę właśnie taką jaką tworzą ją astrofizycy i opisywaną takim językiem, jakim oni się porozumiewają. Nie chcemy być jakiem mądrzejszym od kury i pouczać naszych znakomitych autorów i kolegów jakich mają używać jednostek. Może to właśnie, w przeciwieństwie do opinii Pana Profesora, dobrze, że uczniowie w „Postępach" spotkają zupełnie różne od SI, ale naturalne, żywe i używane jednostki.*

Przez przypadek wpadł mi w ręce kwietniowo-czerwcowy numer *Postępów Astronomii*. Bardzo dokładnie przeczytałem wszystkie artykuły zawarte w tym numerze i wzbogaciłem się o nie znaną wiedzę.

Z wielkim zainteresowaniem przeczytałem krótką notkę pt „Astronomiczne obserwatorium ISO" i muszę przyznać, że to dla mnie czarna materia. Więc zwracam się z gorącą prośbą o wyjaśnienie jak zbudowany jest teleskop podczerwony, z jakiego materiału jest zbudowane zwierciadło, dlaczego musi pracować w niskiej temperaturze, jak zbudowany jest detektor obrazów podczerwonych, czy można przy pomocy teleskopu podczerwonego odkryć inne układy planetarne? Mówiąc krótko, proszę o informacje dotyczące budowy teleskopów podczerwonych. Miałbym propozycję, by w następnych numerach przedstawiać jak działają i jak zbudowane są wszelkiego typu teleskopy, detektory, anteny grawitacyjne, detektory na neutrina i inny sprzęt naukowy do badania kosmosu.

Krystian Radek – Racibórz

Red. *Nasz klient, nasz pan! Część życzeń spełniamy na str. 33-38, o detektorach fal grawitacyjnych i neutrin pisaliśmy w poprzednim numerze. Ale, na Boga, nie wszystko od razu!*

W następnych numerach postępów astronomii

- Zderzenia gwiazd neutronowych
- GRO – orbitalny teleskop gamma
- BBXRT – orbitalne obserwatorium rentgenowskie
- Hercules X-1
- CZARNA WDOWA – pulsar-modliszka
- Planetarium Śląskie

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

Gdzie i jak kupić

postępy astronomii ?

W prenumeracie najtaniej

✦ POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy ✦ Zgodnie z zapowiedzią, cena pojedynczego zeszytu od kwietnia wynosi 14 000 zł ✦ Cena prenumeraty całorocznej wynosi 56 000 zł ✦ Istnieje jeszcze możliwość zamówienia zeszytów z roku 1991 w tej samej cenie (tzn. 14 000 zł za egzemplarz) ✦ Uwaga: rocznik 1991 bliski wyczerpania ✦ Koszt przesyłki pocztowej wliczony jest w cenę prenumeraty ✦ Prenumeraty opłacone wcześniej będą realizowane bez konieczności dopłaty ✦ Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym poniżej przekazie ✦ Prosimy o czytelne wypełnienie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu ✦ Cena prenumeraty za granicę w Europie jest zwiększona o 50% (przesyłka zwykła) lub 75% (przesyłka lotnicza) ✦ Cena prenumeraty za granicę poza Europą jest zwiększona o 100% (przesyłka zwykła) lub 150% (przesyłka lotnicza)

Prenumerata na następujące numery „Postępów Astronomii" w roku 1992 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

oraz zamówienie na zaległe numery rocznika 1991 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

razem: ..... zł

Prenumerata na następujące numery „Postępów Astronomii" w roku 1992 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

oraz zamówienie na zaległe numery rocznika 1991 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

razem: ..... zł

Prenumerata na następujące numery „Postępów Astronomii" w roku 1992 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

oraz zamówienie na zaległe numery rocznika 1991 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

razem: ..... zł

WYCIĄĆ I WYPEŁNIĆ

● Adresy księgarń, w których można kupić *POSTĘPY ASTRONOMII*:

- Białystok, *ORWN PAN*
- Bydgoszcz, Księg. *„WSPÓŁCZESNA"*, ul. Gdańska 5
- Czersk, księg. *„ALEKSANDRA"*, ul. Starogardzka 32
- Częstochowa, *Księgarnia Techniczna*, ul. Wilsona 8
- Gdańsk, księg. *„HEWELIUSZ"*, ul. Heweliusza 19/21, Gdańsk
- Gdańsk, Księg. *Naukowo-Techniczna*, ul. Rajska 6
- Gdańsk, księg. *„BESTSELER"*, Salon Sprzed. Nr.2, ul. Dubois 2a
- Grójec, ul. Piłsudskiego 6
- Jastrowie, księg. *„Levi"*, ul. 2 Lutego 30
- Katowice, księg. *„Nauka"*, ul. Warszawska 11
- Katowice, *ORWN PAN*
- Kraków, Księg. Wydawnictw Naukowych *„Elefant"*, ul. Podwale 6
- Kraków, księg. *„Iryś"*, Rynek Główny 23
- Kraków, księg. *„Skarbnica"*, os. Centrum C Bl. 1
- Lidzbark Warmiński, *Księg. im. J. Krasickiego*, ul. Powst. Warszawy 14
- Lublin, ul. Krakowskie Przedm. 62
- Łódź, księg. *„Pegaz"*, ul. Piotrkowska 47/49
- Olsztyn, *Księg. Naukowa „LOGOS"*, ul. Kołobrzeska 5
- Piła, ul. 14 Lutego 2
- Poznań, *Księg. Naukowa „BOOK SERVICE"*, ul. Podgórna 8
- Radom, księg. naukowo-techniczna *„Bis"*, ul. 25 czerwca 26/32
- Rzeszów, *Salon Wydawniczy KAW*, ul. 3-go Maja 8
- Sopot, ul. Boh. Monte Cassino 26
- Szczecin, *Księg. SCRIPTUM*, ul. Mazurska 26
- Warszawa, *Główna Księg. Naukowa im B. Prusa*, ul. Krakowskie Przedm. 7
- Warszawa, *ORWN PAN*, Pałac Kultury i Nauki
- Warszawa, *KMPK*, Śc. Wschodnia
- Warszawa, księg. *„MDM"*, ul. Piękna 31/37
- Warszawa, *Główna Księg. Techniczna*, ul. Świętokrzyska 14
- Toruń, księg. *„BOOKINISTA"*, ul. Konstytucji 3 Maja 10
- Toruń, *Księgarnia Uniwersytecka*, ul. Gagarina 11
- Toruń, *Wojewódzka Księg. Naukowa*, Rynek Staromiejski 30
- Wrocław, *Księg. „Akademicka"*, ul. Curie-Skłodowskiej 39
- Wrocław, *Księg. Naukowa im. M. Kopernika Fundacji dla Uniwersytetu Wr.*, ul. Kuźnicza 30/33,
- Wrocław, *Przedsiębiorstwo Księgarsko-Wydawnicze „EUREKA"*. Księgarnia, ul. Kołłątaja 54
- Zawiercie, ul. 3 Maja 11
- Złotów, księg. *„DOLORES"*, ul. Dworzaczka 4,
- Zwoleń, księg. prywatna

● Ponadto *„Postępy Astronomii"* można nabyć w planetariach i obserwatoriach:

- Śląskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym w Parku Kultury i Wypoczynku w Chorzowie
- Olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym, al. J. Piłsudskiego 38
- Planetarium i Obserwatorium we Fromborku, Muzeum Kopernika, Wzgórze Katedralne
- Planetarium Grudziądzkim, ul. Krasickiego 1/7, Zespół Szkół Chemiczno-Elektrycznych
- Planetarium Warszawskim, Muzeum Techniki w Pałacu Kultury i Nauki
- Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Piwnice pod Toruniem
- Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego, Al. Ujazdowskie 4

● oraz osobiście w Redakcji w Warszawie: Bartycka 18, 00-716 Warszawa u B. Czerny, wtorki 12-14 tel. 41-00-41 w.48

Reklamacje dotyczące prenumerat

prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora, pod adresem: **Sławomir Kruczkowski, ul. Królewska 3/22, 86-300 GRUDZIĄDZ, tel. 266-50**

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

Warszawa: *Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika, 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*

☆☆ *na XIII Krakowską* **Szkołę Letnią Kosmologii**

pod egidą Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Uniwersytetu Łódzkiego i Fundacji OMEGA

Postępy w nowych kosmologiach

7 – 12 września 1992

❒ **Naukowy Komitet Organizacyjny:**
Halton Arp (przewodniczący) – Niemcy
C. Roy Keys – Kanada
Konrad Rudnicki – Polska
Eric J. Lerner – USA
Mario Moles – Hiszpania

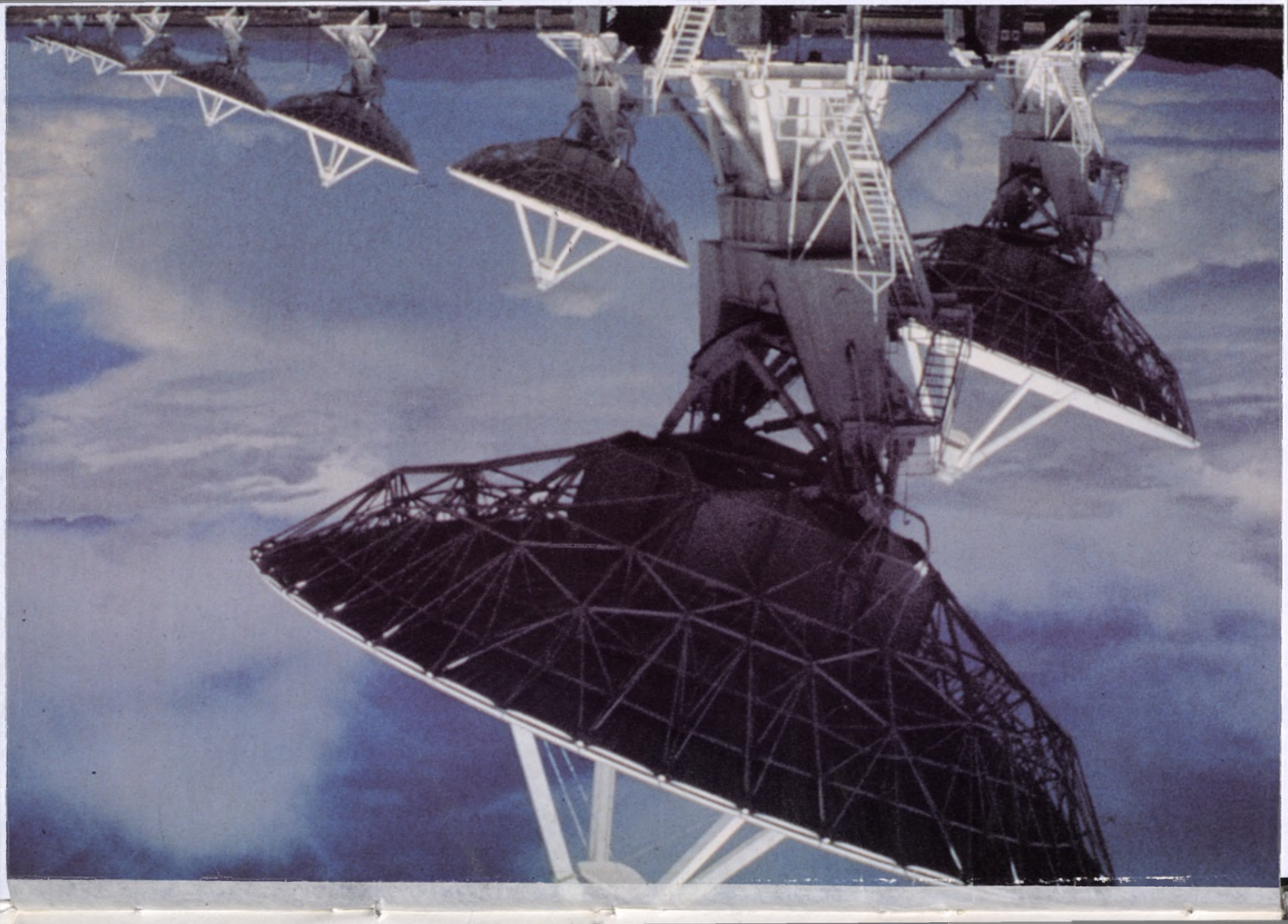
❒ **Lokalny Komitet Organizacyjny:**
Mieczysław Borkowski (przewodniczący)
Wiesław Tkaczyk

❒ Program szkoły będzie obejmował proszone wykłady zwolenników alternatywnych podejść do kosmologii i fizyki z przedstawieniem najnowszych rezultatów oraz ogólne dyskusje ❒ Językiem szkoły jest angielski ❒ Szkoła ma charakter otwarty (studenci) ❒ Istnieje możliwość bezpłatnych noclegów i zwolnienia z opłacenia *wpisowego* ❒

❒ Zapytania o szczegóły oraz zgłoszenia udziału należy posyłać pod adresem: Dr Wiesław Tkaczyk – Instytut Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego – ul. Pomorska 149/153 – 99-236 Łódź – telefon: (042-) 78-56-22 – Fax: (042-) 78-70-87

ZDJĘCIE NA OKŁADCE PRZEDSTAWIA . . .

. . . VLA – najwspanialszy teleskop świata składający się z kilkudziesięciu potężnych anten radiowych pracujących w spójnym systemie wielkobazowego interferometru. To dzięki temu fantastycznemu urządzeniu dokonano najbardziej spektakularnych odkryć relacjonowanych w numerze. Krótki opis systemu VLA znajdzie Czytelnik przy okazji odkrycia szukanych od dawna „naleśników Zeldowicza" (str. 4-9). To dzięki teleskopowi VLA i zmierzonej przez niego pozycji pulsara PSR 1257+12, odkrycie wokół niego przez Aleksandra Wolszczana planet (str. 2) zdaje się niemal nie budzić wątpliwości. (Dzięki uprzejmości National Radio Astronomy Observatory, kierowanego przez Associated Universities Inc.).



postępy astronomii

2/92

kwiecień–czerwiec
tom 40

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

Spotkanie z Aleksandrem Wolszczanem

Czas

Misja GRO i COBE

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
Joanna Mikołajewska
Maciej Mikołajewski

Współpraca plastyczna: Jacek Drążkowski
Korekta: Alojzy Burnicki

Adres Redakcji:
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18; 87-100 Toruń

telefon 116-55 lub 78-33-90
albo 260-18 w. 53
telex 0552234 astr pl

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

Skład komputerowy: Redakcja

Projekt okładki: Tadeusz Jodłowski

Druk: Zakład Poligraficzny p.p. Neuman Grudziądz, ul. Toruńska 9

Opracowanie techniczne: Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe MIZAR Grudziądz, ul. Jałkowskiego 3

Dystrybucja: Sławomir Kruczkowski, 86-300 Grudziądz, ul. Królewska 3/22, tel. 266-50

❍ 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 1992

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. 266-50

albo Redakcją w Toruniu (tel. 116-55 i 48-71-44)
lub w Warszawie (tel. 41-00-41 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 – 1.2 mln zł ★ Jedna strona kolorowa na wewnętrznej stronie okładki i wkładce – 4 mln zł ★ jedna strona kolorowa na czwartej stronie okładki – 5 mln zł ★ 1 cm^2 – 4 tys. zł ★ Opracowanie graficzne czarno-białe – 150-250 tys. zł 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 . . .

. . . znakomitego gościa Postępów Astronomii, Aleksandra Wolszczana, podczas wykładu wygłoszonego w Toruniu, w dniu 28 maja 1992 na tzw. „Czwartkowym Kolokwium Fizycznym". Kolokwium to jest najbardziej prestiżowym seminarium z dziedziny fizyki na Wydziale Mat-Fiz-Chem Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, swoją tradycją sięgające jeszcze czasów jednego z twórców fizyki toruńskiej, Profesora Aleksandra Jabłońskiego. Wygłaszało tu referaty wielu znakomitych fizyków z całego świata, w tej samej sali przed laty słuchał wykładów również ... Aleksander Wolszczan. O odkryciu przez niego pierwszego pozasłonecznego układu planetarnego pisaliśmy, również piórem samego odkrywcy, w dwóch poprzednich numerach. Dziś relacjonujemy (str. 53-61) jego wizytę w Polsce, a przy okazji różne imponderabilia związane z jego odkryciem, a także konkurencyjne, nieplanetarne próby wyjaśnienia obserwacji pulsara PSR 1257+12. Do tej pory są to jedyne poważniejsze usiłowania nadepnięcia Wolszczanowi na planetarny odcisk. Korzystamy z tego, że obydwie hipotezy są ... polskiego autorstwa!

Wiemy, wiemy! Docieramy do Państwa co najmniej o miesiąc za późno. Za to numer, który Państwo trzymacie w rękach, mamy nadzieję, dosyć niezwykły. Przede wszystkim, proponujemy naszym Czytelnikom sympatycznego i sławnego gościa, Aleksandra Wolszczana. Odkrywca układu planetarnego wokół PSR 1257+12, pozdrawia Państwa na stronie 53 i opowiada jak za jednym zamachem znaleźć dwie lub trzy planety, najlepsze laboratorium „eksperymentalnej grawitacji" i znacznie powiększyć populację pulsarów w Galaktyce. A mecz o planety trwa: karnego próbują strzelać Janusz Gil i Tomek Stępiński. Pewnie zupełnie niepotrzebnie Redaktor usiłuje występować w roli bramkarza. Strzały będą prawdopodobnie i tak chybione, a bramkarzowi można dać żółtą kartkę.

Sporo zegarów w numerze. Aleksander Wolszczan proponuje zegary kosmiczne – pulsary, a więc gwiazdy neutronowe. Temat w pewnym sensie przez nas ulubiony, nie tylko w kontekście planet. Przypominamy Czytelnikom, że poruszaliśmy te tematy od pierwszego zeszytu nowej edycji PA. Wspominana w rozmowie z Aleksandrem Wolszczanem „Czarna Wdowa" z pewnością zasługuje na miejsce w naszej Kosmicznej Menażerii i niebawem tam trafi, ale już dziś zdradzamy, że to jeden z pulsarów zaćmieniowych, barwnie opisywanych przez Michała Czernego w zeszycie PA 1/91 (str. 17). Inny, przewijający się w tej rozmowie temat „eksperymentalnej grawitacji", na podstawie wcześniej znanego, nadającego się do tego pulsara PSR 1913+16, był szczegółowo omówiony przez Tadeusza Jarzębowskiego w PA 3/91 (str. 106). Po drodze, w PA 2/91 (str. 57) szukaliśmy jeszcze pulsarów w gromadach kulistych, a w numerach 4/91 i 1/92 zaczęła się już nasza planetarna epopeja.

Kolejne zegary oferuje Jacek Drążkowski przy współpracy Kazimierza M. Borkowskiego i... Salvadora Dali. Czas w astronomii, to bardzo ważny, jeśli nie podstawowy, temat.

Skoro mowa o czasie, to sięgnijmy wstecz. Tak daleko, jak tylko się da. Zobaczymy wówczas bardzo wczesny Wszechświat, czyli reliktowe promieniowanie tła. Właśnie odkryto anizotropię w tym promieniowaniu. To jest drugi szlagier tego zeszytu, odkrycie podobnej rangi co planety. To też kiedyś TRZEBA BYŁO ZNALEŹĆ! Temat ważny, to i chcieliśmy informacji z pierwszej ręki. Ale im większa znakomitość, tym bardziej grymasi: Red. Joasia Mikołajewska do czerwca stosowała wobec Autora różnorakie, sobie tylko znane fortele. Ale udało się! Krzysztof Górski jest astronomem blisko związanym z autorami eksperymentu COBE, od których pozdrowienia macie Państwo na rozkładówce.

W każdym numerze staramy się prezentować jakiś unikalny instrument astronomiczny. Tym razem jest to GRO, Obserwatorium Promieniowania Gamma, instrument nie mniej ważny od Hubble'a! Korzystamy z zaprzyjaźnionego pisma włoskiego (na zasadzie wymiany) nie dlatego, że brakuje nam tekstów, ale dlatego, że chcemy mieć zawsze jak najbliższych danemu problemowi autorów. Do wyników uzyskanych z tego teleskopu wrócimy niebawem.

Pod koniec numeru zapraszamy do Planetarium Śląskiego. Bogata, wieloletnia działalność tej placówki z pewnością nie została tu wyczerpana.

Na deser, czyli do naszego felietonu, chyba nie musimy specjalnie zapraszać, bo i tak od niego zaczynacie Państwo czytać zeszyt. Tym razem mała draka i konkluzja: nie wierzcie autorytetom!

Spotykamy się za kwartał. W Krakowie!

REDAKCJA

List otwarty

do Pań i Panów Senatorów i Posłów R.P.

Panie i Panowie,
w najbliższych dniach w Sejmie i Senacie toczyć się będzie debata nad budżetem na bieżący rok. Od wyników tej debaty i od głosowania nad budżetem zależy los polskiej nauki. Apeluję, by zechcieli Państwo wziąć pod uwagę dramatyczną sytuację polskiej nauki. Pamiętajcie, że na nauce wiele zaoszczędzić się nie da, a zniszczyć ją można szybko i na długie lata.

Nie chcę zasypywać Państwa gradem liczb, dlatego posłużę się pojedynczym przykładem – sytuacją kierowanej przeze mnie placówki.

Czy Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika winno przetrwać? Nauka tu uprawiana reprezentuje poziom światowy. Można się o tym przekonać studiując prace zagranicznych uczonych, przeglądając programy konferencji naukowych, śledząc kariery wyrosłych z tego środowiska astronomów i fizyków, czy wreszcie zasięgając opinii światowych autorytetów. Nie boję się takiej oceny. Centrum jest także ośrodkiem uczestniczącym w szeroko rozumianej edukacji, poczynając od popularyzacji nauki i opieki nad utalentowaną młodzieżą licealną po kształcenie doktorów nauk fizycznych.

Dotacja budżetowa przyznana nam w ramach prowizorium wynosi 247 milionów złotych miesięcznie. To ponad trzy razy mniej niż postulował zatwierdzony przez KBN preliminarz i dwa razy mniej niż średnia dotacja w ubiegłym roku. A przecież wedle decyzji KBN, Centrum to placówka kategorii A!

W marcu musieliśmy wysłać pracowników na przymusowe urlopy. Dla wielu oznacza to tyle, że za tę samą pracę otrzymujemy połowę pensji. Pensji i tak upokarzająco niskiej. Miesięczne uposażenie profesora zwyczajnego w placówkach PAN wynosi około 2.4 miliona.

Te przymusowe urlopy okazały się konieczne mimo podjętych działań oszczędnościowych. Budynek Centrum Astronomicznego, zbudowany przy znacznej pomocy Narodowej Fundacji Naukowej Stanów Zjednoczonych, był naszą dumą. Miał służyć polskiej astronomii i fizyce. Miał gościć zagranicznych naukowców. Teraz większość pomieszczeń służyć będzie prywatnym firmom.

Trudności finansowe zmusiły nas do przerwania prac nad adaptacją gotyckiej kamieniczki na siedzibę naszej Pracowni Toruńskiej. Ten zabytek klasy I przekazały nam za znikomą opłatą władze miasta w 1987 roku. Remont, który pochłonął znaczne środki, znajduje się obecnie w końcowej fazie. Jeżeli nie zostanie skończony, pieniądze już wydane pójdą w błoto.

Rachunek za nieproporcjonalnie drastyczne oszczędności w wydatkach na naukę będą płaciły następne pokolenia. Przecież o tym jakie będzie ich życie, zadecyduje przede wszystkim poziom ich wykształcenia. System edukacji narodowej nie może działać w oderwaniu od badań podstawowych. Konieczną legitymację uprawniającą do kształcenia na najwyższym poziomie stanowi własny dorobek naukowy. Aby uczyć, trzeba samemu zajmować się nauką. Być może także, w co chciałbym wierzyć, dla przyszłych pokoleń nie będzie sprawą obojętną to, czy ich ojczyzna wnosić będzie wkład do światowej nauki. Odbudowywanie środowisk naukowych może zająć całe dekady. Nie niszczmy więc ich pochopnie dla znikomych oszczędności.

Wojciech Dziembowski
dyrektor Centrum

Warszawa, 22 III 1992.

W NUMERZE:

53 **Kosmiczne zegary Aleksandra WOLSZCZANA**

Spotkanie z odkrywcą pierwszych planet poza Układem Słonecznym. Rozmowa o planetach i nie tylko ...

Nieplanetarne modele dziwnego zachowania pulsara PSR 1257+12 przedstawiają ich autorzy, Janusz GIL (55) i Tomasz STĘPIŃSKI (58)

62 **Zmierzyć nieuchwytne (wszystko o czasie)**

Kazimierz M. Borkowski

Gdy mowa jest o czasie i jego pomiarach, pojawia się pragnienie podania jakiejś racjonalnej definicji. Niestety, na dobrą sprawę nie wiemy co się kryje za tym pojęciem. Ponieważ nie umiemy przemieszczać się w czasie, możemy zarejestrować tylko jeden raz dane zjawisko. Nie jest więc możliwe bezpośrednie porównanie dwóch interwałów czasu. Z tego powodu powtarzalność pomiarów, która jest podstawą nauk o mierzeniu (metrologii), nie stosuje się do samego czasu. Jednakże, chociaż oparta na intuicji, metrologia czasu dostarcza najprecyzyjniejszych wyników w pełni zgodnych z modelami fizycznymi.

69 **Misja COBE – odkrycie anizotropii kosmicznego promieniowania tła** *Krzysztof M. Górski*

26 kwietnia 1992, w trakcie wiosennego spotkania Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego w Waszygtonie D.C., obwieszczono długo oczekiwane odkrycie anizotropii w przestrzennym rozkładzie temperatury reliktowego promieniowania wypełniającego Wszechświat. Amplituda odchyleń od doskonalej izotropii wynosi około 30 mikrokelwinów. Znaczenie tego odkrycia jest fundamentalne.

73 TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A obserwuje

Młode gromady kuliste w galaktyce NGC 1275 (73); HD 140283 i skład chemiczny wczesnego Wszechświata (74)

76 **GRO – Obserwatorium Promieniowania Gamma**

Giovanni F. Bignami

Obserwatorium Promieniowania Gamma – Gamma Ray Observatory (w skrócie GRO), zostało umieszczone na orbicie za pomocą Promu Kosmicznego 5 kwietnia 1991 roku. Jest ono drugim z kolei wielkim obserwatorium orbitalnym wystrzelonym przez NASA w ostatnim dziesięcioleciu. Na jego pokładzie znajdują się cztery instrumenty, które dokonują badań przestrzeni kosmicznej w promieniowaniu gamma, z najwyższą czułością.

50 **List otwarty Wojciecha Dziembowskiego**

52 Umykające Fenomeny Obserwacyjne *Planety na letnim niebie 1992 roku*

75 Astronomia w szkole: **Jak spadać, aby mimo to nie spaść...**

87 **Listy Czytelników**

87 ***Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII?***

89 **W kraju...** *Planetarium Śląskie (89); Obserwacje pozycyjne w Chorzowie (91); Astronomia w KBN (93)*

94 **Esej, felieton:** *WIELKA WPADKA*

96 ***Polskie Towarzystwo Astronomiczne***

Umykające
Fenomeny
Obserwacyjne

Planety na letnim niebie 1992 roku

Kazimierz Schilling

Tegoroczne astronomiczne lato trwać będzie od 21.06. do 22.09. a ciepłe choć krótkie letnie noce sprzyjają patrzeniu w niebo. Prócz jasnych gwiazd, każdego roku mających taką samą konfigurację, uwagę przyciągną planety. Aby sprawdzić, które będą widoczne, zaglądamy do „Kalendarza Astronomicznego 1992" na str. 169 zeszytu 4/1991 *Postępów Astronomii.*

Do około 15.07. wieczorami, nisko nad zachodnim horyzontem widać będzie Merkurego – o jego wieczornej widoczności można przeczytać na str. 10 zeszytu 1/1992 *Postępów.* Poranna widoczność Merkurego przypadnie na okres od 10.08. do 10.09. Planeta będzie wtedy widoczna nad wschodnim horyzontem, rano przed wschodem Słońca. Najlepiej będzie ją widać w dniach 15-25.08. – maksymalne zachodnie oddalenie od Słońca (18 stopni) nastąpi 21.08. Jasność Merkurego wyniesie wtedy około 0 mag. Ze względu na to, że Merkurego zawsze widać na tle dość jasnego nieba, jego poszukiwaczom radzimy zaopatrzeć się w lornetkę.

Planeta Wenus o jasności –3.9 mag. (jaśniej świeci tylko Księżyc), całe lato pełnić będzie rolę gwiazdy wieczornej ale tylko teoretycznie, bo z jej zobaczeniem mogą być kłopoty. Zachodzić bowiem będzie krótko po Słońcu, mniej więcej z końcem cywilnego zmierzchu. Świecić więc będzie bardzo nisko nad zachodnim horyzontem, na tle jasnego jeszcze wieczornego nieba. Posiadaczom lornetek radzimy próbę odnalezienia Wenus w dzień (!) kilka stopni, a od sierpnia kilkanaście stopni, na wschód od Słońca.

Do około 20.08., w pierwszej połowie nocy, ozdobą nieba będzie Jowisz o jasności –1.8 mag. Świecąc 5 razy jaśniej niż Arktur i Wega, planeta wolno będzie wędrować przez południowo-wschodnią część Lwa, we wrześniu wchodząc w gwiazdozbiór Panny. Na początku lata Jowisz zachodzić będzie około północy, zaś w końcu sierpnia pod koniec cywilnego zmierzchu.

W drugiej połowie nocy, niebo będzie nam ozdabiał czerwony Mars. Na początku lata wschodzić będzie 2 godz. po północy, na początku sierpnia około północy, zaś pod koniec lata około godz. 23. Na tle gwiazd wędrować będzie przez Barana i Byka, pod koniec lata wchodząc w Bliźnięta. Jednocześnie jasność Marsa będzie wzrastać od +0.9 do +0.4 mag.

Ostatnia planeta widoczna gołym okiem to Saturn. Świecić będzie w Koziorożcu i razem z nim widoczny będzie nisko nad południowym horyzontem. Na początku lata Saturn będzie wschodził trochę przed północą a na początku sierpnia o zachodzie Słońca. W sierpniu i wrześniu o zachodzie Słońca będzie już nad horyzontem – na początku sierpnia widoczny będzie przez całą noc a z końcem lata zachodzić będzie około godz. 2 po północy. Jasność planety będzie się zmieniać od +0.5 na początku lata do +0.2 w połowie sierpnia i +0.4 mag. w końcu lata.

Warto jeszcze wspomnieć o planetach, których gołym okiem nie widać. Uran o jasności +5.6 (a więc na granicy widoczności gołym okiem) i Neptun o jasności +7.9, cały rok świecą w gwiazdozbiorze Strzelca i latem widoczne będą – oczywiście przez lunety – bardzo nisko nad południowym horyzontem. Zaś Pluton, będący teraz bliżej Słońca niż Neptun i mający jasność +14 mag., przez bardzo duże teleskopy może być dostrzeżony na granicy Wagi i Głowy Węża.

Prześledzimy teraz widoczność planet podczas jednej letniej nocy. Niech to będzie noc z 12 na 13 sierpnia. Prócz planet, gwiazd i Księżyca można wtedy zobaczyć „spadające gwiazdy" czyli meteory z roju Perseid. Ich radiant, czyli miejsce z którego zdają się wybiegać, leży na granicy Perseusza (stąd nazwa roju), Kasjopei i Żyrafy, czyli w tym obszarze nieba, który w Polsce nigdy nie zachodzi. Perseidy promieniują od około 23.07. do około 23.08., a maksimum – do 60 i więcej meteorów na godzinę – przypada właśnie na 12-13 sierpnia.

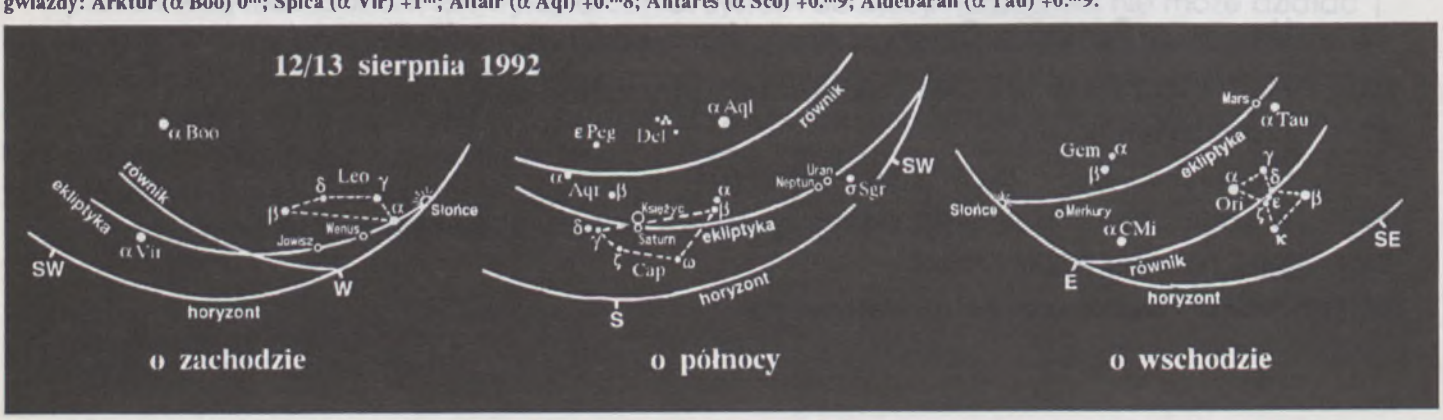
We środę 12.08., wieczorem o 19:20 wschodzi w Warszawie Księżyc a trochę później Saturn. Na wschodzie widać więc już naszego satelitę bliskiego pełni (przypada ona 13.08. w południe), zaś po przeciwnej stronie horyzontu widać jeszcze, chylące się ku zachodowi Słońce, które zachodzi w Warszawie o 20:07. Zaraz po zachodzie Słońca, nisko nad zachodnim horyzontem, na jasnym jeszcze niebie widać jaskrawą Wenus (–3.9 mag.) i bardzo jasnego Jowisza (–1.7 mag.). Wenus zachodzi około 40 min. a Jowisz około 1 godz. po Słońcu. Obydwie planety świecą we Lwie – 23.08. miną się na tle gwiazd w bardzo małej odległości.

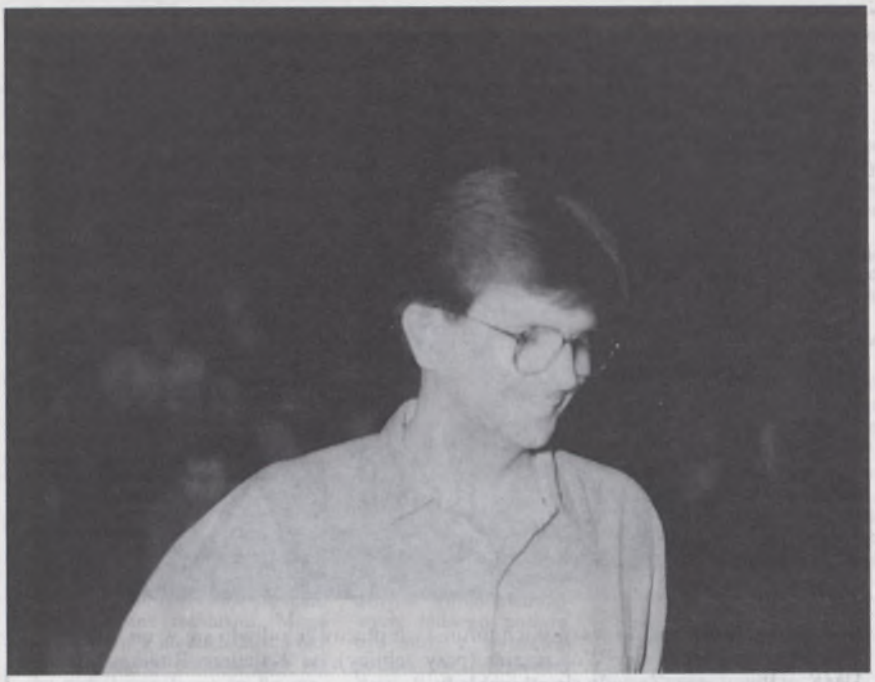
Po zachodzie Wenus i Jowisza niebo jest już na tyle ciemne, że można zacząć wypatrywać Perseid. W miarę upływu godzin ich radiant jest coraz wyżej nad południowo wschodnim horyzontem. Coraz wyżej nad horyzont wznosi się też niestety Księżyc, coraz bardziej rozświetlając niebo i „wygaszając" słabsze meteory.

Krótko przed północą, spod wschodnio-południowego horyzontu wychodzi Mars, zaś trochę po północy – już w czwartek 13.08. – górują (przechodzą przez południk) Księżyc i Saturn. Szybko przesuwając się na tle gwiazd – prawie pół zodiakalnego gwiazdozbioru na dobę – około godz. 3 Księżyc minie Saturna, przechodząc nad nim w odległości 10 swoich tarcz.

Około 4 nad ranem, nad wschodnim horyzontem, na jaśniejącym już niebie pojawia się Merkury o jasności tylko +1.8 mag. Saturn i Księżyc chylą się już wtedy ku zachodowi a radiant Perseid jest w okolicy zenitu. W całej krasie widać tylko czerwonego Marsa o jasności +0.7 mag. Świeci w Byku nad Aldebaranem (+0.9 mag.), którego minął 11.08. Nasza przykładowa noc kończy się o 5:16, bo wtedy wschodzi Słońce, całkowicie "gasząc" gwiazdy i planety. Na placu boju najdłużej pozostaje Księżyc, zachodzący o 5:19.

Położenie planet w nocy 12/13 sierpnia 1992 o zachodzie i o wschodzie Słońca oraz około prawdziwej północy słonecznej (około 1^h czasu letniego). Na horyzoncie zaznaczono kierunki stron świata: południowy (S), zachodni (W), południowo-zachodni (SW), wschodni (E) i południowo-wschodni (SE). Jaśniejsze gwiazdy: Arktur (α Boo) 0^m; Spica (α Vir) $+1^m$; Altair (α Aql) $+0.^m8$; Antares (α Sco) $+0.^m9$; Aldebaran (α Tau) $+0.^m9$.





Ta praca jest wielką przyjemnością – nie zamieniłbym jej na nic innego !

Pozdrowienia dla czytelników !
S. Wolszczan

Przed trzynastu laty, jeszcze jako studenci, słuchaliśmy jego wykładu. Rzecz jasna o pulsarach! Potem próbowaliśmy razem, w Obserwatorium w Piwnicach, uruchomić optyczne obserwacje pulsara w Krabie. Nawet coś tam z tego wychodziło, ale zabrakło „pańskiego oka"... Olek wyjechał. Słuch jednak o nim nie zaginął. Co rusz to ukazywały się jakieś jego prace naukowe, w znakomitych czasopismach i w doborowym towarzystwie! Kiedy zaczęliśmy redagować „Postępy", akurat odkrył szlagierowego, relatywistycznego pulsara podwójnego. Trudno było tego nie zauważyć i tak wznowiliśmy kontakty. No a potem to już były planety i... sława! Chociaż jest – co zrozumiałe – człowiekiem bardzo zajętym, napisał nam o tym parę słów do poprzedniego zeszytu. W maju, przy okazji wymiany jakichś informacji, z głupia frant zapytaliśmy, czy gdyby przyjeżdżał do Europy nie mógłby choć na parę dni odwiedzić Polski. Za dziesięć dni (!), od 26 do 29 maja mieliśmy już jednego z najsłynniejszych w tej chwili astronomów u siebie, w Toruniu! W ciągu tej krótkiej wizyty były spotkania z astronomami dawnych, macierzystych placówek naszego gościa, wykład dla całej społeczności akademickiej, kurtuazyjna wizyta u rektora UMK. Obejrzeliśmy również... spektakl teatru Cricot 2 Tadeusza Kantora. Zanotowane tutaj spostrzeżenia są czubkiem góry lodowej z licznych rozmów i dyskusji, które prowadziliśmy, uzupełniane fragmentami wykładów, małej konferencji prasowej i korespondencją. Toruńska wizyta Olka Wolszczana stanowiła ogromną korzyść naukową dla całego środowiska. Dla nas, była również dużą przyjemnością. Dziś dzielimy się nią z naszymi Czytelnikami.

Kosmiczne zegary Aleksandra WOLSZCZANA

Spotkanie z odkrywcą pierwszych planet poza Układem Słonecznym. Rozmowa o planetach i nie tylko...

– Już raz, po 20 sierpnia 1979 roku stałeś się człowiekiem z pierwszych stron gazet. Byłeś chyba jedynym zawodowym astronomem w Polsce, który widział przelatujące nad Toruniem... UFO. Czy sądziłeś, że po latach odkryjesz skąd ono przyleciało?

– Rzeczywiście, że też nikt sobie tego nie przypomniał! Ja sam też już zapomniałem. To był bardzo jasny bolid. Leciał na ogromnej wysokości, bo widoczny był w Czechosłowacji, w Polsce i chyba w Skandynawii. Fascynujące zjawisko! Obiekt musiał się rozerwać na wiele mniejszych kawałków, poruszających się po zbliżonej trajektorii i o niewielkich wzajemnych prędkościach. Pamiętam, że akurat wyszedłem na balkon w moim ówczesnym mieszkaniu w Toruniu i zupełnie oniemiałem: z północy na południe leciało coś co przypominało szereg jaskrawych punktów, połączonych jak gdyby zmieniającą się siateczką. Całe zjawisko trwało około dwudziestu sekund i znikło nad horyzontem. Wielu ludzi widziało w obiekcie kosmiczny... autobus, z okienkami, drzwiczkami etc. Zupełnie jak na filmie Mela Brooksa! Ale, że to może być UFO

Aleksander WOLSZCZAN studiował astronomię na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, gdzie rozpoczął pracę i uzyskał doktorat. Następnie był związany z toruńską Pracownią Astrofizyki Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN. W 1982 roku wyjechał na staż naukowy do Instytutu Radioastronomii Maxa Plancka w Bonn. Od ośmiu lat związany jest z ośrodkami amerykańskimi: Uniwersytetem Cornell zawiadującym największym na świecie, 300-metrowym radioteleskopem w Arecibo w Puerto Rico; Uniwersytetem Princeton, gdzie przez ostatni semestr wykładał i pracował; Uniwersytetem Stanowym w Pensylwanii, gdzie od sierpnia obejmuje stałą pozycję profesora. Jest jednym z najlepszych na świecie specjalistów w dziedzinie badania pulsarów, a zwłaszcza tzw. chronometrażu pulsarów.

z PSR 1257+12, nikt jakoś (na szczęście) nie skojarzył.

– Ale teraz już poważnie. Zacznijmy od spraw zupełnie elementarnych. A więc jak najkrócej wyjaśnić, co to są pulsary?

– Pulsary są szybko wirującymi gwiazdami neutronowymi. Są pozostałościami po wybuchach supernowych, końcowym etapem ewolucji bardzo masywnych gwiazd. Jest rzeczą nieco frustrującą, że do dziś nie w pełni rozumiemy mechanizm świecenia radiowego pulsarów, jednak doskonale nauczyliśmy się stosować je do badania innych zjawisk.

W najprostszy sposób rzecz traktując, są one szybko wirującymi dipolami magnetycznymi, przy czym pola magnetyczne są bardzo silne. W efekcie, kosztem energii rotacyjnej, cząstki powstające w pobliżu powierzchni pulsara są rozpędzane do relatywistycznych prędkości. Cząstki te poruszając się wzdłuż linii sił pola emitują stosunkowo wąskie, skolimowane wiązki promieniowania, w kierunkach określonych przez geometrię pola magnetycznego i na skutek wirowania gwiazdy neutronowej, w postaci ściśle okresowych impulsów, docierają do naszych radioteleskopów.

Istnieje klasa pulsarów, zwanych – z racji bardzo krótkich okresów – pulsarami milisekundowymi. Są to stare gwiazdy neutronowe, które po zaprzestaniu „pulsacji" są wskrzeszane w wyniku ewolucji w układzie podwójnym, mianowicie przyspieszenia ich rotacji wskutek akrecji materii i momentu pędu z ich towarzyszy.

– Twoja główna metoda badawcza to chronometraż?

– Tak. Obecność takich gwiazd neutronowych, manifestuje się w postaci pulsów radiowych. Pojawiają się one tak regularnie, że pulsary (szczególnie te o milisekundowych okresach) mogą służyć jako bardzo dokładne kosmiczne zegary, o dokładności porównywalnej z najlepszymi ziemskimi zegarami atomowymi. Ta zegarowa własność okazuje się nieocenioną w przypadku, kiedy chcemy stwierdzić obecność krążących wokół nich obiektów. Obserwuje się wówczas regularne odchylenia dokładnie mierzonych momentów nadejścia radiowych impulsów od momentów przewidywanych.

Używanie pulsarów jako zegarów, to może brzmi prosto, ale jest jednak skomplikowane dlatego, że trzeba usunąć cały szereg przyczynków pochodzących od naszego układu planetarnego i wprost od naszej Ziemi. Dopiero kiedy się to zrobi, można popatrzeć na dane obserwacyjne i powiedzieć, że cała reszta jest wynikiem tego co się dzieje wokół pulsara.

Wyobraźmy sobie pulsara w układzie podwójnym. Rzecz jasna i pulsar, i jego towarzysz krążą wokół wspólnego środka masy i rozmiary orbit zależą od tego jak masywne są te obiekty. Ważny jest pulsar, bowiem to on stanowi poruszający się zegar, który się obserwuje. Z dokładnością mikrosekundową rejestruje się momenty nadejścia emitowanych przez niego impulsów. Efekt podwójności tego układu objawi się w postaci sinusoidalnego (a raczej o kształcie wynikającym z kształtu orbity) residuum wokół przewidywanych momentów nadejścia impulsów. Bierze się to po prostu stąd, że pulsar okresowo znajduje się to bliżej, to dalej od obserwatora, co powoduje periodyczne opóźnienia lub przyspieszenia nadejścia impulsu w stosunku do czasu przewidywanego.

Spotkanie z astronomami wszystkich toruńskich placówek odbyło się w miejscu pierwszej pracy Aleksandra Wolszczana (przy tablicy), w Katedrze Radioastronomii UMK w Piwnicach. Zaczęło się od wykładu.

– Jak wyglądają same obserwacje?

– Obserwacje nie zajmują specjalnie dużo czasu. Nie ma potrzeby obecności przy teleskopie. Można być oddalonym o tysiące mil i prowadzić obserwacje łącząc się i sterując teleskopem przy pomocy komputera. To nie jest aż tak pracochłonne. Natomiast analiza obserwacji i ich interpretacja jest czasochłonna. Trzeba umieć zinterpretować to co się widzi. Można bardzo łatwo przeoczyć coś, co dla kogoś innego byłoby oczywiste. Bardzo często interesujące odkrycia nie mają miejsca tylko dlatego, że ktoś coś przegapił.

– Ale ty nie przegapiłeś!

– Jest to wciąż tylko bardzo prawdopodobne, ale nie na 100% pewne, odkrycie obiektów, które można nazwać planetami. Fascynacja możliwością, że istnieją inne układy planetarne jest chyba zupełnie oczywista i jest to pytanie, którym właściwie każdy się interesuje, niezależnie czy jest związany z astronomią, czy nie. Tak więc, znalezienie na nie pozytywnej odpowiedzi, od razu ma poważne konsekwencje, ponieważ określa, iż w pewnym sensie nie jesteśmy sami. Oczywiście nie mam na myśli ludzików z antenkami na głowach i zielonymi twarzami, tylko po prostu fakt, że są inne planety, nasz Układ Słoneczny nie jest już ten jedyny.

Inna sprawa, że planety zostały znalezione w systemie związanym z obiektem, który nie ma nic wspólnego z gwiazdami, wokół których w zasadzie chcielibyśmy je odkryć, a więc gwiazdami podobnymi do naszego Słońca. Od bardzo dawna wokół takich gwiazd – podobnych do naszego Słońca – poszukuje się układów planetarnych. Tymczasem największą niespodzianką jest to, że planety krążą wokół gwiazdy neutronowej, a więc obiektu, który swoją gwiazdową przeszłość ma dawno za sobą i w dodatku przeżył kataklizm w postaci wybuchu supernowej.

– Można być tysiące mil od Puerto Rico i prowadzić obserwacje, ale w tym przypadku jednak miało znaczenie, że byłeś na miejscu. Odkryłeś planety zepsutym teleskopem!

– To było potem, po wielu miesiącach chronometrażu. Odkrycie planet było w pewnym sensie przypadkowe! To było nie to, czego szukałem. Tego szukali inni! Bardzo często się zdarza, że odkrycia robi się przypadkowo. Trzeba jednak być do takich niespodzianek dobrze przygotowanym. Okoliczności tego odkrycia bardzo dobrze ilustrują, jak splot logicznych przesłanek, przypadku i wnikliwej analizy prowadzi czasem do interesujących wyników.

Na początku 1990 roku radioteleskop w Arecibo zepsuł się. Awaria była na tyle poważna, że trzeba było zawiesić normalną działalność. Działalność ta polega na tym, że teleskop pracuje 24 godziny na dobę, jest obłożony projektami obserwacyjnymi i nie ma chwili czasu na wytchnienie. Naprawa teleskopu miała potrwać, według wstępnych ocen, od 3 do 4 tygodni. Niemniej jednak teleskop był w dalszym ciągu używalny w ograniczonym zakresie, takim że wykluczało to realizację normalnych projektów, przygotowanych przez użytkowników z zewnątrz. Ale my, pracujący na miejscu lokalni astronomowie, mogliśmy próbować coś tym teleskopem robić. Zostaliśmy poproszeni o to żeby wymyśleć programy obserwacyjne, które pozwoliłyby używać teleskop, pomimo jego bardzo ograniczonych możliwości.

Wpadłem na pomysł zrobienia czegoś, co w normalnych warunkach byłoby trudne do urzeczywistnienia. Była to próba poszukiwania milisekundowych pulsarów poza płaszczyzną Drogi Mlecznej, gdzie ich obecność była problematyczna. Innymi słowy przypuszczałem, że jest ich znacznie więcej niż sądzono do tej pory, w związku z czym można się ich spodziewać również w bezpośrednim otoczeniu Słońca, a więc w kierunkach nie pokrywających się z płaszczyzną Galaktyki.

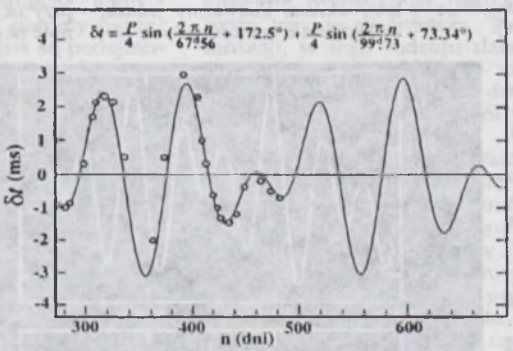
Precesja – TAK! Planety – NIE?

Janusz A. Gil

Ostatnio wszystkie światowe pisma zajmujące się popularyzacją nauki doniosły o odkryciu pierwszego pozasłonecznego układu planetarnego. Również Postępy Astronomii (1/92, str. 2) zamieściły artykuł samego autora tego odkrycia – Aleksandra Wolszczana. Twierdzi on, że dwie lub trzy planety orbitujące wokół pulsara PSR 1257+12 (również przez niego odkrytego) są najbardziej sensownym wyjaśnieniem okresowości obserwowanych w chronometrażu tego obiektu. Warto jednak podkreślić, że nie jedynym! Istnieje szansa, że Wolszczan straci oba punkty w meczu, w którym prowadzi 2:0.

Chronometraż pulsarów polega na porównaniu przewidywanych momentów pojawienia się impulsów z momentami obserwowanymi. Gdybyśmy dysponowali idealnym modelem rotacyjnym pulsara, tzn. znali dokładnie jego okres, tempo zmian okresu dP/dt, pozycję pulsara oraz tempo jej zmian (czyli ruchy własne), wtedy różnica między przewidywanymi, a obserwowanymi momentami pojawienia się pulsów powinna wynosić zero. W praktyce jednak prawie zawsze obserwuje się małe różnice zwane residuami. Mogą one wynikać z niedokładności określenia pozycji pulsara, jego ruchu wokół wspólnego środka masy w układzie podwójnym lub wielokrotnym, wreszcie z niestabilności rotacyjnej samej gwiazdy neutronowej.

W przypadku PSR 1257+12, Wolszczan zaobserwował residua o okresowym charakterze oraz amplitudzie bliskiej połowie okresu pulsara $P = 6.2$ ms, co zostało szczegółowo opisane w słynnej już pracy Wolszczana i Fraila w styczniu tego roku (*Nature* 355, 145). Inaczej mówiąc, po ponad rocznej wędrówce przez przestrzeń międzygwiazdową impulsy tego pulsara pojawiają się około 3 ms za wcześnie lub za późno w odniesieniu do przewidywanych momentów przyjścia. Zdaniem Wolszczana efekt ten można wyjaśnić istnieniem dwóch planet o okresach orbitalnych 66.6 oraz 98.2 dni oraz niewielkim błędem określenia pozycji pulsara. Planety powodują oscylacyjny ruch pulsara, który zrzutowany na kierunek obserwacji obserwuje się jako periodyczne zaburzenia momentów przyjścia o łącznej amplitudzie około 2.8 ms. Natomiast niedokładność pozycji generuje składową sinusoidalną o okresie jednego roku i amplitudzie około 0.3 ms. Jest też możliwe, że pozycja pulsara jest dokładna, ale w układzie znajduje się trzecia planeta orbitująca wokół pulsara z okresem około jednego roku.



Mała wartość kąta δ powoduje, że residua fazowe można opisać prostym modelem, reprezentowanym przez powyższą formułę. Wartości okresów i przesunięcia fazowe zostały dopasowane do pierwszej serii obserwacji Wolszczana.

Byłoby to jednak bardzo dziwne. Wyobraźmy sobie bowiem układ planet o masach, odległościach od pulsara oraz ekscentryczności orbit tak szczęśliwie dobranych, że związane z tym perturbacje grawitacyjne wywołują residua o amplitudzie prawie, jeśli nie dokładnie równej połowie okresu pulsara. Zastanówmy się więc, czy nie można efektu chronometrażowego zaobserwowanego przez Wolszczana wyjaśnić bez uciekania się do, skądinąd bardzo atrakcyjnej, hipotezy planetarnej. Innymi słowy, czy nie istnieją jakieś inne periodyczne procesy, które mogłyby okresowo modulować pojawienia się impulsów pulsara.

Dosyć oczywistym periodycznym efektem, którego należałoby się spodziewać po szybko rotujących i masywnych bąkach, jakimi są gwiazdy neutronowe, jest precesja. Niestety dotychczas nie dostrzeżono jej efektów w danych chronometrażowych żadnego pulsara, być może z wyjątkiem pulsara w Mgławicy Krab. Wolszczan odrzucił precesję jako mechanizm wywołujący obserwowany przez niego efekt z uwagi na stabilność profilu jego pulsara. Profil ten jest niezwykle szeroki, zajmujący prawie 1/3 okresu, czyli około 120°. Można w nim wyróżnić dwie składowe, których maksima oddalone są od siebie tylko o 20°. Wielkości te nie zmieniają się od momentu odkrycia PSR 1257+12, co rzeczywiście nie zachęca do poważnego rozważania precesji jako czynnika modulującego momenty nadejścia sygnałów. Na jej korzyść natomiast świadczy amplituda residuów, bliska połowie okresu pulsara. Takiej amplitudy należy się spodziewać, jeśli wiązka pulsara jest szeroka, a oś rotacji i oś magnetyczna (która jest osią symetrii wiązki), nie są zbytnio rozchylone. Konfigurację tego typu sugeruje analiza kształtu profilu.

Nie wdając się w szczegółowe rozważania geometryczne, powiedzmy, że prawdopodobnie kąt rozwarcia wiązki wynosi $\alpha = 17°$, kąt nachylenia osi magnetycznej do osi rotacji $\theta = 20°$, a kąt podejścia obserwatora do osi magnetycznej $\sigma = -5°$. Wynika stąd, że średni polaryzacyjny kąt pozycyjny powinien wykonywać szybką rotację w centrum profilu, o maksymalym gradiencie $d\psi/d\phi = \sin(20°)/\sin(-5°) = -4$ deg/deg. Niestety pomiary polaryzacyjne nie zostały do tej pory wykonane i nie można tej prawdopodobnej konfiguracji geometrycznej na razie zweryfikować.

Swobodna precesja osi rotacji mogłaby być powodowana asymetrią kształtu gwiazdy neutronowej. Odkształcenia od idealnej symetrii sferycznej mogą być skutkiem oddziaływania silnego pola magnetycznego ze zjonizowanymi atomami żelaznej skorupy pulsara. Energia zawarta w polu magnetycznym $B = 8.8 \times 10^6$ G może odkształcić atomy żelaza w kierunku pola o $dR = 10^{-3}$ cm, czyli około 10^{-9} promienia gwiazdy neutronowej. Ponieważ moment bezwładności $I = (2/5)\,MR^2$, zatem zmiana dI odpowiadająca dR może spowodować precesję o okresie $P_1 \sim PI/dI \sim 10^9\,P$, czyli około 100 dni przypadku PSR 1257+12.

Drugim oczywistym efektem, którego należy się spodziewać, jest precesja osi magnetycznej, która określa kierunek wiązki pulsara. Ponieważ skorupa pulsara jest tylko częściowo związana z nadciekłym jądrem neutronowym, powinna ona rotować nieco wolniej niż wnętrze gwiazdy neutronowej. Okres tej precesji można oszacować ze stosunku momentu bezwładności skorupy do całkowitego momentu bezwładności $I_{sk}/I \sim P/P_2$. Całkiem realistyczne rachunki dają znowu $P/P_2 \sim 10^9$. Tak więc na miliard obrotów pulsara, skorupa wraz z osią magnetyczną dokonuje jednego obrotu wokół osi rotacji. Kąt precesji osi magnetycznej jest równy $\theta = 20°$, natomiast kąt precesji δ osi rotacji musi być mały, aby ewentualne zmiany kształtu profilu nie przekraczały kilku procent. Kąt ten można oszacować posługując się wartościami ekscentryczności orbit hipotetycznych planet Wolszczana, $e \sim 0.02$. Faktycznie $\delta/\theta \leq 0.02$, skąd wynika, że kąt precesji osi rotacji δ powinien być mniejszy od około 0.4°. Tak więc jedynym istotnym efektem precesji osi rotacji jest jeden dodatkowy obrót pulsara na około miliard obrotów, wynikający z wartości okresu pulsara P i jego pochodnej dP/dt. Dochodzimy więc do całkiem naturalnego modelu, w którym oś rotacji wykonuje niewielką precesję o okresie rzędu 100 dni oraz oś magnetyczna dokonuje precesji wokół chwilowej osi rotacji, z okresem również około 100 dni. Nietrudno zauważyć, że może to wywołać efekty chronometrażowe podobne do tych, które zaobserwował Wolszczan (rysunek).

Jak widać, z matematycznego punktu widzenia model ten jest identyczny z modelem planetarnym, w którym dwa, prawie kołowe ruchy orbitalne rzutujemy na kierunek obserwacji. Na szczęście modele te są fizycznie odróżnialne. Grawitacyjne perturbacje orbit planet o współmiernych okresach powinny się uwidocznić jako rezonanse w pomiarach chronometrażowych w ciągu najbliższych kilku lat. Jeśli jednak ten test nie potwierdzi istnienia planet, wtedy pewnie zwrócimy się ku alternatywnemu modelowi, który – w zarysach – starałem się tu przedstawić. Wydaje się, że model ten może być również testowany obserwacyjnie. Gradient polaryzacyjnego kąta pozycyjnego powinien wykazywać subtelne zmiany periodyczne o amplitudzie określonej przez $d\psi/d\phi = \sin 20°/\sin(-5° \pm 0.4°)$ i okresie P_1. Zaobserwowanie tego efektu może być trudne, ale z pewnością możliwe za kilka lat.

Wszyscy zapewne chcielibyśmy aby planety Wolszczana zostały potwierdzone. Byłoby to odkrycie niezwykłej wagi, zarówno z astrofizycznego jak i filozoficznego punktu widzenia, godne najwyższego uznania. Jeśli planety rzeczywiście istnieją wokół pulsarów milisekundowych, to pewnie będziemy znali więcej takich obiektów, zanim test rezonansowy będzie mógł definitywnie rozstrzygnąć o ich realności. Jeśli jednak efekty precesyjne udają planety, przypadek PSR 1257+12 może na długo pozostać unikalnym. Wynika to z faktu, że precesja osi rotacji jest bardzo mała i może się uwidocznić w danych chronometrażowych tylko wtedy kiedy osie magnetyczna i rotacji są prawie równoległe, a to może zachodzić tylko w nielicznych przypadkach.

Nieco przedwczesne ogłoszenie o odkryciu planety przez Lyne'a i jego grupę miało zapewne wpływ na odkrycie dokonane przez Wolszczana. Oczywiście Wolszczan był znacznie ostrożniejszy od swoich poprzedników i lepiej uzasadnił swoją planetarną interpretację. Miejmy więc nadzieję, że nie będzie musiał jej odwołać. A nawet gdyby, to przecież odkrył on realny efekt, niezależnie od tego czy są to planety, czy skomplikowane ruchy wywołane precesją. A może odkrył i jedno i drugie?

Janusz Gil jest współorganizatorem i dyrektorem Centrum Astronomii przy WSP w Zielonej Górze, specjalistą w dziedzinie astrofizyki pulsarów. Obecnie jest stypendystą Fundacji Humboldta w Instytucie Radioastronomii Maxa Plancka w Bonn.

Ponieważ na podstawie poprzednich doświadczeń przewidywana szansa sukcesu wydawała się znikoma, trudno byłoby dostać czas na teleskopie w ramach normalnej procedury, a więc pisania projektu, który przechodzi przez system surowych recenzji. Recenzenci decydują wtedy czy i ile czasu obserwacyjnego się otrzymuje. Tym razem powstała unikalna sytuacja, żeby taki ryzykowny projekt zrealizować bez pytania kogokolwiek „czy można?". Wyszło to nadspodziewanie dobrze!

W wyniku tych obserwacji znalazłem dwa nowe pulsary. Okazało się, że wokół jednego z nich krążą co najmniej dwie planety. Drugi jest w tej chwili najdokładniejszym próbnikiem teorii grawitacji. Trudno sobie wyobrazić, przynajmniej w moim mniemaniu, lepsze żniwo takiego dziwnego splotu przypadków.

Ilustruje to słuszność przesłanki o znacznie większej liczebności pulsarów jak też potęgę teleskopu w Arecibo. Odkryto nim dotąd 8 pulsarów milisekundowych w dysku Galaktyki, spośród wszystkich 9 znanych takich pulsarów poza gromadami kulistymi.

– A ile z nich ty odkryłeś?

– Na mnie przypadają dwa, nie licząc PSR 1534+12, tj. relatywistycznego układu podwójnego, który nie jest „klasycznym" pulsarem milisekundowym. W gromadach kulistych znanych jest około 30 pulsarów (z tego 10 w 47 Tuc i 8 w M 15). W tym przypadku maczałem palce w 10 czy 11 z tych odkryć. Jednakże, miejsca na niebie gdzie odkryłem owe dwa pulsary to bardzo ważny wynik, który w powszechnej opinii jak gdyby blednie przy planetach, ale astronom nie może go przegapić. A mianowicie, że pulsarów musi być znacznie więcej niż sądzono i można

Nie ma na świecie pisma, które by bardziej niż Postępy Astronomii, życzyły naszym Kolegom, polskim astronomom, powodzenia i sukcesów. Tym razem zdarza się sytuacja wyjątkowa: NIE ŻYCZYMY SUKCESU nieplanetarnym modelom zaproponowanym dla wyjaśnienia obserwacji pulsara PSR 1257+12 przez Janusza Gila oraz (wspólnie z A. Dołginowem) Tomka Stępińskiego. To jednak wspaniałe, że obaj przysłali nam teksty na temat swoich hipotez! Dla wątpiących jeszcze w realność odkrycia Wolszczana astronomów, wnikliwa analiza tych tekstów będzie chyba najlepszą z możliwych rekomendacją ... planet. Wszyscy Czytelnicy mogą być świadkami jak najbardziej autentycznej dyskusji naukowej na temat jednego z najbardziej fascynujących odkryć ostatnich lat.

Planety – TAK!

Po odkryciu tej klasy, co odkrycie planet, zazwyczaj przez najbardziej prestiżowe periodyki naukowe, przetacza się lawina publikacji, w których autorzy prześcigają się oryginalnością pomysłów i hipotez, popisują znajomością fizyki, a czasem tylko zwykłą elokwencją. Recenzenci dopuszczający te prace do druku, przejawiają na ogół duży respekt do wagi poruszanego tematu i ulegają nerwowej atmosferze Wielkiego Wyścigu na zasadzie „a nuż coś w tym jest". Tak było choćby po odkryciu neutrin z supernowej w Wielkim Obłoku Magellana, kiedy to przypadło co najmniej kilkadziesiąt publikacji na jedną zarejestrowaną cząstkę i to w bardzo krótkim czasie!

Tymczasem, po odkryciu Wolszczana, w zasadzie ... cisza! No może niezupełnie. W bardzo krótkim czasie po słynnej pracy Wolszczana i Fraila, ukazują się w *Nature* dwie prace różnych grup autorów o charakterze niemal czysto ślusarsko–niebieskim (to bardziej pieszczotliwe określenie mechaniki nieba). Wykorzystując współmierność 3:2 okresów orbitalnych planet Wolszczana, przewidują oni szybkie i mierzalne w ciągu 2–4 lat zmiany ich elementów orbitalnych. Jak się więc wydaje sprawa jest niezmiernie prosta – wystarczy poczekać! I większość czeka. Po tym czasie powinniśmy wiedzieć właściwie na pewno, że to są planety albo... No właśnie, margines na to „albo" wykorzystują dwaj polscy astrofizycy i tworzą jedyne chyba do tej pory modele alternatywne do interpretacji planetarnej.

Modele zostały przedstawione na specjalnej konferencji poświęconej planetom wokół pulsarów. Poprosiliśmy obu autorów o napisanie krótkich tekstów na ten temat. Obaj potraktowali sprawę bardzo poważnie, a my korzystając z PRZYWILEJU, że *Postępy Astronomii* to jednak nie *Nature* drukujemy je niemal bez zmian na sąsiednich stronach.

Obydwa modele są właściwie bardzo podobne i zakładają istnienie zwyczajnej precesji wywołanej asymetrią skorupy pulsara oraz (ponieważ planety są dwie!) dodatkowo obrotu skorupy, wywołanej oddziaływaniem (tarciem) między skorupą i nadciekłym jądrem gwiazdy neutronowej.

Jeżeli chodzi o klasyczną precesję skorupy, każdy z autorów w czym innym doszukuje się źródeł niezbędnej asymetrii. Janusz Gil rozważa odkształcenia skorupy przez pole magnetyczne. Tomasz Stępiński dywaguje na temat „trzęsień" pulsara (wydawałoby się, że takie procesy powinny raczej przywracać symetrię zgodną z aktualną wartością momentu pędu). J. Gil uczciwie przyznaje, że właściwie nie zaobserwowano do tej pory precesji żadnego pulsara.

Następnie, obaj autorzy dopatrują się „pływania" skorupy wraz z biegunami magnetycznymi po powierzchni nadciekłego jądra, przy czym Januszowi Gilowi wystarcza, że jądro rotuje odpowiednio szybciej niż skorupa, a Tomek Stępiński domaga się jeszcze nachylenia osi rotacji jądra i skorupy. Zupełnie kuriozalny wydaje się uzyskany przez tego ostatniego (jeśli nie ma pomyłki w nadesłanym tekście) wynik, że osie te są ... prostopadłe (sic!). Autor sam zauważa jednak, że tarcie między skorupą i jądrem raczej w szybkim czasie (pulsary milisekundowe są bardzo stare) powinny likwidować precesje obydwu rodzajów!

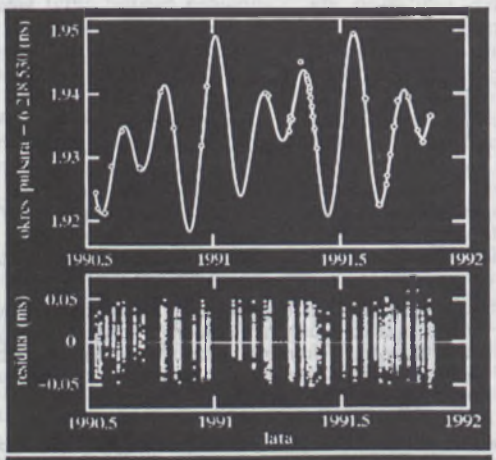
Janusz Gil wywodzi okres tej drugiej precesji ze stosunku momentów bezwładności skorupy i całego obiektu. Budzą jednak wątpliwości owe „całkiem realistyczne rachunki", gdyż zdają się wymagać masy i grubości skorupy trudnej do zaakceptowania we współczesnej teorii budowy gwiazdy neutronowej.

Każdy z autorów dodatkowo domaga się spełnienia specjalnych warunków geometrycznych, co ma jednocześnie wyjaśniać, że obserwujemy tylko jednego pulsara z takim dziwnym chronometrażem. Dipol magnetyczny pulsara Stępińskiego powinien wirować prostopadle do kierunku do obserwatora (tak by mogły być widoczne błyski z obu biegunów magnetycznych), a pulsar Gila wprost przeciwnie: zarówno oś rotacji jak i oś magnetyczna musiałyby być skierowane w kierunku obserwatora. W tym drugim wypadku, wynika to z – oryginalnego zresztą – spostrzeżenia autora, że residua mogą osiągnąć wtedy wartość bliską połowy okresu. Zauważmy jednak, że faktycznie wartość połowy okresu osiągają one dopiero po dodaniu trzeciej (wciąż niepewnej) planety. Ta trzecia planeta wydaje się już w ogóle nie do przełknięcia w żadnym z modeli nieplanetarnych.

Dziwnie również wygląda dopasowanie zrobione przez Janusza Gila. Wychodząc z założenia, że residua osiągają połowę okresu, dzieli ten odcinek czasu solidarnie na połowę (czyli $P/4 \approx 1.55$ ms, podczas gdy planety Wolszczana dają zrzutowane wartości wielkich półosi orbity pulsara równe odpowiednio 1.31 i 1.41 ms świetlnej) i dopasowuje częstości i przesunięcia fazowe dwóch sinusoid. Oczywiście w wyniku dostaje okresy planet Wolszczana, tylko mniej dokładnie! Jeszcze dziwniejsze są wyniki uzyskane przez Tomka Stępińskiego, gdzie otrzymane okresowości precesji i obrotu skorupy względem jądra wynoszą odpowiednio 205 i 428 dni, a więc okresowości FAKTYCZNIE obserwowane muszą być skomplikowanym sprzężeniem tych ostatnich z okresem pulsara.

Wreszcie bardzo trudno podzielić optymizm obydwu autorów, że „zgodność [ich] modeli jest praktycznie taka sama jak dla modelu planetarnego". Dla porównania z modelem Stępińskiego i Dołginowa Czytelnikowi wystarczy zapewne jeden rzut oka na pokazany obok rysunek zmian okresu z pracy Wolszczana i Fraila. Warto przy okazji zaznaczyć, że zmienność okresu jest raczej „ilustracją" niż wynikiem: okres mierzy się znacznie mniej dokładnie niż residua. Natomiast na rysunku prezentowanym przez Janusza Gila, wiele residuów posiada odchyłki od proponowanego modelu przekraczające 0.1–0.2 ms, podczas gdy tylko kilka z ponad czterech tysięcy (!) oryginalnych obserwacji Wolszczana (rysunek) ledwie przekracza 0.05 ms przy dopasowaniu do modelu planetarnego! Odchyłki w modelu planetarnym praktycznie pokrywają się z ograniczeniem stosowanej metody.

Najprawdopodobniej obydwa nieplanetarne modele są złe. Ale taka właśnie jest prawdziwa nauka. Posługując się słowami samego odkrywcy PSR 1257+12 „naprawdę trudno sobie wyobrazić mechanizm, który by tak doskonale udawał planety – przyroda nie jest aż tak złośliwa!". (m)



U góry, zmiana okresu PSR 1257+12 z dopasowanym modelem planetarnym – porównaj z rysunkiem na str. 59. Poniżej, residua dla momentów nadejścia impulsów w modelu planetarnym – porównaj z rysunkiem na str. 55. (wg pracy Wolszczana i Fraila, *Nature* 355, 145)

ich spodziewać się wszędzie, tzn. i w bezpośrednim otoczeniu Słońca, czyli we wszystkich kierunkach na niebie.

– Czyli dwa pulsary, a trzy ważne odkrycia: planety, próbnik teorii grawitacji i że pulsarów musi być „wszędzie pełno". Poszukiwania trwają?

– I to dosłownie na całym niebie! Do tego stopnia, że trzeba było podzielić niebo na poletka przypisane poszczególnym astronomom, czy grupom badaczy. I trzeba bardzo uważać, żeby nie odkryć czegoś na poletku sąsiada, bo bywają straszne awantury z tego powodu.

– Ludzi zapewne będzie interesowało jak nazwałeś swoje planety?

– Co za problem? A i B! Najpierw trzeba dowieść, że one na pewno istnieją. Poza tym nie bardzo wiadomo kto ma je nazwać. A i B, to jest świetne techniczne podejście, no i upraszcza sprawę.

– Jest jeszcze planeta C?

– Ilość tych planet określiłbym na, powiedzmy, 2+. Tzn. dwie z całą pewnością. Nie ma powodu aby sądzić, że nie ma ich więcej. Jest podejrzenie, że istnieje trzecia, ale to jeszcze wymaga nieco pracy. Jej okres obiegu jest bliski jednego roku, a więc bliski okresowi obiegu Ziemi wokół Słońca. Ponieważ jednak wynikająca z chronometrażu pozycja pulsara po dopasowaniu dwóch planet, różni się nieco od tej zmierzonej na VLA, istnienie tej trzeciej planety (jeśli pozycja VLA jest dobra) jest dość prawdopodobne. Ale tu zbyt wkraczamy w szczegóły techniczne. Jest to jeden z powodów, dla którego ten system musi być obserwowany cały czas. Przez wiele lat! Kto wie, czego jeszcze tam się dogrzebiemy.

– Czytelnicy zapewne chcieliby te planety zobaczyć...

– Być może nigdy tych planet nie zobaczymy, ale niekoniecznie! To jest dość odległy układ, ale być może nie jest aż tak daleko, żeby nie można było zobaczyć tych planet w podczerwieni. Jeżeli pulsar skutecznie podgrzewa planety, mogłyby one emitować wtórne promieniowanie, tak jak planety naszego Układu. W tej chwili już są podejmowane próby detekcji emisji podczerwonej z tego układu przy pomocy wielkich teleskopów. To byłoby fantastyczne!

– Olku, a więc sukces! Spektakularne odkrycie, o którym każdy marzy. Jak to wpłynęło na twoje życie?

– Staram się bronić przed wpływem tego wydarzenia na moją psychikę. To odkrycie jest w pewnym sensie kulminacją 10 lat mojej pracy, tam, w Ameryce. Wiele się zmieniło w moim światopoglądzie w ciągu tych 10 lat. Jednakże rzeczywiście, mój tryb życia musiał się zmienić w ciągu ostatnich miesięcy. Jest to nawet denerwujące. W ciągu ostatnich paru miesięcy nie byłem w stanie zrobić nic, co – według swoich dotychczasowych kryteriów – uznałbym za naprawdę pożyteczne. Głównie jeździłem po Stanach. Musiałem zająć się propagandą tego odkrycia. Jest ona ważna nie tyle osobiście dla mnie, co w ogóle dla nauki, dla mojego macierzystego Uniwersytetu Cornell, dla teleskopu Arecibo. Ta propaganda już bardzo pomogła w finansowaniu szeregu nowych projektów. Tak więc zwiedzałem Amerykę i wygłaszałem w różnych ośrodkach referaty. Mam się chwalić?

– Jasne!

– No i znalazłem – bez żadnych trudności – nową, stałą pracę. Jest to dokładnie to, co chciałem! Jak wiecie, w warunkach amerykańskich znalezienie stałej posady profesorskiej na uniwersytecie nie jest w sprawą łatwą.

– Ktoś mógłby pomyśleć, że okupiłeś to dziesięcioma latami ciężkiej pracy?

– Stanowczo protestuję przeciwko takiemu określeniu. Ja bym raczej powiedział: będące wynikiem wielu lat pracy. Na pewno nie można mówić o „okupieniu". To brzmi cierpiętniczo i katorżniczo i nie ma nic wspólnego z nauką. Zapewniam wszystkich, że ta praca jest naprawdę wielką przyjemnością!

– Więc czym dla ciebie jest uprawianie nauki?

– Jest to po prostu fascynująca przygoda intelektualna. Dlatego staram się przebywać w pobliżu dużych teleskopów i dużych komputerów. Tam jest największa szansa natknięcia się na coś, co naprawdę jest dużą przygodą. Marzenie o odkryciu czegoś nowego na niebie, było dla mnie zawsze czymś zupełnie niesamowitym. Chyba każdy coś takiego przeżywa. Spogląda czasem na niebo i myśli: co by było, gdybym ja właśnie, coś tam nowego znalazł? To jest naprawdę bardzo duże przeżycie i chociażby ze względu na to nie zamieniłbym się na nic innego!

– Czy w związku z tym mógłbyś podać jakąś receptę na sukces? A więc, czy to jest tylko szczęście, pracowitość... Co to jest?

– Absolutnie nie czuję się kompetentny do odpowiadania na tak postawione pytanie. Jeśli recepta taka w ogóle istnieje, jest to mieszanina wielu czynników: szczęścia, trochę przypadku... Nie wierzę jednak aby samo szczęście decydowało. Trzeba mu pomóc! Szczęściu trzeba pomóc na różne sposoby. Trzeba dużo pracować, to jest pewne. Pracować od ósmej do czwartej, po czym całkowicie zapominać o tym co się robiło, jest z całą pewnością o wiele za mało. Mieć oczy i uszy szeroko otwarte, jest rzeczą ważną. Mieć giętki umysł, który jest przygotowany na coś zupełnie niezwykłego, jest rzeczą być może jeszcze ważniejszą. Pewna doza fantazji, w tego rodzaju działalności – jeśli nie jest przesadzona – może z całą pewnością odegrać bardzo dużą rolę.

– A więc trzeba też umieć ryzykować?

– Przesadny konserwatyzm w nauce jest bardzo szkodliwy, ale z drugiej strony oddanie się fantazjom w sposób przesadny, jest równie szkodliwe. Trzeba szukać kompromisu i w sytuacji takiej, jak np. ta o której mówimy, należy spędzić dość czasu, ażeby przynajmniej samego siebie i być może najbliższe otoczenie przekonać, że to co się obserwuje ma sens i interpretacja tych obserwacji ma sens. Ale nie za dużo czasu! W pewnym momencie trzeba podjąć ryzyko podania tego do wiadomości publicznej. Każdy, kto zajmuje się nauką, styka się z tym problemem. Oczywiście zdawałem sobie sprawę, że w tym wypadku odpowiedzialność była naprawdę bardzo duża. W końcu ogłosić w świecie astronomicznym i właściwie szerszym niż astronomicznym, że się odkryło planety... to się nie zdarza codziennie! Trzeba być naprawdę bardzo ostrożnym. Ale przychodzi taka chwila kiedy wszystko co w danym momencie można zrobić zostało zrobione i trzeba się zdecydować. Tak to funkcjonuje. Trzeba wziąć na siebie wszystkie konsekwencje, także takie jak ta wizyta u was. Zresztą nie spodziewałem się, że będę w Polsce aż tak szybko.

– No właśnie, przecież poszukiwanie planet obfituje w całe mnóstwo fałszywych alarmów.

– Zainteresowanie istnieniem planet było zawsze bardzo duże. W dawnych czasach bardzo ekscytującym wynikiem były obserwacje astrometryczne bliskiej Słońca gwiazdy, tzw. Gwiazdy Barnarda. Po wielu latach obserwacji i dyskusji okazało się, że wykryte w jej ruchu własnym periodyczności pochodzą od instrumentu, a nie od gwiazdy. Niedawno odkryto bezpośrednio (obraz dwuwymiarowy) dysk – prawdopodobnie protoplanetarny – wokół słynnej już z tego powodu gwiazdy, β Pictoris. Być może właśnie w takich dyskach, w wyniku ewolucji kondensują się planety. Jest to bardzo ważny i optymistyczny wynik, ale nie jest jeszcze bezpośrednią detekcją planet. Bardzo dużo wysiłku wkłada się w próby wykrycia towarzyszy wokół małomasywnych gwiazd metodami spektroskopii dopplerowskiej. Dolna granica uzyskanych w ten sposób mas zbliża się do 0.01 masy Słońca.

W astrofizyce pulsarów też już mieliśmy do czynienia z fałszywymi alarmami. Od czasu do czasu otrzymywano periodyczne residua w chronometrażu pulsarów. W jednym z przypadków wynik taki otrzymali polscy fizycy Marek Demiański i Mieczysław Prószyński. Jak się okazało, ten i wszystkie podobne im wyniki, były związane z niestabilnościami rotacji gwiazdy neutronowej. Najbardziej dramatycznie zjawiska te zachodzą w młodych gwiazdach neutronowych, które szybko wypromieniowują energię rotacyjną i szybko spowalniają swoją rotację. Wówczas pojawiają się napięcia wewnętrzne w gwiazdach, w których magazynuje się energia. Musi być ona wyzwolona w jakiś sposób i mamy do czynienia ze zjawiskami analogicznymi do ziemskich trzęsień Ziemi. Poza tym obserwuje się szum rotacji w gwiazdach neutronowych – silny zwłaszcza w młodych gwiazdach – który może symulować pewne periodyczności w różnych skalach czasowych. Szum ten jest natomiast niemal zaniedbywalny w pulsarach milisekundowych.

– Ale najbardziej znany przypadek fałszywego alarmu miał miejsce całkiem niedawno. Sam opisywałeś to w poprzednim zeszycie *Postępów Astronomii*. Podobno były bardzo dramatyczne okoliczności tego jak Andrew Lyne odwoływał swoją planetę. Co wtedy czułeś? Przecież występowałeś zaraz po nim.

– No właśnie! W 1991 roku pojawiło się doniesienie o pojedynczej planecie krążącej wokół pulsara, które okazało się być rezultatem błędu w opracowaniu danych. Planetą, którą Anglicy – autorzy tego doniesienia – widzieli w swoich danych, była... Ziemia, niewłaściwie usunięta z obserwacji. Na początku stycznia tego roku w Atlancie odbywał się kongres Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego, na którym ze względu na wagę zagadnienia, postanowiono zorganizować specjalną sesję na temat planet wokół pulsarów. Andrew Lyne, angielski astronom, który był odpowiedzialny za odkrycie tamtej planety, i ja, mieliśmy wygłosić referaty. Potem miała odbyć się dyskusja na temat mechanizmów powstawania planet, znaczenia tego wszystkiego dla astrofizyki i innych dziedzin, itd.

Tymczasem Andrew Lyne parę dni przed przyjazdem do Stanów, przeanalizował swoje dane jeszcze raz i zrozumiał (można pojąć dramaturgię tego co wtedy czuł), że jego wynik nie miał nic wspólnego z planetami. Niemniej jednak przyjechał i wygłosił swój referat, oczywiście w diametralnie inny sposób i z zupełnie inną konkluzją. Było to naprawdę bardzo dramatyczne przeżycie. Po pierwsze dlatego, że w ogóle przyjechał. Po drugie, że wygłaszał swój referat ogromnie zemocjonowany. Emocje te udzieliły się audytorium złożonemu z ponad tysiąca słuchaczy. Były osoby na sali, które – autentycznie – miały łzy w oczach! Po prostu, wszyscy byli pod olbrzymim wrażeniem, że planeta, która stała się już słynna i istniała na papierze i w dyskusjach od ponad pół roku, ni z tego, ni z owego, znikła.

W tych zupełnie nowych warunkach musiałem wystąpić zaraz po nim i właściwie powiedzieć to co zamierzałem. Trzeba było znacznie większego wysiłku aby brzmieć przekonywająco.

W swoich późniejszych wystąpieniach na temat planet, bardzo chętnie ilustruję tę sytuację rysunkiem, którym ozdobiliście mój tekst w poprzednim zeszycie. To oczywiście nie jest kryptoreklama *Postępów Astronomii*, ale rysunek ten oddaje – w żartobliwej formie i wariancie sportowym – atmosferę tego co się tam wówczas wydarzyło.

– Ale przecież musiałeś mieć wątpliwości co do realności tamtej planety?

– Teraz łatwo jest mówić o tym, że się miało wątpliwości! Może to być trudne do uwierzenia. Ale wątpliwości te oczyście były. Wiązały się z tym, że okres wynosił dokładnie pół roku, a także z tym, że trudno jest wytłumaczyć istnienie planety wokół normalnego pulsara.

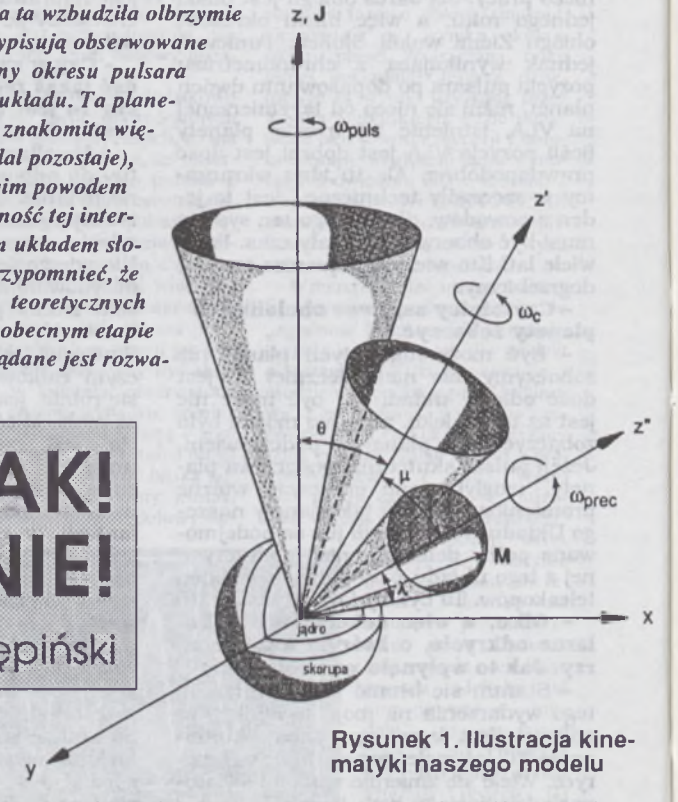
– To się wiąże ze schematem ewolucyjnym, który może doprowadzić do powstania planet wokół tak egzotycznego obiektu, jakim jest pulsar. Trudno było sobie wyobrazić, by planety przeżyły wybuch supernowej, a tak raczej musiałoby być w przypadku tamtego, zwyczajnego pulsara. W przypadku pulsara milisekundowego możliwe są przynajmniej dwa scenariusze powstawania planet. Który z nich wydaje ci się bardziej prawdopodobny: ten z Czarną Wdową, czy też ze zderzeniami białych karłów?

– Scenariusz z Czarną Wdową wygląda na bardziej rozsądny. Ale wyjaśnijmy o czym my mówimy! Z pewnością nic o osobach tego rodzaju. Chodzi tutaj o pulsary, które odparowują swoich gwiazdowych towarzyszy. Towarzyszy, którzy umożliwili wcześniej „zmartwychwstanie" gwieździe neutronowej jako pulsarowi, poprzez rozpędzenie go do milisekundowych okresów rotacji. Rozkręcony do tych prędkości pulsar emituje bardzo dużo energii i wysokoenergetycznych cząstek, dzięki którym może odparowywać swojego gwiazdowego towarzysza. Czyli, w dowód wdzięczności pulsar jak gdyby zjada towarzysza, który zapewnił mu istnienie. Odparowywana materia może osiągnąć

Na początku tego roku A. Wolszczan wraz z D.A. Frailem opublikowali obserwacje kwaziokresowych zmian w okresie milisekundowego pulsara PSR1257+12. Praca ta wzbudziła olbrzymie zainteresowanie w środowisku astronomicznym, ponieważ autorzy przypisują obserwowane zjawisko istnieniu dwu planet wokół tego pulsara. Obserwowane zmiany okresu pulsara interpretowane są jako wynik jego ruchu wokół centrum masy całego układu. Ta planetarna interpretacja PSR1257+12 została od razu zaakceptowana przez znakomitą większość astronomów. Głównym powodem tej jednomyślności była (i nadal pozostaje), znakomita zgodność pomiedzy obserwacjami i planetarną teorią. Drugim powodem powszechnej akceptacji planet wokół pulsara jest filozoficzna atrakcyjność tej interpretacji. Trudno jest przecenić wagę odkrycia pierwszego, poza naszym układem słonecznym, systemu planetarnego. Niemniej, warto jest przy tej okazji przypomnieć, że pomimo wielu prób, nie udało się do tej pory znaleźć przekonujących, teoretycznych argumentów na rzecz powstawania planet wokół pulsarów. Zatem na obecnym etapie dyskusji nad rezultatami obserwacji PSR1257+12, jak najbardziej pożądane jest rozważenie hipotez innych, aniżeli planety.

Precesja – TAK! Planety – NIE!

Tomasz Stępiński



Rysunek 1. Ilustracja kinematyki naszego modelu

Wychodząc z takiego założenia, zaproponowaliśmy razem z Arkadym Dołginowem model, w którym zmiany w okresie pulsara tłumaczymy nie ruchem orbitalnym gwiazdy neutronowej (pulsara), a raczej ruchami wewnętrznymi tejże gwiazdy. W naszym modelu postulujemy, że obserwowane zmiany w okresie pulsara spowodowane są dwoma fizycznymi zjawiskami: swobodną precesją i obrotem skorupy gwiazdy neutronowej względem jej jądra. Pole magnetyczne gwiazdy neutronowej jest związane, w pierwszym przybliżeniu, ze skorupą gwiazdy. Skorupa obraca się wokół wektora całkowitego momentu pędu, a także podlega obrotowi precesyjnemu wokół swojej osi symetrii. W dodatku, w wyniku istnienia tarcia pomiędzy jądrem a skorupą, skorupa gwiazdy neutronowej wykonuje powolny obrót wokół wektora prędkości kątowej jądra. Obszar promieniowania pulsara jest związany, w taki czy inny sposób, z polem magnetycznym gwiazdy neutronowej, zatem podlega złożonemu ruchowi, który odpowiedzialny jest za odchylenia od czysto okresowej emisji sygnału, obserwowanego jako zmienność w okresie pulsacji.

W tym miejscu należy się krótkie wyjaśnienie dlaczego jądro i skorupa gwiazdy neutronowej mogą obracać się wokół różnych osi z różnymi prędkościami, oraz czym określona jest precesja gwiazdy neutronowej. Zacznijmy od wyjaśnienia, że oba te zjawiska są spowodowane zewnętrznymi lub też wewnętrznymi zaburzeniami, jakim może podlegać gwiazda neutronowa. Najlepiej znanym przykładem takich zaburzeń są „trzęsienia" pulsara, które przywracają stan równowagi gwiazdy, naruszony w wyniku spowalniania lub przyśpieszania jej obrotu. Zaburzenie takie powoduje, iż oś symetrii gwiazdy nie pokrywa się z kierunkiem wektora jej momentu pędu. Gwiazda więc będzie podlegała swobodnej precesji (zainteresowanych formalną stroną tego zjawiska odsyłam do podręczników mechaniki Landaua i Lifszyca lub Białkowskiego). Obecnie obowiązująca teoria wnętrza gwiazdy neutronowej zakłada, iż nie obraca się ona jak ciało sztywne. Sztywna skorupa jest słabo połączona z nadciekłym jądrem, a zatem jądro i skorupa mogą obracać się z różnymi prędkościami i wokół różnych osi. W wyniku istnienia tarcia pomiędzy jądrem a skorupą, oba zjawiska: precesja i względny obrót pomiędzy jądrem a skorupą, zanikną po upływie pewnego czasu. Ponieważ zmienność w okresie pulsacji PSR1257+12 obserwowana jest od dwóch lat, dla naszego modelu istotne jest aby ten czas zaniku był rzędu lat, a nie na przykład dni lub miesięcy. Niestety, przy obecnym stanie teorii wnętrza gwiazdy neutronowej nie jesteśmy w stanie definitywnie policzyć tego czasu. Istniejące obliczenia wskazują na raczej krótki czas zaniku. Niemniej, nie można wykluczyć, że czas zaniku rzędu lat lub dłuższy może istnieć w pewnych gwiazdach neutronowych.

Po tym krótkim przedstawieniu fizyki naszego modelu, przejdźmy do jego kinematyki. Opisywana jest ona złożeniem trzech obrotów wokół trzech różnych osi (Rysu-

– w bezpiecznej odległości od pulsara – stabilne orbity i tworzyć dysk materii, w których mogą tworzyć się planety. Robiono już symulacje komputerowe takiej sytuacji.

Inną możliwością jest powstanie dysku i pulsara z układu dwóch białych karłów. Ten mniej masywny (i większy!) – po zacieśnieniu się orbity skutkiem emisji promieniowania grawitacyjnego – jest rozrywany. Inaczej mówiąc, dochodzi do zderzenia białych karłów, skutkiem czego ten bardziej masywny – po zaakreowaniu dodatkowej materii – kolapsuje do gwiazdy neutronowej, a pozostała materia może tworzyć dysk protoplanetarny. Jeśli ma się odpowiednio dużo fantazji, to można pokazać, że gdyby ów rozrywany biały karzeł był karłem węglowo–tlenowym, to planety utworzone z takiej materii byłyby bardzo atrakcyjne. Miałyby jądra żelazne, płaszcze diamentowe i powierzchnie zbudowane z grafitu.

– Tu chyba zaczepiamy o sedno sprawy, jeśli chodzi o wagę tego odkrycia?

– Istnienie planet wokół gwiazdy neutronowej ma dwie konsekwencje. Jedną, nieco deprymującą: może jest tak, że planety wokół słońc takich jak nasze, są rzadkie, natomiast planety wokół takich zwariowanych gwiazd jak pulsary, nie są rzadkie. Możliwa też jest konsekwencja optymistyczna: być może jest tak, że jeśli przyroda jest w stanie stworzyć warunki, w których wokół centralnych obiektów – takich jak gwiazdy, czy takich jak pulsary – mogą powstać stabilne dyski z luźno związanej materii złożonej z pyłu i gazu, wówczas w sposób nieunikniony powstają planety. Wtedy odkrycie to oznacza, że Wszechświat jest pełen systemów planetarnych, trzeba tylko je znaleźć.

Tak więc warto dalej zajmować się planetami. To jest wciąż pasjonujące! Pierwsza fala entuzjazmu opadła, ale teraz trzeba dowieść, że to są rzeczywiście planety i trzeba starać się znaleźć ich więcej. Jeśli ten pulsar pozostanie jedynym obdarzonym planetami, po pewnym czasie trafi na półkę astronomicznego muzeum jako swoiste astrofizyczne kuriozum.

Należy zatem szukać następnych milisekundowych pulsarów z takimi układami. Jeśli ten układ nie okaże się jedynym, ale otworzy nową klasę obiektów, będzie to oznaczało, że planety tworzą się we Wszechświecie bardzo łatwo. Wystarczyłoby stworzyć dostatecznie stabilne dyski wokół obiektów centralnych. Wówczas natura sama zatroszczyłaby się o to, by z tych dysków – w drodze kondensacji – tworzyły się planety. Jeżeli konkluzja tego odkrycia jest właśnie taka, jego konsekwencje będą olbrzymie.

– Wciąż mówisz o tym, że trzeba najpierw sprawdzić, czy aby na pewno są to planety. Chyba nie przez kokieterię?

– Wspominałem o tym w poprzednim zeszycie *Postępów*. Okazuje się, że to można sprawdzić używając dalej metody chronometrażowej. Ponieważ stosunek okresów planet wynosi około 3:2,

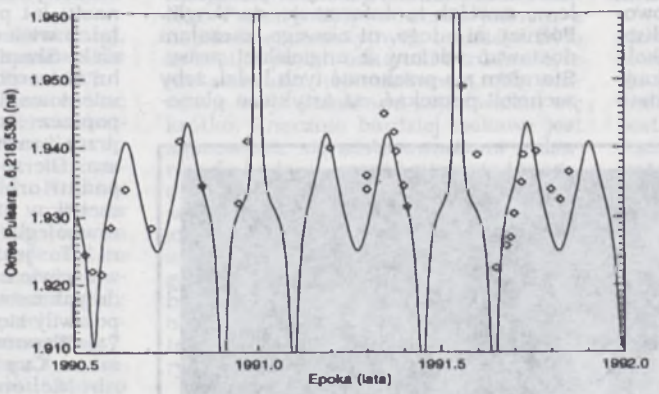
nek 1.). Wybieramy układ inercjalny $[x,y,z]$ w taki sposób, że oś z pokrywa się z wektorem momentu pędu J, a obserwator znajduje się w półpłaszczyźnie xz, $x>0$. Zakładamy, że impuls jest zaobserwowany gdy wektor osi dipola magnetycznego M znajduje się w półpłaszczyźnie w której znajduje się obserwator. Zatem, znając trajektorię wektora M w układzie inercjalnym $[x,y,z]$ możemy obliczyć czas emisji t_{em} z warunku $M_y(t_{em}) = 0$ i $M_x(t_{em}) > 0$.

Zdefiniujmy teraz układ współrzędnych $[x'',y'',z'']$, w którym z'' pokrywa się z osią symetrii skorupy i M tworzy kąt λ z osią z''. W wyniku precesji, wektor M obraca się wokół z'' z prędkością ω_{prec}.

Załóżmy jeszcze, że w układzie współrzędnych $[x',y',z']$, w którym z' pokrywa się z osią obrotu jądra, z' i z'' tworzą kąt μ. Zatem ruch wektora M w układzie $[x',y',z']$ jest złożeniem dwu obrotów, jednego spowodowanego precesją (opisanego powyżej) i drugiego spowodowanego obrotem skorupy względem jądra i opisanego prędkością kątową ω_c. Oś obrotu jądra tworzy kąt θ z wektorem J.

W takiej sytuacji, w układzie inercjalnym $[x,y,z]$, ruch wektora M jest złożeniem trzech obrotów, dwóch pierwszych opisanych powyżej i trzeciego opisanego przez $\omega_{puls} = 2\pi/P_{puls}$, gdzie P_{puls} jest prędkością kątową jądra i może być identyfikowana z okresem pulsara.

Szczegółowe obliczenia ruchu wektora M w inercjalnym układzie odniesienia przedstawione są w naszej pracy, prezentowanej na niedawnej konferencji na temat planet wokół pulsarów (*Planets Around Pulsars*, eds. J.A. Phillips *i inni*), która niedawno odbyła się w Pasadenie. Wynika z nich, że zmiany w okresie pulsacji spowodowane tym ruchem opisane są równaniem w którym wielkości θ, λ, μ, ω_{prec} i ω_c występują jako swobodne parametry. Zauważmy, że w naszym modelu występuje 5 swobodnych parametrów, w porównaniu z 10 takimi parametrami występującymi w opisie elementów orbitalnych dwóch planet. Przy pomocy analizy Fouriera stwierdziliśmy, że nasz model opisuje obserwacje Wolszczana i Frailа przy następującym doborze parametrów: $\theta \approx 90°$, $\lambda = 50°$, $\mu = 30°$, $P_{prec} \approx 205$ dni, $P_c = 2\pi/\omega_c \approx 428$ dni. Rysunek 2. pokazuje zmiany okresu pulsacji, obliczone za pomocą naszego modelu, wraz z obserwacjami dokonanymi przez Wolszczana i Frailа. Zgodność naszego modelu z obserwacjami jest praktycznie taka sama jak dla modelu planetarnego, zaproponowanego przez Wolszczana i Frailа.



Rysunek 2. Zmiany w okresie pulsacji pulsara PSR1257+12. Punkty reprezentują obserwacje i zostały wzięte z pracy Wolszczana i Frailа. Krzywa zmian okresu obliczona na podstawie naszego modelu przedstawiona jest linią ciągłą.

Kilka końcowych uwag pod adresem naszego modelu. 1) Jeżeli zjawiska fizyczne opisane powyżej, są rzeczywiście odpowiedzialne za zmiany okresu pulsara, to dlaczego obserwacje innych, podobnych pulsarów nie wykazały analogicznych zmian? Odpowiedź na to pytanie jest łatwa w ramach naszego modelu. Tylko bardzo specyficzny stosunek okresu precesji i okresu względnego obrotu skorupy i jądra prowadzi do krzywej zmienności okresu pulsara, podobnej do tej jaką obserwujemy dla PSR1257+12. Można więc powiedzieć, że chociaż wszystkie pulsary powinny być poddane zjawiskom tutaj opisanym, tylko w znikomej ilości przypadków będzie je można zaobserwować jako kwaziokresowe zmiany w okresie pulsara. 2) Obserwacje Wolszczana i Frailа wskazują, że uśredniony impuls PSR1257+12 jest stabilny. Ta stabilność jest łatwa do zrozumienia w planetarnym modelu, ale jest trudna do zrozumienia (aczkolwiek nie wykluczona) w świetle naszego modelu. 3) W celu osiągnięcia odpowiedniej amplitudy zmian okresu, musieliśmy założyć, że pulsy emitowane są z obu stron osi dipola magnetycznego. Taka sytuacja jest obserwacyjnie możliwa, gdy oś dipola magnetycznego i kierunek do obserwatora są prawie prostopadłe do osi obrotu gwiazdy. Obserwator widzi oba bieguny magnetyczne i okres pulsacji jest o połowę krótszy od okresu obrotu gwiazdy. Taka konfiguracja jest możliwa i logicznie spójna z resztą naszego modelu, aczkolwiek trudna do pogodzenia z kształtem uśrednionego impulsu. 4) J. Gil i A. Jassner na tej samej konferencji zaproponowali, że wszystkie te trudności mogą być przezwyciężone poprzez założenie, że oś obrotu gwiazdy, jej oś symetrii i oś dipola magnetycznego tworzą ze sobą bardzo małe kąty. W takiej konfiguracji obserwator zawsze patrzy wewnątrz stożka emisji, co pozwala na uchylenie założeń koniecznych w naszym modelu. Niestety, bardziej formalne obliczenia wykazały, że model Gila i Jassnera nie jest w stanie wytłumaczyć kształtu krzywej zmian okresu PSR1257+12.

Ten niezwykle interesujący pulsar jest obecnie pilnie obserwowany i nowe dane napływają każdego miesiąca. Za kilka lat, ilość danych będzie wystarczająca do definitywnego stwierdzenia czy pulsar ten posiada system planetarny, czy też obserwowane zmiany jego okresu są spowodowane zjawiskami fizycznymi opisanymi powyżej. Krótko po odkryciu Wolszczana, ukazały się w *Nature* prace sygnowane przez F.A. Rasio i R. Malhotra z ich współpracownikami, w których wykazano, że po około 4 latach wzajemne oddziaływanie grawitacyjne pomiędzy planetami doprowadzi do wystarczających zmian parametrów ich orbit, aby mogły być wykryte współczesną techniką obserwacyjną. Zatem już w niedalekiej przyszłości będzie można stwierdzić, czy Wolszczan i Frail rzeczywiście odkryli pierwszy system planetarny poza naszym układem słonecznym, czy też jak wielu ich poprzedników padli ofiarą zwodniczości Natury.

Tomek Stępiński jest astrofizykiem wywodzącym się z Warszawy. Od dwunastu lat przebywa za granicą. Obecnie pracuje w Lunar and Planetary Institute w Houston, Texas, USA.

mniej więcej raz na 200 dni planety są w konjunkcji i zbliżają się na odległość tylko około 18 milionów kilometrów. Skutkiem tego elementy orbitalne tych planet ulegają perturbacjom, które powinny być mierzalne przy użyciu pulsara jako zegara. Jeśli się to uda, będzie to stanowiło stuprocentowy dowód, że to są rzeczywiście planety. Potrwa to jednak jeszcze kilka lat.

– To znaczy, że mogą być inne, nieplanetarne interpretacje twoich obserwacji?

– Jestem aż trochę zaniepokojony tym, że jest ich tak mało. Dane obserwacyjne wyglądają naprawdę bardzo przekonywająco, dla każdego kto zna się na chronometrażu pulsarów, a także dla tych, którzy się na tym nie znają. Spotykam się więc nie tyle z krytyką, co z proponowaniem alternatywnych wyjaśnień tego co się obserwuje. Innymi słowy, jakość obserwacji jest bardzo dobra, a są, tu i ówdzie, wątpliwości co do interpretacji: czy najlepszym wyjaśnieniem tego co się obserwuje są planety wokół pulsara, czy może inne mechanizmy, jak np. precesja gwiazdy neutronowej. Jest to analogia do precesji osi rotacji naszej Ziemi. Jednakże z różnych względów fizycznych, nie bardzo one wytrzymują konkurencję z hipotezą planetarną. Hipoteza planetarna jest w tej chwili najlepiej udokumentowana i najbardziej naturalna dla wytłumaczenia obserwowanych zjawisk. Po prostu trudno sobie wyobrazić jakiś mechanizm fizyczny, który by tak doskonale planety udawał.

– Twoje eufemistyczne „tu i ówdzie" nazywają się Janusz Gil i Tomek Stępiński. Może uda nam się namówić ich do napisania dla nas na ten temat. Skoro więc w ten sposób trafiliśmy na nasze polskie podwórko, może byś opowiedział jak to wszystko przeżyła twoja rodzina?

– Moja rodzina była chyba ze mnie bardziej dumna niż ja sam. Ewa – moja żona i Małgorzata – 14–letnia córka, są oczywiście ze mną. Małgorzata z powodu tego odkrycia miała bardzo dużo przyjemności w swojej szkole. Szkoła potraktowała to typowo po amerykańsku, tzn. była to dla niej po prostu reklama.

Zdarzyła się nawet bardzo śmieszna historia. Małgosia została opisana w miejscowej gazecie w Itace – tak nazywa się miasto gdzie mieści się Uniwersytet Cornell. Przyczyną tego artykułu było zamieszanie, które niechcący wywołała. Otóż cała sprawa tych planet przeciekła – niejako nielegalnie – do środowiska w Cornell, przez moją córkę. Oczywiście nie mogłem się powstrzymać, by o tym choć trochę nie opowiadać w domu, a ona to zaniosła do szkoły. Do tej szkoły chodzi mnóstwo dzieci najrozmaitszych pracowników Uniwersytetu. W efekcie przez jakiś czas musiałem odpierać różne dociekliwe pytania i nie przyznawać do czegoś, co faktycznie istniało. Zostało to opisane w gazecie i Małgosia była bardzo zmieszana. Tłumaczyła się, że to nie ona, ale tak było.

– To się wiąże z jednej strony z tym, o czym mówiliśmy, mianowicie z ryzykiem w nauce. Z drugiej strony, z konkurencją.

– Życie niestety zmusza często do ukrywania planów swoich badań, najbardziej ambitnych i zwariowanych projektów, czy wreszcie niektórych wyników przed opublikowaniem. To nie jest dobre dla nauki, ale natura ludzka jest taka, że inaczej postępować nie można. Więc i ja mam swoje plany, o których nie mówię zbyt chętnie, albo nie mówię wcale. Jest dużo przyjemniej, kiedy pracuje się w zdrowej konkurencji – to o czym teraz mówimy, to nie jest zdrowa konkurencja. Niestety ona właśnie dominuje. Taka konkurencja jest jednym z elementów życia w świecie nauki, zwłaszcza w Ameryce. Trzeba się z tym pogodzić.

Innym elementem, który tu wchodzi w grę, jest niepotrzebna sensacja. Oczywiście potrafią ją tworzyć dziennikarze przed ostateczną weryfikacją wyników. W sytuacji kiedy ja jeszcze zupełnie nie byłem do tego przygotowany, ktoś z osób, którym o tym powiedziałem, zawiózł tę informację do Anglii. Później, ni z tego, ni z owego, zacząłem dostawać telefony z angielskiej prasy. Starałem się przekonać tych ludzi, żeby zechcieli poczekać, aż artykuł o planetach ukaże się w *Nature*. Ale to była sprawa beznadziejna! Następnego dnia, w codziennej angielskiej prasie ukazały się porównania z „angielską" planetą, która jeszcze wówczas istniała. To było okropne! To straszne, kiedy natychmiast eksploatuje się takie rzeczy – obojętnie sprawdzone czy nie sprawdzone – w imię zwyczajnej sensacji.

– *Postępy Astronomii* też od razu, tzn. w grudniu ubiegłego roku, taki „przeciek" opublikowały.

– I też było to najzupełniej nielegalne, choć o wiele mniej bolesne niż przygody jakie miałem z tymi angielskimi artykułami.

– Ale my nie podaliśmy nazwy pulsara.

– A myślicie, że oni podali?

– Ale myśmy ją znali!

– ?

– W swojej wcześniejszej pracy, o odkryciu podwójnego, relatywistycznego pulsara, w dwóch zdaniach anonsujesz, że masz jeszcze jednego – właśnie PSR 1257+12! Sugerujesz tam, że znajduje się on w długookresowym układzie podwójnym, ale że trzeba jeszcze trochę poczekać aby udokładnić parametry. Za dużo było w tym podniecenia – to musiał być ten pulsar! Ale może przy okazji, chociaż parę słów o tym drugim, a właściwie pierwszym pulsarze?

– PSR 1534+12 jest rzeczywiście najlepszym obiektem do testowania teorii grawitacji. Są tylko dwa takie pulsary, dzięki którym można naprawdę efektywnie uprawiać „eksperymentalną grawitację". Są to układy złożone z dwóch gwiazd neutronowych, z których jedna jest pulsarem. Pulsary podwójne dowodzą m.in. istnienia fal grawitacyjnych, dzięki temu, że obserwuje się w nich skracanie okresu orbitalnego przewidziane przez teorię. Tak się szczęśliwie składa, że ten odkryty przeze mnie przed dwoma laty układ, jest jako swoiste laboratorium grawitacyjne o wiele bardziej efektywny niż znany od kilkunastu lat pulsar PSR 1913+16. Można np. o wiele bardziej efektywnie mierzyć efekt Shapiro, czyli zapóźnienie sygnału, które pojawia się kiedy wiązka promieniowania pulsara propaguje się poprzez czasoprzestrzeń zakrzywianą przez prawie punktową masę towarzysza. Bierze się to stąd, że w tym wypadku orbita jest znacznie bliżej geometrii, w której orbita jest mniej więcej równoległa do płaszczyzny obserwatora. To jest sprawa, która wiąże się właściwie z głównym kierunkiem moich dotychczasowych zainteresowań, nim pojawiły się planety.

– Wspominałeś coś o trzecim pulsarze. Czy to jeszcze tajemnica?

– Nie, on jest po prostu niecickawy. „Zwyczajny" układ z białym karłem.

– A jakie wrażenia w Polsce? Kiedy byłeś tu ostatni raz?

– W ogóle jestem pierwszy raz w Europie od 10 lat. Naprawdę chyba dopiero zdam sobie sprawę z tego wszystkiego co się tutaj dzieje, jak wrócę do domu. Tak to zwykle bywa.

– Jak odbierałeś wrzawę, którą zgotowała ci polska prasa?

– Byłem zdziwiony opóźnieniem reakcji prasy w Polsce. Na początku stycznia odkrycie stało się sprawą publiczną i wybuchła wielka wrzawa w mediach na całym świecie. Pod koniec stycznia, kiedy właściwie zacząłem wracać do normy po pierwszym wstrząsie, informacja – z prędkością dużo mniejszą od prędkości światła – dotarła do Polski. Chociaż może to był mój błąd, że nie

Potem było mniej oficjalnie. Dyskutują z Aleksandrem Wolszczanem (z prawej) red. Joanna Mikołajewska (z lewej) i Stanisław Gorgolewski (bokiem). Daniel Proga (w środku) nie miał pytania, ale chciał się *otrzeć* o wielką naukę: „ja tu tylko postoję".

mówiłem wciąż skąd ja jestem. Ktoś, kto machinalnie tutaj czyta takie rzeczy, mógł po prostu odnieść wrażenie: o, jeszcze jeden Amerykanin o dziwnym nazwisku coś tam odkrył!

– Całe szczęście, że nie czytał *Postępów Astronomii*. Zamiast opóźnienia, mogłoby być kłopotliwe dla nas przyspieszenie. Dziennikarze na pewno pytali cię o Polaków, którzy odnieśli sukces na Zachodzie?

– To rzeczywiście uciążliwe pytanie. Kojarzy mi się z takim słynnym, używanym w czasach, które pamiętam, powiedzeniem: „Polak potrafi". To okropna bzdura! W ten sposób w ogóle nie powinno się mówić. To jest kompleks, którego trzeba się jak najszybciej pozbyć. Takie kompleksy są demoralizujące i paraliżujące. Człowiek z kompleksami na ogół pogrąża się w nich i w efekcie nie robi nic. Dlatego bardzo nie lubię tego określenia „Polak potrafi" i uważam, że Polacy są dokładnie tacy sami jak inni ludzie. Fakt, że niektórzy z wyjeżdżających osiągają sukcesy nie ma nic wspólnego z polskością lub niepolskością, to wiąże się z warunkami, w których przychodzi żyć i pracować.

– Z jakim paszportem przyjechałeś?

– Z polskim. Z orłem w koronie! Ale oddano mi również ten stary, z całą furą „historycznych" pieczątek.

– Czyżby twój wyjazd miał jakiś „kombatancki" charakter?

– Skądże, okoliczności tego wyjazdu były zupełnie zwyczajne. Jechałem na opóźnione – z wiadomych powodów – stypendium do Bonn. Moim celem była praca, kontynuacja współpracy z tym ośrodkiem. Do tej pory jeździłem tam na obserwacje. W Bonn znajduje się największy, w pełni sterowalny radioteleskop o 100-metrowej średnicy czaszy. Dane obserwacyjne opracowywałem tutaj w Toruniu, co trwało od szeregu lat. Tak więc była to naturalna kontynuacja tego co robiłem do tej pory. Potem mógł być tylko jeszcze większy radioteleskop – Arecibo!

– Ale jeszcze dużo, dużo wcześniej, w Szczecinie budowałeś amatorskie teleskopy. Jak trafiłeś do Torunia?

– Już w szkole postanowiłem zostać astronomem. Nigdy nie miałem skłonności do teoretyzowania i doszedłem do wniosku, że jeśli mam być astronomem, to raczej obserwatorem. Ktoś mi powiedział, że najlepiej to robić w Toruniu. I tak wylądowałem tu na studiach. Jak się okazało, nie był to taki zły pomysł. Potem zacząłem pracować. A więc zostałem astronomem: nie żałuję i nie zamieniłbym się!

– A skąd właśnie radioastronomia?

– Wtedy kiedy studiowałem i zacząłem pracować, Toruń miał bardzo ambitne plany zbudowania naprawdę unikalnego instrumentu. Była wprawdzie taka unikatowa antena zbudowana z łóżek z akademików, ale o tym opowiadali panowie, którzy w tym czasie zaczynali już świecić (to co zostało z tej ażurowej anteny widać na jednym ze zdjęć na pierwszej stronie wkładki – red.). Ten nowy pomysł dotyczył zbudowania teleskopu do syntezy apertury. Jest to dobra i ciekawa koncepcja, którą stosuje się w radioastronomii. Buduje się system składający się z mniejszych anten w taki sposób, że jest on równoważny bardzo dużemu teleskopowi. Takich instrumentów nie było w tym czasie na świecie zbyt wiele i ta technika była względnie nowa. Był to naprawdę wspaniały pomysł, by mieć taki instrument w Toruniu. To by nas od razu wyniosło bardzo wysoko w hierarchii radioastronomicznej. Niestety, jak to często bywało i dalej bywa, okazało się, że byliśmy zupełnie nie przygotowani technologicznie na zbudowanie czegoś takiego. Cały ten pomysł się zawalił i 15-metrowy radioteleskop (zdjęcie na wkładce – red.), który stoi w Piwnicach, jest reminiscencją tego naprawdę ambitnego projektu. Jednakże projekt ten był jednym z powodów, dla których chciałem zajmować się radioastronomią. Wyglądało to na swoistą gwarancję, że w Toruniu będzie można robić coś naprawdę interesującego.

Astronomia polska w skrócie: Wilhelmina Iwanowska (z prawej) – jej chwalebna przeszłość, Aleksander Wolszczan (w środku) – jej chlubny dzień dzisiejszy i red. Maciej Mikołajewski (z lewej) – nieustająca nadzieja na przyszłość.

– A skąd zainteresowanie pulsarami?

– Pulsarami zająłem się w czasie mojego pierwszego pobytu w Bonn, w Instytucie Radioastronomii Maxa Plancka. Pulsary były wówczas jednym z najbardziej atrakcyjnych tematów. Było to krótko po ich odkryciu i trudno było nie zauważyć tej możliwości. Ale właściwie to ja pulsarami zajmowałem się krótko. Znacznie bardziej ciekawe jest zajmowanie się zastosowaniami pulsarów do badania czegoś zupełnie innego, a więc wykorzystaniem tego, że pulsary są tak dokładnymi zegarami i znajdują się w niezwykle interesujących środowiskach astrofizycznych. Dzięki ich zegarowej własności można te środowiska badać. I to doprowadziło w końcu do odkrycia układów planetarnych, czy testowania teorii względności – „eksperymentalnej grawitacji".

– Żal, że w Polsce to byłoby niemożliwe.

– Obserwacje tego typu pulsarów są możliwe tylko przy pomocy największych teleskopów. W tej chwili jak wiadomo buduje się w Toruniu duży radioteleskop; duży jak na warunki polskie, średni jak na warunki światowe, ale z całą pewnością zauważalny. Ważne jest żeby jego dalsze losy potoczyły się w sposób właściwy, żeby był wykorzystywany, żeby były środki na jego utrzymanie, żeby było dość personelu dla uprawiania sensownej nauki.

Warunki do prowadzenia badań w Polsce, w sensie otwarcia na świat, są w tej chwili bardzo dobre. Po tych kilku dniach w Polsce, jestem przekonany, że bariera psychologiczna jest w tej chwili istotniejsza niż bariery materialne, co widać choćby po budowie tego radioteleskopu. W wielu ośrodkach na świecie nastąpiło też otwarcie w tę stronę. Jeśli mówimy konkretnie o toruńskiej astronomii, ona też musi się otworzyć w tamtym kierunku. Pewne wzory uprawiania nauki, które być może były dobre i jedyne w przeszłości, muszą po prostu zniknąć. Muszą być zastąpione innymi. To jest naprawdę ważny warunek, o którym nie słyszałem tutaj zbyt często. Jest w tym jednak pewna doza optymizmu. Gdyby problem stanowiły sprawy materialne – o których wiadomo z góry, że są nie do przezwyciężenia – byłoby naprawdę bardzo ponuro. Natomiast tutaj wystarczy, by ludzie zmienili sposób myślenia. Im szybciej tym lepiej!

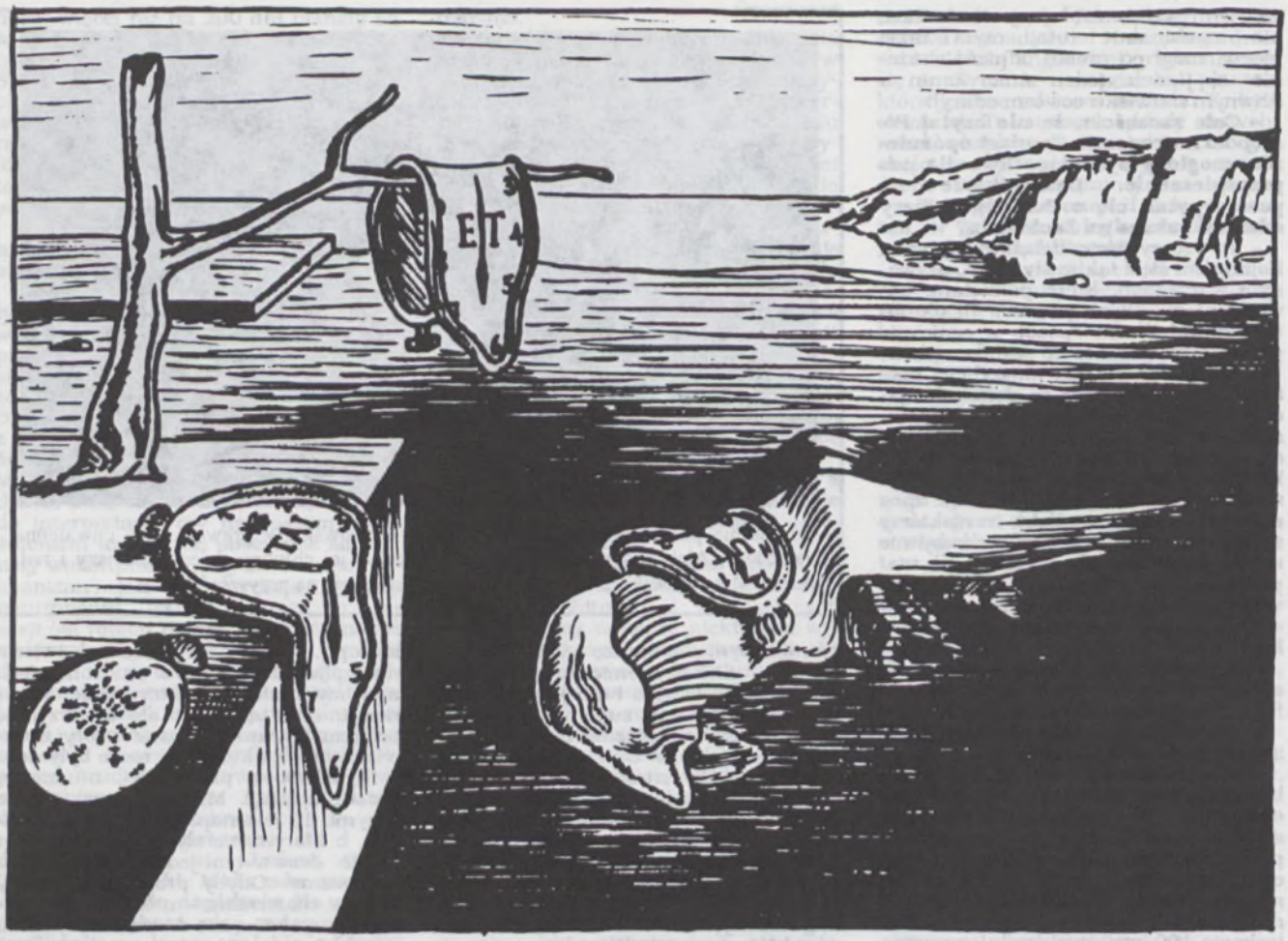
– Co sądzisz o *Postępach Astronomii*?

– To jest jeden z dowodów, że astronomia nie jest hermetyczną dziedziną wiedzy. Są jeszcze inne czasopisma tego typu, które do ludzi docierają i które ludzie czytają. Na Zachodzie ten efekt jest jeszcze silniejszy. Jest mnóstwo ludzi, którzy po amatorsku zajmują się astronomią, jest jeszcze więcej ludzi, którzy po prostu się nią interesują w sposób pasywny. Kiedy dokona się odkrycia – nawet o mniejszej skali niż odkrycie planet – dostaje się listy, w których zawarta jest olbrzymia dawka emocji. Mnie już się zdarzyło dostać pogróżki, po odkryciu pulsara w gromadzie kulistej. Byłem wtedy tym zdumiony. Teraz już nie, bo to jest rzecz normalna.

– O.K., będziemy ci skrupulatnie przekazywać wszelkie sugestie Czytelników, co z tobą zrobić, jeśli to nie okażą się planety! Na razie, dziękujemy za ogromną dawkę entuzjazmu i optymizmu, którą w nas wlałeś swoim przyjazdem. Warto pracować, warto zajmować się astronomią, warto nawet redagować *Postępy Astronomii* dla takiej przygody. Warto wreszcie zmieniać świat dookoła, bo tylko w ten sposób można wyjść z zaścianka i pozbyć się kompleksów. I tego życzymy wszystkim Czytelnikom.

Maciej i Joanna Mikołajewscy

Fot. Michał Hałaburda
Krzysztof Robaczewski



Gdy mowa jest o czasie i jego pomiarach, pojawia się pragnienie podania jakiejś racjonalnej definicji. Niestety, na dobrą sprawę nie wiemy, co kryje się za tym pojęciem. Ponieważ nie umiemy przemieszczać się w czasie, możemy zarejestrować tylko jeden raz dane zjawisko. Nie jest więc możliwe bezpośrednie porównanie dwóch interwałów czasu. Z tego powodu powtarzalność pomiarów, która jest podstawą nauk o mierzeniu (metrologii), nie stosuje się do samego czasu. Jednakże, chociaż oparta na intuicji, metrologia czasu dostarcza najprecyzyjniejszych wyników w pełni zgodnych z modelami fizycznymi.

Wszystko o czasie

Zmierzyć nieuchwytne

Kazimierz M. Borkowski

Czym jest czas?

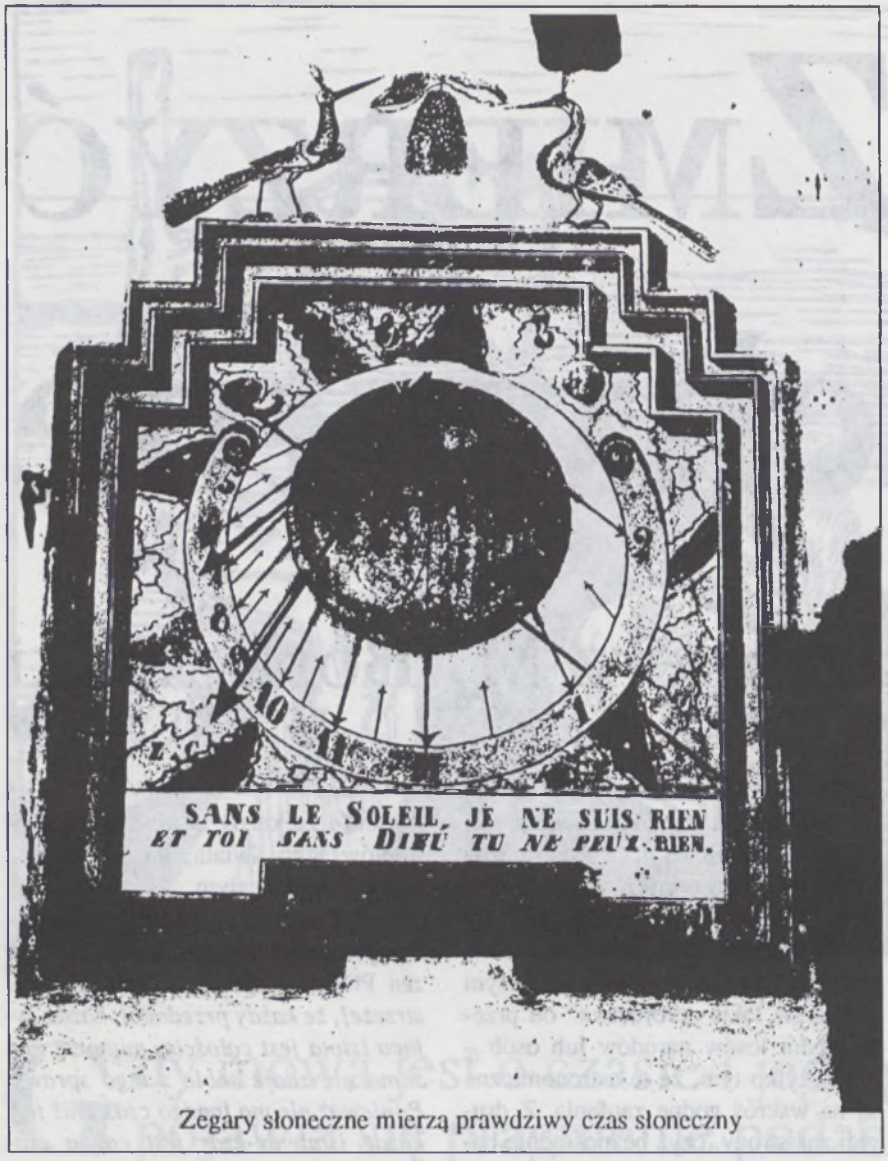
W jednej z amerykańskich encyklopedii znalazłem taką oto „definicję": czas jest to nieprzestrzenne *continuum*, w którym – najwidoczniej – zjawiska następują w nieodwracalnym porządku od przeszłości, poprzez teraźniejszość ku przyszłości. Chociaż dość zgrabnie ona brzmi, z pewnością definicja taka nie usatysfakcjonuje dociekliwego czytelnika. Pomijając nawet enigmatyczne *continuum* mamy wątpliwości czy rzeczywiście jest to twór ciągły, czy zawsze zjawiska przepadają w przeszłości, a przyszłości nie da się zbadać. Wszak doświadczenia pokoleń wskazują, zda się nie pozostawiając wątpliwości, że zarówno fragmenty przyszłych zdarzeń, jak i zagubione informacje z przeszłości w szczególnych okolicznościach dają się zdumiewająco dokładnie odtwarzać – niejako widzieć „oczami umysłu" w chwili obecnej. Mam tutaj na myśli nie tylko spontaniczne jasnowidzenia, prorocze sny czy przepowiednie zawarte np. w *Biblii*, ale także ogrom badań metodami naukowymi.

Jeśli już odważymy się zaakceptować realność bodaj niektórych ze zjawisk typu *para* czy *meta*, to zaraz pojawia się wątpliwość czy „teraz" jest nieskończenie krótkie, czy raczej ma jakąś rozciągłość w obie strony bądź nawet długie macki. Zastanawiam się, czy za wspomnianą mackę nie można by uznać precyzyjnych przewidywań konfiguracji planet, Słońca i Księżyca w odległych wiekach, jak to z maestrią robią astronomowie? Czym różnią się takie „proroctwa" od przepowiedni losów narodów lub osób – chyba tylko tym, że te astronomiczne są na wskroś godne zaufania. Z drugiej zaś strony, czyż bezpośrednie badania obiektów, które istniały przed miliardami lat (takimi są przecież dzisiaj obserwowane kwazary) nie jest zaglądaniem w przeszłość?

Głębia pojęcia czasu umyka zwykłej wyobraźni. By jednak dać choćby mgliste wyobrażenie o jego istocie sięgniemy do nauk Wschodu. W swym najważniejszym dziele *Shobogenzo* (skarbiec otwartego oka umysłu) Kigen Dogen – najgenialniejszy umysł japońskiego buddyzmu - ukazuje nam swe poglądy dotyczące czasu i istnienia, uzyskane przezeń nie tyle przez spekulatywne rozważania, ile na podstawie najgłębszego doświadczenia tej rzeczywistości (oświecenie dzięki praktykom *zazen*). Jego opinie w pewnym stopniu odpowiadają poglądom, jakie formułują współcześni przedstawiciele makro- i mikrofizyki, aczkolwiek wyrażone odmiennie. Do-gen twierdzi, że każda istniejąca rzecz jest czasem i że każdy z milionów przedmiotów tego świata, każda istota z osobna jest całym światem. *Gdy człowiek uprzytomni sobie ten fakt* – cytując dosłownie za *Trzema filarami zen* Philipa Kapleau – *[wówczas dostrzeże], że każdy przedmiot, każda żyjąca istota jest całością, mimo że ona sama nie zdaje sobie z tego sprawy. Ponieważ nie ma innego czasu niż ten, każde istnienie-czas jest całym czasem: jedno źdźbło trawy, każdy przedmiot jest czasem. Każdy moment czasu zawiera w sobie każde istnienie i każdy świat. ... Nie uważaj czasu po prostu za upływający; nie myśl że upływanie jest jego jedynym działaniem. Aby czas mógł upływać, musiałby istnieć rozdzielnie [między nim a rzeczami].*

Czas w niektórych kręgach uważa się za obiekt sakralny, pewną świętość trudno dostępną zwykłemu śmiertelnikowi. Takie rozumienie implikuje, że rzecz którą mierzymy ludzkim narzędziem zwanym zegarem, może w rzeczywistości nie być wcale czasem. Sami naukowcy często unikają mówienia wprost o czasie zastępując go wyrażeniami typu „argument czasopodobny", rozumiejąc przez to, że czas nie jest obiektem obserwacji jako taki, lecz tylko etykietą zaznaczającą obserwowane zjawisko.

Wracając „na ziemię", trzeba obiektywnie stwierdzić, iż temat czas



Zegary słoneczne mierzą prawdziwy czas słoneczny

jest sam w sobie istotnie „jak rzeka", i to wcale nie dlatego, że czas płynie (wszak aspekt płynięcia, jak dopiero co sugerowaliśmy, może być tylko jego cechą zewnętrzną, a może nawet – jak wielu właśnie sądzi – subiektywną). To, co człowiek wymyślił dla praktycznych celów jest wystarczająco bogate. W zakresie krótkich odcinków czasowych, powiedzmy rzędu jednej doby, różne pojęcia czasów odróżnia się przymiotnikami w rodzaju: lokalny (miejscowy) i strefowy, prawdziwy i średni, dynamiczny (efemeryd), astronomiczny i atomowy, słoneczny, gwiazdowy i pulsarowy, fizyczny i papierowy. Ta już przydługa lista bynajmniej nie wyczerpuje wszystkich stosowanych skal czasu, a ponadto trzeba by ją poszerzyć o różne wielkoskalowe rachuby obejmujące dużą rozmaitość kalendarzy i pewne specjalne systemy. Gwoli ścisłości, z każdym pojedynczym zegarem (fizycznym czy fikcyjnym) można związać jemu tylko specyficzną skalę czasu. Nie oznacza to, by Czytelnik winien popadać w rozterkę, nawet jeśli stwierdzi, że znaczna część ze wspomnianych pojęć jest mu zgoła obca. Tylko niewielu specjalistów dobrze orientuje się w zawiłościach związanych z metrologią czasu, gdyż materia ta jest rzeczywiście złożona (nie tylko w sensie idei) i komplikuje się w miarę postępu w technikach pomiarowych.

Jak ongiś mierzono upływ czasu

Powszechnie sądzi się, że w dawnych czasach człowiek – podobnie jak zwierzęta i rośliny – żył według Słońca, podporządkowując się następstwu dnia i nocy oraz porom roku. To właśnie codzienna zmiana blasku dnia i mroku nocy regulowała życiową aktywność człowieka wyznaczając godziny jego pracy i odpoczynku.

Początkowo prosty podział na dzień i noc mógł zupełnie wystarczać do liczenia przedziałów krótszych niż miesiąc. Ciekawe, że w celu wysłowienia okresu równego dobie niektóre cywilizacje – tak, jak i my dzisiaj – używali wyrazu *dzień*, a inne nazywały go *nocą* (takiego terminu używali m.in. Żydzi i Arabowie).

Starożytni Hebrajczycy najwyraźniej dzielili noc na trzy okresy i zwali je *strażami: wieczorną, nocną* i *ranną*. Każda obejmowała trzecią część czasu od zachodu do wschodu Słońca, czyli – zależnie od pory roku – około czterech godzin. W *Biblii* np. napisano, że Gedeon zaatakował obóz midianicki „na początku środkowej straży nocnej" (Ks. Sędziów 7:19), trwającej mniej więcej od godziny dziesiątej wieczorem do drugiej w nocy.

Wydaje się, że jeszcze przed okresem dominacji imperium rzymskiego Żydzi przejęli od Greków i Rzymian podział nocy na cztery straże zamiast dotychczasowych trzech: pierwszą nazywano *z wieczora*, drugą – *północną*, trzecią – *o pianiu kogutów*, a czwartą – *rankiem*.

Oprócz podziału nocy na cztery straże stosowano też system *dwunastogodzinny*. Np. w *Dziejach Apostolskich* (23:23) czytamy, że dla zabezpieczenia Pawłowi bezpiecznej eskorty do Cezarei, Klaudiusz Lizjasz polecił przygotować 470-osobowy oddział na „trzecią godzinę w nocy". W jednych społecznościach były to godziny *nierówne* – różne za dnia i w nocy, o długości proporcjonalnej do czasu trwania dnia i nocy. Gdzie indziej, godziny miały stałą długość wynikającą z *doby* liczonej od wschodu Słońca do następnego wschodu, od jednego zachodu do następnego, od południa do południa, albo od północy do północy. Pamiętamy jak w jednej z przypowieści Jezus z Nazaretu powiedział: „Czy dzień nie ma dwunastu godzin", co słuchacze winni rozumieć jak „czy nie jest to oczywiste". U Hebrajczyków godziny te liczono od wschodu do zachodu Słońca, czyli mniej więcej od szóstej rano do osiemnastej w naszym systemie. „Trzecia godzina" wypadałaby zatem około dziewiątej rano, a

Nostradamus a kalendarz

Na wiosnę ubiegłego roku, dzięki **FilmNet**-owi, mieliśmy sposobność nawet kilkakrotnie obejrzeć robiący duże wrażenie film pt. *The Man Who Saw Tomorrow* (człowiek, który widział przyszłość). Jest to rzecz o życiu i przepowiedniach bodaj najsławniejszego jasnowidza naszej ery – Żyda Michela de Nostredame (1503 – 1566), znanego lepiej jako Nostradamus. Podobno dostępne są także kasety *video* z polską wersją tego spektaklu. Jeszcze pod wrażeniem filmu, z żywym zainteresowaniem zapoznałem się z oryginałami prac tego wieszcza przedrukowanymi wraz z komentarzami w pokaźnych rozmiarów księdze *Nostradamus and His Prophecies* (opracowanej przez Edgara Leoni). Kiedy Nostradamus skrupulatnie oblicza ile lat upłynęło od biblijnego stworzenia świata, miejscami biorąc w rachunkach pod uwagę nawet miesiące, zdradza nam niefrasobliwie, że zakłada iż *Święte Pisma posługują się latami słonecznymi*! Budzi to mieszane uczucia, gdyż powszechnie wiadomo, że pisarze Biblii liczyli miesiące księżycowe: zgodnie z tradycją ludu Izraela, o ile tylko pogoda na to pozwalała, każdy nowy miesiąc zaczynał się obserwacyjnym stwierdzeniem nowiu.

Nie dyskredytując wszakże do końca jej rezultatów muszę jednak stwierdzić, że ta barwna postać, kiedy spojrzeć na nią chłodnym okiem, raczej rozczarowuje. Dzisiaj zalewani jesteśmy potokami najgorszych przepowiedni na najbliższe dziesięciolecie, łącznie z końcem świata, a w wielu z nich próbuje się naciągać niejasne treści wybrane z około tysiąca czterowierszy Nostradamusa łącząc podane tam informacje o zjawiskach astronomicznych (konfiguracje planet i zaćmienia) z obliczeniami współczesnych astronomów. Interpretatorzy zapominają bądź nie wiedzą jednak, że sam Nostradamus wyjaśniał, iż swoje żywe (możemy nawet przyjąć, że autentyczne) wizje przyszłości splatał – lepiej pasowałoby tutaj: gmatwał – z miejscami, narodami i zjawiskami astronomicznymi posługując się pragmatyczną wiedzą i obliczeniami astrologicznymi. Abstrahując nawet od złośliwych, celowych przekłamań, od których roi się w pisarstwie tego proroka, nasuwają się uzasadnione wątpliwości, azali ówczesny stan wiedzy pozwalał na obliczanie wiarogodnych pozycji planet, Słońca i Księżyca na tysiące lat w przyszłość. Jeśli Nostradamus rzeczywiście znał daty wydarzeń, o których pisze, to zakodował je zgodnie ze swoją wiedzą astrologiczną (niewątpliwie ptolemeuszowską jeszcze), a nie z naszymi teoriami.

W każdym razie, aby np. stwierdzić (jak to niektórzy czynią), że określone zdarzenia, połączone przez Nostradamusa z zaćmieniem Słońca, dotyczą zaćmienia, o którym my wiemy, że wystąpi w roku 1999[1] należałoby posłużyć się teoriami (geocentrycznymi) ruchu Ziemi i Słońca z XVI w., a nie współczesnymi.

„szósta" – w południe. Nie sprawia nam dziś żadnego problemu zrozumienie dość zgodnej wypowiedzi trzech Ewangelistów (Mateusza, Łukasza i Marka), że Piłat wydał Jezusa na ukrzyżowanie „około szóstej godziny" i że Jezus skonał „około dziewiątej godziny". Trochę jednak zbija nas z tropu, chociaż z innego powodu, Marek Ewangelista pisząc jednoznacznie „A była godzina trzecia kiedy go ukrzyżowano".

Zapewne później niż wyodrębnienie godzin pojawiła się potrzeba określenia stopniowo coraz mniejszych jednostek: „półgodzin", kwadransów, minut i sekund. Warto tu wspomnieć, że nieco irracjonalny podział godziny czy stopnia – na akurat 60 mniejszych jednostek (minut), a tych na kolejne 60 jeszcze mniejszych – pochodzi od Babilończyków, którzy używali systemu sześćdziesiętnego. Można też doszukać się związku naszego podziału okręgu (kąta pełnego) na 360 stopni tak z systemem Sumerów, jak i z ilością dni w roku (Słońce codziennie przesuwa się po niebie, na tle gwiazd, prawie o 1 stopień; w starodawnym Egipcie, jakieś 5 tysięcy lat temu, rok kalendarzowy miał właśnie okrągło 360 dni).

Skalowanie czasu

Niezbyt radzimy sobie z samym pojęciem czasu, jak zatem określimy jego skalę? Z powodu wspomnianych wcześniej trudności podstawowych, za definicje skal czasu przyjmuje się ich praktyczną realizację. Tak więc skala czasu jest bezpostaciowa, a u jej podstawy leży procedura przypisywania *dat* zjawiskom. W większości przypadków procedura korzysta z określonego ewoluującego systemu nazywanego *zegarem*, wybranego tak, by każdemu stanowi systemu można było przypisać liczbę, która jest właśnie datą. Zatem skalę czasu tworzy zbiór stanów stowarzyszony z datami. Skala może być ciągła, jak w przypadku widomego ruchu ciała niebieskiego, któremu przypisano położenia kątowe, albo dyskretna, kiedy mamy do czynienia z impulsami takimi, jak z zegara atomowego lub jakimi są sygnały czasu. Są jednak też skale nie związane bezpośrednio z procesami fizycznymi, będąc wynikiem obliczeń. Takim jest np. międzynarodowy czas atomowy (TAI, Temps Atomique Internationale), który jest rachunkową syntezą indywidualnych atomowych skal czasu.

Istnieją dwa zasadnicze sposoby realizacji naukowych skal czasu: su-

Jaka jednostka dla astronomów

W 1976 r. w astronomii ustalono obowiązującą do dziś zasadę, że podstawową jednostką czasu jest *doba* licząca 86400 sekund atomowych (tj. SI z uściślnieniem: na geoidzie, tzn. na poziomie morza). Czy jest to dobry wybór? Wydawać by się mogło, że oczywiście tak, ale ...

Niedawno japońscy specjaliści od czasu i teorii względności doszli do wniosku, że wspomniana definicja jest mało precyzyjna i nieudana. Wiadomo, że w ogólności, jednostki układu SI są lokalne, zmieniają się w czasie i różnią się od jednostek w podstawowym dla astronomii układzie odniesienia – *barycentrycznym*, który ma środek w środku ciężkości Układu Słonecznego. Układ barycentryczny jest tym, w którym opisuje się ruch planet.

Jaka powinna zatem być doba w astronomii? Okazuje się, że najlepiej jeśli byłaby ona nieco dłuższa niż w obecnym określeniu – o $1{,}48 \cdot 10^{-8}$, tj. o tyle, o ile różnią się szybkości chodu zegarów na orbicie Ziemi i w barycentrum. W związku z tym także astronomiczna jednostka długości powinna być zmieniona w takiej samej proporcji jak doba.

[1] Maksymalną fazę w Warszawie (0,86 przesłoniętej średnicy tarczy albo 83 % jej powierzchni) zaćmienie to osiągnie dnia 1 VIII tego roku o godz. 11:51 CSE.

mowanie standardowych interwałów czasu prowadzi do skal *integracyjnych*, zaś użycie teorii dynamicznych – do skal *dynamicznych*. Dopóki przyjmowano, że rotacja Ziemi odbywa się równomiernie, tzn. aż nie pojawiła się teoria Leonharda Eulera (1736 r.), skalę czasu średniego słonecznego można by kwalifikować do pierwszej kategorii. Tutaj zaliczymy także czas atomowy oparty o fizykę kwantową. Przykładem skali dynamicznej jest czas efemeryd (ET, Ephemeris Time), który wynika z przepowiadania położeń ciał niebieskich na podstawie teorii ich ruchu. Kompletna skala czasu powinna mieć początek i jednostki. Początek wybiera się w zasadzie dowolnie biorąc pod uwagę tradycję i wygodę użytkownika. Wiele różnych jednostek czasu stosuje się w praktyce, lecz najważniejszą z nich jest dzisiaj *sekunda* i tylko ona figuruje – na poczesnym zresztą miejscu – w międzynarodowym układzie (SI).

Sekunda

Ta swojsko brzmiąca nazwa ma podobny rdzeń w wielu językach. Pochodzi ona z łaciny: *secunda divisio* znaczy drugi podział – drugi po podziałce minutowej godziny, ale też stopnia w mierze kątowej. Ciekawy wyjątek występuje w języku węgierskim, w którym sekunda ma nazwę *másodperc* (wymawiane: maszodperc) – dosłownie druga (második) minuta (perc).

W 1832 r. Karol F. Gauss zdefiniował sekundę jako 1/86400 część średniej doby słonecznej. Tak pozostało aż do 1956 r. Z definicji tej wynikało, że jednostkę czasu wywodzi się z rotacji Ziemi wokół własnej osi, którą naonczas uważano za równomierną. Poprawa dokładności zegarów, zwłaszcza po pojawieniu się wahadłowych zegarów Williama H. Shortta i zegarów kwarcowych, w latach dwudziestych i trzydziestych naszego stulecia pozwoliła najpierw wykryć, a potem zmierzyć, roczne zmiany okresu rotacji Ziemi. W celu wyeliminowania tych nieregularności w 1956 r. zmieniono definicję sekundy odnosząc ją teraz do okresu obiegu Ziemi wokół Słońca, ściślej do długości roku zwrotnikowego w roku 1900 (rok zwrotnikowy, to czas upływający pomiędzy kolejnymi przejściami Słońca przez punkt Barana, tj. miejsce przecięcia równika niebieskiego z ekliptyką[2], i zarazem cykl powtarzania się pór roku). Ponieważ z wcześniejszej teorii ruchu Ziemi Simona Newcomba wynikało, że wspomniany rok zwrotnikowy miał 31556925,9747... ówczesnych sekund to w nowej definicji powiedziano, że sekunda jest 1/31556925,9747 częścią owego roku. W 1960 r. definicja taka weszła do układu SI, chociaż nie na długo. Możnaby sądzić, że przynajmniej w aspekcie sekundy posłuchano wtedy żartobliwej „przepowiedni" Boya napisanej przezeń kilkadziesiąt lat wcześniej:

By uniknąć ambarasu,
Wzięto rok za miarę czasu.
Dzielą go (bardzo wygodnie)
Na miesiące i tygodnie.

Tydzień znów z grubsza podzielę
Na zwykłe dni i Niedzielę.

Do pracy są zwykłe dzionki,
A Niedziela dla małżonki.[3]

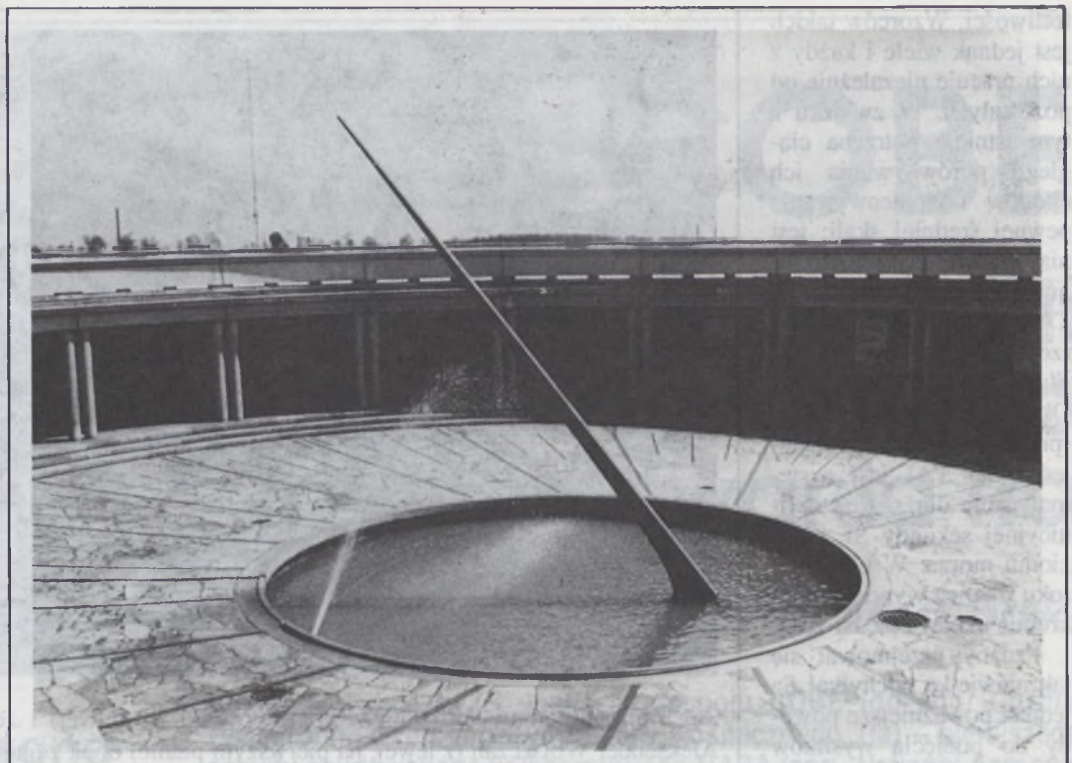
Nie obwiniając naturalnie Boya, trzeba jednak dodać, że rok zwrotnikowy jako wzorzec sekundy w praktycznej realizacji sprawia jeszcze więcej ambarasu niż poprzedniczka doba, chociaż niewątpliwie jest stabilniejszy.

W międzyczasie prace w National

[2] W płaszczyźnie *ekliptyki* leży orbita Ziemi, zaś płaszczyzna równika niebieskiego jest ta sama, co ziemskiego

[3] Jest to fragment utworu „Jak wygląda niedziela oglądana przez okulary Jana Lemańskiego" ze zbioru *Słówka*.

Bureau of Standards (USA) wykazały, że możliwe jest fazowe sprzężenie oscylatora kwarcowego do częstotliwości rezonansowej kwantowego przejścia w pewnych cząsteczkach lub atomach. W procesie takim silne oscylacje kwarcu są przestrajane w pętli sprzężenia zwrotnego tak, by stanowiły dokładną replikę słabiutkiego sygnału kwantowego. Wkrótce wykonano wzorzec częstotliwości oparty na atomowym cezie – prototyp współczesnych zegarów atomowych. Precyzja tego typu urządzeń, przewyższająca o kilka rzędów wielkości konwencjonalny oscylator kwarcowy, doprowadziła w końcu do ponownego zdefiniowania sekundy: *sekunda jest czasem trwania 9192631770 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133*, głosi aktualna do dzisiaj uchwała XIII Generalnej Konferencji Miar z października 1967 r.



W tym miejscu miało być zaprezentowane arcydzieło inżynierskiej sztuki mechanicznej, zegar Shortta z Obserwatorium Astronomicznego w Olsztynie. Niestety otrzymane zdjęcia ze względów technicznych nie nadają się do reprodukcji, stąd jeszcze jeden obrazek z Planetarium Śląskiego (patrz str. 89-91): piękny zegar słoneczny zdobiący dziedziniec placówki.

Skąd wzięła się taka akurat liczba okresów w tej definicji? Pierwsze cezowe wzorce częstotliwości miały dokładności rzędu jednej części na 10^9 – 10^{10}, podczas gdy sekunda czasu uniwersalnego – nawet po wygładzeniu fluktuacji sezonowych i związanych z ruchem bieguna Ziemi (UT2, Universal Time) – mogła być zmienna na poziomie kilku części w 10^8 w ciągu dziesięciolecia. Trzeba było wyznaczyć częstotliwość przejścia cezu za pomocą lepszej jednostki, sekundy czasu efemeryd. W latach 1955 – 1958 wykonano specjalne obserwacje Księżyca (czas efemeryd najlepiej daje się wyznaczać na tym obiekcie) otrzymując na wspomnianą częstotliwość 9192631770±20 Hz. Niedokładność tego wyniku pochodzi głównie od błędu wyznaczenia sekundy efemerydalnej. Dalsze obserwacje przeprowadzone do 1967 r. potwierdzały ten wynik. O ile mi wiadomo, do dziś zgodność sekundy czasu efemeryd z sekundą atomową jest zadowalająca, aczkolwiek tylko przyszłość może rozstrzygnąć na jak jeszcze długo.

Na marginesie wspomnieć jeszcze warto, że w 1983 r. inna Generalna Konferencja Miar powiązała definicję metra z sekundą: *metr jest to odległość równa drodze przebytej przez światło w próżni w czasie równym 1/299792458* s. Oznacza to, że prędkość światła wynosi dokładnie 299792458 m/s.

Domyślamy się, że wspomniany już czas atomowy, TAI, jest skalą której jednostką jest omawiana tu sekunda atomowa. Istotnie, sygnały czasu rozpowszechniane drogą radiową i dostępne na co dzień są synchronizowane do atomowych wzorców częs-

Jak się określa stabilność zegara

Częstotliwość f fali, np. takiej jaka występuje we wzorcach atomowych albo częstość tykania zegara, i czas związane są przez okres zjawiska P:

$$f = 1 / P$$

Sumowanie okresów prowadzi do realizacji skali czasowej.

Stabilność skali mierzy się normalnie za pomocą parametru $\sigma(\tau)$, który jest pierwiastkiem kwadratowym z tzw. *dwupróbkowej wariancji Allana* dla sąsiadujących próbek, każda uzyskiwana z uśredniania w czasie τ. Wariancję tą zapisuje się prostym wzorem

$$\sigma^2_y(\tau) = \frac{\overline{(y_1 - y_2)^2}}{2}$$

gdzie kreska nad wyrażeniem oznacza uśrednianie w czasie (teoretycznie nieskończonym), y_i może być średnią arytmetyczną (na interwale τ) pomiarów odchyłek częstotliwości naszego wzorca względem innego, stabilniejszego, podzielona przez nominalną wartość częstotliwości: $\Delta f/f$. Może to być także odpowiednia odchyłka wskazań naszego zegara względem innego podzielona przez interwał, na którym porównywano chody zegarów $\Delta\tau/\tau$.

Upraszczając zagadnienie, moglibyśmy powiedzieć, że nasz zegarek, o ile spóźnia się lub śpieszy o 1 sekundę co dobę, ma stabilność $1^s/(86400^s\,2^{1/2}) \approx 8 \cdot 10^{-6}$.

totliwości. Wzorców takich jest jednak wiele i każdy z nich pracuje niezależnie od pozostałych. W związku z tym istnieje potrzeba ciągłego porównywania ich chodów i opracowywania pewnej średniej skali; jest nią właśnie Temps Atomique Internationale, czyli TAI. W tej sytuacji nie od rzeczy będzie pytanie *jak długa jest sekunda TAI*. Okazuje się, że od 1987 r. (przedtem bywało różnie) jednostka TAI jest systematycznie dłuższa od definicyjnej sekundy SI z poziomu morza. W ubiegłym roku różnica wynosiła konkretnie jedną część na 10^{14}.

Któżby przejmował się tak niewielką odchyłką! Są jednak poważniejsze powody do podjęcia wysiłków zmierzających do ulepszenia tej skali. Dostarczają ich *pulsary* – szybko rotujące gwiazdy neutronowe. Otóż wydaje się bardzo prawdopodobne, że niektóre z pulsarów milisekundowych rotują stabilniej niż najlepsze skale atomowe w okresach uśredniania rzędu roku lub więcej[4]. Na takich interwałach, niestabilności wzorców atomowych mogą zatem ograniczać dokładność pewnych parametrów uzyskiwanych z obserwacji.

W kontekście powyższych informacji niemal makabrycznie zabrzmi znana dobrze wśród astronomów informacja, że w praktyce funkcjonują też jednostki czasu mające różne długości w zależności od miejsca na skali. Kiedy posługujemy się np. czasem prawdziwym (słonecznym bądź gwiazdowym), reprezentującym rzeczywiste kątowe położenie Słońca lub gwiazd i wyrażamy go w godzinach, minutach i sekundach, to każda z tych jednostek zdefiniowana jest przez zmieniającą się z porami roku długość 24-godzinnej doby (np. od górowania do górowania).

Zegar dokładny kontra zegar stabilny

Ktoś z poczuciem humoru mógłby zaproponować nam do wyboru zegar stabilny i dokładny. Który z nich należałoby wybrać? Powiedzmy od razu, że będzie to zależeć od przewidywanych zastosowań zegara. Musimy także wyjaśnić znaczenie przypisywane podanym przymiotnikom w kontekście pomiarów czasu i częstotliwości. Jakość sygnału bądź wzorca wyraża się zwykle trzema powiązanymi terminami: *dokładnością*, *powtarzalnością* i *stabilnością*. Pierwszy wyraża precyzję zgodności jednostki czasu danego wzorca z definicyjną jednostką. Powtarzalność jest miarą zgodności różnych egzemplarzy wzorca określonego typu, zaś stabilność odnosi się do stopnia zgodności wyników pomiarów czasu tym samym wzorcem w kolejnych interwałach czasu.

W różnych zastosowaniach, różne charakterystyki są właściwe. I tak, dla absolutnych wzorców częstotliwości najważniejszą charakterystyką jest dokładność. Z drugiej strony, w radioastronomicznej technice wielkobazowej[5] (VLBI; wymawia się z angielska wi-el-bi-aj) stabilność ma pierwszorzędne znaczenie. W okresach rzędu godziny albo krótszych najstabilniejsze są wzorce (masery) wodorowe, dla których stabilność (σ) sięga nawet 10^{-15} co odpowiada – zakładając, że utrzymałaby się ona dowolnie długo – błędowi 1 sekundy na 10^{15} sekund albo na około 30 milionów lat. Na odcinkach dłuższych niż kilka dni, powiedzmy rzędu miesiąca, lepszy jest jednak wzorzec cezowy, którego dokładność dla wzorców pierwotnych (egzemplarze laboratoryjne) schodzi do $2 \cdot 10^{-14}$. Dokładność komercyjnych wzorców cezowych jest rzędu 10^{-12} albo 0,1 μs na dobę (1 μs = 10^{-6} s). Dla porównania: dobowe dokładności zegarów wodnych, klepsydr, świec i lampek do pomiaru czasu, oraz wielkich zegarów mechanicznych wyrażają się minutami bądź dziesiątkami minut, dobry zegar o sprężynie włosowej ma już dokładność kilku dziesiątych części sekundy, a zegar kwarcowy – jeszcze o około rząd wielkości lepszą.

Zegarmistrz atomowy Kazimierz M. Borkowski (z prawej) i zegarmistrz kosmiczny Aleksander Wolszczan (z lewej, na pierwszym planie) obok zegara atomowego (wzorca cezowego) Katedry Radioastronomii UMK w Piwnicach. O godzinę pytają (od lewej): M. Mikołajewski, S. Gorgolewski, J. Usowicz i J. Mikołajewska (fot. M. Halaburda).

Kazimierz M. Borkowski od 1972 r. pracuje w Katedrze Radioastronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Jest autorem wielu artykułów popularnych i publikacji naukowych z różnych dziedzin astronomii. Jego zainteresowania naukowe dotyczą zastosowań geodezyjnych radiowej interferometrii wielkobazowej, VLBI oraz astronomii sferycznej i praktycznej. Jest autorem znakomitego podręcznika „Astronomiczne obliczenia nie tylko dla geografów".

[4] Dzięki temu właśnie było możliwe odkrycie planet wokół jednego z takich pulsarów przez A. Wolszczana (patrz PA 1/92, str. 2 oraz ten zaszyt, str. 53-61; przyp. red.)

[5] Pisze o niej A. Marecki w PA 1/91, str. 36 (przyp. red.)

Misja COBE – odkrycie anizotropii kosmicznego promieniowania tła

Krzysztof M. Górski

26 kwietnia 1992, w trakcie wiosennego spotkania Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego w Waszyngtonie D.C., obwieszczono długo oczekiwane odkrycie anizotropii w przestrzennym rozkładzie temperatury reliktowego promieniowania wypełniającego Wszechświat.

Bohaterami dnia byli członkowie zespołu COBE (od ang. *Cosmic Background Explorer*, czyli Badacz Kosmicznego Tła) – pierwszego satelity zbudowanego w laboratoriach NASA (ang. *National Aeronautics and Space Administration*), w celu przeprowadzenia misji poświęconej kosmologii. Kierownikiem podzespołu, który prowadzi eksperyment mierzący anizotropię kosmicznego promieniowania tła jest dr. George Smoot z Lawrence Berkeley Laboratories. Wynik wieloletniego wysiłku daje się streścić w bardzo krótkiej formie. W skalach kątowych większych od około 10 stopni rozkład temperatury promieniowania tła na niebie jest nieizotropowy. Amplituda odchyleń od doskonałej izotropii wynosi około 30 mikrokelwinów, czyli odpowiada zaburzeniom na poziomie jednej części na 100000. Rozkład temperatury na niebie jest skorelowany w bardzo dużych skalach kątowych. Zmierzono współczynnik kwadrupolowy oraz wyższe współczynniki multipolowego rozkładu temperatury na niebie (aż do l równego około 30, dla Czytelników zaznajomionych z wielomianami Legendre'a).

Znaczenie tego odkrycia jest fundamentalne. Wywołało ono ogromne poruszenie wśród astronomów i fizyków. Mnożą się konferencje poświęcone implikacjom tego wydarzenia i artykuły, w których kosmologiczne teorie są „przemeblowywane" tak, by nadawały wielkościom obserwowanym przez COBE numeryczne znaczenie zgodne z pomiarami.

COBE i DMR – Różnicowy Radiometr Mikrofalowy

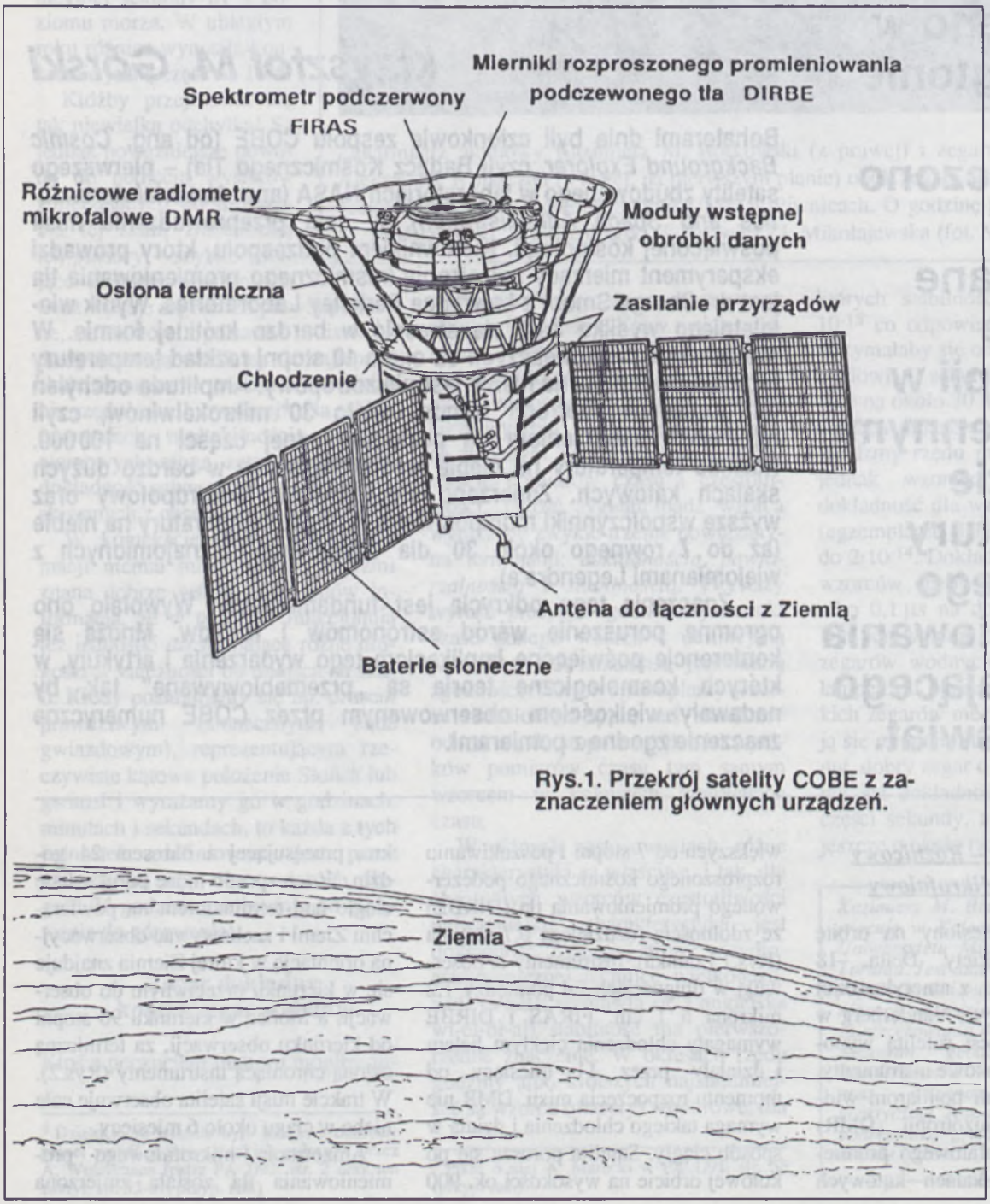
COBE został wyniesiony na orbitę przy pomocy rakiety Delta, 18 listopada 1989 roku, z amerykańskiej bazy Sił Powietrznych Vanderberg w Kaliforni. COBE jest satelitą wyposażonym w trzy naukowe instrumenty, służące precyzyjnym pomiarom widma (FIRAS) i anizotropii (DMR) kosmicznego mikrofalowego promieniowania tła w skalach kątowych większych od 7 stopni i poszukiwaniu rozproszonego kosmicznego podczerwonego promieniowania tła (DIRBE) ze zdolnością rozdzielczą 0.7 stopnia (Rys.1 i ramka). Instrumenty te obserwują w długościach fal pomiędzy 1.2 mikrona a 1 cm. FIRAS i DIRBE wymagały chłodzenia ciekłym helem i działały przez 11 miesięcy od momentu rozpoczęcia misji. DMR nie wymaga takiego chłodzenia i działa w sposób ciągły. Satelita porusza się po kołowej orbicie na wysokości ok. 900 km, precesującej z okresem 24 godzin. W ten sposób może poruszać się ciągle nad terminatorem na powierzchni Ziemi i zachowywać obserwacyjną orientację w której Ziemia znajduje się w kierunku przeciwnym do obserwacji, a Słońce w kierunku 90 stopni od kierunku obserwacji, za termiczną osłoną chroniącą instrumenty (Rys.2). W trakcie misji satelita obserwuje całe niebo w ciągu około 6 miesięcy.

Anizotropia mikrofalowego promieniowania tła została zmierzona

przy pomocy różnicowego radiometru mikrofalowego (DMR). Jest to instrument złożony z sześciu radiometrów, po dwa w każdym kanale częstotliwości równych 31.5, 53 i 90 GHz, mierzących różnice temperatur pomiędzy punktami na niebie odległymi o 60 stopni, obserwowanymi przy pomocy anten o pełnej szerokości wiązki równej 7 stopniom. Wynikiem pomiarów jest zbiór różnic temperatur pomiędzy ok. 6000 punktami na niebie, na podstawie którego konstruowana jest mapa temperatury w trzech częstotliwościach fal (zdjęcie na rozkładówce). Monumentalnie trudnym zadaniem jest oczyszczenie tak uzyskanych map z wszelakich zanieczyszczeń przez promieniowanie Ziemi, układu słonecznego, naszej Galaktyki i dyskretnych radioźródeł. Pomiar kosmologicznych anizotropii przeprowadzony został przy użyciu map skonstruowanych na bazie jednorocznego ciągu danych. Mapy te wciąż jeszcze zawierają ok. 40% sygnału astronomicznego i ok. 60% szumów pochodzących głównie z detektorów. Analiza korelacyjna pomiędzy mapami w różnych długościach fal pozwoliła wydobyć kosmologiczny sygnał na światło dzienne.

Znaczenie pomiarów anizotropii promieniowania tła dla kosmologii

Kosmologia oparta na tzw. standardowym modelu wielkiego wybuchu głosi, że wszelkie obiekty astronomiczne powstały wskutek grawitacyjnego zapadania początkowo (tzn. dawno temu) bardzo małych zaburzeń gęstości w, średnio rzecz biorąc, jednorodnym, ekspandującym Wszechświecie. Od późnych lat sześćdziesiątych wiadomo, że taki scenariusz wymaga by promieniowanie tła odzwierciedlało, poprzez anizotropię, istnienie takich niejednorodności w rozkładzie materii. Kapitalne znaczenie tego rodzaju pomiarów bierze się stąd, że informują nas one o stanie rozkładu materii we Wszechświecie gdy miał on zaledwie kilkaset tysięcy lat i był na iście embrionalnym etapie rozwoju całej struktury rozkładu materii, którą obserwuje się obecnie w rozkładzie galaktyk, w formie supergromad, gromad, etc.*) Tak więc jakościowo odkrycie COBE staje się potężnym, logicznym filarem takiego racjonalnego myślenia o strukturze i ewolucji Wszechświata. W sensie ilościowym amplitudy wielkości pomie-



Rys.1. Przekrój satelity COBE z zaznaczeniem głównych urządzeń.

*) O Wielkim Wybuchu, wielkoskalowej strukturze Wszechświata i o powstawaniu galaktyk pisali m.in. R.B. Tully w PA 1/1991, str.5 oraz S. Bajtlik w PA 3/1991, str.101 i PA 1/1992, str.4.

Eksperymenty naukowe na satelicie

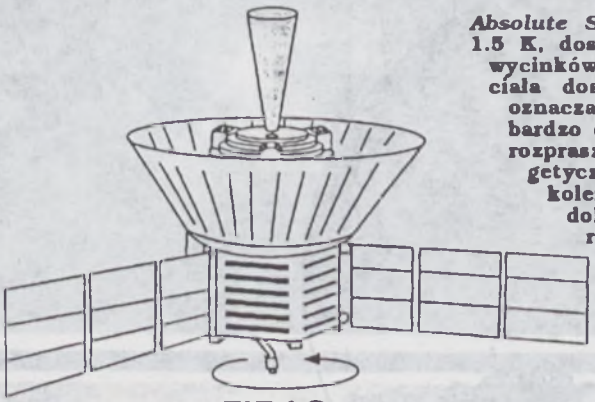
COBE

Na rysunkach zaznaczono kierunki obserwacji poszczególnych przyrządów

opr. Bogdan Wszołek

Spektrofotometr podczerwony – FIRAS (ang. *Far Infrared Absolute Spectrophotometer*)

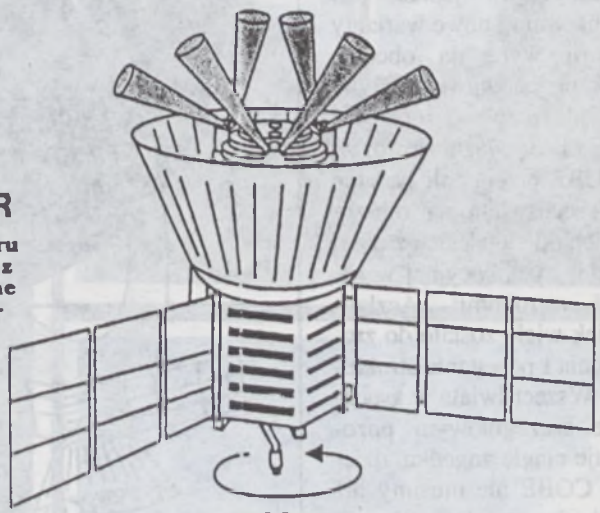
– pracujący w temperaturze około 1.5 K, dostarczył widm w zakresie od 100 μm do 1 cm dla 1000 wycinków nieba. Dokładność pomiaru odchyłek od promieniowania ciała doskonale czarnego wynosiła 10^{-5}. Znalezienie odchyłek oznaczałoby że we wczesnym Wszechświecie występowały źródła bardzo dużej energii. (Za przyczynę takich odchyłek upatruje się rozpraszanie fotonów promieniowania reliktowego na wysokoenergetycznych elektronach. Istnienie takich elektronów wymaga z kolei obecności zjonizowanego gazu. Jonizacja miałaby się dokonywać kosztem energii wydzielanej długo po epoce rekombinacji, prawdopodobnie w czasie tworzenia się gwiazd czy galaktyk).



FIRAS

Różnicowy radiometr mikrofalowy – DMR

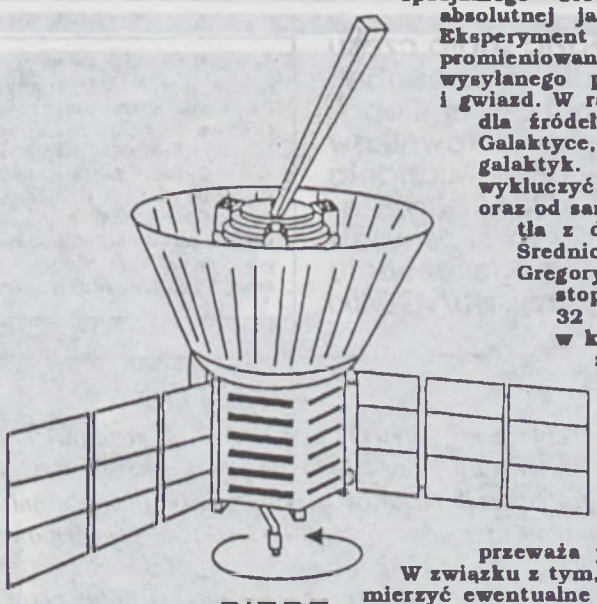
(ang. *Differential Microwave Radiometer*) – służył do pomiaru wielkoskalowej anizotropii promieniowania reliktowego tła, z dokładnością $\Delta T/T$ lepszą niż 10^{-5}. Informacje uzyskane tym odbiornikiem posłużą do szukania „zarodków" obserwowanej wielkoskalowej struktury Wszechświata, anizotropii w rozszerzaniu się Wszechświata i jego rotacji, fal grawitacyjnych, strun kosmicznych oraz wielkoskalowych ruchów materii.



DMR

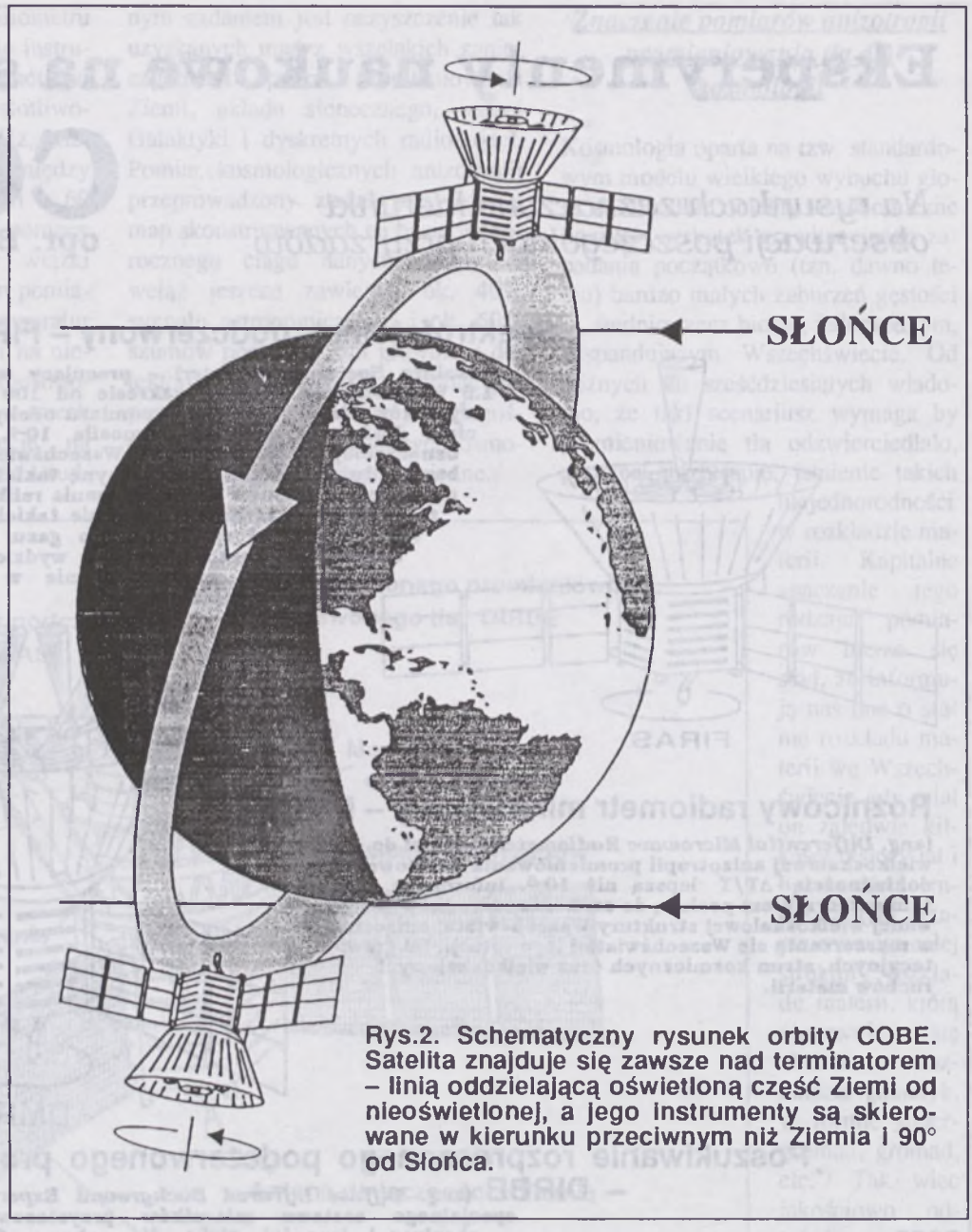
Poszukiwanie rozproszonego podczerwonego promieniowania tła – DIRBE (ang. *Diffuse Infrared Background Experiment*)

– przy pomocy specjalnego zestawu mierników przystosowanych do rejestracji absolutnej jasności nieba dla zakresu fal od 1 do 300 μm. Eksperyment miał na celu szukanie rozmytego podczerwonego promieniowania wczesnego Wszechświata, promieniowania wysyłanego przez pierwsze pokolenie protogalaktyk, galaktyk i gwiazd. W ramach DIRBE dokonano również istotnych pomiarów dla źródeł bliższego tła: pyłu międzygwiazdowego, gwiazd w Galaktyce, galaktyk podczerwonych, kwazarów i gromad galaktyk. Optyka dla DIRBE została tak wykonana, by wykluczyć rozproszone promieniowanie od źródeł pozaosiowych oraz od samej aparatury. Detektory rejestrowały promieniowanie tła z dokładnością do 1% natężenia emisji lokalnego tła. Średnica lustra teleskopu, zbudowanego w systemie Gregory'ego, wynosiła 20 cm, a pole widzenia 0.7×0.7 stopnia. W każdej sekundzie pracy instrumentu, 32 razy przerywano rejestrację promieniowania tła by, w krótkich przerwach, rejestrować emisję wewnętrznego źródła odniesienia dającego prawie zerową emisję. Każde pole było jednocześnie obserwowane w 10 zakresach długości fali, pokrywających w sumie przedział od 1 do 300 μm. Dla pierwszych trzech zakresów (dla najkrótszych fal) mierzono dodatkowo polaryzację rejestrowanego promieniowania. Te pomiary pozwolą oddzielić światło słoneczne rozpraszane na pyle międzyplanetarnym. W następnych czterech zakresach przeważa promieniowanie termiczne pyłu międzyplanetarnego. W związku z tym, zastosowano specjalnie wyczulone detektory, by móc mierzyć ewentualne słabe tło dawane przez pierwotne gwiazdy. W trzech pozostałych (długofalowych) przedziałach oczekuje się promieniowania pyłu międzygalaktycznego, wytworzonego przez pierwsze gwiazdy.



DIRBE

rzonych przez COBE wydają się zgodne ze szczegółowym wariantem standardowego modelu uwzględniającym idee inflacyjne. Najbardziej popularny i szczegółowy model powstawania struktury Wszechświata, oparty na koncepcji zimnej ciemnej materii, wydaje się obecnie przeżywać kryzys, ze względu na trudności w jednoczesnym tłumaczeniu obserwacyjnych własności Wszechświata w „małych" (kilka megaparseków) i wielkich skalach (kilkaset i więcej megaparseków). Pomysłowość kosmologów jednak jest olbrzymia i nowe warianty teorii wyrastają obecnie jak przysłowiowe „grzyby po deszczu". To co jest naprawdę ważne to to, że COBE przemienił badanie Wszechświata na olbrzymich odległościach z dziedziny spekulacyjnej w gałąź astronomii. Aczkolwiek wiele zostało do zrobienia i powstanie struktury Wszechświata w aspekcie szczegółowym pozostaje ciągle zagadką, dzięki COBE nie musimy już jedynie „machać rękami" – wiemy, że zajmujemy się rzeczami mierzalnymi, a więc, nauką.



Rys.2. Schematyczny rysunek orbity COBE. Satelita znajduje się zawsze nad terminatorem – linią oddzielającą oświetloną część Ziemi od nieoświetlonej, a jego instrumenty są skierowane w kierunku przeciwnym niż Ziemia i 90° od Słońca.

W ciągu ostatnich lat miałem zaszczyt spędzić sporo czasu w Centrum Lotów Kosmicznych Goddarda w Greenbelt i poznać oraz współpracować z wieloma bohaterami epopei COBE. Razem z plakatem z autografami kierowników trzech zespołów COBE: George Smoota – DMR, Michaela Hausera – DIRBE oraz Johna Mathera – FIRAS (rozkładówka), chciałbym przekazać Czytelnikom *Postępów Astronomii* serdeczne pozdrowienia od całego zespołu COBE.

Krzysztof Górski

Krzysztof Górski – kosmolog zajmujący się m.in. reliktowym promieniowaniem tła, w przeszłości związany z Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika, aktualnie pracuje w Centrum Lotów Kosmicznych Goddarda NASA w Greenbelt, USA. Po Staszku Bajtliku to już drugi z naszych sławnych Kolegów kosmologów, na którego Postępy zawsze mogą liczyć. Kto będzie trzecim?

NA ROZKŁADÓWCE PRZEDSTAWIAMY ...

*... plakat podsumowujący najważniejsze wyniki naukowe z pierwszych 6 miesięcy misji COBE, z pozdrowieniami dla Czytelników Postępów Astronomii od kierowników poszczególnych eksperymentów (patrz artykuł Krzysztofa M. Górskiego powyżej). **U góry:** start rakiety Delta z satelitą COBE na pokładzie. Ponadto (**w części środkowej**), mapa anizotropii promieniowania tła dla całego nieba (DMR) i widmo promieniowania reliktowego tła (FIRAS). Widmo promieniowania tła (kwadraty) jest bardzo podobne do widma ciała doskonale czarnego dla T=2.735 K (linia ciągła), co świadczy o tym, że w epoce rekombinacji Wszechświat znajdował się w stanie bliskim równowagi termodynamicznej. **U dołu:** obraz Drogi Mlecznej w bliskiej podczerwieni, uzyskany w ramach eksperymentu DIRBE (patrz notatka w PA 1/1992, str. 24).*

PIWNICE, z których widać gwiazdy

fotoman

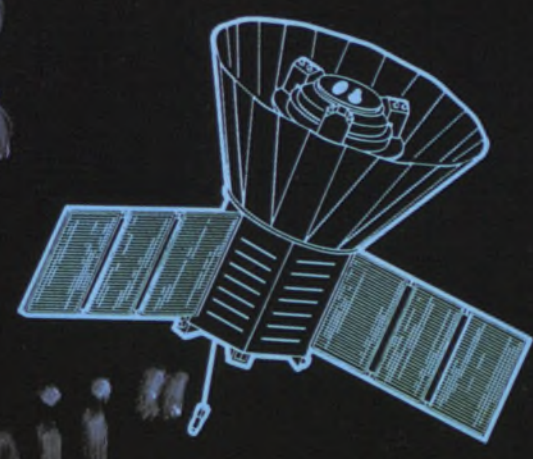
Z wystawy fotogramów Karola WEŃERSKIEGO

czerwiec–sierpień 1992 * DOM KOPERNIKA * Toruń

Obserwatorium Astronomiczne UMK w Piwnicach zaprasza do zwiedzania. Zgłoszenia wycieczek: Toruń tel. 116-55

Launched
November 18, 1989

Best wishes to the readers of "Poster Astronomii"

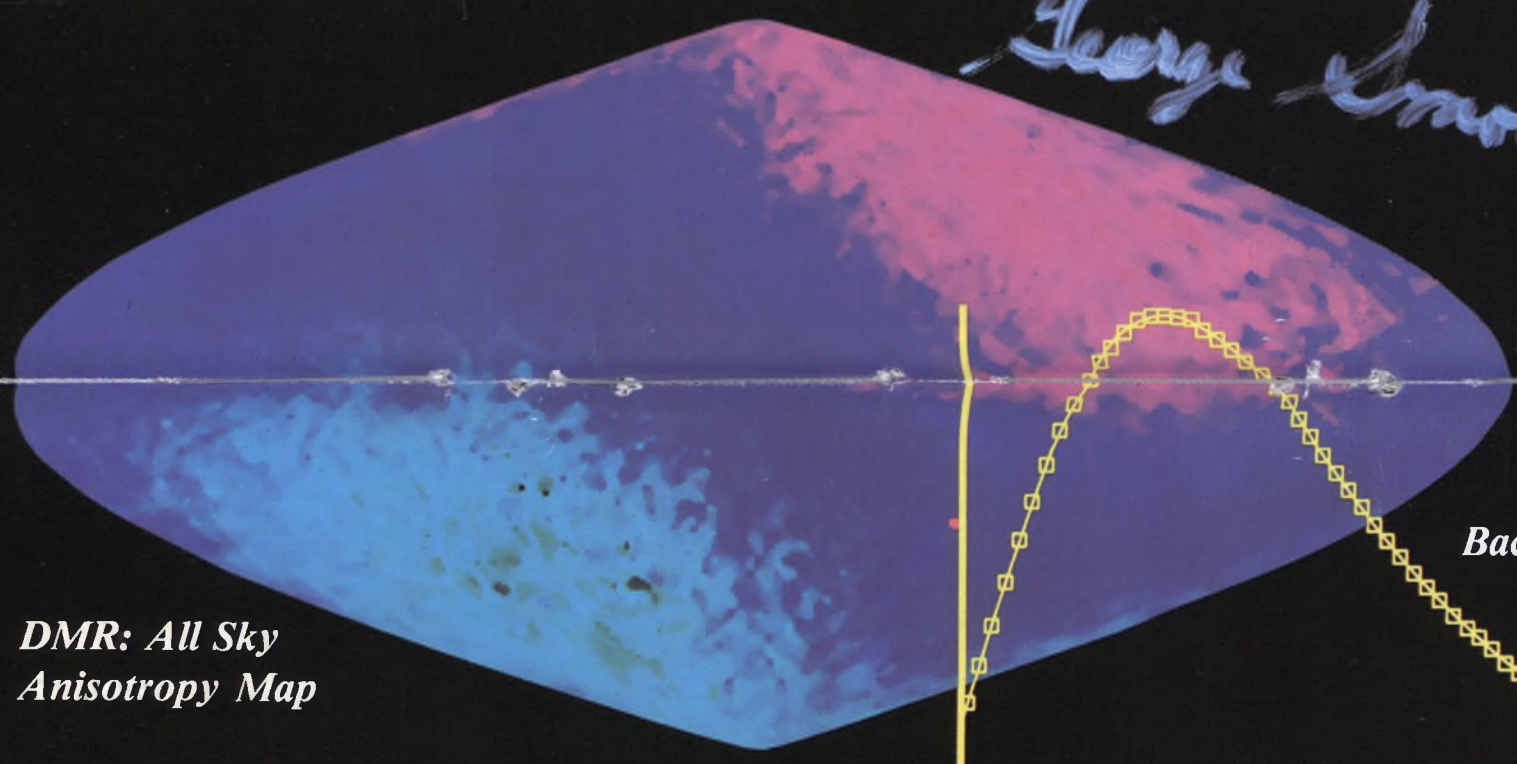


Cosmic Background Explorer

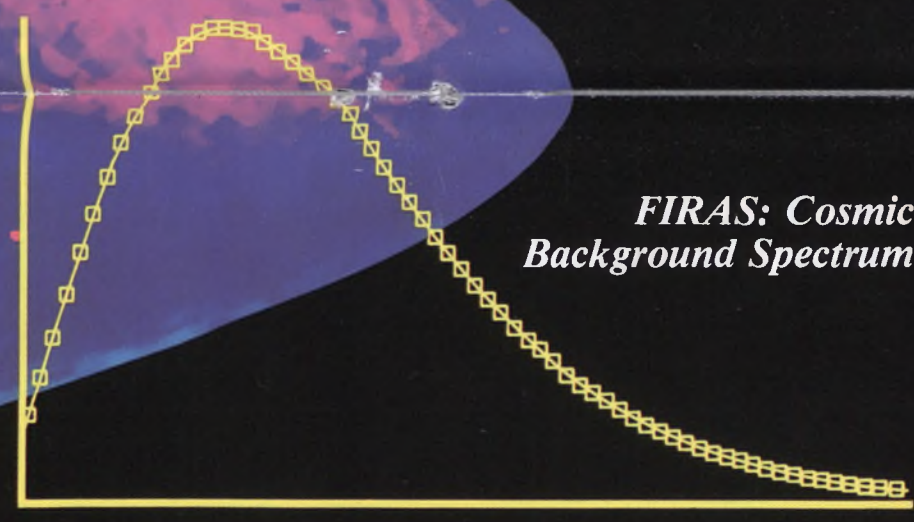
NASA GSFC's First Cosmology Satellite

John Mather Michael Hauser George Smoot

Science obtained during the first six months in orbit



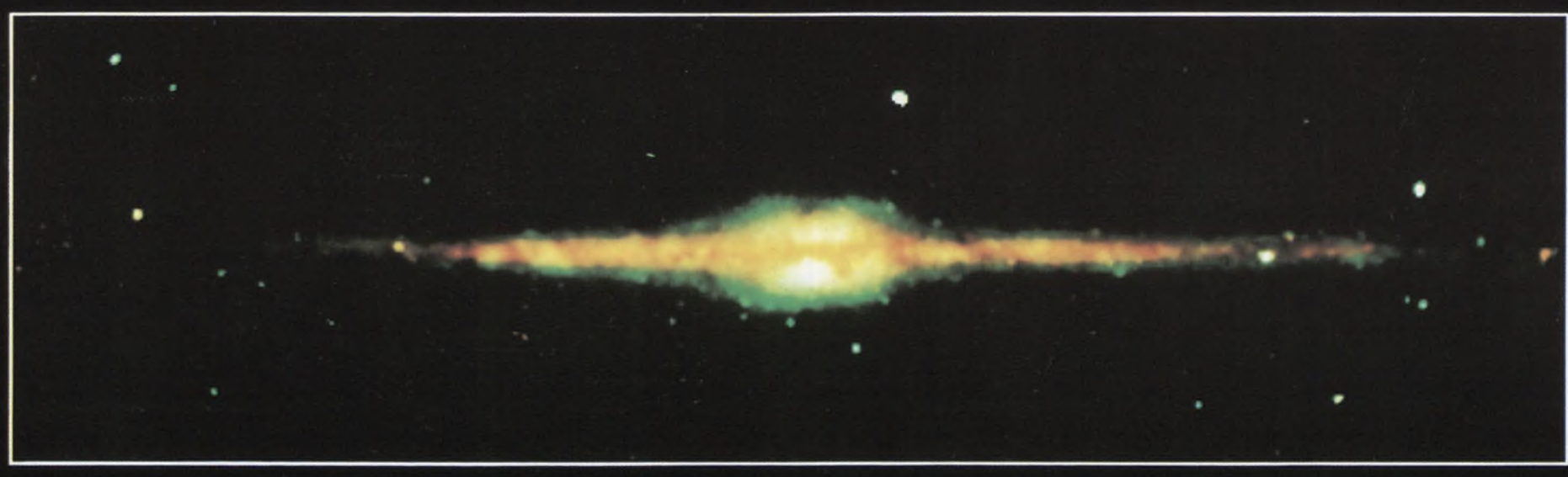
DMR: All Sky Anisotropy Map



FIRAS: Cosmic Background Spectrum

"It represents one of the most important cosmological experiments of this century."

Referee's comments on Spectrum results

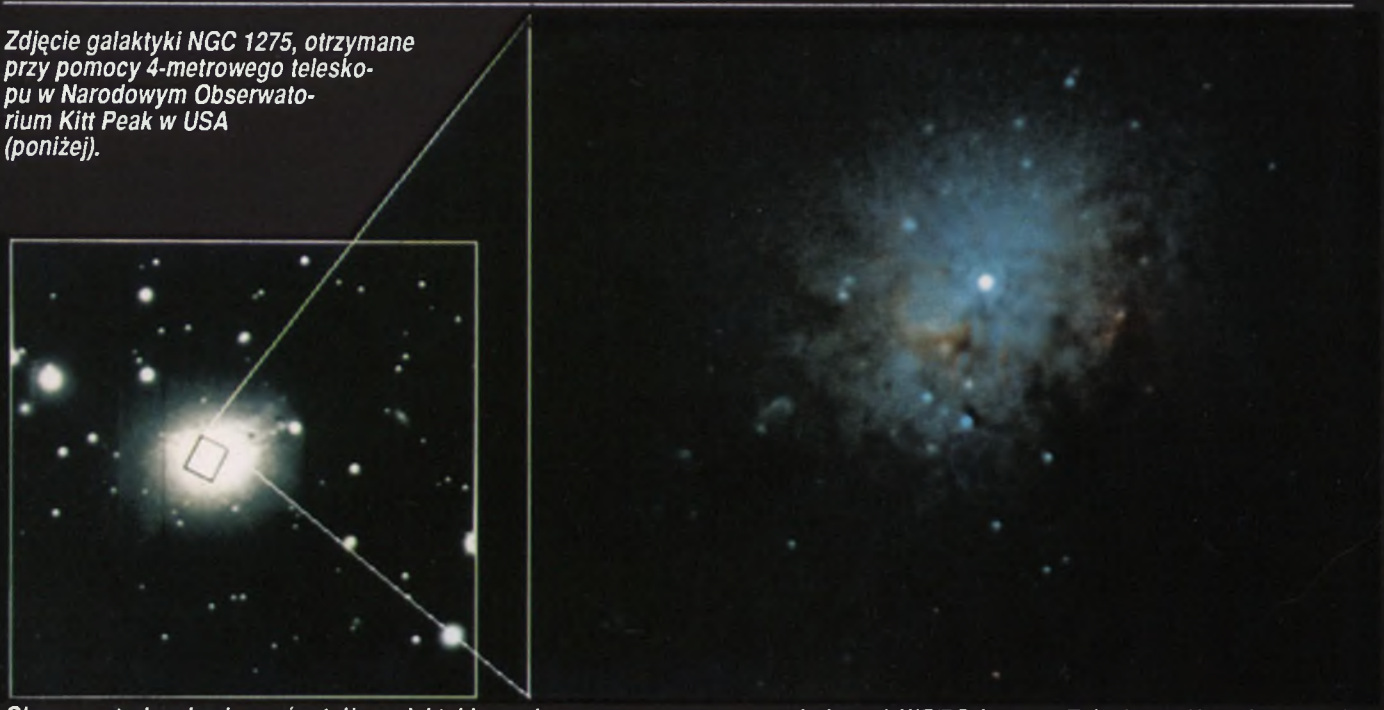


DIRBE: Near Infrared View of Milky Way Galaxy

NASA
Goddard Space Flight Center

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

obserwuje



Zdjęcie galaktyki NGC 1275, otrzymane przy pomocy 4-metrowego teleskopu w Narodowym Obserwatorium Kitt Peak w USA (poniżej).

Obraz centralnych obszarów tejże galaktyki uzyskany przy pomocy szerokokątnej WF/PC kamery Teleskopu Kosmicznego (z prawej). Zdjęcie jest złożeniem obrazów uzyskanych w świetle czerwonym i zielonym. Niebieskie punkty odpowiadają omawianym w tekście gromadom kulistym. Jasna plama w centrum obrazu to jasne i zwarte centrum galaktyki, częściowo spowite w olbrzymie, chłodne strugi gazu, widoczne jako ciemne smugi.

REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA

REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA • REKLAMA

Młode gromady kuliste w galaktyce NGC 1275

W czasie ostatniego spotkania Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego, które odbyło się 16 stycznia 1992 r. w Atlancie, Jon Holtzman z Kalifornijskiego Uniwersytetu w Santa Cruz, poinformował o niezwykle ekscytującym odkryciu, dokonanym razem z kolegami z zespołu prowadzącego obserwacje przy pomocy szerokokątnej kamery Teleskopu Kosmicznego. Na zdjęciach centralnych obszarów olbrzymiej galaktyki eliptycznej NGC 1275, odległej o około 200 milionów lat świetlnych, udało im się zidentyfikować około 50 młodych, masywnych gromad kulistych (patrz zdjęcie na wkładce).

Gromady kuliste zwykle zawierają od 100 tysięcy do 10 milionów gwiazd, dość ciasno upakowanych w obszarze o średnicy około 100 lat świetlnych. W naszej Galaktyce – Drodze Mlecznej, ponad 100 takich gromad kulistych tworzy rozległe, sferyczne halo. Najjaśniejsze z nich, można zobaczyć gołym okiem (np. słynną gromadę M 13 w gwiazdozbiorze Herkulesa) jako słabe, nieco rozmazane „gwiazdy". Cóż więc niezwykłego jest w odkryciu J. Holtzmana i jego kolegów? Rzecz w tym, że zdecydowana większość gromad kulistych zawiera bardzo stare gwiazdy, tak stare, że musiały one powstać w bardzo zamierzchłej historii Wszechświata. Gromady kuliste uważa się więc za jedne z najstarszych obiektów we Wszechświecie, a ich wiek określa wiek samego Wszechświata. Tymczasem gromady kuliste odkryte w centrum galaktyki NGC 1275 są bardzo młode.

Sama galaktyka NGC 1275 ma tak osobliwy kształt, że niektórzy astronomowie już wcześniej podejrzewali, iż w rzeczywistości widzimy dwie galaktyki – olbrzymią galaktykę eliptyczną i mniejszą spiralną – przenikające się nawzajem. Co więcej, astronomowie przypuszczają, że duże galaktyki eliptyczne tworzą się w wyniku fuzji wielu galaktyk spiralnych. Obserwacje przy pomocy Teleskopu Kosmicznego miały więc pomóc w zrozumieniu ewolucji i wzajemnych oddziaływań galaktyk w czasie takich zderzeń i fuzji. Tymczasem natrafiono na ślad jeszcze jednej zagadki. J. Holtzman przypuszcza, że odkryte przez niego młode gromady kuliste mogły powstać właśnie w wyniku takiej fuzji lub zderzenia. Dodatkowym argumentem na rzecz jego hipotezy może być fakt, że galaktyki eliptyczne mogą zawierać po stokroć więcej gromad kulistych niż zwykłe galaktyki spiralne.

Innym tropem prowadzącym do wyjaśnienia narodzin gromad kulistych, może okazać się położenie NGC 1275 w samym sercu gromady Perseusza, liczącej ponad 500 galaktyk. Takie centralne położenie w gromadzie oznacza, że galaktyka NGC 1275 jest zanurzona w jasnym halo bardzo gorącego gazu, intensywnie świecącego w promieniach X. Grawitacja powoduje wciąganie tego supergorącego gazu do wnętrza galaktyki, gdzie ulega on ochłodzeniu, produkując widoczne na zdjęciu ciemne włókna. Chłodzenie i kondensacja tego gazu może również prowadzić do bardzo wydajnego formowania nowych, młodych gwiazd.

J. Holtzman wraz z kolegami planuje dalsze obserwacje NGC 1275, licząc na to, że uda mu się znaleźć dużo więcej słabszych gromad. Zamierzają oni również uzyskać obrazy w zakresie ultrafioletowym, co pozwoli na dokładniejszą ocenę wieku tych gromad. (j)

REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA

ZAKŁAD MECHANIKI PRECYZYJNEJ
Wytwarzanie Astronomicznych Teleskopów Zwierciadlanych i Lunet
mgr inż. Jacek Uniwersał
34-300 ŻYWIEC, ul. Poniatowskiego 9
telefon (61)-33-74

LUNETY REFRAKTORY

MODEL Nr 0
- średnica obiektywu 47 mm
- ogniskowa obiektywu 500 mm
- powiększenie 40 x
Cena samej lunety 450 tys. zł
Cena lunety na małym statywie 600 tys. zł

MODEL Nr 4
- średnica obiektywu 65 mm
- ogniskowa obiektywu 400 mm
- powiększenie od 50x do 100x
- zasięg 10,5 m
Luneta posiada lunetkę celowniczą 5x30, okular do obserwacji plam na słońcu, możliwość podłączenia aparatu fotograficznego.
Cena na statywie azymutalnym - 1,7 mln zł
Cena na statywie paralaktycznym - 2 mln zł

MODEL NR 7
- średnica obiektywu 65 mm
- ogniskowa obiektywu 800 mm
- powiększenie płynne od 50-70x oraz 100-200x
- zasięg 10,5 m
Luneta posiada lunetkę celowniczą 5x30, okular do obserwacji plam na Słońcu, możliwość podłączenia aparatu fotograficznego. Cena na statywie paralitycznym z mikroruchami 2,5 mln zł

TELESKOPY ZWIERCIADLANE System Newtona

MODEL Nr 2
- średnica zwierciadła 70 mm
- ogniskowa zwierciadła 650 mm
- powiększenie 60x, 65x, 100x
- zasięg 11 m
- zdolność rozdzielcza 2 "
Cena na dużym statywie azymutalnym z pełnym wyposażeniem dodatkowym (lunetka celownicza 5x30, okular do obserwacji plam na Słońcu) - wynosi 1 mln zł

MODEL Nr 3
- średnica zwierciadła 70 mm
- ogniskowa zwierciadła 800 mm
- powiększenie 60x, 100x, 160x
- zasięg 11 m
- zdolność rozdzielcza 1,6 "
Cena na dużym statywie paralaktycznym z pełnym wyposażeniem dodatkowym (lunetka celownicza, okular) - 1,3 mln zł
Cena na dużym statywie paralaktycznym z mikroruchami i dodatkowym oprzyrządowaniem - 1,6 mln zł

MODEL Nr 5
- średnica zwierciadła 90 mm
- ogniskowa zwierciadła 800 mm
- powiększenie 70x, 120x, 200x
- zasięg 11,5 m
- zdolność rozdzielcza 1,3"
Cena na dużym statywie paralaktycznym z pełnym wyposażeniem dodatkowym (jak wyżej) - 1,7 mln zł
Cena na dużym statywie paralaktycznym z mikroruchami i dodatkowym oprzyrządowaniem - 2 mln zł

MODEL Nr 6
- średnica zwierciadła 150 mm
- ogniskowa zwierciadła 1500 mm
- powiększenie 50x, 120x, 200x, 300x, 450x, 600x
- zasięg 12,5 m
- zdolność rozdzielcza 0,8"
Teleskop wyposażony jest w 2 lunetki celownicze 20x50 i 5x30, okular do obserwacji plam na Słońcu, możliwość podłączenia aparatu fotograficznego, mikroruchy, statyw paralaktyczny - cena 6 mln zł

MODEL NR 8 - SZUKACZ KOMET
- średnica zwierciadła 150 mm
- ogniskowa zwierciadła 900 mm
- powiększenie 30x, 80x, 130x, 200x, 300x, 450x
- zasięg 12,5 m
- zdolność rozdzielcza 0,9"
Teleskop posiada 2 lunetki celownicze 20x50 i 5x30, okular do obserwacji plam na Słońcu, możliwość podłączenia aparatu fotograficznego, mikroruchy - cena całości 4 mln zł

MODEL NR 9
- średnica zwierciadła 250 mm
- ogniskowa zwierciadła 1500 mm
- powiększenie 50x, 120x, 200x, 300x, 450x, 600x
- zasięg 14 m
- zdolność rozdzielcza 0,5"
Teleskop posiada 2 lunetki celownicze 20x50 i 5x30, okular do obserwacji plam na Słońcu, możliwość podłączenia aparatu fotograficznego, mikroruchy, statyw paralaktyczny - cena 11 mln zł

oferowane instrumenty umożliwiają obserwacje:
- plam na Słońcu
- faz WENUS i MERKUREGO
- kraterów i gór na KSIĘŻYCU
- księżyców JOWISZA oraz plam i pasów na planecie
- pierścieni SATURNA
- URANA oraz MARSA
- gwiazd, gromad gwiazd, galaktyk i mgławic

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.

Teleskopy i lunety prezentowane są na zdjęciach obok (na wkładce)

Zakład jest fundatorem nagród (instrumentów do obserwacji nieba) dla laureatów Olimpiady Astronomicznej

REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA

HD 140283 i skład chemiczny wczesnego Wszechświata

W czasie 179 spotkania Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego, astronomowie: D. Duncan z Baltimore wraz z D. Lambertem i M. Lemke z Austin, donieśli o odkryciu w atmosferze bardzo starej gwiazdy, znanej jako HD 140283, śladów niezwykle rzadkiego pierwiastka – boru. Odkrycia dokonano na widmach, uzyskanych w zakresie ultrafioletowym, przy pomocy Teleskopu Kosmiczego wyposażonego w spektrograf o wysokiej zdolności rozdzielczej. Linie pochodzące od boru występują praktycznie tylko w ultrafioletowej części widma, całkowicie pochłanianej w ziemskiej atmosferze i wcześniej brak dużego teleskopu satelitarnego uniemożliwiał taką detekcję.

HD 140283, żółta gwiazda o jasności 7^m, leży w gwiazdozbiorze Lutni, w odległości 100 lat świetlnych. Jej wiek ocenia się na około 15 miliardów lat, a więc jest ona jedną z najstarszych znanych gwiazd we Wszechświecie. Ponieważ HD 140283 jest jedną z pierwszych gwiazd, jakie uformowały się w naszej Galaktyce, analiza jej składu chemicznego powinna dostarczyć bezcennych informacji o pierwotnym składzie materii naszej Galaktyki oraz wczesnego Wszechświata, w momencie jej narodzin. Jak nie trudno przewidzieć, HD 140283 składa się głównie z tych pierwiastków, które zostały zsyntetyzowane w czasie Wielkiego Wybuchu, czyli wodoru, helu i śladowych ilości litu[1]. Odkrycie boru jest jednak dużą niespodzianką. Wcześniej, przy pomocy teleskopów zainstalowanych na powierzchni Ziemi, odkryto w tej samej gwieździe inny rzadki pierwiastek – beryl.

Skąd w naszej gwieździe wziął się bor i beryl – to pytanie spędza sen z powiek wielu astrofizykom. Wiadomo, że pierwiastki te mogą być produkowane przez promieniowanie kosmiczne – bardzo szybko poruszające się i wysokoenergetyczne cząstki, które od czasu do czasu mogą zderzać się z jądrami atomów materii międzygwiazdowej rozszczepiając je na jądra lżejszych pierwiastków. Jeżeli istotne ilości berylu i boru (czwarty i piąty spośród najlżejszych pierwiastków) zostały wyprodukowane w bardzo wczesnym okresie istnienia Drogi Mlecznej, oznacza to, że liczne roje wysokoenergetycznych cząstek przemierzały naszą Galaktykę w chwili jej narodzin. Cząstki promieniowania kosmicznego mogły powstawać w wyniku wybuchów supernowych oraz innych wysokoenergetycznych zjawisk jakie mogły występować na tym wczesnym etapie rozwoju Drogi Mlecznej. Jest jednak pewien problem – względna obfitość boru i berylu nieco różni się od tego co przewiduje mechanizm produkcji tych pierwiastków przez promieniowanie kosmiczne. Alternatywą jest synteza w pierwszych chwilach istnienia Wszechświata. W niektórych wariantach teorii Wielkiego Wybuchu, przewiduje się możliwość syntezy pewnych niewielkich, aczkolwiek wykrywalnych, ilości boru i berylu w pierwszych minutach istnienia Wszechświata.

D. Duncan i jego współpracownicy planują dalsze obserwacje, w tym gwiazdy jeszcze starszej niż HD 140283. Jeżeli bor został wytworzony przez promieniowanie kosmiczne w bardzo młodej Drodze Mlecznej, wówczas powinno go ubywać im dalej wstecz astronomowie zaglądają (tzn. im bliżej momentu narodzin naszej Galaktyki). Jeżeli jednak okaże się, że obfitość boru w starszej gwieździe jest taka sama jak w HD 140283 (a więc nie zredukowana), wówczas byłby to argument na rzecz syntezy w pierwszych minutach po Wielkim Wybuchu. (j)

[1] Cięższe pierwiastki, takie jak węgiel, azot, tlen i wszystkie pozostałe obecne w Słońcu i innych gwiazdach, a także na Ziemi, powstały później w wyniku reakcji termonuklearnych we wnętrzach gwiazd kolejnych generacji.

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.

REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA

ALUMINIZACJA

Cena usługi zależna od średnicy zwierciadeł:

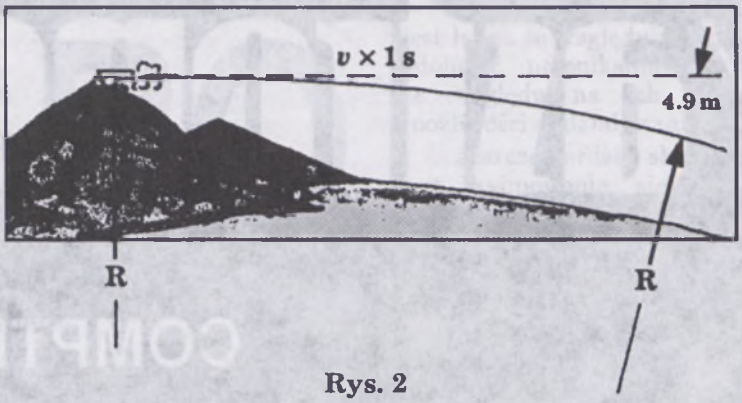
5 cm i mniejsze	–	50 tys. zł
10 cm	–	100 tys. zł
15 cm	–	150 tys. zł
20 cm	–	200 tys. zł

Zgłoszenia prosimy kierować pod adres:

Centrum Badań Kosmicznych PAN
51-622 Wrocław, ul. Kopernika 11
telefon: 48-10-42 w. 266

Fachowe pokrywanie zwierciadeł astronomicznych warstwami odbijającymi, metodą naparowania próżniowego. Dzięki dodatkowej powłoce zapewniamy zwiększenie współczynnika odbicia i trwałości warstwy odbijającej.

REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA



Rys. 2

Jak spadać, aby mimo to nie spaść...

Juliusz Domański

Zacznijmy od zwykłego rzutu kamieniem (piłką, dyskiem). Na początku zapomnijmy o istnieniu atmosfery i jej wpływie na zachowanie poruszających się ciał. Dlaczego rzucona piłka nieuchronnie spada na Ziemię, a nie porusza się po prostej na dowolnie dużą odległość? Przeciwnikiem nie do pokonania jest tu siła grawitacji, siła przyciągania piłki przez Ziemię. Jak już wiemy, niezależnie od tego, czy piłkę puścimy swobodnie, czy nadamy jej dowolnie dużą prędkość, siła grawitacji będzie nadawać jej przyśpieszenie 9.8 m/s^2. Inaczej mówiąc, po pierwszej sekundzie siły grawitacji przemieszczą piłkę o 4.9 m w kierunku środka Ziemi, po dwóch o 4 × 4.9 m = 19.6 m, po trzech o 9 × 4.9 m = 44.1 m (Rys. 1).

Skoro nie potrafimy pozbyć się siły grawitacji, spróbujmy ją „przechytrzyć". Wyobraźmy sobie następujący eksperyment. Na wierzchołku wzgórza ustawiamy armatę, z której w kierunku poziomym (prostopadle do promienia Ziemi) wystrzeliwujemy pocisk z taką prędkością, aby w ciągu jednej sekundy oddalił się od powierzchni Ziemi o 4.9 m (Rys. 2). Ale w ciągu tej sekundy siła grawitacji przybliży pocisk (w kierunku środka Ziemi) również o 4.9 m. W rezultacie pocisk będzie się poruszał nadal na tej samej wysokości! Nasze rozumowanie możemy powtarzać dla każdej następnej sekundy ruchu, ostatecznie dochodząc do wniosku, że nasz pocisk będzie się poruszał po torze kołowym, opasującym Ziemię.

Sięgnijmy teraz po kalkulator (ramka) i wykonajmy proste obliczenia. Stosując do trójkąta prostokątnego (tylko część tego trójkąta widzimy na rys. 2) twierdzenie Pitagorasa, otrzymujemy:

$$R^2 + (v \times 1\ \mathrm{s})^2 = (R + 4.9\ \mathrm{m})^2,$$

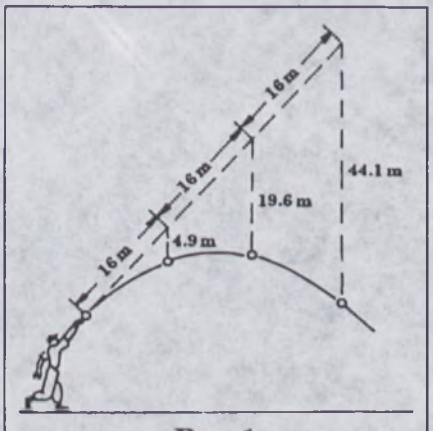
skąd:

$$v = \sqrt{\frac{(R + 4.9\ \mathrm{m})^2 - R^2}{1\ \mathrm{s}^2}}$$

Do obliczeń przyjmijmy średni promień Ziemi, R = 6370 km (ramka). Uzyskana przez nas prędkość 7.9 km/s nosi nazwę ***pierwszej prędkości kosmicznej***. Jest to prędkość, którą należy nadać dowolnemu ciału w kierunku poziomym, aby okrążało ono Ziemię tuż nad jej powierzchnią. Musimy teraz koniecznie przypomnieć sobie o istnieniu atmosfery. Na szczęście nie jest ona zbyt gruba i wystarczy nasz eksperyment przeprowadzić na wysokości około 500 km nad powierzchnią Ziemi, aby uzyskać pełne powodzenie. Nawet niezbędna prędkość będzie na tej wysokości nieco mniejsza (około 7.62 km/s).

Rozumowanie podobne do naszego przeprowadził jeszcze w XVII w. Isaac Newton. Jednak pierwszy sztuczny satelita Ziemi został wprowadzony na orbitę dopiero pod koniec 1957 r. Niezbędna prędkość około 8 km/s okazała się nie tak łatwa do osiągnięcia.

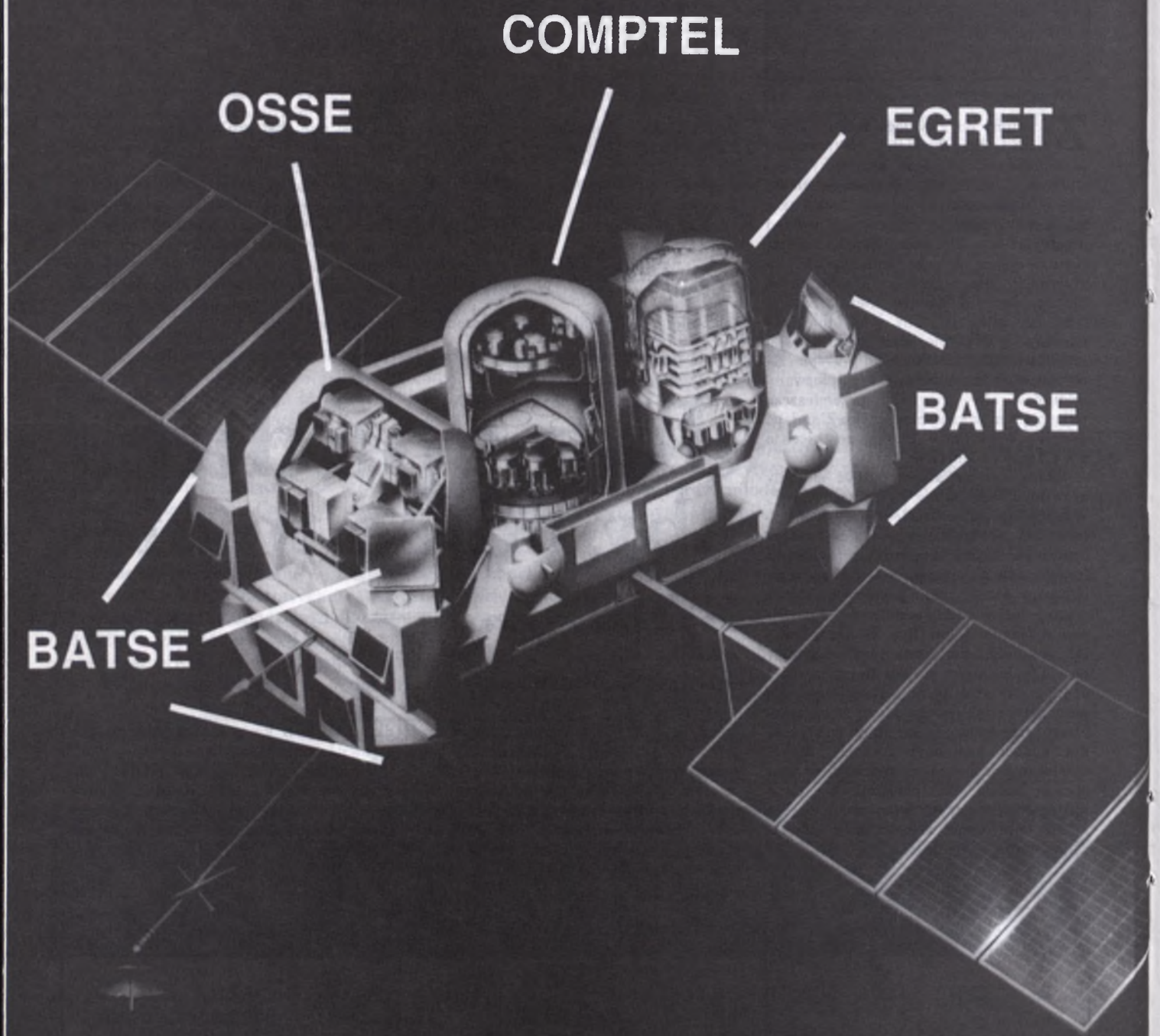
Podobnie, nieustannie „spadając", porusza się wokół Ziemi Księżyc, Ziemia wokół Słońca czy też Słońce wraz z całym układem planetarnym wokół centrum Galaktyki.



Rys. 1

OPERACJE NA KLAWIATURZE	WYŚWIETLANY WYNIK
C/CE	0
6370.0049	6370.0049
x^2	40576962.43
−	40576962.43
6370	6370
x^2	40576900
=	62.426
$\sqrt{}$	7.901012593

l'astronomia



Obserwatorium Promieniowania Gamma GRO

Giovanni F. Bignami

Obserwatorium Promieniowania Gamma - Gamma Ray Observatory (w skrócie GRO) zostało umieszczone na orbicie za pomocą Promu Kosmicznego 5 kwietnia 1991 roku. Jest ono drugim z kolei wielkim obserwatorium orbitalnym wystrzelonym przez NASA w ostatnim dziesięcioleciu. Na jego pokładzie znajdują się cztery instrumenty, które dokonują badań przestrzeni kosmicznej w promieniowaniu gamma, z najwyższą jak dotąd czułością.

Pomimo licznych trudności z Promem Kosmicznym (ang. Shuttle Transportation System) oraz poważnych problemów z Teleskopem Kosmicznym Hubble'a (ang. Hubble Space Telescope, w skrócie HST), nadeszła pora realizacji kolejnej misji z serii wielkich stacji orbitalnych wykonanych w NASA, a mianowicie Obserwatorium Promieniowania Gamma. Obserwatorium zostało wystrzelone 5 kwietnia 1991 roku i znajduje się obecnie w pełni swojej zdolności operacyjnej. Będzie mogło działać wspólnie z Teleskopem Hubble'a i z satelitą rentgenowskim ROSAT, dostarczając w sposób systematyczny danych jednocześnie w różnych dziedzinach widma, realizując tym samym jedno z niespełnionych do tej pory marzeń astronomów.

Historia obserwatorium przeznaczonego do badań astronomicznych w promieniach gamma jest długa i burzliwa, jak to zwykle bywa z wielkimi przedsięwzięciami. Aby docenić znaczenie GRO przyjrzyjmy się podstawom astronomii gamma i poziomowi jej rozwoju, zaczynając od drugiej połowy lat siedemdziesiątych.

Promieniowanie gamma, to znaczy fotony o energiach przekraczających dziesiątki keV, posiada istotną przewagę nad prawie wszystkimi innymi fotonami widma elektromagnetycznego: może przemierzać olbrzymie odległości, nawet miliardy lat świetlnych, nie ulegając pochłonięciu przez materię i nie oddziałując z rozproszonym promieniowaniem międzygwiazdowym i międzygalaktycznym. Przechwycone przez nasz detektor dostarczają zatem niezaburzonej informacji o obszarze, w którym powstały. Niestety, w końcowej fazie swojej wędrówki na Ziemię zostaną pochłonięte przez trzydziestokilometrową gęstą powłokę gazową tworzącą atmosferę naszej planety. Dlatego też teleskopy do obserwacji w zakresie promieniowania gamma muszą być umieszczane na orbicie.

Detekcja promieni gamma nie jest łatwa ze względu na ich wysoką zdolność przenikania, to znaczy ze względu na ich ograniczone możliwości oddziaływania z materią.

Jeszcze bardziej skomplikowane jest zajmowanie się astronomią gamma, a zatem nie tylko możliwie wydajną detekcją fotonów gamma, ale także określaniem kierunku, z jakiego nadchodzą, ich energii i – jeśli to w ogóle możliwe – stopnia polaryzacji.

Najważniejszym parametrem jest kierunek, z którego nadchodzi promieniowanie. Jest on najtrudniejszy do wyznaczenia, ponieważ fotony gamma nie mogą być zogniskowane czy też odbite tak jak fotony optyczne lub rentgenowskie.

Przyczyna związana jest ze strukturą materii: odległości międzyatomowe w ciałach stałych są w przybliżeniu równe lub większe niż długość fali fotonów gamma. Fotony te „widzą" jedynie elementarne składniki materii (np. elektrony, protony) i tylko z nimi oddziałują.

Pomiar kierunku, z jakiego przychodzi promień gamma, musi być więc oparty o prostą kolimację instrumentów: w praktyce polega to albo na zmniejszeniu pola widzenia, co wpływa ujemnie na efektywność pomiaru, albo na konieczności przeprowadzania rekonstrukcji dynamiki każdego pojedynczego oddziaływania.

Oznacza to, że rozważa się foton jako cząstkę oddziałującą z innymi cząstkami materii. Wyznacza się z najwyższą możliwą dokładnością kierunek każdego z produktów oddziaływania, a następnie oblicza się kierunek nadejścia pierwotnego promienia gamma.

POSTĘPY ASTRONOMII mają licznych kuzynów na całym świecie. Planujemy z nimi współpracę — wzajemną wymianę materiałów. Tym razem przedstawiamy włoskie pismo l'ASTRONOMIA. Dwumiesięcznik ten jest grubszy (80 stron) i cały kolorowy, ale za to kosztuje 6 000 lirów, czyli około 40 000 zł za zeszyt... Zaczerpnięty z niego artykuł o GRO jest doskonałym wprowadzeniem do tej tematyki, choć pochodzi z sierpniowo–wrześniowego numeru z ubiegłego roku. Nazwiska astronomów włoskich pojawiają się wśród nazwisk ludzi, którzy decydują o kształcie astronomii z kosmosu, i Bignami jest właśnie jednym z nich.

Domena astronomii gamma rozpoczyna się tam, gdzie kończy się rentgenowski zakres widma promieniowania elektromagnetycznego. Fotony γ wysyłane przez ciała niebieskie (punktowe źródła na tle nieba) osiągają energie wyższe niż dziesiątki czy nawet setki keV. W odróżnieniu od większości pozostałych fotonów kosmicznych, fotony z tak wysokimi energiami niosą informacje o procesach nietermicznych zachodzących w materii emitującej promieniowanie.

Znamy wiele procesów, w wyniku których następuje emisja promieniowania gamma; wymieńmy tutaj: deekscytację wzbudzonych jąder atomowych produkującą linie widmowe gamma, anihilację cząstek z antycząstkami (na przykład elektrony i pozytony), oddziaływanie cząstek naładowanych (protony, elektrony) z polami elektromagnetycznymi, oraz oddziaływanie pomiędzy cząstkami naładowanymi i materią.

Znaczenie astrofizyczne każdego z tych procesów jest oczywiste: w przypadku linii widmowych promieniowania gamma istnieje możliwość przeprowadzenia diagnostyki spektroskopowej nie względem poziomów energetycznych elektronów w atomie, ale względem poziomów energetycznych nukleonów w jądrach. Ponadto, znajomość czasu rozpadu różnych izotopów pozwala na określenie wieku pojedynczych wydarzeń (wybuchów supernowych, narodzin gwiazd), a nawet na określenie wieku Wszechświata.

Natomiast w procesach ciągłych, takich jak promieniowanie gamma produkowane w oddziaływaniach pomiędzy cząstkami i polami elektrycznymi lub magnetycznymi, czy też takich jak linie rozpadu pewnych izotopów, otrzymuje się informacje o przebiegu wielkoskalowych oddziaływań pomiędzy promieniowaniem, materią i polami magnetycznymi, na przykład w przestrzeni międzygwiazdowej.

Metoda ta, jak dotąd najczęściej używana (szczególnie przy wysokich energiach), posiada poważne ograniczenia ze względu na nieznajomość fizyki oddziaływania.

Interesującą metodą do pomiaru pozycji źródeł promieniowania gamma na niebie jest pewna szczególna odmiana kolimacji, wykorzystująca maskę zwaną „aperturą zakodowaną". Nie bedziemy jej jednak tutaj omawiać, gdyż nie jest używana na pokładzie GRO. Warto jednak pamiętać, że jest to metoda stosunkowo nowa i niezwykle obiecująca. Została z powodzeniem zastosowana w teleskopie Sigma znajdującym się na pokładzie francusko–rosyjskiego satelity rentgenowskiego Granat. Przewiduje się jej użycie w przyszłych misjach astronomii gamma, jak na przykład w misji Integral przygotowywanej przez ESA (ang. European Space Agency, czyli Europejska Agencja Kosmiczna). Metoda ta nie została zastosowana w GRO tylko dlatego, że nie była ona jeszcze dobrze znana i wypróbowana w momencie projektowania satelity (należy tu dodać, że było to prawie piętnaście lat temu!).

Pomiar energii unoszonej przez promieniowanie gamma następuje prawie zawsze poprzez pochłoniecie fotonu. Pochłonięcie to może być albo całkowite albo częściowe, zależnie od energii fotonu.

Oddziaływania fotonu z materią mogą bezpośrednio spowodować scyntylacje, jeśli dysponujemy odpowiednim materiałem scyntylacyjnym.

Schematycznie proces ten możemy opisać następująco: energia pochłonięta przez scyntylator zostaje przezeń wypromieniowana w większych długościach fali i jest mierzona na wyjściu fotopowielacza. Foton oddziałujący z materią może też wywołać lawinę elektronowo-fotonową, która zostanie prawie całkowicie pochłonięta w materiale i wywoła scyntylacje. Dokładność pomiaru energii w tym wypadku zależy przynajmniej od dwóch procesów przypadkowych, a mianowicie wielokrotnego oddziaływania fotonu i scyntylacji. Z tego powodu rozdzielczość energetyczna (a zatem dokładność pomiaru) będzie ograniczona, nawet bez uwzględniania błędów spowodowanych niewystarczającą liczbą oddziaływań fotonów gamma w detektorze.

WAŻNIEJSZE DATY W ASTRONOMII GAMMA

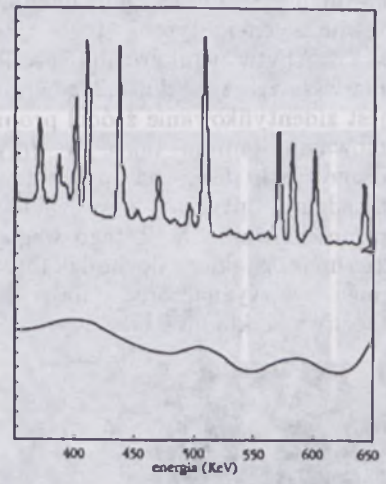
1958 - we włoskim czasopiśmie *Nuovo Cimento* ukazuje się artykuł P. Morrisona sugerujący możliwość prowadzenia badań astronomicznych w promieniach gamma.
1961 - EXPLORER 1: satelita wystrzelony przez NASA rejestruje po raz pierwszy pozaziemskie fotony gamma (21 zliczeń).
1967 - VELA: seria amerykańskich satelitów zwiadowczych odkrywa rozbłyski promieniowania gamma (GRB). Odkrycie to było trzymane w ścisłej tajemnicy i zostało ogłoszone w sześć lat później.
1968 - OSO-3: satelita ten obserwuje emisje fotonów gamma (621 zliczeń) pochodzącą z centrum i z dysku naszej Galaktyki, obserwuje on także rozproszone promieniowanie tła pozagalaktycznego.
1972 - SAS-2: wykonuje ośmiomiesięczne obserwacje nieba, podczas których rejestruje około 8000 fotonów gamma. Jest uważany za pierwszy instrument pozwalający na poważne badania astronomiczne w promieniach gamma. Odkrywa strukturę dysku galaktycznego, emisję gamma pochodzącą od dwóch pulsarów w pozostałościach po wybuchu supernowych w Krabie i Veli oraz niezwykłe źródło Geminga.
1975 - COS-B: satelita wykonany w ESA rozpoczyna swoją prawie siedmioletnią misję, podczas której odbiera 210 000 fotonów gamma o wysokich energiach, wykonuje szczegółową mapę naszej Galaktyki, odkrywa źródła w dysku i pierwsze źródło pozagalaktyczne.
1977 - HEAO-1: wykonuje pierwszą kompletną mapę nieba w promieniowaniu gamma o niskiej energii (około 100 keV)
1979 - HEAO-3: w promieniowaniu gamma pochodzącym z płaszczyzny Galaktyki odkrywa linię rozpadu aluminium 26.
1980 - Solar Maximum Mission: odkrywa linie rozpadu kobaltu 56 utworzonego w pozostałościach gazowych po wybuchu supernowej 1987A.
1989 - Sigma: teleskop na pokładzie francusko-rosyjskiego satelity odkrywa zmienność i lokalizuje źródło produkujące linię 511 keV (anihilacja pary elektron-pozyton) w obszarze centrum Galaktyki.
1991 - Rozpoczyna się misja Obserwatorium Promieniowania Gamma (GRO).

Wszystkie podane daty odpowiadają momentom wystrzelenia instrumentów.

Powoduje to niestety poważne ograniczenie klasycznego instrumentu scyntylacyjnego, przede wszystkim jeśli chodzi o identyfikacje linii gamma pochodzenia jądrowego.

Linie te w warunkach normalnych są bardzo wąskie, z drugiej zaś strony właśnie dokładna wartość energii fotonów pozwala na identyfikację rodzaju jądra, które badamy. Współczesna spektroskopia jądrowa wykorzystuje do pomiaru energii promieniowania gamma odbiorniki, w których pochłonięcie fotonu nastepuje w odpowiednio chłodzonych kryształach germanu. Najmniejszy przedział energii, jaki można otrzymać za pomocą takich odbiorników, jest mniejszy lub porównywalny z naturalną szerokością linii gamma. Odbiorniki te są zatem idealne do identyfikowania różnych izotopów. Niestety i w tym przypadku długie czasy przygotowania, projektowania i wykonania instrumentu nie pozwoliły na umieszczenie spektrometrów germanowych na pokładzie GRO. Zostały one zastosowane w przestrzeni kosmicznej dopiero w ostatnich latach i są także przewidziane w misji Integral.

Pomimo tych dwóch poważnych ograniczeń technologicznych – braku maski apertury zakodowanej i spektroskopu germanowego – GRO pozostaje jednym z najlepszych satelitów, charakteryzujacym się przede wszystkim wysoką czułością.



Porównanie energetycznej zdolności rozdzielczej, otrzymanej na podstawie analizy typowego widma gamma w obszarze energii około 500 keV, za pomocą odbiornika półprzewodnikowego (u góry) i za pomocą klasycznego odbiornika scyntylacyjnego (na dole) takiego jaki został zastosowany w instrumentach GRO. Wyższość nowych odbiorników germanowych jest bezsporna, jednakże ich technologia nie była jeszcze dobrze znana w momencie projektowania GRO i dlatego nie przewidziano umieszczenia tego typu odbiorników na jego pokładzie.

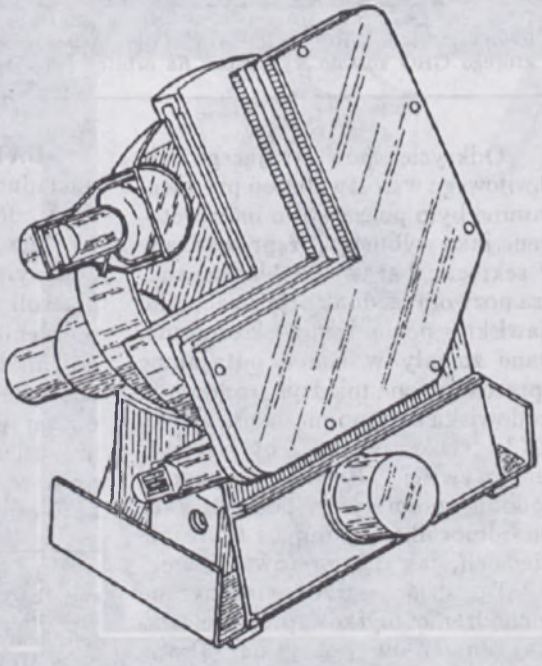
Przypatrzmy się bardziej szczegółowo odbiornikom umieszczonym na pokładzie Obserwatorium. Na wspólnej konstrukcji nośnej, wypełniającej większą część ładowni Promu, zamontowane są cztery instrumenty odseparowane od siebie i pracujące niezależnie.

BATSE (ang. Burst And Transient Source Experiment – Eksperyment Rozbłysków i Źródeł Przejściowych) jest jedyny w swoim rodzaju. Składa się z ośmiu oddzielnych modułów umieszczonych w czterech rogach platformy: cztery w jej części górnej i cztery w dolnej. Celem takiego rozmieszczenia jest możliwość obserwowania zawsze całego nieba, nie przesłoniętego przez Ziemię (co stanowi w przybliżeniu 2/3 sfery niebieskiej). Instrument ten przeznaczony jest do obserwacji słynnych rozbłysków gamma (ang. gamma ray burst, w skrócie GRB). Są to zjawiska nadzwyczaj energetyczne lecz bardzo krótkotrwałe.

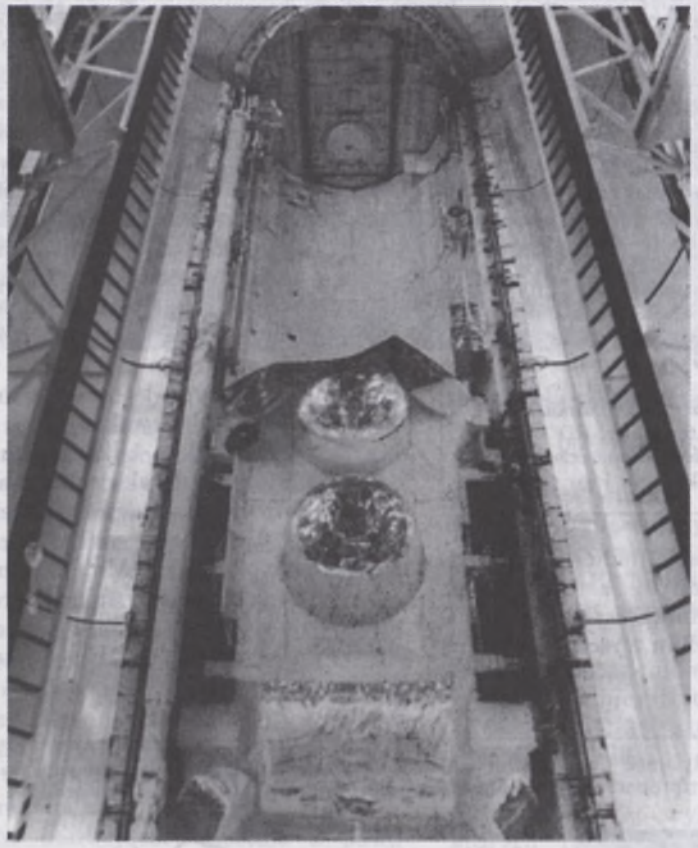
Trwają zwykle kilka sekund, podczas których detektor bombarduje olbrzymi strumień promieni gamma o stosunkowo niskiej energii (zwykle poniżej 1 MeV).

Ze względu na niemożność prognozowania tych zjawisk i na ich krótki czas trwania, GRB są wciąż

BATSE (Burst And Transient Source Experiment). Rysunek przedstawia jeden z ośmiu modułów umieszczonych na konstrukcji nośnej Obserwatorium. Na fotografii, montaż fotopowielaczy, stanowiący końcową fazę instalacji detektora.



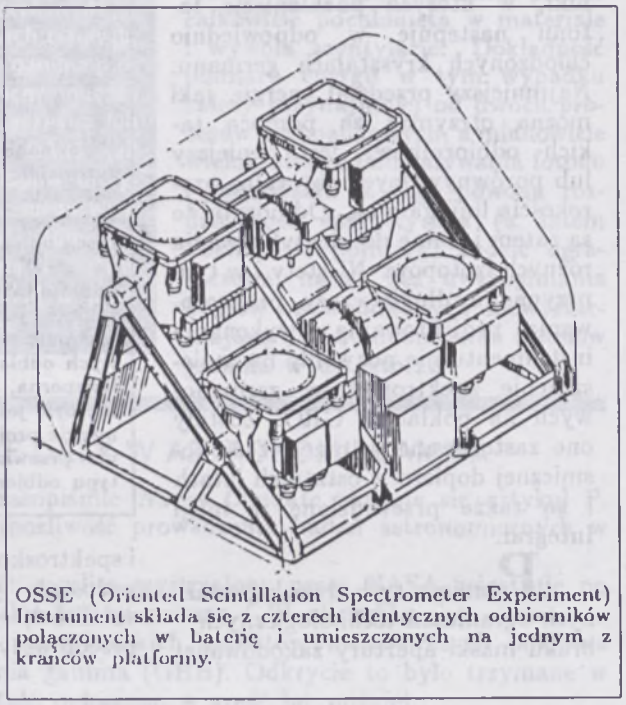
zagadką astronomiczną po prawie dwudziestu latach od momentu ich odkrycia w 1973 roku. W swoim czasie stanowiły nawet poważny problem polityczny angażujący oba supermocarstwa. Satelity USA z serii Vela, przebywające na orbicie pod koniec lat 60-tych, miały na pokładzie czułe detektory promieniowania gamma w celu kontrolowania przestrzegania układu o nieprzeprowadzaniu wybuchów jądrowych w atmosferze.



Rozmieszczenie GRO w ładowni statku Atlantis, za pomocą którego GRO zostało wyniesione na orbitę. (za zgodą NASA)

Odkrycie powtarzającego się chwilowego wzrostu zliczeń promieni gamma było początkowo interpretowane jako wybuchy przeprowadzane w sekrecie; bardziej dokładna analiza pozwoliła jednak przypisać temu zjawisku pochodzenie kosmiczne. Dane zostały w końcu odtajnione i przedstawione międzynarodowemu środowisku astronomicznemu w roku 1973, tylko po to, by odkryć, że oczywiście Rosjanie wykonali podobne pomiary za pomocą swoich odbiorników gamma i także nie wiedzieli, jak interpretować dane.

Do dziś jeszcze astrofizyczne pochodzenie błysków promieniowania gamma nie jest jasne. Prawdopodobnie powstają one w naszej Galaktyce; sugeruje to przede wszystkim ich rozmieszczenie na niebie i bilans energetyczny tego zjawiska.* Aby w pełni zrozumieć GRB, pierwszą rzeczą, jaką należy zrobić, jest zidentyfikowanie źródeł promieniowania gamma także w innych długościach fali, na przykład w dziedzinie optycznej i w dziedzinie promieniowania X. Z tego względu kierunek, z jakiego dochodzą fotony, musi być wyznaczony z najwyższą możliwą dokładnością.



OSSE (Oriented Scintillation Spectrometer Experiment) Instrument składa się z czterech identycznych odbiorników połączonych w baterię i umieszczonych na jednym z krańców platformy.

Niestety, jest to bardzo trudne zadanie dla tego tak krótkotrwałego i nieprzewidywalnego zjawiska.

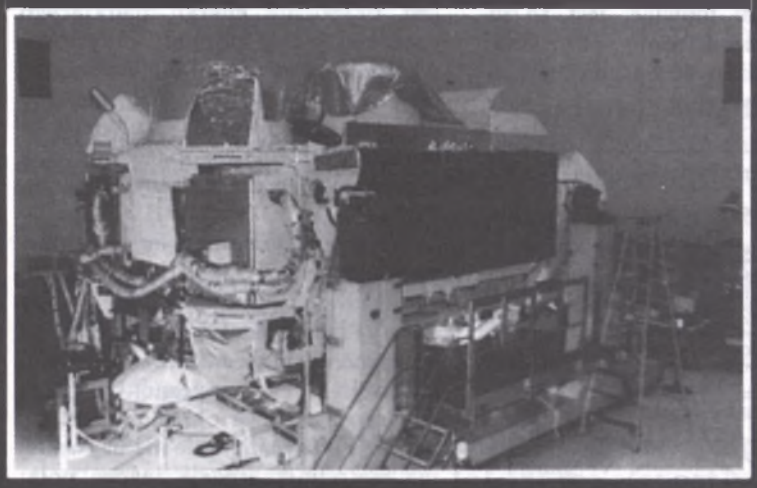
BATSE zlokalizuje GRB z dokładnością do jednego stopnia łuku; dokładność ta, sama w sobie nie wystarczająca, połączona z danymi z innych instrumentów, pozwoli na ostateczne określenie położenia źródła z niepewnością do kilku dziesiątek sekund łuku – znacznie lepiej niż było to możliwe do tej pory. Podział instrumentu na osiem modułów rozmieszczonych w rogach obserwatorium jest konieczny do uzyskania najlepszej rozdzielczości kątowej pojedynczego zjawiska.

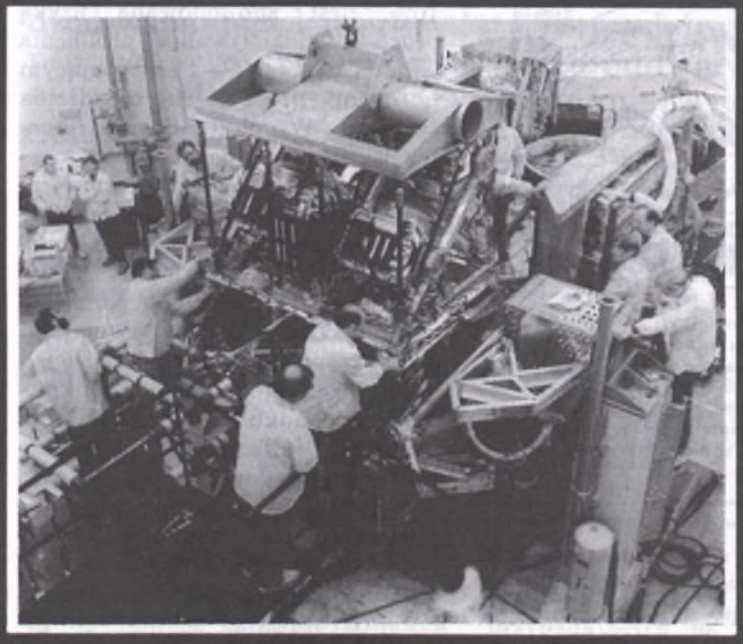
Każdy moduł BATSE zawiera tarczę z jodku sodu (NaI), specjalnego materiału scyntylacyjnego, z którym oddziaływują promienie gamma wywołując luminescencję. Emitowane światło zostaje zebrane przez specjalny „światłowód" i przeniesione do trzech fotopowielaczy, będących w stanie wytworzyć sygnał elektryczny, który z kolei zostaje odpowiednio zakodowany i przetransmitowany na Ziemię. Każdy z ośmiu kryształów NaI w BATSE jest największym kryształem, jaki kiedykolwiek został umieszczony na satelicie: mają po dwadzieścia cali średnicy (więcej niż pół metra). Zapewnia to czułość instrumentu przynajmniej dwadzieścia razy większą niż czułość poprzednich teleskopów obserwujących GRB.

Zrozumienie natury GRB, a więc fizycznego mechanizmu emisji promieniowania, wymaga dobrej znajomości ich widma energetycznego. Materiał scyntylacyjny, odbierając promieniowanie gamma, wytwarza porcję energii, która jest proporcjonalna do ilości światła dostarczanego na fotopowielacz. Dobra jakość pomiaru zależy jednakże od grubości materiału.

Aby zwiększyć rozdzielczość energetyczną, BATSE posiada także odbiorniki o mniejszej powierzchni (12 cm średnicy), ale o większej grubości (ponad 7 centymetrów).

* To stwierdzenie oparte o wyniki sprzed wystrzelenia GRO wydaje się ulec modyfikacji skutkiem rocznej działalności tejże misji. Artykuł o wynikach naukowych GRO pojawi się w następnym numerze – przyp. red.





Zdjęcia ilustrują GRO - Obserwatorium Promieniowania Gamma umieszczone na orbicie 15 kwietnia 1991 przez załogę promu kosmicznego Atlantis. Dwa górne zdjęcia to ostatnia faza montażu gotowych już instrumentów tuż przed umieszczeniem całości w ładowni statku. Poniżej z lewej widoczny montaż instrumentu OSSE, u dołu po prawej instalacja instrumentu EGRET. U dołu z lewej ostatnia faza przygotowania GRO; wszystkie instrumenty już są na swoich miejscach.

Pozwoli to na rozstrzygnięcie spornej kwestii, czy widmo promieniowania gamma pochodzące od GRB zawiera charakterystyczne linie spektralne, takie jak na przykład linie anihilacji par elektron–pozyton w pobliżu gwiazdy neutronowej.

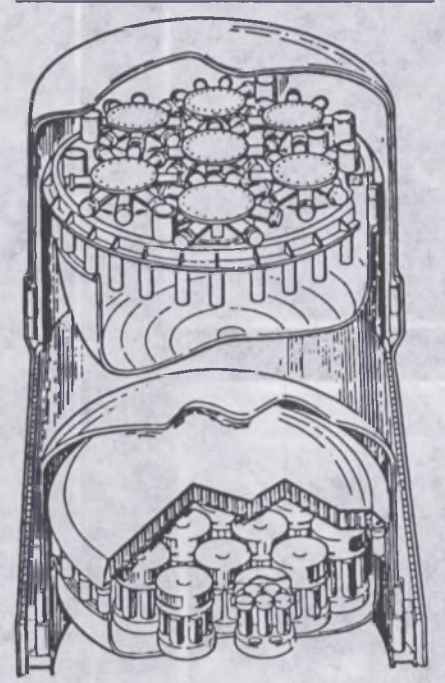
Identyfikacja rozbłysków promieniowania γ będzie dużym krokiem naprzód. Zrozumienie tego zjawiska może nastąpić przy pomocy korelowania danych pozycyjnych otrzymanych z BATSE z obrazami w promieniowaniu X (na przykład z ROSATa), a zwłaszcza z obserwacjami ewentualnych błysków w dziedzinie optycznej, szybkich i widowiskowych pojaśnień słabej i nieznanej gwiazdy.

Oczekuje się, że BATSE będzie rejestrował średnio jeden GRB dziennie, i dla każdego z nich będzie możliwy pomiar zmienności zliczeń fotonów i kształtu widma w czasie. Zatem olbrzymia ilość danych zgromadzonych w czasie trwania całej misji, przewidzianej na wiele lat, i dotyczącej tego szczególnego aspektu astronomii wysokich energii, powinna spowodować przybliżenie momentu rozwiązania zagadki GRB.

OSSE (ang. Oriented Scintillation Spectrometer Experiment – Zorientowany Spektrometr Scyntylacyjny) jest instrumentem przeznaczonym do spektroskopii i do badania zmienności w czasie obiektów gamma, zarówno tych znanych, jak i nowych, niedawno odkrytych przez GRO. Został on przystosowany do pracy w paśmie pomiędzy 100 keV i 10 MeV, w jednym z bardziej interesujących pasm, zarówno ze względu na emisję widma ciągłego, jak i ze względu na linie pochodzenia jądrowego emitowane w wyniku rozpadu radioaktywnego.

OSSE zawiera cztery identyczne, niezależne od pozostałych detektory, z których każdy zamontowany jest w układzie celującym indywidualnie. Są one także w dużej mierze niezależne od systemu kontrolującego oprzyrządowanie całej stacji badawczej.

Pozwala to na skierowanie jednego z liczników w kierunku pewnego źródła, podczas gdy inny w tym samym czasie mierzy szum tła celując w obszar nieba wolny od źródeł. Można także w tym samym czasie dokonać równoczesnych obserwacji kilku obiektów lub obserwacji obiektów „drugorzędnych", w czasie gdy obiekt główny, w kierunku którego skierowane jest całe Obserwatorium, chwilowo jest zasłonięty przez Ziemię. Wszystko to oczywiście następuje bez zmiany ogólnego programu obserwacyjnego GRO. Krótko mówiąc, jest to instrument wszechstronny, pomyślany tak, aby realizować optymalny program obserwacyjny.



COMPTEL (Imaging Compton Telescope). W tym instrumencie sprzężone są odbiorniki badające efekt Comptona, przeznaczone do rejestracji padającego promienia gamma i odbiorniki scyntylacyjne pochłaniające foton rozproszony; Instrument ten umieszczony jest w centrum platformy GRO.

Każdy ze spektrometrów OSSE zawiera centralny licznik scyntylacyjny otoczony odbiornikami pomocniczymi, których zadaniem jest zmierzenie szumu tła, wywołanego zwłaszcza przez cząstki naładowane, i w konsekwencji jego wyeliminowanie. Drastyczne osłabienie promieniowania tła jest jednym z podstawowych wymagań stawianych przed instrumentem gamma. Jest on narażony na zjawiska wywołujące sygnały bardzo podobne do promieni gamma (właśnie efekty tła), i to znacznie liczniejsze niż rejestracja poszukiwanych fotonów. Odbiornik centralny (spektrometr gamma) każdego z czterech modułów składa się z warstwowo ułożonych kryształów jodku sodu i jodku cezu, w których następuje oddziaływanie promieni gamma i emisja światła scyntylacyjnego w ilości proporcjonalnej do energii fotonów padających. Kryształy są „widziane" przez siedem fotopowielaczy, które generują sygnał proporcjonalny do światła scyntylacyjnego. Po odpowiedniej kalibracji sygnału możliwe jest określenie energii padającego promieniowania gamma. Przystosowanie instrumentu do celów astronomicznych osiągnięte zostało poprzez umieszczenie nad kryształem kolimatora wolframowego, który określa prostokątne pole widzenia 3.°8 na 11.°4.

Nawet z tak pobieżnego i uproszczonego opisu OSSE można się zorientować, jakie są słabe i silne strony instrumentu. Wadami są poważne ograniczenia rozdzielczości kątowej i energetycznej. Rozdzielczość kątowa określona jest za pomocą klasycznej, ale nie używanej już metody kolimacji dużego pola; rozdzielczość energetyczna, rzędu 10%, jest spowodowana fizyką procesu oddziaływania promienia gamma w krysztale i następującym po nim procesem gromadzenia światła. Współczesne spektrometry gamma są oparte na odbiorze fotonów w germanie ze zdolnością rozdzielczą rzędu 0.1%, niezbędną do obserwacji linii pochodzenia jądrowego. Na rysunku (str. 79) zaprezentowano porównanie pomiędzy energetyczną rozdzielczością najlepszych kryształów scyntylacyjnych i odbiornika germanowego w konkretnym przypadku spektroskopii linii jądrowych. Różnica istnieje i jest łatwo zauważalna.

Zaletami istrumentu są: jego wszechstronność, zdolność dokładnego pomiaru tła, a przede wszystkim jego duża powierzchnia zbiorcza, co sprawia, że jest to instrument bardzo czuły. Przynosi on zaszczyt projektującym go naukowcom, którzy za pomocą instrumentów i technologii dostępnych w momencie wykonywania projektu skonstruowali instrument wciąż jeszcze dziś aktualny, który pozostanie jeszcze przez długi czas najczulszym w swoim przedziale energii.

COMPTEL, teleskop Comptona, zadedykowany jest fizykowi amerykanskiemu A.H. Comptonowi. Jego nazwisko związane jest z podstawowym mechanizmem oddziaływania promieni gamma z materią. W odróżnieniu od BATSE i OSSE teleskop Comptona jest w stanie na podstawie obioru tylko jednego fotonu

kim był A.H. Compton?

Arthur Holly Compton (1892-1962) byl amerykańskim uczonym, któremu zostało zadedykowane GRO. Prawdopodobnie pod wpływem szkoły sławnego profesora Rutherforda w Cambridge rozpoczął on, wraz z Debye'm, serię eksperymentów mających na celu badanie rozpraszania wiązek promieniowania X w parafinie. Zakończone one zostały odkryciem w 1923 roku efektu polegającego na tym, że zmiana długości fali promieni X jest proporcjonalna do długości fali elektronu. W niedługim czasie po tym odkryciu Compton, analizując obrazy utworzone w komorze jonizacyjnej Wilsona, dokonał innej ważnej obserwacji dotyczącej rozpraszania elektronów na fotonach. Były to lata szczególne dla mechaniki kwantowej i dla zrozumienia dualizmu korpuskularno-falowego. Compton i Wilson za swoje doświadczenia (i interpretacje) otrzymali nagrodę Nobla w 1927 roku.

Obecnie cały świat akceptuje efekt Comptona, polegający na oddziaływaniu dynamicznym pomiędzy fotonami i cząstkami naładowanymi o małych masach, w szczególności zaś pomiędzy fotonami i elektronami. A. H. Compton kontynuował wspaniałą karierę w latach trzydziestych jako profesor w Chicago, badając promieniowanie kosmiczne i jego oddziaływanie z ziemskim polem magnetycznym, manifestując między innymi niezwykłe zdolności w organizacji programów naukowych.

Prawdopodobnie dlatego został on powołany w 1941 roku na ważne stanowisko w programie Manhattan, w celu prowadzenia badań nad pierwszą bombą atomową. Pomimo swoich skrupułów religijnych przyjął tę propozycję i wraz z Fermim w Chicago pracował nad pierwszym stosem jądrowym, zachowanym do tej pory na dziedzińcu uniwersytetu. To on 2 grudnia 1942 roku przeprowadził historyczną rozmowę telefoniczną z komendantem programu Manhattan ogłaszając zaszyfrowaną wiadomość o sukcesie w przeprowadzeniu reakcji łańcuchowej i o otwarciu ery atomowej: „Włoski żeglarz zszedł właśnie na Nowy Ląd."

zlokalizować obiekt promieniowania gamma. Dzięki temu będzie można otrzymać obrazy dużej części nieba.

Zasada działania COMPTELa wykorzystuje zjawisko rozpraszania fotonów w materii, zwane rozpraszaniem Comptona. Padający promień gamma oddzialywuje z elektronem w stanie spoczynku, przekazując mu część swojej energii i zmieniając kierunek swojej trajektorii o kąt, który jest funkcją bilansu energetycznego.

W COMPTELu pierwsza faza oddziaływania następuje w górnej części detektora, składającej się z 7 komór scyntylatora płynnego (o średnicy 80 cm każda). Znajdujące się w nich elektrony wprawione w ruch przez fotony gamma produkują sygnał świetlny odbierany i lokalizowany (z dokładnością do 0.5 cm) poprzez grupę 8 fotopowielaczy przypadających na każdy moduł. Foton rozproszony kontynuuje ruch ze zmniejszoną energią i zmodyfikowanym kierunkiem, i zostaje pochłonięty w dolnej części detektora umieszczonego w odległości 150 cm od jego części górnej. Jest on utworzony z 14 modułów scyntylacyjnych jodku sodu o średnicy 28 cm każdy, o powierzchni całkowitej 8620 cm^2. W tych blokach scyntylacyjnych promieniowanie gamma zostaje całkowicie pochłonięte, produkując sygnał świetlny proporcjonalny do swojej energii. Sygnał zostaje odebrany i umiejscowiony za pomocą grupy fotopowielaczy, które „patrzą" na każdy moduł; jest to ostatnia faza opisu wydarzenia.

Aby wyznaczyć energię i kierunek nadchodzenia padającego fotonu z przestrzeni kosmicznej, koniecznym jest zrekonstruowanie fizycznego procesu zachodzącego w dwóch fazach opisanych wyżej. Nie jest to proste, ponieważ procedura analizy danych dostarczanych przez COMPTEL jest bardzo długa i najbardziej skomplikowana spośród wszystkich instrumentów GRO.

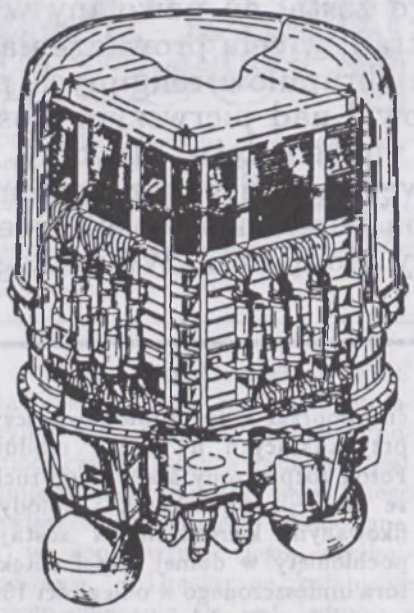
Niepewność w pomiarach położenia i energii w obu fazach oddziaływania wpływa na ograniczoną zdolność lokalizacji źródeł na sferze niebieskiej i na ograniczenie precyzji pomiarów spektroskopowych. Dokładność wyznaczenia pozycji obiektu w najlepszym przypadku nie przekracza jednego stopnia łuku. Ponadto małe prawdopodobieństwo zaistnienia obu oddziaływań oraz złożoność

układu analizującego dane przyczyniają się do zmniejszenia liczby zaobserwowanych zjawisk. W praktyce powierzchnia aktywna instrumentu stanowi jedną pięćdziesiątą powierzchni geometrycznej górnej części detektora.

Ze względu na powyższe argumenty, COMPTEL jest najmniej pewnym instrumentem na pokładzie GRO, z drugiej jednak strony – najbardziej interesującym. Powyższa technika rejestracji i pomiaru nie była jeszcze nigdy zastosowana w misjach kosmicznych, przeszła jedynie pomyślnie próby na balonach stratosferycznych. Właśnie dlatego przedział energii od 1 MeV do dziesiątek MeV jest jeszcze zupełnie niezbadany, zwłaszcza przez instrumenty mające zdolność tworzenia obrazów. Przy odrobinie szczęścia i dobrej woli nie jest wykluczone, że COMPTEL sprawi nam ciekawe niespodzianki, zarówno w przypadku nieba galaktycznego, jak i (co bardziej prawdopodobne) w przypadku nieba pozagalaktycznego, gdzie Sigma, wspomniany wcześniej teleskop orbitalny do obserwacji w dziedzinie wysokoenergetycznego promieniowania rentgenowskiego, nie odniósł jak dotąd większych sukcesów. Oczywiście, bazując na wynikach dokładnych kalibracji przeprowadzonych przed wystrzeleniem, czułość COMPTELa (od dziesiątej do około setnej części wartości strumienia promieniowania Mgławicy Krab) powinna umożliwić gruntowne badania całego nieba, które zostanie zakończone podczas pierwszego roku misji GRO.

EGRET (akronim angielskiej nazwy Energetic Gamma Ray Experiment Telescope – Teleskop Energetycznego Promieniowania Gamma, lub też „czapla" - w tym samym języku) jest czwartym instrumentem na pokładzie GRO.

Instrument ten jest czuły na promieniowanie gamma o najwyższych energiach, począwszy od około 20 MeV a skończywszy na 20 GeV, to znaczy na fotony produkowane w najbardziej energetycznych procesach astronomicznych. W przedziale energii powyżej dziesiątek MeV, procesem dominującym jest kreacja par cząstka-antycząstka. W oddziaływaniu promieniowania gamma z materią foton materializuje się w polu elektrycznym jądra materii absorbującej dając początek parze elektron-pozyton. Elektrony powstałe w wyniku takiego oddziaływania posiadają energię kinetyczną porównywalną z energią padającego promienia gamma i poruszają się wzdłuż kierunku bliskiego oryginalnej trajektorii fotonu. Otrzymuje się w ten sposób dwie cząstki naładowane, które mogą być zarejestrowane i zmierzone bez większych trudności, na przykład za pomocą komory scyntylacyjnej, instrumentu używanego już z powodzeniem w misjach astronomii gamma takich jak SAS-2 z NASA i sławny COS-B z ESA. Licznik scyntylacyjny jest ciekawym instrumentem, gdyż dostarcza trójwymiarowego obrazu oddziaływania i pozwala na dokładne odróżnienie zjawiska wywołanego przez promienie gamma pochodzące z obserwowanego źródła od zjawiska tła. Z obrazu zjawiska można także wywnioskować, z dokładnością narzuconą przez znajomość fizyki oddziaływania, kierunek z jakiego nadchodzi foton i jego energię.



EGRET (Energetic Gamma Ray Experiment Telescope). Jest to teleskop przeznaczony do badania promieniowania gamma o wysokiej energii, składający się w zasadzie z komory scyntylacyjnej i z kalorymetru; umieszczony jest na platformie po przeciwnej stronie instrumentu OSSE.

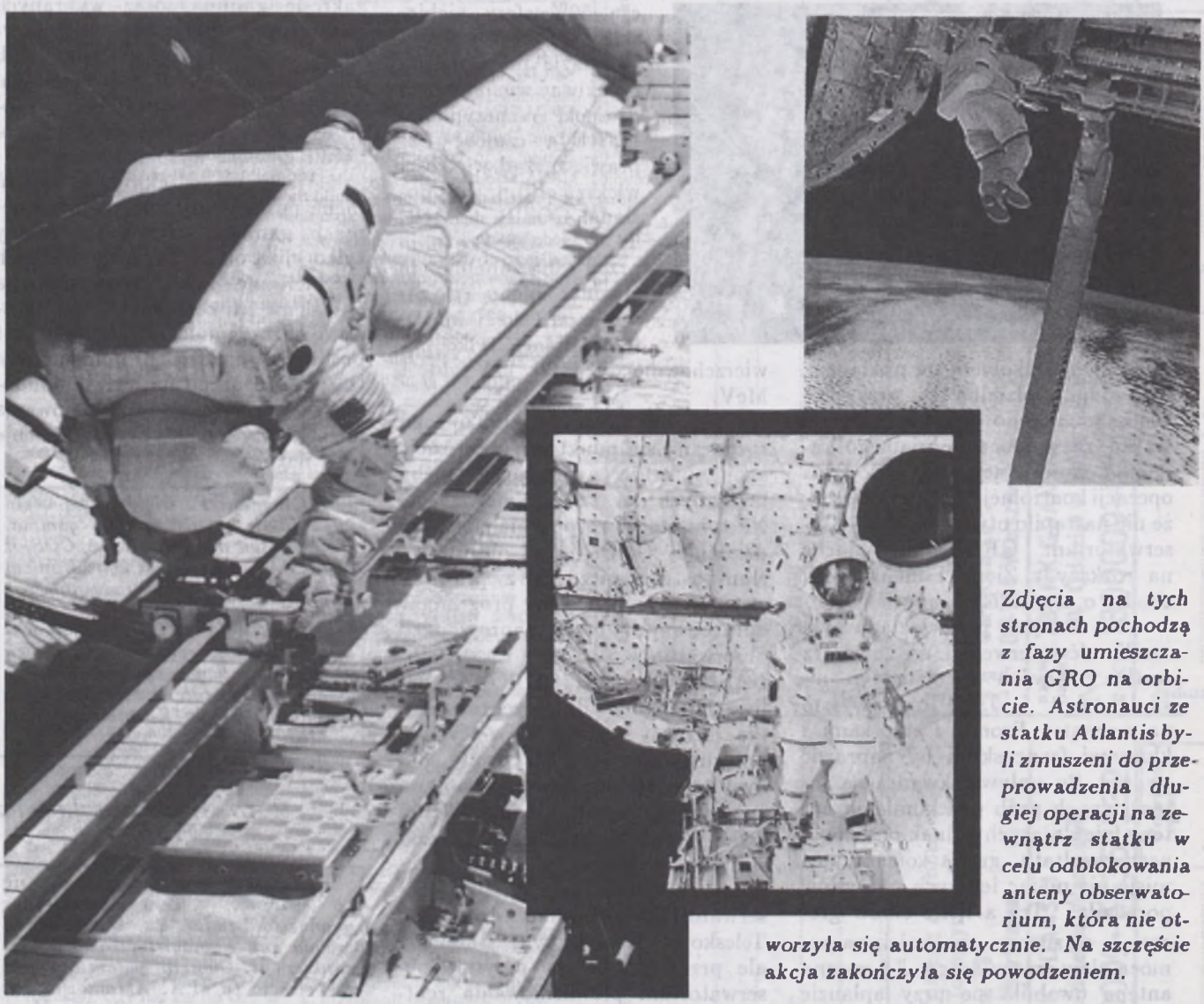
W przypadku EGRETa komora scyntylacyjna jest szczególnie wysokiej jakości, bowiem została przygotowana na bazie doświadczenia zdobytego w poprzednich misjach SAS-2 i COS-B. Przede wszystkim posiada dużą powierzchnię, 80 × 80 cm^2, wielokrotnie większą od komór poprzednich generacji. Z obrazu utworzonego w komorze scyntylacyjnej można wyznaczyć kierunek fotonu, generującego parę elektron–pozyton. Całkowita energia zjawiska zostaje zmierzona w dużym kalorymetrze, składającym się z 400 kg jodku sodu.

Nazwa intrumentu nie powinna wprowadzać w błąd, nie mierzy on bowiem ciepła zmagazynowanego poprzez foton w krysztale, ale całkowitą ilość światła scyntylacyjnego wytworzonego przez produkty oddziaływania elektromagnetycznego dwóch cząstek powstałych w komorze scyntylacyjnej z padającego fotonu. Światło zostaje zebrane i zmierzone za pomocą zwykłego zespołu fotopowielaczy, wytwarzających sygnał proporcjonalny do energii zmagazynowanej w krysztale. Wyrażenie „kalorymetr", zapożyczone z fizyki ogólnej, jest tutaj użyte jako nazwa urządzenia do pomiaru całkowitej energii układu.

EGRET musi także posiadać układ wyodrębniający zjawiska z szumu tła jeszcze lepszy od tego, jaki posiadają inne instrumenty, ponieważ wysokoenergetyczne promienie gamma w zasięgu obiektywu są dużą rzadkością. Są one około dziesięć tysięcy razy mniej liczne niż cząstki naładowane, (takie jak na przykład protony o dużych energiach), które stanowią dominującą składową promieniowania kosmicznego. Pod tym względem, niestety, orbita GRO nie jest idealna do prowadzenia obserwacji astronomicznych w promieniach gamma. Konieczność użycia Promu Kosmicznego jako jedynego środka będącego w stanie wynieść w przestrzeń 17 ton GRO, narzuciła nachylenie jego orbity pod kątem 28 stopni w stosunku do równika. W związku z tym pojawia się problem zmieniającego się ciągle poziomu tła. W istocie, strumień cząstek naładowanych mogących osiągnąć punkt na powierzchni Ziemi (lub na wysokości setek kilometrów, co na jedno wychodzi) zależy od natężenia ziemskiego pola magnetycznego w danym punkcie, które zmienia się wraz z szerokością geograficzną. GRO w czasie 97 minut na orbicie omiecie prawie 60 stopni w szerokości. Będzie zatem poddany zmiennemu strumieniowi promieniowania kosmicznego sprawiając, że instrumenty zarejestrują

Dane techniczne odbiorników GRO

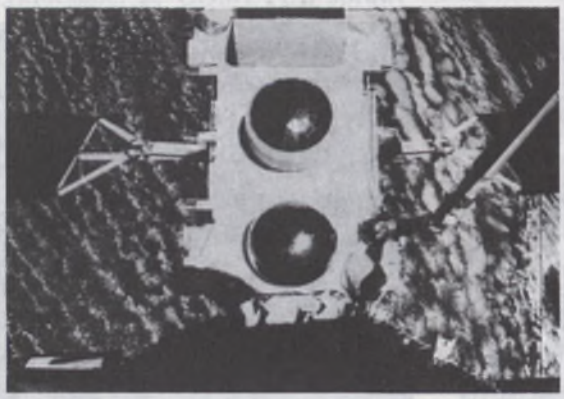
	OSSE	COMPTEL	EGRET	BATSE DUŻE POLE	BATSE SPEKTROSK.
Przedział energii (MeV)	od 0,10 do 10,0	od 1,0 do 30,0	od 20 do 30 000	od 0,03 do 1,9	od 0,015 do 110
Rozdzielczość widmowa	od 4% do 12%	od 6% do 9%	~ 20%	od 20% do 32%	od 6% do 8%
Powierzchnia efektywna (cm^2)	2013 dla 0,2 MeV 1480 dla 1,0 MeV 569 dla 1,0 MeV	25,8 dla 1,27 MeV 29,3 dla 2,75 MeV 29,4 od 4,43 MeV	1200 dla 100 MeV 1600 dla 500 MeV 1400 dla 3000 MeV	1000 dla 0,03 MeV 1800 dla 0,1 MeV 550 dla 0,66 MeV	100 dla 0,3 MeV 127 dla 0,2 MeV 52 dla 3 MeV
Rozdzielczość (źródła jasne)	10'	8,5'	od 5' do 10'	1° (jasne rozbłyski)	—
Pole widzenia	3°,8 × 11°,4	~64° × 64°	5% nieba	całe niebo	całe niebo



Zdjęcia na tych stronach pochodzą z fazy umieszczania GRO na orbicie. Astronauci ze statku Atlantis byli zmuszeni do przeprowadzenia długiej operacji na zewnątrz statku w celu odblokowania anteny obserwatorium, która nie otworzyła się automatycznie. Na szczęście akcja zakończyła się powodzeniem.

różne poziomy szumu tła w różnych punktach orbity.

Tak więc 5 kwietnia 1991 GRO zostało umieszczone na właściwej orbicie za pomocą statku Atlantis, pilotowanego przez K.D. Camerona, a dowodzonego przez S.R. Nagela. Do powodzenia misji GRO przyczynili się także inni członkowie ekipy, a wśród nich Linda Godwin.



Będąc jedyną kobietą na pokładzie, była odpowiedzialna za przygotowanie satelity do odłączenia się od statku za pomocą specjalnego ramienia manipulacyjnego. Podczas operacji kontrolnej Linda zauważyła, że nie nastąpiło otwarcie anteny Obserwatorium: GRO byłoby głuche na rozkazy z Ziemi i niemc, jeśli chodzi o transmisję danych.

Na szczęście przewidziana była możliwość interwencji na zewnątrz statku. Dwóch specjalistów misji J. Apt i J.L. Ross wyszło na zewnątrz Promu z młotkami i kluczami francuskimi by naprawić awarię. Po upływie kwadransa intensywnych prób uruchomienia anteny, nie dających jednak oczekiwanego rezultatu, grupa kontrolująca misję nie mając lepszych pomysłów poradziła: „Try a little elbow grease...", co znaczy „spróbujcie za pomocą oleju smarującego..." i oporna antena uwolniła się przy aplauzie wszystkich obecnych. Jeśliby GRO było wyniesione na orbitę za pomocą rakiety konwencjonalnej, a nie za pomocą Promu, co oznaczałoby brak możliwości bezpośredniej interwencji, misja zakończyłaby się w momencie jej rozpoczęcia. Ale wszystko dobre co się dobrze kończy.

Na swojej prawie kołowej orbicie, na wysokości 450 km, GRO rozpoczyna realizować bardzo ambitny program obserwacji. Po części wstępnej, trwającej prawie miesiąc, poświęconej na kalibrację instrumentów, Obserwatorium rozpoczęło piętnastomiesięczny program wykonania mapy całego nieba w promieniach gamma. Ani SAS-2 ani COS-B, ani też krótkie obserwacje balonowe nie wykonały jeszcze nigdy badania całego nieba. Pokrycie dostępne do tej pory nie przekracza 50% sfery niebieskiej. Już po pierwszej fazie misji można oczekiwać wielu niespodzianek. W przypadku EGRETa czułość jest prawie o rząd wielkości większa od tej, jaką posiadał COS-B. COMPTEL i OSSE mają przed sobą zupełnie nie zbadane niebo (w zakresie od 1 do 10 MeV), lub badane tylko powierzchownie od 100 keV do 1 MeV.

Po tej fazie, w 1992 roku rozpoczną się punktowe obserwacje serii obiektów i obszarów nieba uważanych za szczególnie ważne. Na tym etapie rozpocznie się także działanie GRO jako obserwatorium astronomicznego z prawdziwego zdarzenia, według programów opracowanych przez zaproszonych obserwatorów.

NASA wyposażyła GRO w paliwo niezbędne do przeprowadzenia korekty orbity i w system umożliwiający przekazywanie danych: w rezultacie misja potrwa znacznie dłużej niż planowane dwa lata. W zamian NASA zażądała od środowiska astronomicznego przekształcenia misji w Wielkie Obserwatorium Orbitalne, drugie po Teleskopie Kosmicznym Hubble'a, ale przed AXAFem (przyszłe obserwatorium promieniowania rentgenowskiego). Jest to zadanie bardzo trudne i zostało ono powierzone Komitetowi Użytkowników (podobnego do tego dla HST), który ma na celu reprezentowanie i obronę interesów wspólnoty naukowej potencjalnych użytkowników GRO. Pierwszym posunięciem Komitetu było ogłoszenie konkursu na programy obserwacyjne jeszcze przed wystrzeleniem GRO, w lipcu 1991 zaś rozpisano kolejny konkurs na propozycje obserwacji w roku 1992. Wszyscy mogą brać udział, wystarczy mieć dobre pomysły.

Jaki wkład wniesie GRO do rozwoju astronomii? Na pewno dostarczy dużo dokładniejszego obrazu emisji wysokoenergetycznych fotonów w naszej Galaktyce, ze szczególnym naciskiem położonym na jej centrum, gdzie teleskop Sigma odkrył niedawno niezwykle źródło „Wielki Anihilator". Poza tym, oczywiście, wykona obserwacje licznych pulsarów, od dawna podejrzanych o promieniowanie w zakresie gamma, oraz wybranych podwójnych układów rentgenowskich. Dokona także jednej lub kilku obserwacji źródła Geminga, bezwzględnie najważniejszego spośród odkrytych obiektów w astronomii gamma wysokich energii.

Wiele się oczekuje od badań nieba pozagalaktycznego w promieniach gamma. Na razie znamy tylko kilka obiektów, a dane o nich są nieliczne i nie pozwalają na określenie ich cech charakterystycznych. Szczególnie interesujący jest problem pomiaru promieniowania tła pochodzącego najprawdopodobniej z rozproszonego promieniowania pozagalaktycznego oraz ustalenie jego natury.

Giovanni F. Bignami od wielu lat zajmuje się astronomią gamma. Brał udział w misjach SAS-2, COS-B i SIGMA. Obecnie jest konsultantem naukowym do spraw związanych z instrumentem EGRET i członkiem komitetu NASA GRO Users Committee. Jest profesorem nadzwyczajnym w katedrze fizyki ogólnej Uniwersytetu w Cassino i współpracuje z Instytutem Fizyki Kosmicznej CNR w Mediolanie.

tłum. Ewa Szuszkiewicz

Astronomowie polscy tułają się po świecie... Ewa Szuszkiewicz ukończyła studia we Wrocławiu i zrobiła pracę magisterską pod kierunkiem II. Cugiera, potem doktorat w Trieście (u M.A. Abramowicza!), chwilowo pracuje w Queen Mary and Westfield College w Londynie, a co dalej?...

Listy Czytelników

Z pewną irytacją przyjmuję do wiadomości ataki na upraszczanie pewnych działów, czy zbyt popularny charakter *Postępów Astronomii*. Być może właśnie dlatego, iż snobizm niektórych astronomów jest zbyt wielki, nie ma wśród Was Carla Sagana – bogatego astronoma i popularyzatora. Nauka taka jak astronomia, wymaga społecznego poparcia – nakłady na dobry sprzęt są duże, a odpowiednie pieniądze się znajdą tylko wtedy, gdy społeczeństwo będzie miało dostęp do najnowszych osiągnięć tej nauki w przyswajalnej formie. Faktem zaś jest, iż o sprawach trudnych pisać przystępnie mogą i potrafią tylko specjaliści najwyższej klasy, by wspomnieć tylko śp. Włodzimierza Zonna. Zawsze bolałem nad tym, że kraj Kopernika przeznacza tak mało pieniędzy na przyrządy wspomagające astronomów w ich pracy – nie zdobędzie się ich wszakże przez potępienie tych nielicznych, którzy schodzą z piedestału i udostępniają ją „maluczkim" – nie tak mądrym, nie tak rozumnym, ale jednak ciekawym, jak cały gatunek Homo Sapiens. Czy przez to, iż nie znam wyższej matematyki i fizyki nie mam mieć możności poznać osiągnięć astronomii – po stokroć nie! Jako szary człowiek jestem tak samo dumny z osiągnięć prof. Paczyńskiego, czy dr Wolszczana – a może bardziej, bo **brak mi tej nuty profesjonalnej zawiści, którą może mieć każdy z Was** (podkr. red.).

Dariusz Dziedzic – Bytom

Red. *Dedykujemy ten list wszystkim astronomom. A swoją drogą, chyba ani „mądrość", ani nawet głupota, nie są jedynymi kryteriami wielkości lub „maluczkości" Homo Sapiens.*

Kolejny numer PA (1/1991) jest ciągle świetny, a przy okazji zabawny: zestawiłem recenzję pana Sołtana oraz list pana Stachniewicza.

Uważam, że list p. Stachniewicza odpowiada na tę recenzję – tj. kto mógł napisać rozdział *Geografii* oraz, że rosną nowe zastępy ludzi, którzy zrobią to jeszcze „lepiej".

Pomimo zaprzeczania i pewnej asekuracji, z całego listu wprost wyczuwa się wielką ochotę, by PA zamienić w ... no! Może miast pisać bzdury pan Stachniewicz wskazałby „prawdziwego astrologa" lub „znającego się na astrologii". Może jednak „coś w tym jest", skoro Redakcji brakowało ciekawszych listów (list jest „ciekawy" zważywszy, kto go napisał). Czy nie żal na coś takiego papieru?

Krzysztof Socha – Piórków

Red. *Ostro! Listy do druku rzeczywiści dobieramy tak, by były dla nas okazją do wyłożenia naszego, redakcyjnego kredo. Poglądy polemiczne są więc w szczególnej cenie. Natomiast bezpowrotnie, w naszym redakcyjnym koszu lądują przysyłane nam licznie (niestety!) pseudonaukowe memoriały. Bzdur nie drukujemy! Co innego bzdury, a co innego dyskusja co jest bzdurą? Trochę tolerancji!*

Bardzo mi się podoba nowe wcielenie *Postępów*. Na początku wydawało mi się trochę infantylne, ale widzę, że w tym jest metoda. Kilka uwag na temat spraw poruszanych w ostatnich numerach:

1. Swego czasu (PA 4/91) pisaliście o CONVEXach w Toruniu. Nie jestem pewny, czy to najlepsze wykorzystanie pieniędzy. Z moich doświadczeń w Socorro (VLA), CONVEX jest tylko kilka razy szybszy od mojego SUN–IPC (powiedzmy o czynnik 3), a kosztuje o czynnik >10 więcej. Na dodatek szybko się zdezaktualizuje, gdy pojawią się prawdziwe komputery równoległe. Właściwie, to te CONVEXy w Socorro były nawet wolniejsze od mojej maszyny, gdy ruszą te wszystkie „AIPSy". Ja mam AIPS na moim SUNie i mogę wszystko zrobić szybciej.

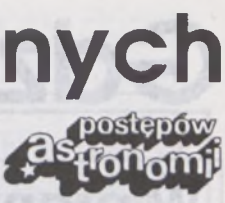
2. Chyba coś się pomyliło p. Bajtlikowi (PA 1/92), co do rozmiarów pola widzenia VLA. Pole widzenia jest **stałe** we wszystkich konfiguracjach i zależy tylko od λ/d, czyli jest po prostu ograniczeniem dyfrakcyjnym pojedynczej anteny (d=25 m – średnica anten). Natomiast rozdzielczość systemu VLA zależy od odległości między antenami. Ta z kolei określa wielkość piksela (najmniejszego elementu). W zwartych konfiguracjach VLA, piksel jest duży i (zwykle) duży wtedy jest sygnał/piksel; odwrotnie przy rozciągłych konfiguracjach. Dla źródeł punktowych tego rodzaju rozważania nie mają znaczenia. VLA doskonale się nadaje do obserwacji źródeł punktowych, bo ma dużą powierzchnię (odpowiadającą 130 m średnicy!), ale **przede wszystkim**, doskonałą definicję sygnału w stosunku do tła. Teleskop w Arecibo ma gorszy stosunek sygnału do szumu od VLA, mimo że jest tyle większy (ale ma wiele innych zalet: doskonały system do obserwacji procesów szybko zmiennych, doskonałe spektrografy, itd.). Chyba przydałby się prawdziwy opis VLA w *Postępach*.

Sławomir Ruciński – Toronto, Kanada

Red. *Jasne, że by się przydał! Krytyka naszych najlepszych autorów kosztuje u nas... artykuł. Profesor Ruciński już nam to obiecał! Oczywiście o VLA.*

Natomiast naszą opinię o kupnie CONVEXa wyraziliśmy we wstępie do omawianego tekstu. W konsekwencji, w następnym numerze pojawiła się notka, że „nie reprezentujemy oficjalnego stanowiska Towarzystwa".

W następnych numerach



- Astronomia w Krakowie
- CZARNA WDOWA – pulsar-modliszka
- Rozdwojony kwazar, a stała Hubble'a

UWAGA PRENUMERATORZY

Tych z Państwa, którzy nie otrzymali jeszcze egzemplarzy PA prosimy o kontakt z naszym dystrybutorem lub z Redakcją. Na wielu odcinkach przekazów pocztowych brakuje dokładnych adresów i treści zamówień, co niestety uniemożliwia nam realizację zobowiązania. W szegółności prosimy o kontakt: ❶ Liceum Ogólnokształcące im. H. Sienkiewicza, Bobowel(?) ❷ Witold Dziewiński, ul. Główna 82(?), Andropol(?) ❸ Anna Jamuszkiewicz, Warszawa(?) ❹ Konrad Jakszewski(?), 73-110 Stargard ❺ Czesław Ścisłowski, 40-360 Katowice 14 (Łopienice) ❻ Czesława Koralewska, 62-300 Września ❼ ???, stempel 07.02.92 Tarnobrzeg ●

Pokwitowanie dla wpłacającego

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

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

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 .....
adres .....
Dokładny .....

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

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

Pobrano opłatę zł .....
Podpis przyjmującego .....
stempel

Odcinek dla banku

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

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

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

Pobrano opłatę zł .....
Podpis przyjmującego .....
stempel

WYPEŁNIĆ I WYCIĄĆ

Gdzie i jak kupić postępy astronomii ?

W prenumeracie najtaniej

✦ POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy ✦ Zgodnie z zapowiedzią, cena pojedynczego zeszytu od kwietnia wynosi 14 000 zł ✦ Cena prenumeraty całorocznej wynosi 56 000 zł ✦ Istnieje jeszcze możliwość zamówienia zeszytów z roku 1991 w tej samej cenie (tzn. 14 000 zł za egzemparz) ✦ Uwaga: rocznik 1991 bliski wyczerpania ✦ Koszt przesyłki pocztowej wliczony jest w cenę prenumeraty ✦ Prenumeraty opłacone wcześniej będą realizowane bez konieczności dopłaty ✦ Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym poniżej przekazie ✦ Prosimy o czytelne wypełnienie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu ✦ Cena prenumeraty za granicę w Europie jest zwiększona o 50% (przesyłka zwykła) lub 75% (przesyłka lotnicza) ✦ Cena prenumeraty za granicę poza Europą jest zwiększona o 100% (przesyłka zwykła) lub 150% (przesyłka lotnicza) ✦

Prenumerata na następujące numery „Postępów Astronomii" w roku 1992 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

oraz zamówienie na zalegle numery rocznika 1991 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

razem: ..... zł

Prenumerata na następujące numery „Postępów Astronomii" w roku 1992 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

oraz zamówienie na zalegle numery rocznika 1991 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

razem: ..... zł

Prenumerata na następujące numery „Postępów Astronomii" w roku 1992 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

oraz zamówienie na zalegle numery rocznika 1991 (niepotrzebne skreślić):

1 – 2 – 3 – 4 (14000 zł/egz)

razem: ..... zł

WYCIĄĆ I WYPEŁNIĆ

● **Adresy księgarń, w których można kupić *POSTĘPY ASTRONOMII*:**

- Białystok, *ORWN PAN*
- Bydgoszcz, Księg. *„WSPÓŁCZESNA"*, ul. Gdańska 5
- Cieszyn, Księg. *„Piastowska"*, ul. Głęboka 6
- Czersk, księg. *„ALEKSANDRA"*, ul. Starogardzka 32
- Częstochowa, *Księgarnia Techniczna*, ul. Wilsona 8
- Gdańsk, księg. *„HEWELIUSZ"*, ul. Heweliusza 19/21, Gdańsk
- Gdańsk, Księg. *Naukowo-Techniczna*, ul. Rajska 6
- Gdańsk, księg. *„BESTSELER"*, Salon Sprzed. Nr.2, ul. Dubois 2a
- Gliwice, Rynek 14
- Gniezno, Księg. *KMPiK*, ul. Chrobrego
- Gorzów Wkp., *Księg. Wojewódzka*, ul. Howdańska 9/10
- Katowice, księg. *„Nauka"*, ul. Warszawska 11
- Katowice, *ORWN PAN*
- Kraków, Księg. Wydawnictw Naukowych *„Elefant"*, ul. Podwale 6
- Kraków, księg. *„Iris"*, Rynek Główny 23
- Kraków, Dom Książki, Rynek Podgórski 14
- Kraków, księg. *„Skarbnica"*, os. Centrum C Bl. 1
- Lidzbark Warmiński, *Księg. im. J. Krasickiego*, ul. Powst. Warszawy 14
- Lublin, ul. Krakowskie Przedm. 62
- Lublin, księg. *„EZOP"*
- Łódź, księg. *„Pegaz"*, ul. Piotrkowska 47/49
- Olsztyn, *Księg. Naukowa „LOGOS"*, ul. Kołobrzeska 5
- Opole, księg. *„OMEGA"*, Rynek 19/21
- Piła, ul. 14 Lutego 2
- Poznań, *Księg. Naukowa „BOOK SERVICE"*, ul. Podgórna 8
- Radom, księg. naukowo-techniczna *„Bis"*, ul. 25 czerwca 26/32
- Radom, księg. *„SONET"*, ul. Żeromskiego 27
- Rzeszów, *Salon Wydawniczy KAW*, ul. 3-go Maja 8
- Siedlce, Księg. *„WSPÓŁCZESNA"*, ul. Piłsudskiego 68
- Sopot, ul. Boh. Monte Cassino 26
- Szczecin, *Księg. SCRIPTUM*, ul. Mazurska 26
- Warszawa, *Główna Księg. Naukowa im B. Prusa*, ul. Krakowskie Przedm. 7
- Warszawa, *ORWN PAN*, Pałac Kultury i Nauki
- Warszawa, *KMPiK*, Śc. Wschodnia
- Warszawa, księg. *„MDM"*, ul. Piękna 31/37
- Warszawa, *Główna Księg. Techniczna*, ul. Świętokrzyska 14
- Toruń, księg. *„BOOKINISTA"*, ul. Konstytucji 3 Maja 10
- Toruń, *Księgarnia Uniwersytecka*, ul. Gagarina 11
- Toruń, *Wojewódzka Księg. Naukowa*, Rynek Staromiejski 30
- Wrocław, *Księg. „Akademicka"*, ul. Curie-Skłodowskiej 39
- Wrocław, *Księg. Naukowa im. M. Kopernika Fundacji dla Uniwersytetu Wr.*, ul. Kuźnicza 30/33,
- Wrocław, *Przedsiębiorstwo Księgarsko-Wydawnicze „EUREKA"*, Księgarnia, ul. Kołłątaja 54
- Zawiercie, ul. 3 Maja 11

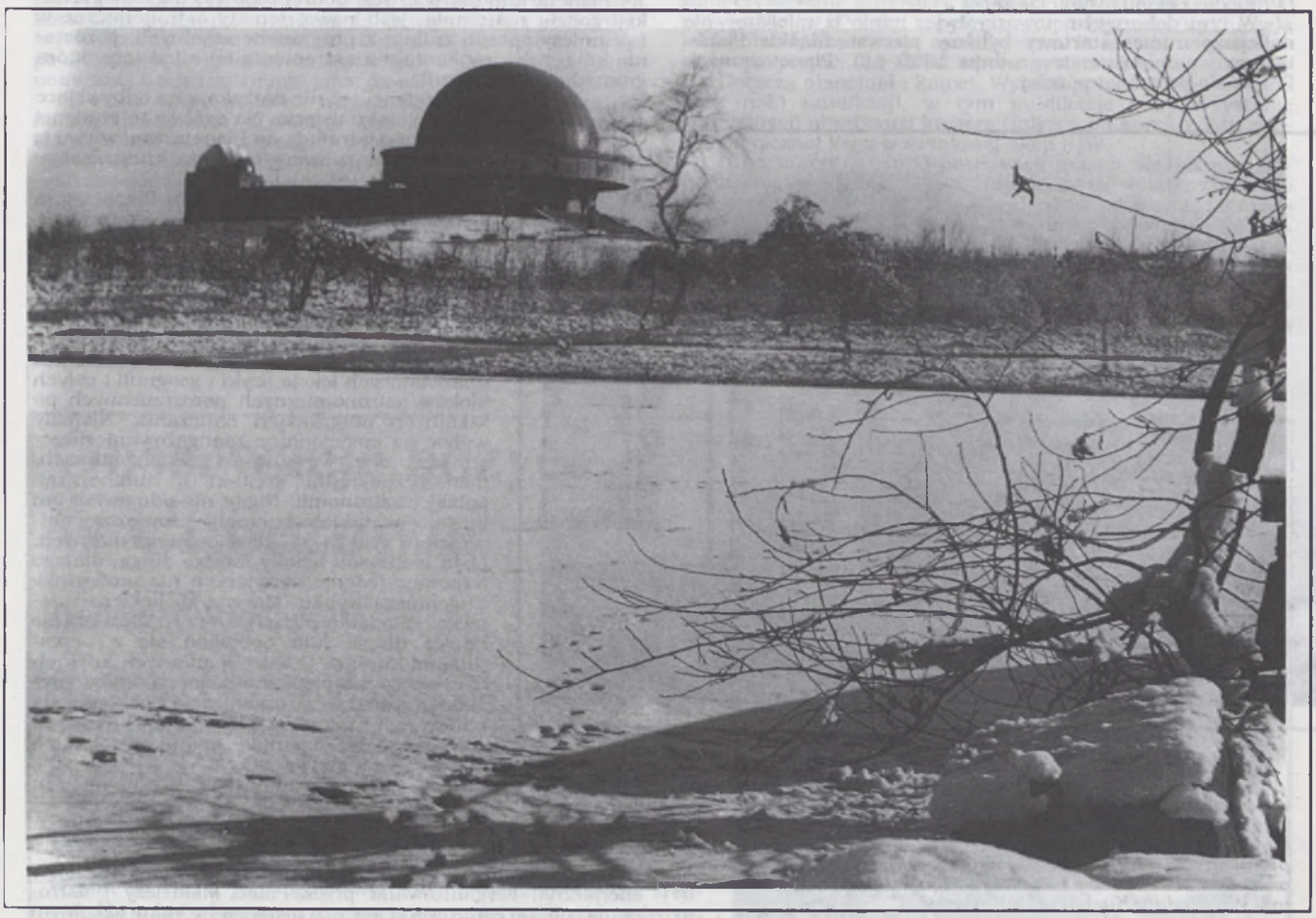
● **Ponadto *„Postępy Astronomii"* można nabyć w planetariach i obserwatoriach:**

- Śląskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym w Parku Kultury i Wypoczynku w CHORZOWIE
- Planetarium i Obserwatorium we FROMBORKU, Muzeum Kopernika, Wzgórze Katedralne
- Planetarium GRUDZIĄDZKIM, ul. Krasickiego 1/7, Zespół Szkół Chemiczno-Elektrycznych
- Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym w NIEPOŁOMICACH, ul. Kopernika 2
- OLSZTYŃSKIM Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym, al. J. Piłsudskiego 38
- Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, PIWNICE POD TORUNIEM
- Planetarium WARSZAWSKIM, Muzeum Techniki w Pałacu Kultury i Nauki
- Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu WARSZAWSKIEGO, Al. Ujazdowskie 4

● **oraz osobiście w Redakcji w Warszawie: Bartycka 18, 00-716 Warszawa u B. Czerny, wtorki 12-14 tel. 41-00-41 w.48**

Reklamacje dotyczące prenumerat

prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora, pod adresem: **Sławomir Kruczkowski, ul. Królewska 3/22, 86-300 GRUDZIĄDZ, tel. 266-50**



Planetarium Śląskie

Całkowitą odpowiedzialność za pojawienie się tego artykułu ponosi zwycięzca XVI Olimpiady Astronomicznej, a obecnie Redaktor *Postępów Astronomii*, Maciej Mikołajewski, który zwrócił się do mnie z propozycją napisania tekstu o chorzowskiej placówce, jak widać skutecznie.

Ilekroć siadam do pisania *o działalności...*, a robię to dosyć często z powodu pełnionej funkcji, tylekroć ogarnia mnie niespodziewana senność. Ponieważ nie jestem do końca pewien czy tylko dla autora taki tekst ma właściwości nasennych tabletek, i czy przypadkiem nie dotyczy to również czytelnika, dlatego postanowiłem, na wzór OBOP-u, określić treści, które nie powodowałyby zbytniego znużenia. Wyniki takiego sondażu przedstawiają się następująco:

1. Czy szeroko pisać o oczywistych formach działalności instytucji?
   Tak – 0%, Nie – 100%, Czasami – 0%
2. Czy „szpikować" tekst liczbami, których imponująca wielkość (często przesadzona) może wzbudzić podziw u czytelnika?
   Tak – 0%, Nie – 100%, Czasami – 0%
3. Czy stosować prezentacje statystyczne, z których bez większego wysiłku można wyciągać samodzielne wnioski?
   Tak – 0%, Nie – 0%, Czasami – 100%
4. Czy omawiać oryginalne formy działalności, mimo iż nie należą one do form podstawowych?
   Tak – 100%, Nie – 0%, Czasami – 0%
5. Czy pisać o wspaniałych planach instytucji, szczególnie przy niemal trwale pustej kasie?
   Tak – 0%, Nie – 100%, Czasami – 0%
6. Czy szeroko wspominać o historii placówki?
   Tak – 0%, Nie – 100%, Czasami – 0%
7. Czy przytaczać krótkie wybrane informacje z historii placówki?
   Tak – 100%, Nie – 0%, Czasami – 0%

Wiem, że wyniki sondażu wyglądają podejrzanie. Nic na to nie poradzę. Z powodu braku większych funduszy, pytania ankiety skierowałem tylko do jednej osoby, tzn. do... siebie. Teraz wszystko jest jasne! Zgodnie z wynikami sondażu,

szczypta historii.

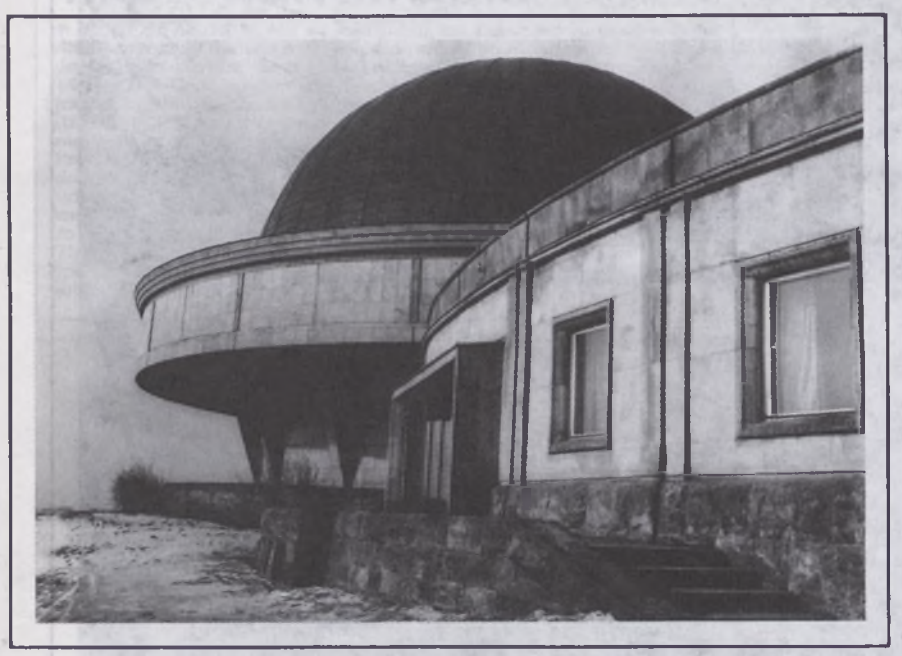
„Budowę Planetarium i Obserwatorium Ludowego w Wojewódzkim Parku Kultury i Wypoczynku rozpoczęto z okazji Roku Kopernikowskiego jesienią 1953 roku ... Planetarium i Obserwatorium Ludowe będzie nosiło imię naszego genialnego rodaka Mikołaja Kopernika, głosząc całemu światu, że naród polski, budujący w trudzie i znoju fundamenty socjalizmu, nie zapomina o swoich bohaterach nauki, którzy imię polskie rozsławili po całym świecie..."[*)]

Działo się to w czasach, w których *„świat kapitalistyczny, ogarnięty jeszcze do dziś psychozą wojenną, nie zdobył się na budowę dalszych planetariów po drugiej wojnie światowej. Inaczej w państwach, należących o obozu pokoju i demokracji ludowej..."*; w czasach, w których *„...na szczególną wzmiankę zasługuje pierwsze po drugiej wojnie zbudowane planetarium w Stalingradzie, które jest symbolem bohaterskiej współpracy ludów miłujących pokój i ich przyjacielskich wzajemnych stosunków. Obiekt ten jest bowiem darem świata pracy Niemiec demokratycznych, z okazji 70-lecia urodzin Generalissimusa*

*) Wszystkie cytaty pochodzą z: *Śląskie Planetarium*, praca zbiorowa, Pałac Młodzieży 1955

Stalina dla odbudowującego się Stalingradu. W roku 1953 dostarczyła f-ma C. Zeiss w Jenie planetaryjny aparat demonstracyjny (29 z rzędu) dla Pragi (Czechosłowacja), w roku 1954 dla naszego, śląskiego planetarium, a w bieżącym roku (1955) dla Pekinu (Chiny Ludowe)".

W tym doborowym towarzystwie, mimo iż mieliśmy nie najlepszy numer startowy byliśmy pierwsi. Śląskie Planetarium uruchomiono w grudniu 1955 r.(!). Planetarium w Pradze dopiero 5 lat później.



Założenia merytoryczne projektu Planetarium Śląskiego opiniowali *„...Prof. dr Zonn, dziekan Wydziału Astronomii Uniwersytetu Warszawskiego, Prof.Gadomski, docent tegoż Uniwersytetu, członek Polskiej Akademii Nauk Prof. S. Piotrowski, dyr E. Rybka, dr. Mergentaler i Antoni Opolski, profesorowie Uniwersyteckiego Obserwatorium we Wrocławiu oraz Prezes Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii inż. Władysław Kucharski z Krakowa..."*

Planetarium Śląskie powstało jako dział Pałacu Młodzieży. Kierownikiem działu był wtedy profesor Roman Janiczek. Od 1 stycznia 1956 roku Planetarium kierował doc. Józef Sałabun, a po jego śmierci (1973), po krótkim okresie bezkrólewia, przez okres dwóch lat dyrektorował docent Jan Walichiewicz; obecnie – piszący te słowa.

Początkowy okres pracy planetarium to poszukiwanie i tworzenie form działalności, powstawanie dodatkowych pracowni (stacja meteorologiczna, sejsmologiczna, pracownia służby czasu, biblioteka) oraz docieranie się struktury organizacyjnej.

Po 36 latach

trwają programy pod sztucznym niebem planetarium: dydaktyczne – dla młodzieży szkolnej i studentów, popularne – dla szerokiego kręgu odbiorców, specjalne (muzyczne, występy zespołów) – dla wszystkich. Grupy szkolne niezmiennie pną się do góry schodami do obserwatorium astronomicznego na pokazy nieba, a wybrane grupy na samodzielne obserwacje astronomiczne, inne schodzą w dół do pomieszczeń piwnicznych, gdzie mieści się stacja sejsmologiczna, jeszcze inne wytrwale wydeptują ścieżkę między gmachem planetarium, a stacją meteorologiczną, szczególnie chętnie odwiedzaną przez uczniów szkół podstawowych.

Ocena proponowanych w Planetarium zajęć z astronomii i geografii jest wysoka, chociaż zdarzają się uwagi krytyczne. Wśród osób, które prowadzą zajęcia jednym udaje się to lepiej innym gorzej. Różni są również oceniający. Przy kilkunastu grupach szkolnych jednocześnie uczestniczących w takich zajęciach trudno spełnić oczekiwania wszystkich nauczycieli – opiekunów grup. Zawsze zadowolona jest młodzież – lekcje odbywające się po ciemku, w dodatku bez odpytywania, klasówek, kartkówek i wszystkich innych „zmór" uczniowskich, nie mogą być złe!

Również pozostałe elementy lekcji nie są zbyt nużące – na aktualnej wystawie zawsze można znaleźć interesujące eksponaty, a niezmienną atrakcją zajęć w obserwatorium astronomicznym, jeśli tylko pozwala na to pogoda, są pokazy Słońca i oglądanie (ciągle największego w Polsce) refraktora, zaś późną jesienią, zimą i wczesną wiosną pokazy wieczornego nieba. Nadspodziewanie dużym zainteresowaniem spotkała się nasza oferta specjalnych lekcji w audiowizualnej sali, ilustrowanych filmem video. Były one pomyślane jako jeszcze jeden dodatkowy element lekcji podczas pobytu młodzieży w Planetarium. Wielu nauczycieli przyjeżdża na te lekcje specjalnie, nie łącząc ich z innymi formami zajęć.

Planetarium ma poczucie dobrej roboty. Po głośnej redukcji godzin nauczania, jeśli nawet tematy astronomiczne w tajemniczy sposób znikną z programów szkolnych, pozostanie kilkugodzinny kontakt z astronomią tej młodzieży, która gromadnie do nas trafia.

Studenci też nie narzekają na odbywające się po ciemku zajęcia. Na ogół są to studenci fizyki, którzy trafiają do Planetarium w czasie realizowania uniwersyteckiego kursu astronomii.

Również nauczyciele mogli w Planetarium doskonalić swoje umiejętności w prowadzeniu lekcji astronomii. Na stukilkudziesięciu kursach jakie odbyły się od początku istnienia Planetarium odkrywali uroki lekcji prowadzonych pod rozgwieżdżonym niebem uczestnicząc w zajęciach odbywających się na tarasie obserwatorium astronomicznego, poznawali wartość treści astronomicznych ubarwiających lekcje fizyki i geografii i całych bloków astronomicznych porozrzucanych po szkolnych programach nauczania. Niemały wpływ na emocjonalne zaangażowanie uczestników, obserwowane na takich kursach, miał bezpośredni kontakt z luminarzami polskiej astronomii. Nigdy nie odmawiali oni udziału w takich kursach, prowadząc najczęściej cykl wykładów monograficznych. Lista tych osób byłaby bardzo długa, dlatego wspomnę jedynie nieżyjących już profesorów Eugeniusza Rybkę, Macieja Bielickiego i Jerzego Stodółkiewicza, którzy wielokrotnie i przez długie lata spotykali się z uczestnikami kursów. O astronomicznych kursach dla nauczycieli piszę w czasie przeszłym, gdyż obecne zmiany w organizacji doskonalenia nauczycieli i znana kondycja finansowa oświaty mogą odsunąć organizację takich kursów w bliżej nieokreśloną przyszłość.

Pisząc o działalności Planetarium czas w tym miejscu wspomnieć

o Olimpiadzie Astronomicznej.

Dwie olimpiady przedmiotowe powstały w Katowicach – chemiczna, zorganizowana przez Pałac Młodzieży i astronomiczna zorganizowana po raz pierwszy w roku szkolnym 1957/58 przez Planetarium Śląskie. Poza chemiczną, starszymi od astronomicznej są tylko olimpiady matematyczna i fizyczna.

Od 1989 roku Olimpiadą Astronomiczną kieruje mianowany przez MEN Komitet Główny, któremu przewodniczy prof. dr hab. Józef Smak. W bieżącym roku szkolnym ruszyła 35 edycja Olimpiady.

Liczba uczestników poszczególnych olimpiad nigdy nie przekraczała pół tysiąca osób. Wyjątek stanowi czwarta Olimpiada z 775 uczestnikami, ale zdecydowaną większość stanowili w niej uczniowie startujący w części geograficznej tej olimpiady. Była to jedyna olimpiada, w której wydzielono tematykę astronomicznych podstaw geografii, poświęcając jej kon-

Repertuar Planetarium Śl.

1. Bliżej Księżyca
2. Żelazna planeta
3. Na krańcach Układu Słonecznego
4. Na tropach komet
5. Olbrzymy i karły
6. Nowe i supernowe
7. Wyspy Wszechświata
8. Mgławice i galaktyki
9. Niebo nad Polską
10. Niebo nad Śląskiem
11. Niebo nad Afryką
12. Niebo starożytnego Egiptu
13. Niebo w różnych krajach
14. Niebo wiosenne
15. Niebo letnie
16. Niebo jesienne
17. Niebo zimowe
18. Niebo jako zegar
19. Legendy o gwiazdozbiorach
20. Ruch obrotowy Ziemi i jego następstwa
21. Ruch obiegowy Ziemi i jego następstwa
22. Układ geocentryczny i heliocentryczny
23. Zaćmienia Słońca i Księżyca
24. Mikołaj Kopernik
25. Jan Heweliusz
26. Rozwój poglądów na budowę Wszechświata

kurs biegnący równolegle z konkursem astronomicznym. W ostatnich latach liczba uczestników waha się w okolicy 200 i chyba niewiele zależy od tego co dzieje się z astronomią w szkole oraz od zmian w samej Olimpiadzie. Nie obserwowaliśmy prawie żadnych zmian w liczbie uczestników po licznych korektach programów nauczania (korzystnych i niekorzystnych dla szkolnej astronomii). Liczba ta nie wzrosła nawet po zrównaniu uprawnień uzyskiwanych w Olimpiadzie Astronomicznej z uprawnieniami jakie dawały inne olimpiady.

Od lat spory procent uczestników olimpiad astronomicznych stanowią uczniowie klas młodszych. Najczęściej startują oni w olimpiadzie wielokrotnie – zdarzają się uczniowie uczestniczący w olimpiadzie od pierwszej do ostatniej klasy licealnej. Dla tej „notorycznej" grupy uczestników wpływ olimpiad na rozwój ich zainteresowań astronomicznych jest największy. Widać to po osiąganych przez nich wynikach.

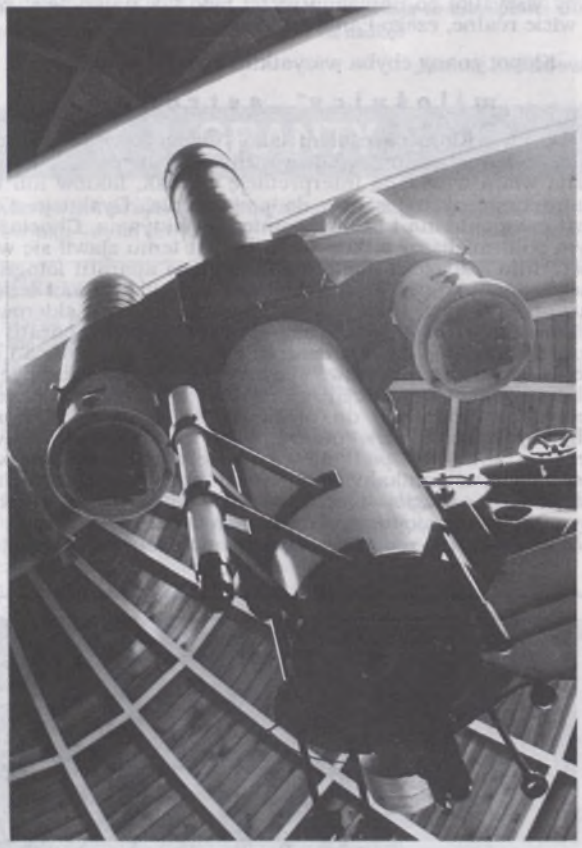
Szkolny program astronomii nie jest zbyt obszerny – stąd stały problem z wymyślaniem oryginalnych zadań. Czasami wydaje się, że cała tematyka szkolnych kursów astronomii została już wykorzystana. Nawet wśród zadań proponowanych przez osoby spoza komisji Olimpiady trudno znaleźć takie, które nie miałyby swoich wcześniejszych pierwowzorów.

astronomiczne prowadzone w centrum Górnego Śląska – to nie brzmi najlepiej. Potężna łuna okolicznych miast, stałe zanieczyszczenie atmosfery sięgające katastrofalnych granic, największe w Polsce zapylenie – praktycznie wykluczają jakiekolwiek obserwacje astrofizyczne. Pozostają więc obserwacje pozycyjne. Od 15 lat są one systematycznie prowadzone. Dotyczą planetoid i komet. Wyniki: prawie 30 (! – wykrzyknik red.) publikacji, w tym publikacje i wykorzystanie pozycyjnych obserwacji komety Halley'a do korekty lotu sondy kosmicznej Vega w światowej akcji IHW.

Dużo lepsze warunki obserwacji ma na Śląsku planetaryjna stacja sejsmologiczna. Tąpnięcia są wyjątkowo liczne i efektowne: odchylenia ścian budynków od pionu, fantazyjne pęknięcia, pofalowania asfaltu dróg, pojawiające się na drogach dziury i zapadliska, powykrzywiane szyny tramwajowe – wszystko to przypomina skutki trzęsień ziemi. Te zagadkowe ruchy tektonicznie skrzętnie notujemy, ostatnio bardziej precyzyjnie dzięki zastosowaniu komputerowej metody rejestracji i bezpośredniemu połączeniu radiowemu ze stacją sejsmologiczną GIG-u, podejrzewając że mogą one zapowiadać wybuch jakiegoś „wulkanu"...

Obserwacje pozycyjne w Chorzowie

Ireneusz Włodarczyk



Systematyczne obserwacje pozycyjne małych planet w Obserwatorium Astronomicznym Planetarium Śląskiego w Chorzowie ($\lambda = 1^h15^m58^s$, $\phi = +50°17'31''.8$, H = 328 m, kod 553) rozpoczęto w 1977 r. Obserwacje są prowadzone za pomocą dwóch astrokamer sprzężonych z refraktorem Zeissa. Średnica obiektywu refraktora wynosi 30 cm, a jego ogniskowa 450 cm. Dwie astrokamery czterosoczewkowe typu Sonnefelda mają średnice 20 cm i ogniskowe 100 cm. Zdjęcia są wykonywane na płytach ORWO ZU–2 lub ORWO ZU–21 16 × 16 cm. Pomiary ich wykonywano za pomocą płytomierzy znajdujących się we Wrocławiu, Poznaniu, Krakowie i Komorowie, dzięki uprzejmości dyrektorów tych ośrodków astronomicznych. W 1989 r. otrzymaliśmy nieodpłatnie płytomierz z Komorowa. Na kliszach wybierano od 7 do 14 gwiazd oporowych, a ich współrzędne i ruchy własne brano z katalogu SAO. Do redukcji klisz używano pełnego wielomianu drugiego stopnia (metoda Turnera). Obliczenia wykonywano kolejno na komputerach ODRA 1204, ZX Spectrum i IBM PC/XT.

Od 1977 r. do 1988 r. wykonano ponad 600 obserwacji pozycyjnych małych planet, głównie wybranych, jasnych planetoid, zgodnie z zaleceniem Obserwatorium w Pułkowie. Obserwacje te zawarto w kilkunastu publikacjach autora w *Acta Astronomica* w latach 1980–1989. Obserwacje wykonywali pracownicy Planetarium Śląskiego (w kolejności ilości przeprowadzonych obserwacji): I. Włodarczyk, M. Szczepański, T. Firszt, T. Modrzejowski, J. Gąsior, R. Śmiłowski, J. Desselberger i S. Mżyk.

Pod koniec 1989 r. obliczono odchyłki obserwacji od przewidywanego z efemeryd położeń planetek (tzw. *O–C*) dla wszystkich obserwacji pozycyjnych wykonanych w latach 1977–1988. Efemerydy obliczano na podstawie startowych elementów orbitalnych wziętych z Efemeryd Małych Planet na 1989 r. Dla 66 obserwacji planetki 1, Ceres, otrzymano wartość średniej odchyłki pojedynczej obserwacji ±1".52, a dla 64 obserwacji planetoidy 4, Westy, ±1".27.

Obliczenia *O–C* przeprowadzone dla wszystkich obserwacji planetek wykonanych w latach 1977–1989 pokazują, że ich średnie residua wynoszą około 1"–2", co oznacza, że taka jest wewnętrzna zgodność naszych obserwacji.

Dla lepszej oceny dokładności naszych obserwacji dokonano ich porównania z dokładnością uzyskiwaną w innych obserwatoriach. Miarą zewnętrznej dokładności były odchyłki od efemeryd obliczanych na podstawie poprawionych, nowych elementów orbitalnych uzyskanych w epoce obejmującej obserwacje. Orbity poprawiano używając wszystkich dostępnych obserwacji z Chorzowa i innych obserwatoriów na świecie, w tym samym okresie czasu. Wykorzystano dane zawarte w *Minor Planets Circular*.

Do 66 chorzowskich obserwacji Ceres dodano następne 66 obserwacji z innych obserwatoriów. Do 64 obserwacji Westy dodano 60 obserwacji z innych źródeł, uzyskanych w tym samym okresie czasu. Poprawione orbity obliczono biorąc pod uwagę wszystkie 132 obserwacje dla Ceres i wszystkie 124 obserwacje dla Westy. Uzyskane średnie wartości odchyłek dla pojedynczej obserwacji, będące najlepszą miarą dokładności naszych obserwacji, wyniosły ±1".33 dla Ceres i ±1".18 dla Westy. Dla porównania, obliczona w ten sam sposób dokładność dla obserwacji z innych obserwatoriów wynosi około ±0".65 i jest około dwukrotnie lepsza.

Na taką wartość średniego residuum ma wpływ wiele czynników m.in.: błąd pomiaru na płytomierzu, błąd redukcji, błąd pozycji gwiazd oporowych z katalogu SAO, błąd wyznaczenia momentu środka ekspozycji i inne.

Prace trwają.

Ireneusz Włodarczyk jest pracownikiem Planetarium Śląskiego. Tekst ten stanowi dokonany w Redakcji skrót dwóch oryginalnych artykułów autora, nadesłanych w 1990 roku, do „starej" edycji Postępów Astronomii.

Stacja meteorologiczna prowadzi standardowe pomiary meteorologiczne i akcyjnie, we współpracy z licznymi instytucjami, pomiary zapylenia i zanieczyszczeń gazowych atmosfery.

Z przytoczonej ankiety wynika, że nie będzie nic o wspaniałych planach ... ale może być

o marzeniach.

Są one związane z zaawansowanym wiekiem Planetarium Śląskiego i ... obecną sytuacją finansową. Marzy się więc,

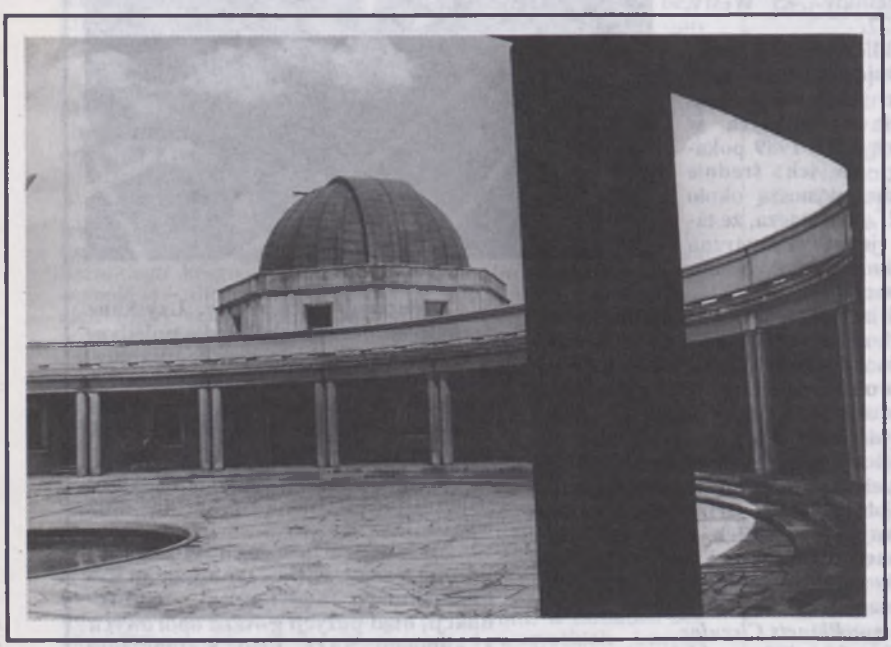
- by wszystko w Planetarium miało astronomiczny wymiar, nawet środki na modernizację aparatury, remonty oraz... pensje,
- by gromadnie zjawili się sponsorzy dysponujący astronomicznymi sumami na wymianę wysłużonej aparatury projekcyjnej,
- by na czterdziestolecie Śląskiego Planetarium niebo nad Śląskiem było czyste, a z śląskich ulic zniknęły krzywizny przestrzeni i czarne dziury,
- by astronomia nie zniknęła z programów szkolnych,
- by frekwencja w Planetarium stale utrzymywała się na wysokim poziomie,
- by skompletować zespół o genialnych uzdolnieniach do pracy w tak nietypowej instytucji, jaką jest Planetarium,
- by wszystko co napisano wyżej było jak najszybciej całkowicie realne, czego Państwu i sobie życzymy.

Kłopot znany chyba wszystkim astronomom, to

„miłośnicy" astronomii.

Osoby, które określiłem jako „miłośników", w cudzysłowie, do Planetarium trafiają z różnym nasileniem. Ich fanatyczna wiara w własną interpretację zjawisk, faktów lub teorii astronomicznych jest nie do podważenia. Dyskusja z nimi jest czasochłonna i beznadziejnie nieefektywna. Chociaż i na tym polu mieliśmy sukcesy... Kilka lat temu zjawił się w Planetarium właściciel dopiero co nabytego aparatu fotograficznego, przy pomocy którego „odkrył" on kilka planet leżących tuż obok Słońca. Rzut oka na matówkę aparatu skierowanego na Słońce wyjaśniał całą sprawę. Optyka aparatu była rozregulowana – dawała centralny jasny obraz Słońca i kilka coraz słabszych obrazów, symetrycznie rozmieszczonych po obu stronach obrazu centralnego. Wyjaśnienie to nie trafiało jednak właścicielowi do przekonania. Podejrzewał nas, że chcemy obniżyć cenę oferowanego nam aparatu. I wtedy jeden z kolegów wpadł na pomysł pokazania szczęśliwemu posiadaczowi unikalnego aparatu fotograficznego obrazu niewielkiej okrągłej lampki w obserwatorium astronomicznym. I okazało się to przekonującym argumentem!

Wielokrotnie przychodził do Planetarium właściciel jakiegoś niewielkiego warsztatu proponując, by kompetentny pracownik planetarium wypróbował skonstruowany przez niego aparat umożliwiający przenoszenie ludzi na dowolne planety. Nie znalazł jednak chętnego – obawiano się, że ... aparatura może zadziałać i rzeczywiście przenieść człowieka w zaświaty...



Częstokroć otrzymywaliśmy ostrzeżenia lub oferty współpracy od osób o astronomicznych zdolnościach telepatycznych. Przez wiele miesięcy polował na pracowników Planetarium człowiek utrzymujący, że ma łączność telepatyczną z kośćmi umarłych astronomów i z kośćmi planet (?). Kontakt z kością Kopernika przekonał go, że ten wielki astronom był mało rozgarniętym i wręcz głupim człowiekiem. Zachęcał nas do intensywnych poszukiwań nieznanej planety, z którą miał bardzo silny kontakt telepatyczny. Nie chciał jednak zdradzić gdzie jej szukać, obawiając się utraty miana odkrywcy. Inne „medium" w kolejnym liście skierowanym „na ręce Ob. Dyrektora", pyta *„czy Wasze Obserwatorium zaobserwowało w dniach 23–29 września i ewentualnie w dniu 11 października b.r. (1989 r.) jakieś anomalie astronomiczne związane z lądowaniem obcej cywilizacji... gdyż w dniu 11 października b.r. miałem bardzo wyraźną łączność telepatyczną z obcą cywilizacją, bardzo groźną, grożącą zagładą Ziemi. A pochodzącą z planety krążącej wokół gwiazdy L 26–8 lub Lal 21185".*

Jest również grupa „miłośników" intensywnie popularyzująca swoje religijne interpretacje obserwownych zjawisk, głównie astronomicznych. Mam już pokaźny stosik bardzo obszernych listów, w których autor kryjący się pod pseudonimem Henryk 1990 (prawdopodobnie kumpel *Zapalniczki* i *Cienkiego Bolka* – przyp. red.) przekonuje nas między innymi, że *„Duch Jehowy = Duch Święty = Grawitacja, która jest najbardziej uniwersalnym i najbardziej szeroko odczuwalnym zjawiskiem w całym Wszechświecie...".*

Kończę cytatem z listu młodego fantasty o wyraźnych skłonnościach pirotechnicznych: *„Mam 19 lat, zdałem maturę i wymyślam różne niesamowite historie, a teraz wymyśliłem opowieść o wynalezieniu tzw. bomby pulsarowej, o którą wszyscy się biją, a na końcu wylatuje w powietrze elektrownia latająca w atmosferze Saturna, a sam Saturn też nie wychodzi z opresji zwycięsko. Jak chcecie, mogę wysłać Wam jedno z moich opowiadań".*

Nie chcieliśmy.

Henryk Chrupała

Planetarium Śląskie
zaprasza codziennie,
oprócz poniedziałków i zimowej
przerwy konserwacyjnej

◆ od wtorku do piątku na:
– seans popularny 17.00
– szkolne kursy astronomii (po uprzednim zamówieniu) 10.00, 12.00
– zwiedzanie 9.00 – 19.00

◆ w soboty, niedziele i święta na:
– seanse popularne 11.00, 14.00, 17.00
– zwiedzanie 10.00 – 19.00

◆ na seanse w językach obcych (po uprzednim zamówieniu) 15.30

◆ Oferujemy nadto zwiedzanie **obserwatorium astronomicznego** (w pogodne dni – pokazy) i **aktualnej wystawy**, a zainteresowanym grupom również **stacji meteorologicznej i sejsmologicznej** oraz sporadycznie anonsowane wcześniej **imprezy artystyczne** pod sztucznym niebem planetarium.

◆ Sprzedajemy:
– Postępy Astronomii
– Vademecum Miłośnika Astronomii
– Obrotową mapę nieba
– Składankę i widokówki z Planetarium
– Kalendarz Planetarium

◆ Nasz adres: Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika, 41–501 Chorzów, skr.poczt.nr 10, tel. 1546330, 413296.

Opublikowana w poprzednim zeszycie PA lista grantów spotkała się z bardzo dużym zainteresowaniem Czytelników, i to nie tylko zawodowych astronomów. Zgodnie z obietnicą podajemy (w kolejności alfabetycznej) wyniki dwóch kolejnych konkursów, w których przyznano łącznie 16 grantów. Ponadto, kierownik Sekcji Astronomii w KBN, Janusz Ziółkowski, opisuje na czym polega, wzbudzający nie mniej emocji co granty, ranking instytutów. Nie będzie chyba wzięte nam za złe, jeśli ujawnimy, że placówki najwyżej ocenione przez KBN (kategoria A) to Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN i Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego (red.)

Ranking astronomicznych placówek naukowych

Oprócz oceny i przyznawania pieniędzy na projekty badawcze (granty), zespoły i komisje Komitetu Badań Naukowych (KBN) dokonują corocznie rankingu placówek prowadzących badania naukowe. Ranking bierze pod uwagę wyłącznie jakość prowadzonych w danej placówce badań naukowych (a więc ignoruje działalność dydaktyczną, organizacyjną, społeczną, polityczną etc.). Jest to konsekwencją faktu, że wyłącznie badania naukowe mogą być przedmiotem finansowania ze strony KBN. W wyniku postępowania kwalifikacyjnego, każda z ocenianych placówek została zaliczona do jednej z czterech kategorii:

kategoria A — placówki bardzo dobre, które powinny się rozwijać (a więc m.in. powiększać),

kategoria B — placówki dobre, które powinny ulec pewnej (niedramatycznej) reorganizacji,

kategoria C — placówki słabe, które powinny ulec daleko idącej reorganizacji i redukcji,

kategoria D — placówki, które nie powinny być w żadnym stopniu finansowane przez KBN (powinny ulec likwidacji, gdyby brać pod uwagę wyłącznie prowadzone w nich badania naukowe; ich istnienie może być jednak usprawiedliwione innego rodzaju działalnością, która nie jest finansowana przez KBN, np. dydaktyczną).

Należy tutaj podkreślić, że w ocenie KBN, wszystkie placówki (również te najlepsze), wymagają pewnej reorganizacji połączonej z wymianą części personelu. Zakres niezbędnych korekt jest jednak stosunkowo niewielki w przypadku placówek kategorii A, natomiast bardzo duży dla kategorii C. Konsekwencje finansowe przyznania określonej kategorii były następujące: wyliczoną w/g pewnego algorytmu kwotę przeznaczoną na działalność statutową placówki mnożono przez współczynnik 1.2 dla kategorii A, przez 0.9 dla kategorii B i przez 0.5 dla kategorii C.

W Zespole P-3 (nauk matematycznych, fizycznych i chemicznych) proces oceniania przebiegał następująco. W ramach wstępnej oceny brano pod uwagę trzy wskaźniki:

1. Ilość i jakość publikacji przypadających rocznie na jednego pracownika naukowego. Dużą wagę przywiązywano do jakości prac mierzonej m.in. prestiżem czasopisma, w którym były one publikowane (w przypadku astronomii do światowej pierwszej ligi zaliczono *Astrophysical Journal*, *Astronomy and Astrophysics*, *Monthly Notices* i *Nature*).

2. Ilość cytowań w/g *Science Citation Index* przypadających (średnio) rocznie na jednego pracownika naukowego. W przypadku placówek astronomicznych ilość ta wynosiła ok. 10 dla kategorii A i poniżej 1 w dolnej części listy rankingowej.

3. Sukces grantowy mierzony ilością przyznanych w I konkursie grantów oraz ilość (procentowo) pracowników uczestniczących w ich realizacji.

Każdemu z powyższych wskaźników można postawić poważne (i uzasadnione) zarzuty. W większości wypadków okazywało się jednak, że wszystkie trzy wskaźniki silnie się ze sobą korelują i pozwalają dość jednoznacznie zakwalifikować placówkę do jednej z wymienionych kategorii. Zespół brał jednak pod uwagę również inne elementy (takie jak specyfikę prowadzonych badań naukowych, przeprowadzoną ostatnio reorganizację itp) i w pewnych wypadkach dokonywał zmiany wstępnej oceny. Należy jednak podkreślić, że decydująca była średnia (przypadająca na jednego pracownika) jakość prowadzonych badań. Nawet obecność w instytucie kilku noblistów (np. Belweder – przyp. red.) nie gwarantowała automatycznie kategorii A!

W rankingu dla placówek astronomicznych na 10 ocenianych instytutów, 2 uzyskały kategorię A, 7 – kategorię B i 1 – kategorię C. Dla porównania podajemy wyniki dla matematyki: 10 – A, 7 – B, 12 – C i 13 – D; i dla fizyki: 13 – A, 12 – B, 18 – C i 4 – D (dla placówek chemii nie dysponuję pełnymi danymi). Powyższe liczby uległy pewnym zmianom w wyniku odwołań, ale nie były to znaczące zmiany. Stosunkowo korzystny (w porównaniu z matematyką i fizyką) wynik rankingu astronomicznego wynika z faktu, że w wielu słabych uczelniach nie ma placówek astronomicznych, natomiast są tam (wymuszone potrzebami dydaktycznymi) słabe lub bardzo słabe placówki matematyczne i fizyczne.

Na zakończenie jeszcze jedna uwaga. Część Czytelników zauważy, że środki finansowe przyznane placówkom w wyniku przeprowadzonego rankingu są (a zwłaszcza były w I półroczu) drastycznie nieadekwatne do zamierzeń KBN dotyczących przyszłości placówek zaliczonych do poszczególnych kategorii. Nawet placówki kategorii A zmuszone były do dokonywania dramatycznych redukcji. Przyczyny tej drastycznej nieadekwatności znajdują się jednak poza KBN i wynikają ze szczupłości środków przeznaczonych w budżecie państwa na naukę.

Janusz Ziółkowski

GRANTY

Kierownik projektu – *miejsce pracy kierownika* – tytuł projektu	czas mies.	koszt mln.zł
II KONKURS		
dr Marek Banaszkiewicz – *CBK Warszawa* – Titan – the Satelite of Saturn	24	390
dr Józef Juchniewicz – *CBK Warszawa* – Badania fal plazmowych w magnetosferach planet i w przestrzeni międzyplanetarnej	12	300
dr Marceli Krogulec – *Instytut Fizyki Uniwersytetu Gdańskiego* – The physics of Alfen wave reflection in atmospheres of late type stars	36	108
dr Paweł Moskalik – *CAMK Warszawa* – Globalna fotometria wielookresowych gwiazd zmiennych	36	476
dr Michał Ostrowski – *Obserwatorium Astronomiczne UJ* – Modelowanie procesów przyspieszania promieni kosmicznych w relatywistycznych falach	12	36
dr Marek Szydłowski – *Obserwatorium Astronomiczne UJ* – Chaos deterministyczny w teorii grawitacji i kosmologii	36	450
dr hab. Andrzej A. Zdziarski – *CAMK Warszawa* – Procesy wysokoenergetyczne w aktywnych jądrach galaktyk	36	960
III KONKURS		
prof. dr hab. Stanisław Grzędzielski – *CBK Warszawa* – Globalna struktura heliosfery w świetle nowej interpretacji danych radiowych plazmowych z sond dalekiego zasięgu VOYAGER 1/2	30	300
prof. dr hab. Andrzej Kus – *Katedra Radioastronomii UMK* – Studia aktywnych jąder galaktyk metodami VLBI	12	300
prof. dr hab. Jacek Leliwa-Kopystyński – *Instytut Geofizyki UW* – Modelowanie zderzeń asteroidów z ciałem planetarnym	36	250
dr Andrzej J. Maciejewski – *Instytut Astronomii UMK* – Ruch obrotowy i obrotowo-postępowy ciał w Układzie Słonecznym	36	400
mgr Andrzej Niedzielski – *Instytut Astronomii UMK* – Spektrofotometria gwiazd Wolfa-Rayeta	36	180
prof. dr hab. Bogdan Rompolt – *Instytut Astronomiczny UWr* – Spektrofotometryczne badania protuberancji i rozbłysków słonecznych	30	600
dr Marek Sarna – *CAMK Warszawa* – Ewolucja ciasnych układów podwójnych: Algole i układy kontaktowe	36	180
doc. dr hab. Janusz Sylwester – *CBK Wrocław* – Badanie przestrzennych rozkładów emisji rentgenowskiej gwiazd	36	480
doc. dr hab. Romuald Tylenda – *CAMK Toruń* – Ewolucja mgławic planetarnych – modele teoretyczne w konfrontacji z obserwacjami	36	450

WIELKA WPADKA

Uprawianie nauki rzadko kojarzy się z hazardem. A jednak... Taka już jest natura ludzka, że człowiek stara się wysprycić. Jest to widoczne w każdej dziedzinie życia, a może nawet w każdym jego przejawie. Wartościowanie takiej postawy nie ma zapewne sensu, bo choć „wysprycanie się" wygląda brzydko, czy może nawet niemoralnie, to przecież kwitną wszelkie gry w BINGO (szczególnie w kręgach przykościelnych!), a i Człowiek wziął się z małpy też mniej więcej na tej zasadzie...

Zastanówmy się zatem na odmianę nad opłacalnością takiej postawy. O ile się orientuję, to metodologia nauki problemu tego jeszcze nie rozstrzygnęła.

Ponieważ naukowiec może potraktować poważnie tylko to, co się daje wyrazić konkretnie, w liczbach, to zacząć trzeba będzie od najbardziej wymiernych aspektów sprytu, wyrażanych w dolarach, a dalej już pozwolę sobie na pewne ekstrapolacje.

Otóż wielki przemysł na świecie działa na bardzo prostej zasadzie. Ponieważ pozycja monopolisty na rynku jest najbardziej opłacalna, to pewne wielkie KONSORCJUM stara się wymyślić taki, absolutnie nowy produkt, który opanowałby rynek automatycznie. Wielkie pieniądze wkłada się w badania nowych technologii, i to w tajemnicy przed innymi. Inni wkładają wielkie pieniądze w szpiegostwo przemysłowe... Co prawda teraz nie potrafię podać obiecanych liczb, ale one gdzieś istnieją, schowane w rocznikach statystycznych. Metoda zwykle działa, i to w 99.99%. To, co tu brakuje do 100%, stanowi bardzo ciekawą i pouczającą historyjkę, którą kiedyś opowiedział mi Michał Cz., entuzjasta sprzętu HiFi.

Znana szeroko na świecie firma Philips już w latach sześćdziesiątych pracowała nad technologią magnetowidów. Pieniędzy wydali mnóstwo. W ścisłej tajemnicy wymyślili technologię. Obwarowali się patentami na wszystkie strony i już czuli się panami sytuacji, a tu okazało się, że Japończycy opracowali niezależnie inną technologię i szybko ją rozpropagowali. Ich system zwyciężył, a Philips został z niczym, bo świat przyjął wariant japoński i tak są zapisywane wszystkie kasety video, które wypożyczamy z wypożyczalni.

To jednak nie koniec historii. Firma Philips jakoś to przeżyła, a nawet wyciągnęła wnioski. Nie zaprzestała prac rozwojowych – jej kolejnym celem była technologia dysków kompaktowych. Zmieniła jednak podejście. Gdy badania były już zaawansowane, a wyniki wielce obiecujące, to zamiast siedzieć na nich jak kura na jajach, firma zaproponowała współpracę firmie SONY. Prace badawcze dokończyli już wspólnie. Nie koniec na tym. Gdy technologia była już gotowa, odstępowano ją wszystkim chętnym praktycznie za darmo! Tym razem wygrali: każdy kupowany w sklepie dysk kompaktowy to myśl (i dochód) Philipsa.

Wróćmy teraz do poletka astronomicznego, ponieważ tam właśnie miało miejsce równie ciekawe wydarzenie. Najpierw jednak krótki wstęp o istocie pracy naukowej.

Zawodowy naukowiec ma zasadniczo przed sobą ten sam problem, co firma przemysłowa: CO ROBIĆ? Problemy naukowe zasadniczo dzielą się na dwie rozłączne grupy: problemy łatwe do rozwiązania i nieciekawe oraz problemy ciekawe i trudne (niemożliwe) do rozwiązania. Naukowiec próbuje więc zazwyczaj coś uszczknąć na obrzeżach którejś z nich. Rozwiązanie zagadnienia typu pierwszego wymaga zazwyczaj sporo pracy.

Natomiast rozwiązanie zagadnienia typu drugiego zazwyczaj wymaga po prostu jakiegoś pomysłu; mało pracy, dużo przyjemności, czyli to, o czym każdy marzy. Trzeba jednak mieć ten pomysł, a potem jeszcze umieć dopilnować, aby odpowiedni splendor spłynął na autora. Przecież ktoś może być szybszy, albo może podpatrzeć, albo coś dosłyszeć... Tu sytuacja robi się nerwowa. Może ogłaszać o odkryciu szyfrem; były precedensy, w Średniowieczu. W każdym razie najlepiej z nikim nie rozmawiać, a już broń Boże nie pokazywać pracy zanim nie osiągnie administracyjnego stadium trwałości, czyli nie przybierze postaci preprintu. Niech dopiero wtedy wszyscy z wrażenia padną na kolana...TO JEST GENIALNE!

Tak właśnie postąpił profesor Robert L. Kurucz z Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics w Cambridge, Massachussets, USA. Jego preprint ze stycznia 1992 obiegł i zbulwersował światek astronomów: „wszystkie obecne modele wnętrz gwiazd i ich ewolucji są błędne" – głosi abstrakt.

Kim jest i co odkrył profesor Kurucz?

Profesor Kurucz jest obecnie najbardziej znanym na świecie specjalistą w dziedzinie atmosfer gwiazdowych. Znakomita większość prac w tym zakresie, jakie ukazują się w druku, to albo drobne poprawki, albo wręcz zastosowanie ogromnego programu komputerowego Kurucza (liczącego atmosfery gwiazd) do jakiegoś specyficznego problemu. Po prostu klasyk w swojej dziedzinie.

Odkrycie natomiast dotyczyło nie atmosfer, ale wnętrz gwiazd, czyli krótko mówiąc gwiazdy jako całości. Otóż do tej pory wydawało nam się, że budowę gwiazd i ich ewolucję znamy całkiem dobrze. Z jednym wyjątkiem, a mianowicie pozostaje niewyjaśniony problem neutrin słonecznych. Jeśli znamy budowę gwiazdy, to wiemy, ile materii w jej wnętrzu spala się, czyli podlega reakcjom termojądrowym, aby zapewnić obserwowaną jasność. Ubocznym produktem tego spalania są właśnie neutrina, które powinny wylatywać. Wiemy, ile ich powinno być. A jednak eksperymenty, pomiary neutrin, które powinny opuszczać Słońce, ciągle dają wyniki o czynnik co najmniej dwa za mały w stosunku do przewidywań. Nie pomagają żadne drobne poprawki do modelu Słońca – nie zgadza się i już! To jest problem, który chciałby rozwiązać każdy astronom.

Rozwiązanie przyniósł preprint Kurucza. Przecież to proste – wyjaśnia autor. Wszystkie prędkości zachodzenia reakcji jądrowych są źle policzone, bo specjaliści zapomnieli o tym, że we wnętrzu Słońca są nie tylko reagujące jądra atomowe (w tym protony), ale także elektrony. Taka zupa elektronowa zmienia potencjał elektrostatyczny jądra, ekranując go. Trzeba więc policzyć wszystko porządnie od nowa, i wtedy zapewne problem neutrin słonecznych zniknie, ulegnie też zmianie to, co obecnie sądzimy o ewolucji gwiazd. Trzeba także wziąć pod uwagę bardziej skomplikowane (tzw. trzyciałowe) reakcje z udziałem elektronów przy rozważaniu przebiegu reakcji termojądrowych.

Preprint się rozszedł, a w światku astronomicznym zaszumiało. To jest rewolucja! Czy on ma rację? Jak specjaliści mogli coś takiego przeoczyć? Czy już nie ma problemu neutrin? A może jest gdzieś błąd w tym pozornie logicznym rozumowaniu?

Wyjaśnienie sprawy przyniósł antypreprint autorstwa Johna N. Bahcalla i E.E. Salpetera, specjalistów właśnie w zakresie wnętrz gwiazdowych i reakcji jądrowych. A oto dosłownie przetłumaczony fragment ich trzystronicowego komentarza:

„Wielu kolegów przesłuchiwało nas na tę okoliczność. A zatem napisaliśmy tę krótką notkę, aby przypomnieć zainteresowanym naukowcom, że oba procesy fizyczne zaproponowane przez Kurucza..."

Zjawisko jest więc dobrze znane – po raz pierwszy rozważone w 1954 roku właśnie przez Salpetera, a potem efekt był wielokrotnie szacowany bardziej starannie. Jego opis jest w każdym podręczniku do wnętrz gwiazdowych, a każdy program liczący budowę gwiazdy zawiera go w swoim kodzie, choć akurat w przypadku gwiazdy typu Słońca efekty obecności elektronów są mało znaczące (za to są ważne na przykład dla akreujących białych karłów). Czyli wszyscy zainteresowani o tym dawno wiedzą.

W Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics pracuje (oprócz profesora Kurucza i trojga astronomów z Polski) około 200 astronomów, i zapewne co najmniej kilku z nich dobrze się zna na budowie gwiazd. Gdyby Kurucz porozmawiał z którymkolwiek z nich, to uniknąłby śmieszności. Wystarczyło więc pójść na inne piętro i do kogoś zapukać, i powiedzieć: słuchaj, mam taki pomysł... Sprawa wyjaśniłaby się w pięć minut. Tak zresztą bardzo często bywa, bo nikt nie jest specjalistą we wszystkim. Stąd tak ogromna rola nie pojedynczych ludzi, a środowisk twórczych, czyli grupek ludzi komunikujących się ze sobą i uzupełniających wzajemnie. Z zasłaniania wyników rękawem, jak widać, nie wiele wychodzi. Trzeba brać przykład z Philipsa.

Bożena Czerny

postępki astronomów

NAGRODA MŁODYCH – zmiana regulaminu

prace publikowane w dowolnym fachowym czasopiśmie naukowym może zgłaszać do Konkursu każdy członek Towarzystwa

Polskie Towarzystwo Astronomiczne

Jury Konkursu o Nagrodę Młodych PTA rozpatrzyło na posiedzeniu w dniu 7 listopada 1991 r. prace spełniające warunki regulaminu Konkursu i podjęło decyzje o przyznaniu nagród za rok 1991. Nagród pierwszego i drugiego stopnia nie przyznano. Nagrodę trzeciego stopnia przyznano

Jackowi WACHOWIAKOWI

za pracę ***Spectrum of Accretion Disk Rotating around Neutron Stars***. Wyróżnienie przyznano

Beacie MAZUR i Januszowi KAŁUŻNEMU

za pracę ***BV Photometry of Two Evolved Variables in NGC 188***. Na posiedzeniu w dniu 12 listopada 1991 r. Zarząd Główny Towarzystwa zaakceptował decyzje Jury. Zgodnie z dotychczasowym regulaminem, obie prace zostały wydrukowane w *Acta Astronomica*.

Na posiedzeniu 25 lutego br. Zarząd Główny zmienił niektóre zasady przyznawania Nagrody. Nowy regulamin, który podajemy w całości obok, dopuszcza do Konkursu prace opublikowane w fachowych czasopismach naukowych, co ogranicza uprzywilejowaną pozycję *Acta Astronomica*. Pragnę zwrócić uwagę Czytelników, członków Towarzystwa, że w Ich rękach leży obecnie los młodych autorów, gdyż – zgodnie z szóstym punktem Regulaminu – każdy członek PTA jest uprawniony do zgłaszania prac do Konkursu.

Zarząd Główny ma nadzieję, że ostatnie zmiany regulaminu Nagrody Młodych przyczynią się do przywrócenia wysokiego prestiżu, jakim się ona cieszyła przed laty. Jednakże mamy świadomość, że wprowadzone obecnie modyfikacje regulaminu mogą się okazać niewystarczające. Zachęcamy zatem Wszystkich Członków Towarzystwa do składania na ręce Sekretarza PTA propozycji nowych rozwiązań regulaminowych. Na tej podstawie Zarząd Towarzystwa przygotuje projekt nowych zasad przyznawania Nagrody Młodych, który planujemy przedstawić i poddać pod dyskusję na najbliższym Walnym Zebraniu Towarzystwa w przyszłym roku.

Andrzej Sołtan

Biała Lista PTA

Lista członków PTA, którzy wpłacili dobrowolnie podwyższone składki członkowskie za rok 1991:

1.	Henryk BRANCEWICZ	100.000.-
2.	Tomasz CHLEBOWSKI	500.000.-
3.	Maria DOBRZYCKA	88.000.-
4.	Jerzy DOBRZYCKI	88.000.-
5.	Robert GŁĘBOCKI	100.000.-
6.	Bolesław GRABOWSKI	88.000.-
7.	Jan HANASZ	100.000.-
8.	Mikołaj JERZYKIEWICZ	88.000.-
9.	Jan KANTHAK	132.000.-
10.	Jan MERGENTALER	126.000.-
11.	Paweł MOSKALIK	100.000.-
12.	Marek SARNA	88.000.-
13.	Ryszard SIENKIEWICZ	114.000.-
14.	Józef SMAK	100.000.-
15.	Antoni STAWIKOWSKI	100.000.-
16.	Zygmunt TURŁO	480.000.-

Red. Składamy serdeczne gratulacje Laureatom i Jurorom Konkuru Nagrody Młodych. Niestety ani wysokości nagród, ani składu Jury, Sekretarz w swoim raporcie tym razem nie podaje.

REGULAMIN
Konkursu o Nagrodę Młodych Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

1. Inicjatorem Konkursu i fundatorem nagród w Konkursie o Nagrodę Młodych jest Polskie Towarzystwo Astronomiczne.
2. Konkurs o Nagrodę Młodych rozpisywany jest corocznie, każdorazowo na mocy uchwały Zarządu Głównego PTA, która jednocześnie określa łączną wysokość nagród oraz podział ich na poszczególne kategorie.
3. Nagrody w konkursie przyznawane są za najlepsze prace astronomiczne młodych autorów opublikowane w fachowych czasopismach naukowych.
4. Autor, względnie wszyscy współautorzy, nagrodzonej pracy, powinni posiadać obywatelstwo polskie i nie mieć ukończonych 35 lat życia w chwili określonej datą wydania numeru czasopisma, w którym praca się ukazała.
5. Praca powinna wykazywać inicjatywę i oryginalną myśl autora oraz stanowić wartościowy wkład w naukę.
6. Prace zgłaszane do Konkursu wraz ze zwięzłą informacją o autorze (wszystkich współautorach) należy nadsyłać na ręce Sekretarza Towarzystwa. Pracę może zgłosić autor, lub każdy członek Towarzystwa. Prace opublikowane w *Acta Astronomica* nie wymagają oddzielnego zgłoszenia. Do Konkursu w danym roku są dopuszczane przez Sekretarza Towarzystwa prace, spełniające warunki punktu 4 niniejszego regulaminu, które zostały opublikowane w okresie od 1 września roku poprzedzającego do 31 sierpnia roku danego. Sekretarz Towarzystwa do 30 września przekazuje wszystkim członkom Jury listę prac spełniających warunki Konkursu.
7. Zarząd Główny PTA corocznie publikuje w *Postępach Astronomii* komunikat o rozpisaniu Konkursu, w którym podaje warunki Konkursu, skład Jury oraz termin przyznania nagród.
8. Zarząd Główny powołuje sześcioosobowe Jury Konkursu (w tym przewodniczącego Jury). Jednym z członków Jury – z urzędu – jest Redaktor *Acta Astronomica*. Kadencja Jury trwa dwa lata. Przewodniczący zwołuje zebrania Jury i przewodniczy im. Decyzje Jury odnoszące się do przyznania nagród, zapadają większością głosów, przy obecności co najmniej połowy członków. W przypadku równej liczby głosów decyduje głos przewodniczącego Jury. Jury powinno dokonać przyznania nagród do 30 listopada roku, na który Konkurs został rozpisany. Jury może, w uzasadnionych przypadkach, dokonać innego podziału nagród, niż postulowany przez Zarząd Główny PTA, nie zwiększając jednak łącznej kwoty nagród.
9. Decyzje Jury Konkursu podlegają zatwierdzeniu przez Zarząd Główny PTA.
10. Wypłata nagród odbywa się na zlecenie Skarbnika PTA, działającego w oparciu o uchwałę Zarządu Głównego PTA.
11. Sekretarz PTA odpowiedzialny jest za opublikowanie w *Postępach Astronomii* komunikatu Jury o przyznaniu zatwierdzonych przez Zarząd Główny PTA nagród. W komunikacie podać należy tytuły prac nagrodzonych oraz nazwiska ich autorów.
12. Wszelkie zmiany w regulaminie Konkursu o Nagrodę Młodych mogą być dokonywane jedynie w oparciu o uchwałę Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Astronomicznego.

Warszawa, dnia 25 lutego 1992 r.

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.

☆☆ *na XIII Krakowską* Szkołę Letnią Kosmologii

pod egidą Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Uniwersytetu Łódzkiego i Fundacji OMEGA

❒ Program szkoły będzie obejmował proszone wykłady zwolenników alternatywnych podejść do kosmologii i fizyki z przedstawieniem najnowszych rezultatów oraz ogólne dyskusje ❒ Językiem szkoły jest angielski ❒ Szkoła ma charakter otwarty (studenci) ❒ Wpisowe wynosi równowartość 150$ od osób wydelegowanych przez instytucje lub 50$ od osób przyjeżdżających na własny koszt ❒ Zakwaterowanie w hotelach (80–900 tys. zł) ❒ Możliwość posiłków w stołówkach studenckich wg aktualnych cen ❒ Istnieje możliwość zwolnienia z opłacenia *wpisowego* dla członków PTA, PTMA, PTF i studentów ❒ Na umotywowane prośby, dzięki uprzejmości Parafii Mariawickiej Św. Franciszka w Łodzi (ul. Franciszkańska 27), istnieje możliwość uzyskania bezpłatnych noclegów w sali parafialnej, pod warunkiem przywiezienia śpiworów i karimat (materacy) ❒

TEMATY: obserwacje dotyczące kosmologii ❒ interpretacja przesunięć ku czerwieni ❒ zasady kosmologiczne ❒ ogólna teoria względności ❒ pozagalaktyczna plazma ❒ ewolucja w Kosmosie ❒ powstawanie galaktyk ❒ historia kosmologii ❒

Postępy w nowych kosmologiach

ŁÓDŹ, 7 – 12 września 1992

❒ Zapytania o szczegóły oraz zgłoszenia udziału należy posyłać pod adresem: Dr Wiesław Tkaczyk – Instytut Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego – ul. Pomorska 149/153 – 90-236 Łódź – telefon: (042-) 78-56-22 – Fax: (042-) 78-70-87 ❒ Ewentualne zgłoszenia referatów wysyłać pod adres: Prof. Halton C. Arp – Max-Planck-Institut für Astrophysik D-W-8046 Garching bei München – Deutschland – telefon: +49-89 3299-3204 – Fax: +49-89 3299-3235 ❒

❒ Naukowy Komitet Organizacyjny:
Halton Arp (przewodniczący) – Niemcy
C. Roy Keys – Kanada
Konrad Rudnicki – Polska
Leszek Wojtczak – Polska
Eric J. Lerner – USA
Mario Moles – Hiszpania
❒ Lokalny Komitet Organizacyjny:
Mieczysław Borkowski (przewodniczący)
Wiesław Tkaczyk

ZAPROSZENI WYKŁADOWCY: Halton Arp ❒ A.K.T. Assis ❒ Henrik Broberg ❒ S.V.M. Clube ❒ Tom van Flandern ❒ Toivo Jaakkola ❒ Eric J. Lerner ❒ W.M. Napier ❒ Anthony L. Peratt ❒ David Roscoe ❒ Konrad Rudnicki ❒ Franco Selleri ❒ Jack W. Sulentic ❒ Gennady V. Nikołajew ❒

ZDJĘCIE NA OKŁADCE PRZEDSTAWIA . . .

. . . kopułę Planetarium i Obserwatorium (w głębi) Śląskiego im. Mikołaja Kopernika w Parku Kultury i Wypoczynku w Chorzowie. Barwną opowieść Dyrektora placówki, o jej historii i dniu dzisiejszym, o sukcesach i kłopotach przysparzanych przez nawiedzonych maniaków, znajdzie Czytelnik wewnątrz numeru. Niemal jak bajka może zabrzmieć opowieść o prowadzonych w środku górnośląskiego „komina" obserwacjach. A jednak! Okazuje się, że wystarczy tylko chcieć, a osiągane wyniki obserwacji pozycyjnych planetoid, stanowią istotne i nie najgorsze źródło danych. Teksty zdobią urokliwe zdjęcia (wszystkie pochodzą z archiwum Planetarium) przepięknej architektury obiektu. A wydawałoby się, że styl architektoniczny lat pięćdziesiątych określa wyłącznie „strzelisty gotyk" Pałacu im. Józefa Stalina w Warszawie...

postępy astronomii 3-4/92

lipiec-grudzień
tom 40

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

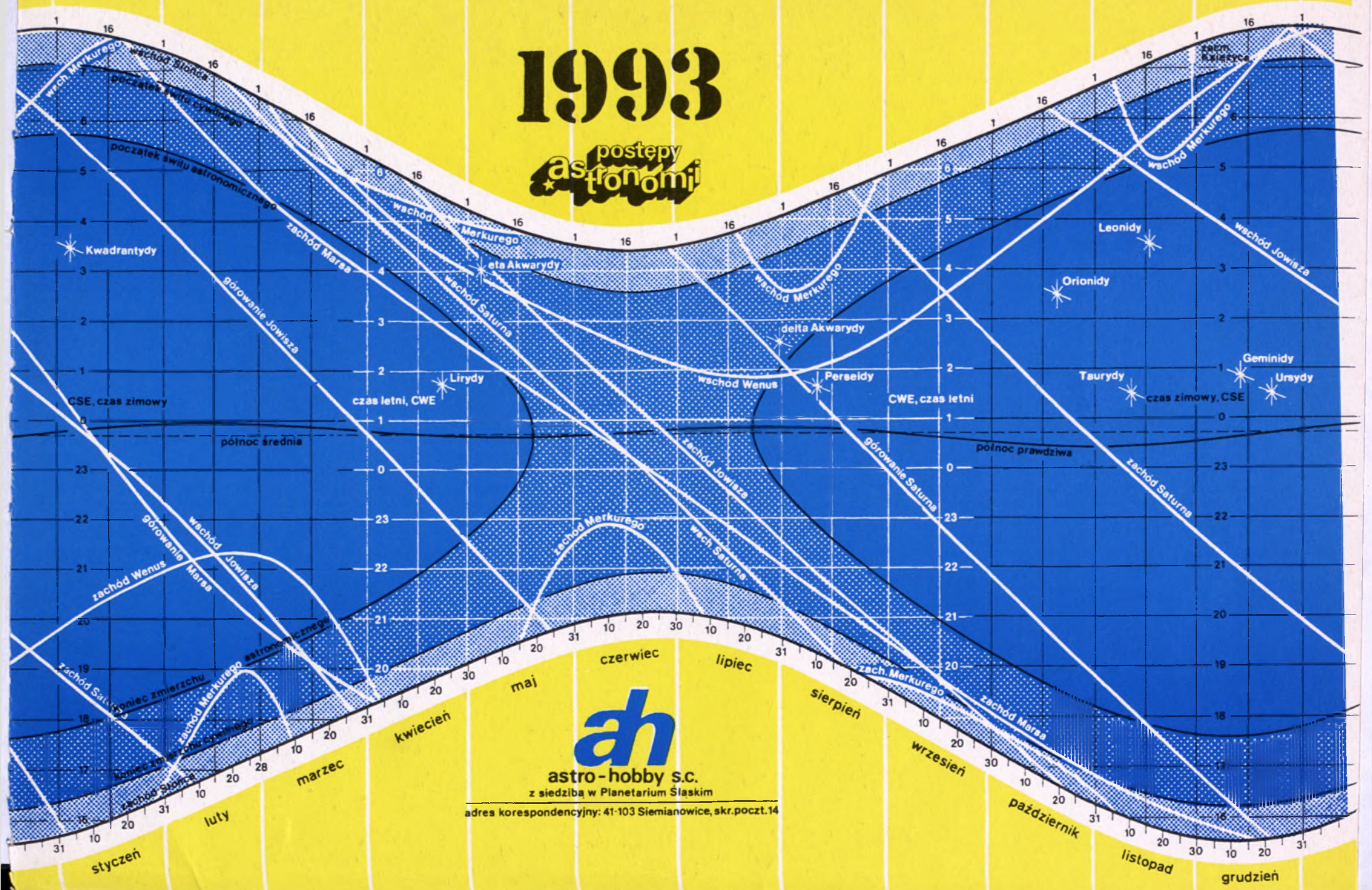
Astronomia w Krakowie

„Czarna Wdowa"

Zderzenia gwiazd neutronowych

1993

postępy astronomii



astro-hobby s.c.
z siedzibą w Planetarium Śląskim
adres korespondencyjny: 41-103 Siemianowice, skr.poczt.14

A więc jednak jesteśmy i żyjemy! Wszystkich naszych wiernych Czytelników przepraszamy za tak tragiczne opóźnienie, ale jednocześnie dziękujemy za okazaną troskę i niepokój. Okazało się, że w żaden sposób nie da się zmieścić 200 lat astronomii krakowskiej w jednym kwartale i postanowiliśmy zrobić zeszyt wyjątkowy – półroczny. Sądziliśmy, że uda nam się nadrobić dotychczasowe opóźnienie, a tymczasem wyszło fatalnie. To prawda, że mieliśmy też pewne trudności finansowe; Redakcja nie może pojąć nowej rzeczywistości ekonomicznej i stara się jak najmniej żądać od swoich czytelników i jak najwięcej płacić autorom. Na szczęście Komitet Badań Naukowych docenił PA i ich wyjątkową wśród pism tego typu rolę. Jeśli prenumeratorzy się na nas nie obrażą, powinniśmy przetrwać. Prenumerata na rok 1993 (szczegóły str. 160) jest znów tania!

Wymyślając i organizując „nowe" POSTĘPY, staliśmy się w pewnym sensie niewolnikami naszych Czytelników i chyba jednak dość dobrze wykonywanej pracy. Nie chcielibyśmy nie tak już małej grupy naszych fanów zawieść obniżeniem lotów, czy – co najgorsze – likwidacją pisma. POSTĘPY to jednak nie nasze jedyne zajęcie. Na co dzień zajmujemy się po prostu czynnym uprawianiem astronomii i przestaliśmy sobie z tym wszystkim dawać radę. Dosłownie ze wszystkim: redagowaniem, składem, dystrybucją, promocją i reklamą, a na początku pisaniem większości tekstów... Szukamy więc rozwiązań, które pozwolą nam zarówno na dalszą pracę jako astronomów i... dziennikarzy. W takim połączeniu też chyba tkwi sens i tajemnica powodzenia pisma.

Niniejszy numer różni się trochę graficznie (mamy nadzieję na korzyść!) od poprzednich: to ręka Sławka Kruczkowskiego, który poza dystrybucją i organizacją druku podjął się również składu POSTĘPÓW. Liczymy na łaskawość Czytelników w wypadku jakichś potknięć – to w znacznej mierze dzięki Sławkowi Redakcja (póki nie znajdzie się lepsza i młodsza!) jeszcze trochę pozipie.

A w numerze – Kraków: astronomia na Uniwersytecie Jagiellońskim z Obserwatorium Fort Skała i na WSP z Obserwatorium na Suhorze, krakowscy autorzy, krakowskie roczniki, księżyce, krakowskie pole na niebie, krakowskie... krakowiany. Poza tym trochę nowości–donosów i jak zwykle obserwacje Teleskopem Kosmicznym. Długo czekały na miejsce w numerze artykuły o zderzeniach gwiazd neutronowych i bardzo ważnej misji BBXRT i szczęśliwie, dzięki podwójnej objętości, znalazło się miejsce. Zabrakło go jednak znów na materiały typowo dziennikarskie, więc tylko krótko odnotujmy, że w pierwszej edycji „polskiego Nobla", jeden z trzech przyznanych w różnych dziedzinach nauki czeków odebrał Aleksander Wolszczan. Jego nazwisko pojawiało się (i pojawia!) w PA tyle razy (może ktoś policzył?!), że chyba nietaktem byłoby naszym Czytelnikom jeszcze raz przypominać o pulsarach i planetach. W związku z Nagrodą, Aleksander Wolszczan był znów w Polsce, zapewnia, że dwie planety „mają się bardzo dobrze"; wszystkie obserwacje potwierdzają ich realność z coraz większą dokładnością. Mamy nadzieję wrócić do tematu piórem samego laureata. Na razie, gratulujemy!

A w roku 1993, nowe, ciekawe atrakcje. Już mamy materiał na dwa następne numery. Szukamy jeszcze lepszych i ciekawszych!

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 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 116-55 lub 78-33-90
albo 260-18 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
telefon 41-00-41 w. 48

Skład komputerowy: Sławomir Kruczkowski, MIZAR

Projekt winiety: Tadeusz Jodłowski

Druk: Zakład Poligraficzny p.p. Neuman Grudziądz, ul. Toruńska 9

Opracowanie techniczne:
Przedsiębiorstwo MIZAR Grudziądz,
ul. Królewska 3

Dystrybucja: Sławomir Kruczkowski
86-300 Grudziądz, ul. Królewska 3b/22
tel. 266-50

❍ 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 1992

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. 166-55 lub 48-71-44)
lub w Warszawie (tel. 41-00-41 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 – 150-250 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...

Po dwóch artystycznych wizjach Dana Berry'ego, dysku–mgławicy protoplanetarnej wokół β Pictoris i optycznych dżetów wyrzucanych z galaktycznej czarnej dziury (PA 1/92), oraz zdjęcia Olka Wolszczana w poprzednim numerze – znowu wracamy do autentycznych obrazów nieba wykonanych przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a. Tym razem jest to piękne zdjęcie zwartej mgławicy planetarnej NGC 2440. Najbardziej interesująca okazała się jednak nie mgławica, lecz jej gwiazda centralna. Materia mgławicy pochodzi od zewnętrznych warstw tej gwiazdy, gdy była czerwonym asymptotycznym nadolbrzymem (patrz artykuł R. Szczerby w PA1/92, str. 15). Odrzucony gaz świeci gdyż jest jonizowany przez wysokoenergetyczne kwanty emitowane przez byłe jądro nadolbrzyma, czyli obecną gwiazdę centralną. Energetycznych kwantów zapewne wystarczy na długo, gdyż centralna gwiazda należy do najgorętszych znanych gwiazd w Galaktyce – notatka na ten temat wraz z innymi materiałami z HST – wewnątrz numeru (zdjęcie uzyskane dzięki uprzejmości dr-a F. Duccio MACCHETTO i Space Teleskope Institute, Baltimore, USA)

W NUMERZE:

ASTRONOMIA W KRAKOWIE

200 lat historii Obserwatorium Krakowskiego (101); Pole Jagiellońskie (127); Pyłowe Księżyce Ziemi (153); Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego i krakowska kartoteka gwiazd zmiennych (164); Krakowiany Banachiewicza(173)

118 **Zderzenia gwiazd neutronowych**

Marek J. Sarna

Kiedy w 1962 roku Jocelyn Bell i Antony Hewish odkryli pierwszego pulsara, a zaniedługo potem skojarzyli go z gwiazdą neutronową - fantazja stała się rzeczywistością. Niesamowite pomysły astronomów czy fizyków - jeśli opierają się na udokumentowanej i rzetelnej wiedzy astrofizycznej - nie są klasyfikowane jako science - fiction.

131 **Czy kosmologia jest metafizyką?**

Konrad Rudnicki

Według powszechnej opinii astronomia jest nauką o fizycznym Wszechświecie. Z kolei fizyczny Wszechświat można uważać za zespół wszystkiego, za całość tego, co istnieje w sensie materialnym. Załóżmy, że wiemy co to znaczy istnieć w sensie materialnym i pomyślmy w jaki sposób astronomowie mogą badać Wszechświat.

148 **BBXRT – Szerokopasmowy teleskop rentgenowski**

Piotr Życki i Grzegorz Madejski

Pod tą tajemniczą nazwą kryje się teleskop rentgenowski, który, jako część laboratorium „Astro", przebywał na orbicie wokółziemskiej w grudniu 1990 roku. Była to, jak dotąd, jedyna misja promu kosmicznego, poświęcona w całości astronomii.

168 **Kosmiczna menażeria – najdziwniejsze gwiazdy na niebie**

PSR 1957+20 Czarna Wdowa

Ewa Kuczawska

Czarna Wdowa o której tu mowa, po przywróceniu do pulsarowego życia – tzn. rozkręceniu do milisekundowych prędkości, poprzez akrecję materii z towarzysza w układzie podwójnym – odwdzięcza się mu buziakiem... I to jakim: w postaci potężnego wiatru relatywistycznych cząstek i promieni gamma!

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

Kosmiczna ruletka (100); Odkryjmy to jeszcze raz; Podróżnik; Śmierć Oorta; Mira = o Ceti AB (136); Zmienna powierzchnia Betelgeuse (137); Teleskop Globalny w akcji: GW Virginis rozszyfrowana! (166); Planetka Toutatis – nasz niezwykły sąsiad; „Ogień i woda, woda i ogień..."; Beta Pictoris – badań ciąg dalszy (177)

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A obserwuje

Mgławica N66 w Wielkim Obłoku Magellana (135); Jowisz raz jeszcze; Kulawy Teleskop Hubble'a (143); Galaktyka osobliwa Arp 220 na obrazach kamery planetarnej Teleskopu Kosmicznego Hubble'a; Jedna z najgorętszych gwiazd na fotografii z Teleskopu Hubble'a (144)

122 Miłośnicza fotografia nieba: Teleskop z lejcami

124 Astronomia w szkole: Olimpiady Astronomiczne

138 **Gwiazdozbiór na zimę:** Orion

W KRAJU... *Znów w Koninkach (145); Ostrowik zaprasza (146); Obserwatorium Astronomiczne na Suhorze (178)*

142 **U**mykające **F**enomeny **O**bserwacyjne: *Trojaczki*

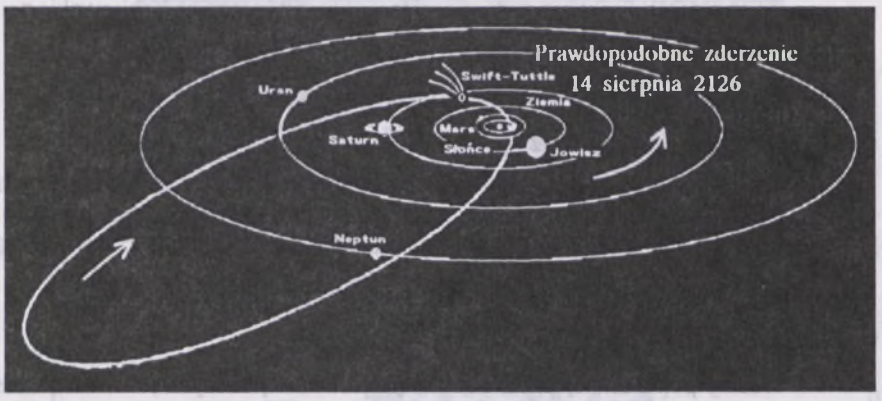
160 ***Gdzie i jak kupić POSTĘPY ASTRONOMII***

162 *Listy Czytelników*

184 **Esej, felieton:** *Model Wszechświata „DUŻE BUM"*

186 **Fundacja Astronomii Polskiej**

Kosmiczna ruletka



Orbita Komety Swifta – Tuttle'a wraz z ewentualną kolizją z Ziemią na tle Układu Słonecznego. Rozmiary ciał niebieskich nie zostały zachowane.

Prawdopodobieństwo zderzenia się komety Swift – Tuttle'a z Ziemią jest raczej niewielkie – według Briana G. Marsdena jest ono jak jeden do dziesięciu tysięcy. Ale okazuje się, że jest to wielkość wystarczająca by podniecić wyobraźnię wielu dziennikarzy, którzy już przewidują użycie broni nuklearnej przeciwko komecie, zanim dotrze ona do Ziemi w swym następnym obiegu. Także astronomowie – zarówno amatorzy jak i zawodowcy – pilnie śledzą jej trajektorię podczas tegorocznego przejścia w pobliżu Słońca.

Przypomnijmy, że kometa jest okresowa, a poprzednie jej pojawienie się miało miejsce w 1862 roku (obserwacja Swifta i Tuttle'a) oraz prawdopodobnie jeszcze wcześniej – już w 1737 roku (obserwacje Keglera). W bieżącym zbliżeniu do Słońca, po raz pierwszy zaobserwował ją Japończyk – Tsuruhiko Kiuchi, 26 września 1992 roku. Miała ona wówczas średnicę 4 minut kątowych i jasność 11.5 magnitudo. Kometa ta jest prawdopodobnie bryłą lodu i skał o rozmiarze około 10 km. Corocznie, podczas dwóch pierwszych dekad sierpnia obserwujemy rój meteorów – Perseidy, który jest stowarzyszony właśnie z tą kometą. Radiant roju ma współrzędne $\alpha \approx 46^{o}, \delta \approx 58^{o}$. Jak do tej pory, nasza planeta i kometa Swift – Tuttle'a nie wchodziły ze sobą w kolizję, ale nie wiadomo czy nadal tak będzie np. podczas jej kolejnego zbliżenia do Ziemi, tj. w roku 2126. Ewentualny upadek komety mógłby wydrążyć na powierzchni Ziemi wielki krater, wzbudzić fale oceaniczne o wysokości kilkuset metrów, wzbić w powietrze warstwę pyłów, która odizolowałaby całą Ziemię od promieni Słońca na okres wielu miesięcy. Oczywiście byłoby to katastrofą dla wegetacji roślin i populacji zwierząt roślinożernych, w tym także i człowieka.

Niektórzy wierzą, że tego typu zdarzenie miało już miejsce 65 milionów lat temu, kiedy to wyginęły dinozaury, a w warstwach tego okresu geolodzy znajdują na całej Ziemi nadwyżkę irydu, który normalnie jest bardzo rzadko znajdowany w ziemskiej skorupie.

W obecnym obiegu kometa Swift – Tuttle przeszła przez peryhelium ($r = 0.959$ A.U.) 12 grudnia 1992 roku*). Przybliżone parametry jej orbity to: mimośród $e = 0.96$, długość wielkiej półosi $a = 26.32$ A.U., kąt nachylenia orbity do płaszczyzny ekliptyki $i = 113^{o}$, długość peryhelium $\omega = 153^{o}$, długość węzła wstępującego $\Omega = 139^{o}$.

E. K.

*) Osiągnęła jasność około 6^{m} i była łatwo widoczna nawet przy użyciu niewielkiej lornetki.

Obraz złowieszczej komety uzyskany 2 grudnia 1992 roku przy pomocy 60/90 cm teleskopu Schmidta w Obserwatorium w Piwnicach przez Macieja Mikołajewskiego. Autor występuje raczej w roli dziennikarza niż astronoma, stąd widoczne w obrazach gwiazd trwożne drżenie rąk niewprawnego prowadzenia. Zdjęcia innych komet uzyskane tym samym teleskopem, ale bardziej wprawną dłonią, przedstawimy Czytelnikom w jednym z najbliższych zeszytów PA.

Obserwatorium Astronomiczne na Forcie Skała z lotu ptaka (GorPol - Air Photo)

200 lat historii Obserwatorium Krakowskiego

Jan Mietelski

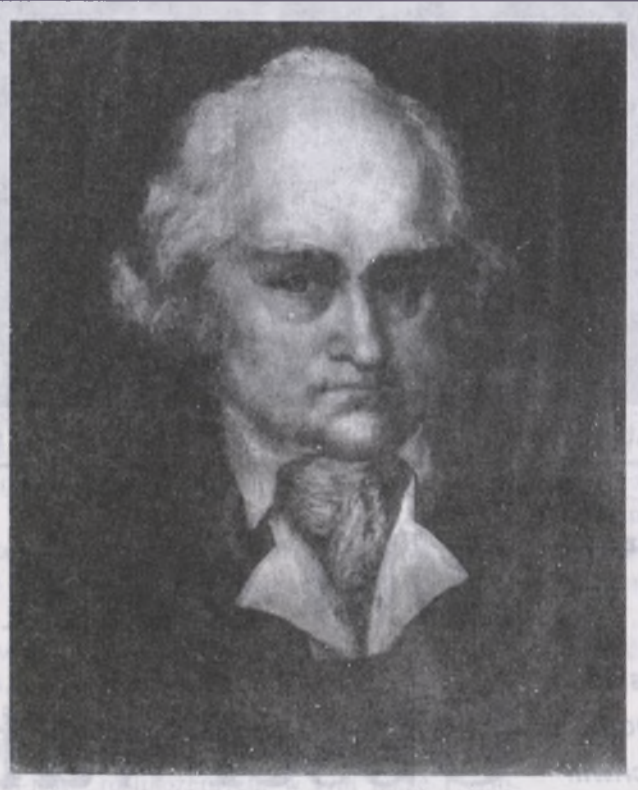
Spośród trzech najstarszych polskich obserwatoriów uniwersyteckich Obserwatorium Krakowskie miało to szczęście, że mogło działać bez przerwy od chwili założenia po dzień dzisiejszy. Tutaj zachowała się także najdłuższa nieprzerwana seria obserwacji meteorologicznych wykonanych w Polsce. Początki były jednak trudne.

Idea założenia obserwatorium astronomicznego w Krakowie nie trafiała tu w pierwszej połowie XVIII w. na sprzyjający grunt. Dawno przecież poszły w zapomnienie piętnastowieczne tradycje astronomiczne Akademii Krakowskiej, które wychwalał Hartmann Schedel w *Liber Chronicarum* (Nürnberg 1493). Nie zajmowano się też systematycznym śledzeniem późniejszego rozwoju astronomii. Uniwersytet nie uznawał zatem teorii heliocentrycznej swego najwybitniejszego wychowanka, Mikołaja Kopernika i wbrew wszelkim argumentom naukowym kultywował aż poza rok 1750 program nauczania przewidujący wykładanie astronomii według Ptolemeusza i Peuerbacha. Pierwszym sygnałem potrzeby utworzenia obserwatorium astronomicznego był postulat zawarty w memoriale

teologa, ks. prof. Józefa Popiołka, opracowanym w 1750 roku w odpowiedzi na deklarację biskupa Andrzeja Stanisława Załuskiego, który postanowił uposażyć w Akademii Krakowskiej katedrę matematyki i fizyki doświadczalnej. Projekt Popiołka nie spotkał się jednak z pełnym uznaniem pozostałych członków, powołanej w tym celu, komisji uniwersyteckiej. Dopiero w latach sześćdziesiątych XVIII wieku zostały podjęte przez prof. Jakuba Niegowieckiego starania rzeczowe i finansowe w celu utworzenia obserwatorium astronomicznego w Krakowie i wyposażenia go w instrumenty. Niegowiecki odbył kilkumiesięczne szkolenie w obserwatorium wiedeńskim, kierowanym przez ks. prof. Maksymiliana Hella i zakupił w Wiedniu kilka małych instrumentów.

Pierwszy rozbiór Polski w 1772 roku zmienił na niekorzyść warunki finansowania Akademii Krakowskiej. W roku następnym zbiegły się natomiast: kasata zakonu Jezuitów i utworzenie Komisji Edukacji Narodowej. Skutki tych dwóch wydarzeń miały istotnie rzutować w niedalekiej przyszłości na powstanie obserwatorium w Krakowie.

W roku pierwszego rozbioru podjął studia w Akademii Krakowskiej, przybyły z Poznania, Jan Śniadecki (1756–1830), który szybko uzyskiwał tu kolejne stopnie naukowe; w wieku 17 lat, tzn. po I roku studiów otrzymał bakalaureat, a w dwa lata później został magistrem nauk wyzwolonych i doktorem filozofii; niebawem rozpoczął w Akademii wykłady z algebry. Ks. Hugo Kołłątaj, który podjął zaraz po przybyciu do Krakowa



Portret założyciela OA UJ, Jana Śniadeckiego (malowała Aneri Weissowa)

w 1777 roku dzieło reformy Kolegium Nowodworskich, powołał młodego doktora Śniadeckiego na stanowisko nauczyciela w tym Kolegium. W roku następnym Kołłątaj przystąpił do reformy Akademii Krakowskiej, gdzie również przewidział dla Śniadeckiego rolę profesora matematyki. Koniecznym jednak okazał się wyjazd Śniadeckiego na uzupełniające, zagraniczne studia matematyki. Studiował więc przez rok w Getyndze u Kästnera, obserwując jednocześnie w tamtejszym Obserwatorium, a następnie przez Holandię udał się do Paryża, gdzie studiował przez półtora roku matematykę pod kierunkiem J. A. Cousina oraz astronomię – słuchając wykładów J. J. Lalande'a i współpracując z Ch. Messierem; utrzymywał również bliskie kontakty z d'Alambertem. Dzięki pochlebnym opiniom francuskich uczonych Komisja Edukacji Narodowej powołała Śniadeckiego w 1781 roku na stanowisko profesora matematyki wyższej i astronomii w Szkole Głównej Koronnej – jak nazywano Akademię Krakowską po reformie kołłątajowskiej. Wykłady z matematyki rozpoczął w listopadzie 1781 roku, a w lipcu 1782 roku został sekretarzem Szkoły Głównej Koronnej, której rektorem wybrano wówczas Hugona Kołłątaja.

Znaczącym sygnałem odnowy atmosfery otaczającej najstarszą z nauk w Krakowie, stał się wykład Jana Śniadeckiego pt. „Pochwała Mikołaja Kopernika, akademika krakowskiego, astronomii odrodziciela", wygłoszony na otwarcie Kolegium Fizycznego Szkoły Głównej w dniu 30 września 1782 roku.

W 1783 roku zaczęto urządzać w Krakowie Ogród Botaniczny. Na tejże parceli znajdował się pojezuicki budynek z I

połowy XVIII w. Budynek ten postanowiono, po pewnej przeróbce, przeznaczyć na siedzibę przyszłego Obserwatorium Astronomicznego. Wstępne prace podjęto w 1787 roku, kiedy Śniadecki wyjechał na kilka miesięcy do Anglii (Greenwich, Oxford oraz Slough – Obserwatorium Williama Herschela) dla zaznajomienia się z prowadzonymi tam badaniami astronomicznymi. Po drodze zatrzymał się Śniadecki na krótko ponownie w Paryżu. Ta stosunkowo krótka nieobecność wystarczyła, by niechętni mu profesorowie storpedowali na kilka lat prace przy budowie obserwatorium.

Opóźnione roboty budowlano- remontowe – z których ostatecznego efektu Śniadecki był raczej niezbyt zadowolony – nie przeszkodziły mu w przeprowadzeniu obserwacji zaćmienia Słońca 4 czerwca 1788 roku i Księżyca – 28 kwietnia 1790 roku. Pierwszą obserwacją po ukończeniu budynku było wyznaczenie tzw. korespondencyjnych, czyli równych z obu stron południka wysokości Słońca w dniu 10 października 1791 roku i tą datę proponuje prof. Eugeniusz Rybka uznać za początek działalności Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie, choć formalne otwarcie placówki odbyło się 1 maja 1792 roku.

Ustalony program obserwacyjny obejmował położenia Słońca i Księżyca, zaćmienia księżyców Jowisza, przejścia planet dolnych przez tarczę Słońca oraz zakrycia gwiazd i planet, wykorzystywane wówczas do wyznaczania długości geograficznej. Natomiast dla wyznaczania szerokości geograficznej obserwowano wysokość Słońca w południe, wysokości gwiazd w czasie kulminacji, odległości zenitalne gwiazd górujących blisko zenitu oraz położenia punktów równonocy i przesileń. Prowadzono również obserwacje momentu południa dla wyznaczania równania czasu, poprawek zegara i błędów ustawienia instrumentu przejściowego. Dla tych samych celów obserwowano również gwiazdy stałe. Prowadzono także obserwacje położeń planet na tle gwiazd dla poprawiania teorii ruchu ciał niebieskich i uściślenia odpowiednich tablic. Najdalszą planetą objętą tym programem był Herschel, znany nam dzisiaj pod nazwą Urana. Przewidywał Śniadecki również obserwacje komet i ciał niebieskich nowych lub mało znanych oraz – co było wówczas pewnym wyprzedzeniem epoki – obserwacje gwiazd zmiennych.

Program ten był realizowany niestety tylko fragmentarycznie w tych ostatnich, bardzo niespokojnych, latach istnienia Pierwszej Rzeczpospolitej i w czasie insurekcji kościuszkowskiej. Asystent Śniadeckiego, Józef Czech, był znacznie mniej, niż on, zapalonym ob-

U góry: Obraz przedstawiający Collegium Śniadeckiego w początkach wieku XIX. Jest to kopia wykonana przez Kazimierę Mietelską (moją ciotkę) z oryginału w Muzeum Historycznym Miasta Krakowa.
Poniżej: Fasada Collegium Śniadeckiego od strony Ogrodu Botanicznego (dziś).

serwatorem, stąd dziennik obserwacyjny w czasie nieobecności profesora – wydelegowanego w 1793 roku na sejm grodzieński – raczej nie zapełniał się.

Dzięki listowi Śniadeckiego do Marcina Poczobuta z 2 stycznia 1792 roku znamy główne pozycje inwentarza instrumentów świeżo powstałego Obserwatorium Krakowskiego. Wymienione tam zostały: mosiężny kwadrant paryski roboty Caniveta, o promieniu trzech stóp paryskich; mosiężny kwadrant londyński roboty Ramsdena, o promieniu 14 cali, z dwiema lunetkami achromatycznymi; luneta przejściowa achromatyczna, wykonana w Paryżu przez mechanika Charité pod dozorem Messiera, analogiczna do tej jaka była w Obserwatorium Paryskim; trzy zegary wahadłowe: Lepaute'a, wiedeński na wzór zegarów angielskich i Sheltona; luneta paralaktyczna długości 5 stóp i 5 cali z mikrometrem romboidalnym [1], dwie achromatyczne lunety Dollonda, dwa teleskopy zwierciadłowe, jeden typu Newtona, drugi typu Gregory'ego [2]. Poza tym Śniadecki miał komplet przyrządów meteorologicznych [3]. Warto skonfrontować te dane ze starszym wykazem, pochodzącym z 1780 roku, kiedy to z myślą o przyszłym obserwatorium, profesor matematyki, proboszcz kościoła św. Anny, ks. Adam Jagielski przyjął dla reformowanej Akademii Krakowskiej pewną liczbę instrumentów astronomicznych. Były to: kwadrant o promieniu 13 cali 4 linie (miary paryskiej [4]), wykonany przez Ramsdena w Anglii i zaopatrzony dwiema małymi lunetkami; mały refraktor roboty Dollonda z obiektywem achromatycznym o średnicy 42 linii i długości ogniskowej 3 stopy 7 cali; pochodzącą z byłego jezuickiego obserwatorium astronomicznego w Poznaniu lunetę paralaktyczną roboty Caniveta. Te trzy instrumenty podarował Szkole Głównej Koronnej król Stanisław August Poniatowski. Jednocześnie biskup koadiutor płocki Krzysztof Hilary Szembek ofiarował dla przyszłego Obserwatorium Krakowskiego mały reflektor w układzie Gregory'ego. Trzy lata później Śniadecki uzupełnił ten zestaw instrumentów wypraszając od króla drugi refraktor achromatyczny Dollonda z obiektywem o średnicy 25 linii i długości ogniskowej 28 cali. Następnie przejął z pojezuickiego obserwatorium w Poznaniu, od Józefa Rogalińskiego, kwadrant o promieniu 3 stóp, wykonany przez Caniveta; teleskop reflektor Teillera; zegar wahadłowy Lepaute'a; sferę armilarną; globus niebieski; globus ziemski; zegar bijący sekundy i minuty – roboty Bouchera. W 1786 r. doszła do tego jeszcze, zakupiona z funduszów Kolegium Fizycznego, luneta południkowa (instrument przejściowy [5]).

Po zajęciu Krakowa przez Austrię Uniwersytet uległ reorganizacji. Nową strukturę wydziałową przekopiowano z uniwersytetów austriackich i drastycznie ograniczono autonomię w silnie centralistycznym systemie państwa zaborczego. Nowa atmosfera uczelni skłoniła Śniadeckiego do wystąpienia o emeryturę, przy czym nie rezygnując z działalności obserwacyjnej zgodził się patronować aż do 1803 roku poczynaniom swojego następcy, Józefa Łęskiego, mającego przygotowanie raczej inżynieryjno – wojskowe, ale mianowanego zastępcą profesora matematyki wyższej i astronomii. Po wyjeździe Śniadeckiego w 1803 roku Łęski prowadził za jego przykładem obserwacje astronomiczne, w których pomagał mu profesor mechaniki i hydrauliki, Feliks Radwański. Łęski po roku przeszedł do Warszawy; po nim – również przez rok – opiekował się Obserwatorium Józef Czech, po którym kierowali formalnie Obserwatorium: prof. Wacław Voit (bardzo krótko), a następnie – przez dwa lata – profesor matematyki i miernictwa, Franciszek Kodesch, przeniesiony do Krakowa z Uniwersytetu Lwowskiego.

[1] Mikrometr romboidalny, podobnie jak pierścieniowy, wykorzystują cechy konturów odpowiednich figur geometrycznych, umieszczonych w polu widzenia unieruchomionej lunety, by na podstawie momentów przejść 2 obiektów przez owe kontury obliczyć różnicę rektascensji i deklinacji.

[2] Teleskop typu Gregory'ego ma przewierciadło główne zwierciadło paraboliczne. W okularze ogląda się obraz wtórny. Zwierciadło wtórne ma kształt krótkoogniskowej wklęsłej elipsoidy. Umieszczone bywa tam, gdzie w teleskopie Cassegraina znajduje się zwierciadło hiperboliczne wypukłe.

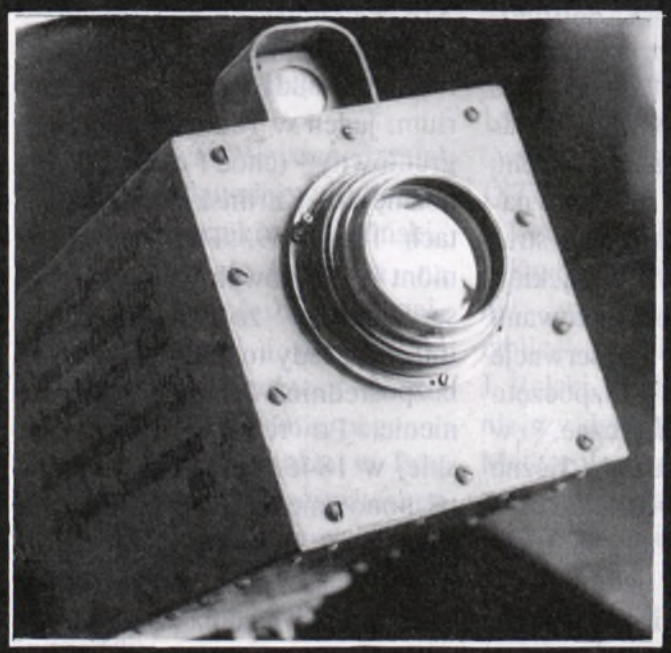
[3] M. Chamcówna, *Uniwersytet Jagielloński w dobie* Komisji Edukacji Narodowej, Wrocław 1959, s.204.

[4] Linia paryska jest jednostką długości, związaną z tzw. sążniem paryskim (toise). 1 stopa paryska = 1/6 sążnia paryskiego = 12 cali paryskich = 144 linie paryskie. 1 linia paryska = 2.2558291 milimetra.

[5] Historia Astronomii w Polsce, t. II, 1983, s.72-73.

W Collegium Śniadeckiego...

Luneta Heyde'go w dużej sali na II p. Collegium Śniadeckiego, za nią chronokinematograf.



Obiektyw chronokinematografu.

Tarcza zegara Kesselsa z kompensacją rtęciową (od 1835 , zakupiony przez M. Weissego), do dzisiaj będący w ruchu.

Koło południkowe (od 1829), w dużej sali na II p. Collegium Śniadeckiego (zakupione przez M.Weissego).

200 lat Obserwatorium Krakowskiego

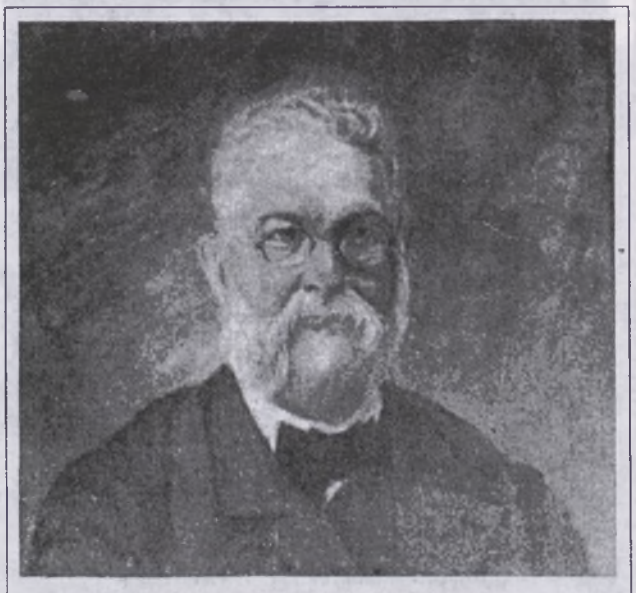
Pierwszym dyrektorem dorównującym kwalifikacjami, choć jeszcze nie doświadczeniem, Śniadeckiemu był następca Kodescha, Johann Joseph Littrow, który objął w Uniwersytecie Krakowskim funkcję dyrektora Obserwatorium i profesora matematyki wyższej i astronomii z początkiem 1808 roku, w wieku 26 lat. Jednak już wskutek następstw wojennej kampanii napoleońskiej w 1809 roku zdecydował się wyjechać w 1810 roku do Kazania, gdzie miał zorganizować obserwatorium. Po jego wyjeździe przez rok roztaczał pieczę nad Obserwatorium Joachim Karkowski, nauczyciel gimnazjalny, a w 1811 powrócił Łęski, już jako profesor astronomii, po dwuletnich studiach z zakresu astronomii w Paryżu. Po kilku latach starań podjął wyposażenie Obserwatorium w nowe instrumenty, jednak wyniki prac obserwacyjnych były stosunkowo skromne, nawet w porównaniu z krótkim okresem działalności Littrowa. Współpraca Łęskiego z asystentami (Paweł Krzyżanowski, a następnie Wincenty Karczewski) nie układała się dobrze, co wpłynęło na jego rezygnację w 1824 roku i pogłębienie, oczywistego już wówczas, upadku Obserwatorium Krakowskiego.

Konkurs na opuszczone stanowisko profesora astronomii i dyrektora Obserwatorium Astronomicznego wygrał w 1825 roku asystent Littrowa w Wiedniu, Maksymilian Weisse, który potrafił nadać pracom Obserwatorium właściwy kierunek, rozmach i poziom. Jego adiunktem został Jan Kanty Steczkowski. Początkowo prowadzili prace rachunkowe, w tym przede wszystkim obliczali pozycje planet metodą Gaussa. Następnie sprowadzono nowe instrumenty astrometryczne, w tym koło południkowe, wykonane w Instytucie Politechnicznym w Wiedniu przez A. Jaworskiego, oraz przyrządy meteorologiczne. Uruchomiono także, dotychczas nieczynne, narzędzia astronomiczne sprowadzone przez Łęskiego. Wraz z rozbudową instrumentarium zmieniona została tematyka obserwacyjna; położono większy nacisk na obserwacje gwiazd, niż np. Słońca; w wyznaczaniu długości geograficznej zrezygnowano z zaćmień księżyców Jowisza na rzecz zakryć gwiazd przez Księżyc; szerokość wyznaczano teodolitem i kołem południkowym; obserwowano również planety i komety. Wyniki publikowano w *Astronomische Nachrichten*. W ramach służby społeczeństwu zaczęto od 13 lutego 1838 roku nadawać sygnały czasu z dachu Obserwatorium w postaci znaków dawanych chorągwią strażnikowi na Wieży Mariackiej; zreformowano i zorganizowano systematyczne obserwacje meteorologiczne, rozpoczęto obserwacje magnetyczne, w których brało udział liczne grono utytułowanych naukowo obserwatorów. Istotnych trudności przyczyniały jednak systematyczne kradzieże instrumentów magnetycznych – co doprowadziło do zaniechania tych badań w 1856 roku. Po mianowaniu Steczkowskiego profesorem matematyki w 1842 Weisse miał kolejno siedmiu adiunktów, na których przypadało przeciętnie po 2 do 4 lat pracy – nie mieli zatem okazji, by się specjalnie wyróżnić. Byli to: I. Duczyński, I. Gralewski, K. Hornstein, F. Karliński, W. Kuneš, J. Świerkowski i M. Allé.

W 1829 roku Weisse zwrócił się do Bessela oferując mu opracowanie jego królewieckich południkowych, strefowych obserwacji gwiazd. W ten sposób powstał katalog pozycyjny 31080 gwiazd w pasie deklinacji od -15° do $+15^{o}$, wydany w ostatecznej postaci w 1846 r. pod auspicjami Petersburskiej Akademii Nauk. Podobnie został wydany w 1863 r. drugi katalog Weissego, obejmujący pas deklinacji od $+15^{o}$ do $+45^{o}$ i zawierający pozycje 31445 gwiazd. Katalogi Weissego były wysoko cenione aż do końca XIX wieku.

Weisse przeprowadził dwa remonty budynku Obserwatorium: jeden w 1829 roku, drugi, gruntowny (choć uzupełniany później za Karlińskiego), w latach 1858 – 59. Ten drugi remont ukoronował wyjście Obserwatorium ze śmiertelnego impasu, kiedy to zagrożone było bezpośrednio dalsze jego istnienie. Po rewolucji krakowskiej w 1846 roku Kraków został ponownie włączony do Austrii. Kilka lat później, w 1852 roku Weisse przedstawił Ministerstwu Oświecenia w Wiedniu dramatyczny stan budynku Obserwatorium, przy czym akcentował nieopłacalność jego

remontu wobec perspektywy zbudowania nowego niższym kosztem. Niefortunnie sygnał ten trafił w Wiedniu na nastroje likwidacyjne w stosunku do małych, podupadających obserwatoriów, gdyż planowano tam utworzenie centralnego obserwatorium na wzór niedawno założonego Obserwatorium w Pułkowie. Sytuację uratowała kontra premiera rządu krajowego, hr. Franciszka Mercandiniego wobec decyzji ministerialnej, a ostatecznym pozytywnym jej przypieczętowaniem była zręcznie zaaranżowana wizyta cesarza Franciszka Józefa w Obserwatorium Krakowskim w dniu 13 czerwca 1855 roku. Zgoda cesarska na finansowanie remontu zamknęła sprawę. W 1861 roku Weisse, ze względów zdrowotnych, wyjechał z Krakowa do Górnej Austrii; w 1862 roku otrzymał emeryturę, a w następnym roku zmarł.



Portret prof. Franciszka Karlińskiego (malowała siostra prof. Witkowskiego[1])

Następcą Weissego został jego dawniejszy adiunkt, Franciszek Karliński, który przybył do Krakowa na stanowisko profesora zwyczajnego astronomii i matematyki wyższej oraz dyrektora Obserwatorium Astronomicznego – ze stanowiska adiunkta w Pradze. Inwentarz Obserwatorium Krakowskiego obejmował wówczas (1862 rok): 96 instrumentów, 10 zegarów, 941 książek, 100 sprzętów – nie odbiegając w zasadzie tym wyposażeniem od innych podobnych zakładów. Pierwszym adiunktem Karlińskiego był Jan Kowalczyk, który jednak już w 1865 roku przeniósł się do Obserwatorium Warszawskiego. Jego następcą był Daniel Wierzbicki, który wytrwał przez cały bez mała czterdziestoletni okres dyrekcji Karlińskiego (1862 – 1902) aż do swej nagłej śmierci w dzień Nowego Roku 1901. Obok istniejącego etatu adiunkta Karliński uzyskał od 1877 roku trzeci etat naukowy (asystenta), na którym w latach 1877 – 1903 przewinęli się: J. Dziurzyński, K. Olearski, I. Kranz (autor m.in. wielokrotnie wznawianych szkolnych tablic logarytmicznych), J. Ralski, B. Buszczyński (późniejszy dyrektor Obserwatorium Meteorologicznego Uniwersytetu Poznańskiego), L. Grabowski (późniejszy profesor miernictwa na Politechnice Lwowskiej), Z. Krygowski i J. Zajączkowski.

W okresie dyrekcji F. Karlińskiego, członka wielu towarzystw naukowych, główny wysiłek w Obserwatorium Astronomicznym pochłaniały obserwacje meteorologiczne i ich opracowywanie, choć kontynuowane były pozycyjne obserwacje astronomiczne oraz geometryczne i geodezyjne, a wszystkie wyniki publikowano. Karliński odkrył zmienność gwiazdy R Crv, a rutynowe formuły redakcyjne danych astrometrycznych nasunęły mu myśl kodu cyfrowego, stosowanego następnie powszechnie w komunikatach astronomicznych i ulepszonego przez A. Krügera w 1892 roku.

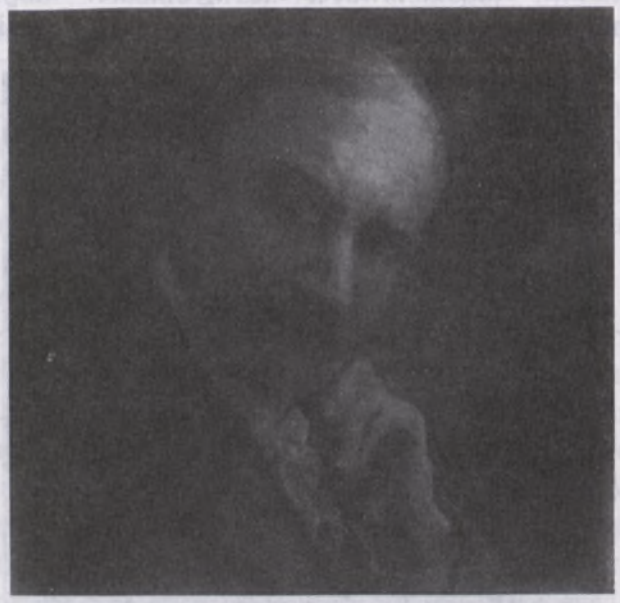
Obserwatorium Krakowskie przy trzech etatach naukowych, odgrywało wówczas dla Galicji rolę jakby dzisiejszego Oddziału IMGW – zbierając dane nie tylko z sieci stacji meteorologicznych, ale również hydrologicznych i przesyłając po redukcji ich wyniki do Wiednia, Petersburga, a także do Hamburga i Utrechtu. Wiele trudów administracyjnych wymagały stałe zabiegi remontowe i konserwacyjne przy niszczejącym budynku oraz dokuczliwa płynność kadry obsługi, liczącej wówczas, co prawda, tylko jeden etat posługacza. Warto tu wspomnieć, że od posługacza wymagana była znajomość języka polskiego i niemieckiego w mowie i w piśmie, a pierwszeństwo w zatrudnianiu przy-

[1] autor artykułu nie pamięta nazwiska autorki portretów

sługiwało zdemobilizowanym podoficerom c.k. armii.

W latach osiemdziesiątych XIX w. związał się z Obserwatorium naukowo i osobiście (jako zięć Karlińskiego) Ludwik Antoni Birkenmajer, późniejszy wybitny badacz dziejów życia i dzieła Mikołaja Kopernika, a wtedy młody profesor matematyki i fizyki w średniej Szkole Rolniczej w Czernichowie pod Krakowem, bezpośrednio po uzyskanej w UJ habilitacji z zakresu fizyki teoretycznej. Zainteresowania naukowe Birkenmajera obejmowały także obliczeniową tematykę astronomiczną (np. wyznaczanie orbit gwiazd podwójnych i satelitów planet), geofizyczną (teoretyczny kształt i grawitację sferoidy ziemskiej, pomiary magnetyczne i grawimetryczne). Nadto, jako docent UJ prowadził wykłady z historii nauk matematyczno - fizycznych i pewnych działów mechaniki.

Po odejściu Karlińskiego w 1902 roku na emeryturę – Obserwatorium i połączoną katedrę, nazwaną wówczas Katedrą Astronomii i Geofizyki Matematycznej, objął prof. Maurycy Pius Rudzki, wybitny geofizyk, zajmujący się czynnie również astrofizyką teoretyczną [1], który przybył do Krakowa z docentury w Uniwersytecie Odeskim, po uprzednich studiach matematyki i geologii w Uniwersytetach Lwowskim i Wiedeńskim. W Wiedniu uzyskał doktorat, a stopień magistra (odpowiednik habilitacji) geografii otrzymał na Uniwersytecie Charkowskim. Rudzki jako dyrektor Obserwatorium Krakowskiego podejmował pięciokrotnie w



Portret prof. Maurycego Piusa Rudzkiego (malowała Aneri Weissowa)

odstępach paroletnich starania o wybudowanie nowego obserwatorium poza miastem. Starania te ostatecznie przekreślił wybuch wojny w 1914 roku. Podobnie jego starania o większe lunety (największy refraktor Obserwatorium miał wtedy obiektyw o średnicy 166 mm, a koło południkowe – 84 mm) zakończyły się niepowodzeniem. Udało mu się natomiast rozbudować dział geofizyczny przez urządzenie stacji sejsmologicznej z dwoma sejsmografami Boscha o wahadłach poziomych.

Rudzki zastał w Obserwatorium Lucjana Grabowskiego jako adiunkta i Józefa Zajączkowskiego jako asystenta, który odchodząc niebawem do szkolnictwa pozostawił etat Władysławowi Dziewulskiemu [2], wielce uzdolnionemu astronomowi, po stażu m.in. w Getyndze, późniejszemu profesorowi Uniwersytetu Stefana Batorego w Wilnie i Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. W 1907 roku obydwaj współpracownicy Rudzkiego uzyskali urlopy na dodatkowe studia zagraniczne. Zastępowali ich wtedy Jan Krassowski i Józef Ryzner. Grabowski po pobycie na Politechnice w Stuttgarcie i w Instytucie Geodezyjnym w Poczdamie nie wrócił już do Krakowa, otrzymawszy w 1909 roku nominację na profesora miernictwa w Politechnice Lwowskiej. Dziewulski natomiast udał się ponownie do K. Schwarzschilda do Getyngi i po powrocie do Krakowa objął stanowisko adiunkta. Rudzki rozwijał, dzięki swym głównym zainteresowaniom, przede wszystkim prace z dziedziny geofizyki i meteorologii. Zaproponował m.in. nową metodę wyznaczania kształtu Ziemi, cenną specjalnie przy pomiarach grawimetrycznych w terenach o skomplikowanym ukształtowaniu pionowym. Napisał również kilka wartościowych prac kry-

[1] cytuje go S. Chandrasekhar w swej klasycznej monografii: *An Introduction to the Study of Stellar Structure*.

[2] sylwetkę Władysława Dziewulskiego przedstawimy w następnym zeszycie PA (przyp. red.)

tycznych z zakresu budowy gwiazd i zakresu cyrkulacji atmosferycznej ciał niebieskich. Jego podręcznik *Fizyka Ziemi* (1909) został już w dwa lata później wydany pt. *Physik der Erde* w Lipsku. Natomiast dwutomową *Astronomię Teoretyczną* (1914) Rudzkiego jeszcze dziś czyta się z dużą korzyścią. Rudzki zmarł nagle na serce w lipcu 1916 roku. Jego współpracownik, Jan Krassowski, zajął się pośmiertnym wydaniem trzeciego podręcznika Rudzkiego pt. *Zasady Meteorologii* (1917).

Kilka miesięcy przed śmiercią Rudzkiego W. Dziewulski habilitował się w UJ z astronomii przedstawiając jako pracę katalog wielkości fotograficznych 222 gwiazd. Bezpośrednio po śmierci Rudzkiego Dziewulski, jako docent, kieruje faktycznie Obserwatorium Krakowskim (publikując jednocześnie w latach 1916 – 1919 10 prac naukowych), chociaż formalnie kierownictwo Katedry i Obserwatorium zostało powierzone przez Senat UJ fizykowi, prof. Marianowi Smoluchowskiemu, a po jego śmierci w 1917 roku matematykowi, prof. K. Żórawskiemu. W 1918 roku po odejściu J. Ryznera na Politechnikę Lwowską – asystentem w Obserwatorium Krakowskim został Stanisław Szeligowski, który później pracował w Obserwatorium Wileńskim, a po drugiej wojnie światowej był docentem w Obserwatorium Wrocławskim.

W roku 1919 rozpoczyna się ponad 35 – letni okres kierowania Obserwatorium Krakowskim i Katedrą Astronomii UJ przez prof. Tadeusza Banachiewicza (1882 – 1954), który studia

Portret prof. Tadeusza Banachiewicza (malowała siostra prof. Witkowskiego)

astronomii ukończył na Uniwersytecie Warszawskim, gdzie uzyskał też stopień kandydata nauk (1904). Przebywał następnie u K. Schwarzschilda w Getyndze, a następnie w Pułkowie. W latach 1908 – 1909 był młodszym asystentem w Obserwatorium Warszawskim. W 1910 roku złożył egzamin magisterski (habilitacyjny) z astronomii w Uniwersytecie Moskiewskim, a następnie do 1915 roku był asystentem w Obserwatorium im. Engelhardta w Kazaniu. W latach 1915 – 1918 pełnił w Dorpacie (dziś Tartu) początkowo funkcję asystenta, a po uzyskaniu w 1917 roku stopnia magistra astronomii – docenta i profesora nadzwyczajnego. Po powrocie do Polski w 1918 roku był krótko docentem geodezji na Politechnice Warszawskiej, skąd przybył do Krakowa na zaproszenie Władz Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Twórczemu umysłowi tego uczonego i jego wytrwałej wielostronnej działalności wiele zawdzięczają polskie instytucje i organizacje naukowe. Z miejsca postarał się o większe narzędzia obserwacyjne i w ciągu kilku lat podniósł Obserwatorium Krakowskie do rangi międzynarodowego ośrodka badań gwiazd zaćmieniowych, wydającego własne efemerydy. Banachiewicz w 1925 roku założył i do śmierci wydawał w Krakowie *Acta Astronomica*. Był jednym z założycieli i wieloletnim prezesem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. W pierwszych latach niepodległości wystąpił z inicjatywą utworzenia Narodowego Instytutu Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika. W okresie międzywojennym udało mu się uruchomić jednak tylko Zakład Aparatów Naukowych

tego Instytutu, przejęty zresztą w latach powojennych przez Uniwersytet Jagielloński. Działalność naukowa Tadeusza Banachiewicza, to ok. 240 prac, do których dochodzi ok. 15000 listów o tematyce naukowej. Są tu prace z zakresu astronomii, matematyki, mechaniki, geodezji i geofizyki. Większość z nich, to rozprawy oryginalne, ale pokaźną część stanowią także prace krytyczne. W licznych pozycjach poddaje rewizji podstawowe nieraz kanony i twierdzenia mechaniki nieba i wyznaczania orbit. Cennym owocem tej działalności jest metoda Banachiewicza – Olbersa wyznaczania orbit parabolicznych. W 1923 roku Banachiewicz stworzył, a następnie rozwijał konsekwentnie odmianę rachunku macierzowego zwaną rachunkiem krakowianowym [1]. Działania krakowianowe znacznie ułatwiły arytmometryczne rachunki astronomiczme i rozważania teoretyczne. Dzięki krakowianom odkrył Banachiewicz ogólne wzory poligonometrii sferycznej [2], uprościł niedościgle algorytm metody najmniejszych kwadratów i praktykę rozwiązywania układów równań liniowych; rozstrzygnął również szereg szczegółowych zagadnień astronomii i geodezji. Rachunek krakowianowy znalazł liczne zastosowania w astronomii sferycznej, w mechanice nieba i wyznaczaniu orbit, w geodezji, a nawet w statyce konstrukcji budowlanych. Obok tych osiągnięć teoretycznych w podstawowych dziedzinach astronomii klasycznej i geodezji ma Banachiewicz w swoim dorobku ciekawe pomysły i realizacje metod obserwacyjnych. Jego talent obserwatora ujawnił się już w okresie kazańskim (1910 – 1915), gdzie wykonał swój słynny szereg doskonałych obserwacji heliometrycznych [3] Księżyca. W okresie krakowskim zastosował w 1927 roku chronokinematograf do obserwacji zaćmień Słońca, a w następnym roku zaproponował nawiązywanie kontynentalnych sieci geodezyjnych poprzez oceany przy wykorzystaniu pozycyjnych obserwacji Księżyca. W warunkach skromnego krakowskiego instrumentarium rozwijał dostępne techniki i metody obserwacyjne (gwiazdy zmienne, zakrycia gwiazd przez Księżyc, astrometria fotograficzna). Pod koniec życia stał się pionierem radioastronomii w Polsce. Dzięki jego staraniom uruchomiono w Krakowie w 1954 roku pierwszy polski radioteleskop (o średnicy 5 m). Interesował się żywo postępami techniki rakietowej i związanymi z nią perspektywami badawczymi.

Należy wspomnieć, że zaraz po odkryciu Plutona i wyznaczeniu jego pierwszej orbity (właśnie w Krakowie), Obserwatorium Astronomiczne UJ było ośrodkiem naukowo atrakcyjnym dla zagranicznych badaczy, którzy przybywali, aby tu pogłębiać swoją wiedzę w zakresie dyscyplin uprawianych przez Banachiewicza. Miał on doktoraty honorowe Uniwersytetów: Warszawskiego, Poznańskiego i Sofijskiego; był stałym reprezentantem Polski i wiceprezesem (1924 – 1925) Bałtyckiej Komisji Geodezyjnej, wiceprezesem IAU (Międzynarodowej Unii Astronomicznej) w latach 1932 – 1938 oraz prezesem jej komisji nr 17 (Ruchy i figura Księżyca) w latach 1938 – 1954. Posiadał godności członkowskie Polskiej Akademii Umiejętności, Polskiej Akademii Nauk, Akademii Padewskiej, Royal Astronomical Society i wielu innych elitarnych towarzystw naukowych. Astrofizyka, a raczej dokładność jej wyników, nie cieszyła się większym uznaniem Banachiewicza, niemniej jednak jego właśnie asystentem i adiunktem był przyszły wybitny astrofizyk, profesor Stefan Ginwiłł – Piotrowski, który doktoryzował się tu w 1938 roku, a zaraz po wojnie był w Krakowie wraz z

[1] O krakowianach piszemy w innym miejscu tego numeru (przyp.red.).

[2] Poligonometria sferyczna jest działem matematyki omawiającym właściwości wielokątów sferycznych. Najprostszą częścią poligonometrii sferycznej jest trygonometria sferyczna zajmująca się cechami trójkątów sferycznych jako najbardziej elementarnych wielokątów (poligonów) na sferze.

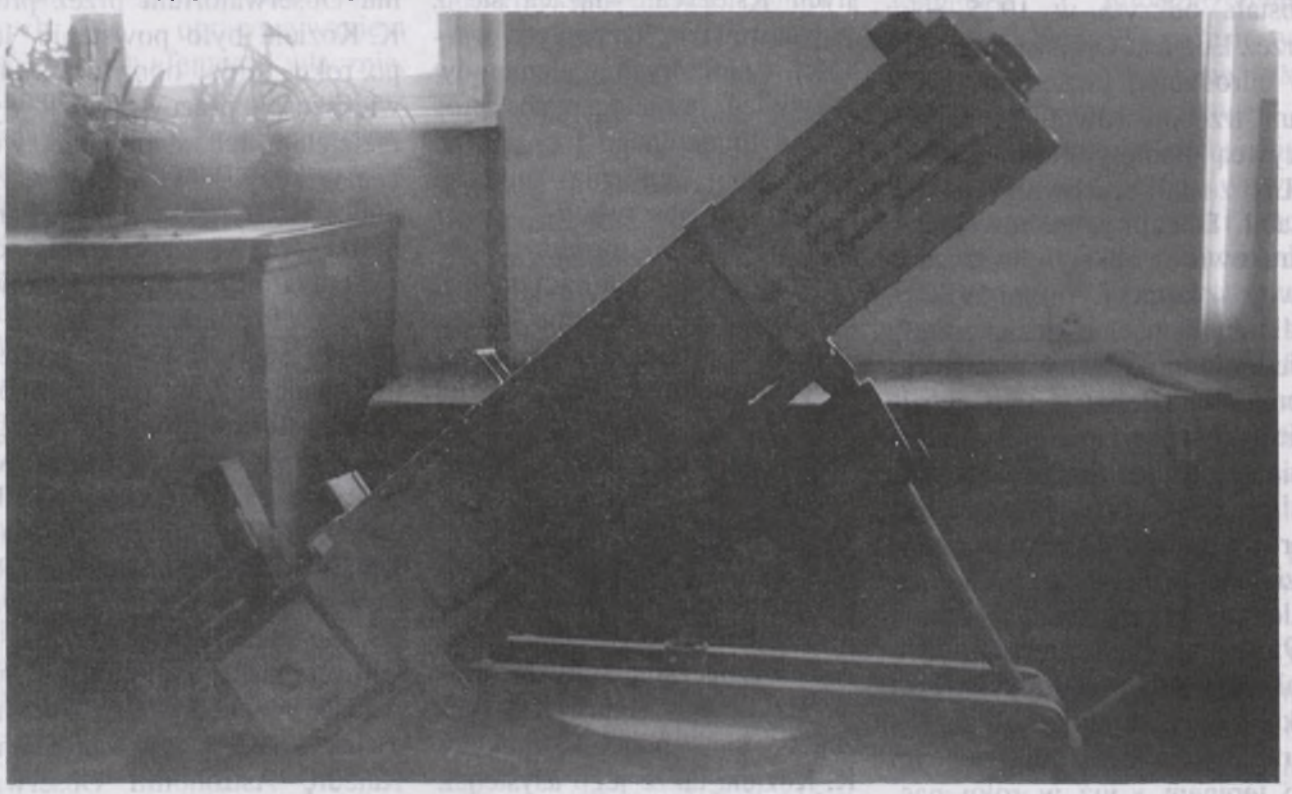
[3] Heliometr jest przyrządem astrometrycznym służącym do pomiaru małych kątów. Był pomyślany przez Fraunhofera (1826) do pomiarów średnicy Słońca - stąd nazwa. Obiektyw heliometru jest przepołowiony; każda połowa daje cały obraz; jedną połowę względem drugiej można przesuwać i ich rozsunięcie odczytywać na skali. Pomiar polega na odczycie skali przy koincydencji obrazów dwóch różnych punktów, dawanych przez poszczególne połowy obiektywu. Tubus heliometru obraca się w mufie (uchwycie), co daje możliwość orientacji linii rozcięcia obiektywu w różnych kątach pozycyjnych. Heliometr oddał olbrzymie usługi przy wyznaczaniu paralaks gwiazd w epoce poprzedzającej zastosowanie fotografii w astronomii. W przypadku Księżyca heliometrem obserwowano odstępy pomiędzy, możliwie punktowym, kraterem, położonym blisko środka tarczy (zazwyczaj był to krater Mösting A), a punktami oświetlonego brzegu tarczy, w różnych kątach pozycyjnych.

Adamem Strzałkowskim – dziś profesorem fizyki – pionierem fotometrii fotoelektrycznej. Tu powstawały jego prace na temat wyznaczania orbit gwiazd zaćmieniowych, tu rozważał także powstawanie pyłu i rumoszu kosmicznego ze zderzeń planetoid i meteoroidów.

Prawą ręką Banachiewicza we wszystkich poczynaniach organizacyjno–naukowych i administracyjnych, a także głównym realizatorem prac w dziedzinie badania gwiazd zaćmieniowych, był drugi adiunkt, nieco od Piotrowskiego starszy, późniejszy docent, Kazimierz Kordylewski (1903 – 1981), współtwórca chronokinematografu i autor metody redukcji obserwacji wykonywanych tym przyrządem, rzutki popularyzator astronomii i astronautyki – wreszcie kontestowany odkrywca materii pyłowej na orbicie księżycowej. Wśród młodszych pracowników wyróżniali się doc. Karol Kozieł jako astronom teoretyk i rachmistrz, dr Lidia Stankiewicz – Piegzowa jako nadzwyczaj sprawny i utalentowany matematycznie rachmistrz oraz dr Rozalia Szafraniec jako wytrawna obserwatorka gwiazd zmiennych. Tu – dawniej jeszcze – startowali w pracy naukowej prof. Jan Mergentaler jako obserwator i prof. Eugeniusz Rybka jako rachmistrz.

CHRONOKINEMATOGRAF

Chronokinematograf jest długoogniskową kamerą filmową z jednoczesnym, dwuścieżkowym zapisem czasu. Jedna z dwóch neonówek jest łączona z wyjściem radioodbiornika odbierającego impulsy sygnału czasu, a druga – z kontaktami chronometru obserwacyjnego. Moment wykonania danej klatki filmu wyznaczano z dokładnością setnej części sekudy. Zastosowany do filmowania przebiegu zaćmień Słońca dawał chronokinematograf bardzo dokładne pozycje wzajemne tarcz Słońca i Księżyca, przy wykorzystaniu mnogości kontaktów stwarzanych przez pojawianie się i znikanie tzw. pereł Baily (skrawek tarczy Słońca poprzerywany nierównościami profilu Księżyca), które poprzednio były powszechnie uznawane za czynnik uniemożliwiający dokładne wyznaczenie kontaktów tarcz.



Było to w 1936 w Grecji. Chronokinematograf zaciął się i trzeba było, rezygnując z silnika elektrycznego, kręcić kamerą ręcznie, korbką. Banachiewicz czynił wyrzuty mechanikowi Obserwatorium, L. Kowalskiemu, że aparat nie przygotowany, że wszystko mogło przepaść itd., na co ten odpowiedział: „... i tak nic się nie udało przez kapelusz Pana Profesora" (Tadeusz Banachiewicz powiesił go bowiem na obiektywie). Na szczęście, w ekspedycji „greckiej" brały już udział 4 chronokinematografy.

Tu dojrzewał naukowo prof. Józef Witkowski. Z warsztatem naukowym Banachiewicza zetknęło się osobiście na dłużej lub krócej wielu astronomów i geodetów polskich.

Banachiewicz stale dążył do zapewnienia lepszych warunków obserwacyjnych; dlatego już w latach dwudziestych uruchomił na Lubomirze, w paśmie Łysiny, zamiejską stację obserwacyjną Obserwatorium [1]. Tam została odkryta w 1925 roku przez Lucjana Orkisza, pierwsza w odrodzonej Polsce, kometa i tam trzecim równoległym odkrywcą komety Kaho–Kozik–Lis został pracownik obsługi stacji. Dodajmy, że również w Krakowie odkrył wszystkie swoje 4 komety Antoni Wilk [2], adiunkt Banachiewicza, zmarły niedługo po powrocie z Sachsenhausen. Pobyt w tym obozie nie nadwerężył natomiast zdrowia profesora. Stacja na Lubomirze została spalona przez hitlerowców w 1944 roku w czasie działań przeciw partyzantom. Ale pod koniec życia, w maju 1953 roku, Banachiewicz uzyskał od władz wojskowych Fort Skała, na zachodnich obrzeżach Krakowa, wraz z otaczającym go terenem i już w roku następnym uruchomiono tam wspomniany radioteleskop, planując także umieścić obok niego pawilon optycznych instrumentów obserwacyjnych. W listopadzie jednak prof. Banachiewicz zmarł.

Po jego śmierci objął Katedrę Astronomii i Obserwatorium, rówieśnik Piotrowskiego, doc. Karol Kozieł, który przewód doktorski miał praktycznie zakończony w 1939 roku, jednak stopień doktora filozofii uzyskał w grudniu 1945 roku; w tym samym miesiącu zresztą habilitował się w UJ, a nominację profesorską uzyskał w 1955 roku. Prof. Kozieł kontynuował program badawczy, który zaczął rozwijać kilkanaście lat wcześniej z inspiracji Banachiewicza i pod jego kierunkiem. Praca habilitacyjna Kozieła (1948) [3] prezentowała nową metodę opracowania obserwacji heliometrycznych Księżyca, wiążącą się z pewną rewizją liczbowych wartości niektórych elementów rozwinięć teoretycznych problemu libracyjnego i opartą na gruntownej zmianie procesu redukcji obserwacji przez zastosowanie formuł krakowianowych poligonometrii sferycznej i algorytmu krakowianowego metody najmniejszych kwadratów. Prof. Kozieł miał zresztą już wcześniej na swoim koncie poważne osiągnięcia m.in. w zakresie wyznaczania orbit, odwracania szeregów potęgowych i konstruowania wzorów różniczkowych poligonometrii sferycznej. Tematyką wyznaczania stałych libracji fizycznej i figury Księżyca zajęli się pod kierunkiem K. Kozieła także jego asystenci. Prace te doprowadziły w latach sześćdziesiątych do ciekawych wniosków dotyczących rozkładu masy wewnątrz Księżyca. Wyniki prac, zarówno Masłowskiego, Mietelskiego, jak i –opublikowana przez Kozieła– kompilacja ich wyników z uzyskanymi poprzednio przez niego, zostały następnie potwierdzone przez współczesne, nadzwyczaj dokładne, obserwacje laserowe Księżyca, a także przez analizę perturbacji orbit satelitów serii Lunar Orbiter. To utwierdziło prof. Kozieła w zamiarze opracowania metodą krakowską całej istniejącej literatury obserwacji heliometrycznych Księżyca.

Trudniej było o sukcesy administracyjne. Reakcją na sposób zarządzania Obserwatorium przez prof. K. Kozieła było powstanie, już po roku, silnej opozycji wśród większości pracowników; wyrazicielem ich stanowiska wobec Władz UJ był docent Kazimierz Kordylewski. Wysuwano m.in. projekt zaproszenia do Krakowa profesora J. Witkowskiego z Poznania. Tendencje te zbiegły się w czasie z podjętą przez niektórych pracowników Obserwatorium Wrocławskiego akcją przeciw profesorowi E. Rybce jako dyrektorowi. Te dwa konflikty legły u podstaw zmian organizacyjnych w Obserwatorium Astronomicznym UJ. Od roku 1958 utworzono w Uniwersytecie Jagiellońskim w miejsce Katedry Astronomii dwie katedry z zakładami: Katedrę Astronomii Obserwacyjnej, której zakładem było Obserwatorium Astronomiczne oraz Katedrę Astronomii Teoretycznej i Geofizyki Astronomicznej z zakładem o tej samej nazwie. Kierownikiem pierwszej został mianowany, przybyły do Krakowa z Wrocławia, prof. Eugeniusz Rybka, zajmu-

[1] Stację na Lubomirze wspomina Prof. Jan Mergentaler w rozmowie z Tadeuszem Jarzębowskim, PA 3/91, str.129. (przyp.red.)

[2] Sylwetkę Antoniego Wilka i jego komety opisywaliśmy w PA 1/91, str. 45.(przyp.red.)

[3] Daty się zgadzają. Habilitował się rzeczywiście w grudniu 1945, zatwierdzenie z ministerstwa przyszło wiosną 1946, ale praca wyszła w druku (w *Acta Astronomica)* w 1948 r. Drukowana była zresztą na raty, w postaci kilku artykułów; w postaci reprintu wszystkie znalazły się we wspólnej oprawie.

jący się w tym okresie głównie zagadnieniami fotometrii fundamentalnej i historią astronomii. Kierownikiem drugiej katedry został prof. K. Kozieł. Pracownicy dawnej Katedry Astronomii i Obserwatorium zostali przydzieleni do nowych katedr i ich zakładów zgodnie z tematyką, metodyką, bądź zakresem swych prac. W katedrze prof. Rybki znalazły się obserwacyjne prace astronomiczne z badaniem gwiazd zaćmieniowych i opracowywaniem rocznika ich efemeryd włącznie. Katedra prof. Kozieła, oprócz wspomnianych prac teoretyczno–rachunkowych nad ruchem obrotowym Księżyca, objęła wszystkie kontynuowane programy geofizyczne (już jednak bez sejsmologii), a więc: obserwacje deklinacji magnetycznej, meteorologię, oraz – rozwijającą się coraz żywiej w Krakowie – radioastronomię, której program zogniskowano na codziennych obserwacjach poziomu radiopromieniowania Słońca. Służba ta trwa zresztą nieprzerwanie do dziś [1], na częstotliwościach 810 i 430 MHz. Szczególne zasługi dla rozwoju radioastronomii w Krakowie położył dr Józef Masłowski i współpracujący z nim fizyk, zmarły już, doc. Oleg Czyżewski. Udało się im również zainteresować tą problematyką kilku młodszych kolegów.

Z okazji Jubileuszu 600 – lecia Uniwersytetu Jagiellońskiego, w maju 1964 roku zostało oddane do użytku Obserwatorium Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika na Forcie Skała. Postawiono nowy pawilon z mieszkaniami służbowymi, pracowniami i pomieszczeniami dydaktycznymi, a stary poaustriacki fort został adaptowany na pomieszczenia pracowni, warsztatów i magazynów. Ustawiono, obok starszego – powiększonego do średnicy 7 m – nowy, 15 m radioteleskop. Zbudowano 5 kopuł; w dwóch znalazły się nowe zeissowskie narzędzia obserwacyjne: 35 cm teleskop Maksutowa (1965) i pięć lat później – 50 cm teleskop Cassegraina. Do pozostałych kopuł przeniesiono refraktor Grubba i astrograf. Największa pozostała jednak do dziś pusta; kilka lat temu miała być przekazana Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie, na umieszczenie w niej 60 cm teleskopu zeissowskiego, zakupionego dla zespołu badawczego kierowanego przez prof. Jerzego Kreinera. Ostatecznie jednak trudności stwarzane przez osoby niechętne tym planom skłoniły inwestora do zbudowania nowego Obserwatorium na Suhorze (1000 m npm) w Gorcach, co ostatecznie może służyć jako przykład „zła co na dobre wyszło" [2].

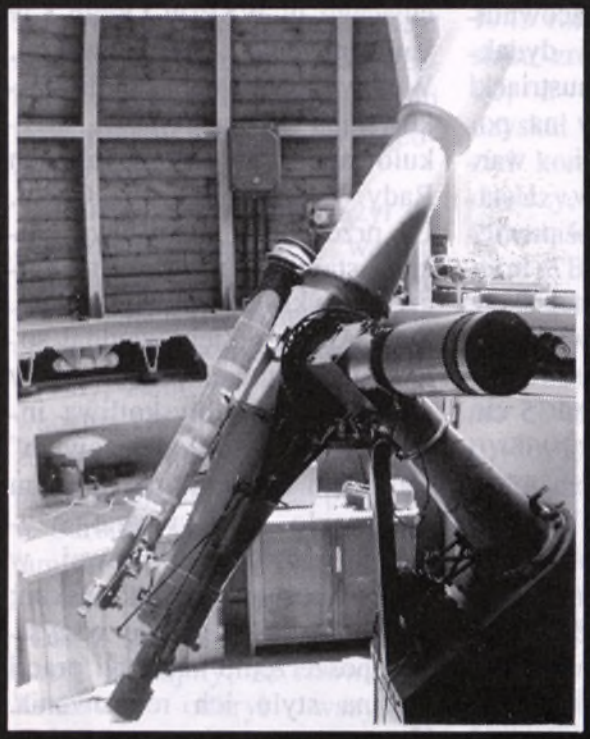
Po przejściu prof. E. Rybki na emeryturę w 1968 roku Katedrę Astronomii Obserwacyjnej objął przybyły z Obserwatorium Warszawskiego doc. Konrad Rudnicki. Niebawem dyrektorem Obserwatorium (już jako Instytutu) został prof. Kozieł. Z inicjatywy doc. Rudnickiego podjęto starania o sprowadzenie do Krakowa matematyka, doc. Andrzeja Zięby, interesującego się czynnie niektórymi problemami astrofizycznymi, a pracującego w WSP w Opolu i w Uniwersytecie Wrocławskim. Wbrew negatywnej opinii krakowskich matematyków, artykułowanej na posiedzeniach Rady Wydziału Mat. Fiz. Chem. UJ przez prof. Stanisława Gołąba, starania te zostały uwieńczone wkrótce powodzeniem. Doc. Andrzej Zięba zjednał sobie na wstępie pracowników Obserwatorium błyskotliwą inteligencją i „młodzieżowym" sposobem bycia. W okresie tym zaznaczyło się wyraźne ożywienie atmosfery naukowej w Obserwatorium Krakowskim; wpłynęło na to przede wszystkim poszerzenie tematyki prac i zmiana stylu ich referowania. Utworzono Konwersatorium Pozagalaktyczne, pojawiła się mnogość nieuprawianych dotychczas w Krakowie tematów i ciekawi ludzie z innych poważnych ośrodków jako uczestnicy spotkań, wśród nich wielu młodych. Kraków zaczął po krótkim czasie organizować letnie szkoły kosmologiczne.

W 1974 r. dyrektorem Obserwatorium został mianowany prof. A. Zięba. W rok później, w wieku 65 lat, prof. Kozieł zawnioskował swoją emeryturę, a Zakład Astronomii Teoretycznej i Geofizyki Astronomicznej przeszedł pod kierownictwo prof. Zięby, który miał pewne, mocno dyskusyjne zresztą, koncepcje zmian organizacyjnych, programowych i personalnych w Obserwatorium. Czynności podjęte przez niego, również jako prorektora UJ, w kierunku realizacji tych planów doprowadziły rzeczywiście do pewnych zmian personalnych, krzywdzących w kilku wy-

[1] patrz PA 2/91, str.90 (przyp.red.)

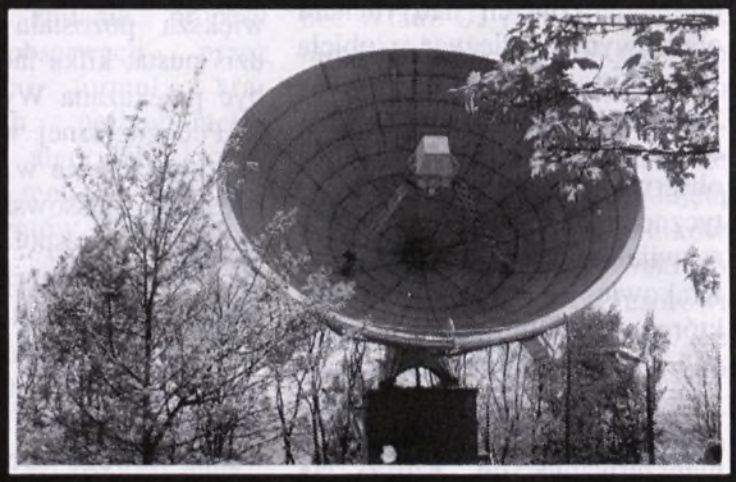
[2] O obserwatorium na Suhorze piszemy w tym samym numerze, str. 178 (przyp.red.)

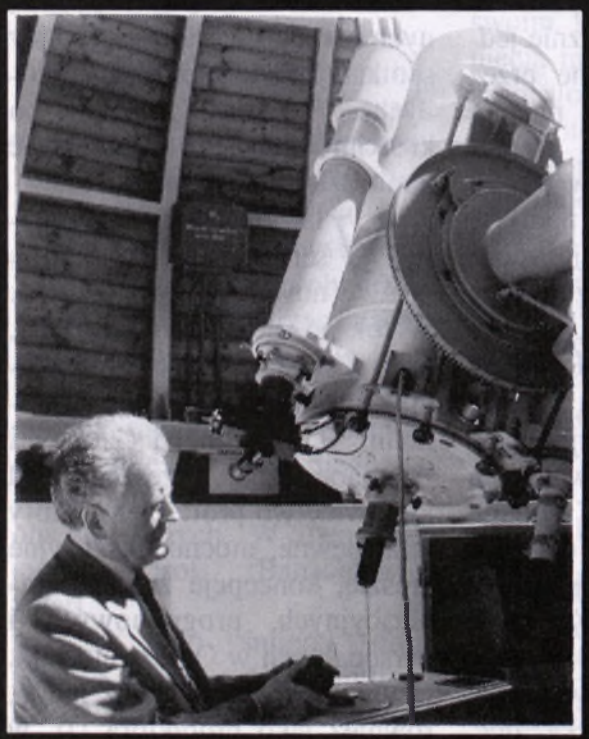
w Obserwatorium



Czasza 15 - metrowego radioteleskopu.

Kopuła refraktora Grubba i (z lewej) wnętrze kopuły i teleskop.

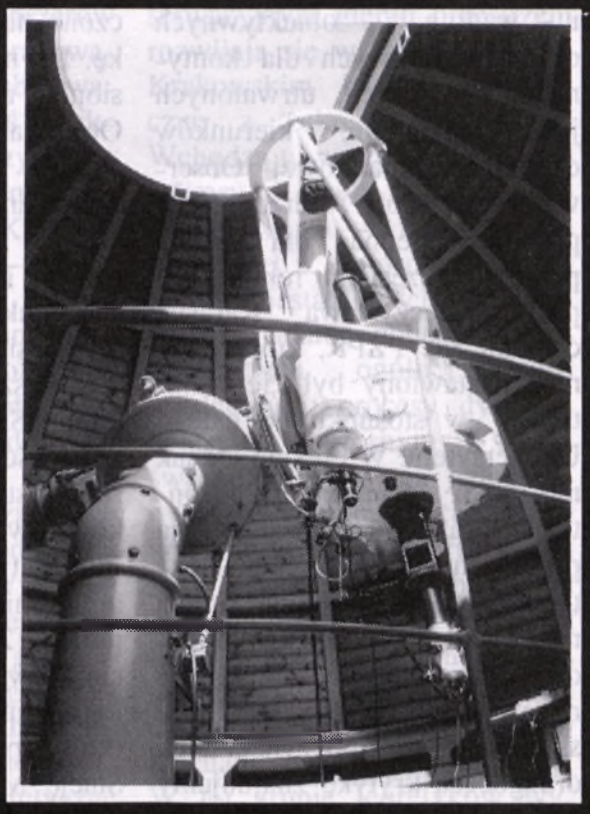




Autor artykułu przy teleskopie Maksutowa. Z prawej widok kopuły tego teleskopu ze szczytu Fortu.

Astronomicznym Fort Skała...

7 - metrowy radioteleskop do obserwacji Słońca i wnętrze kabiny tego teleskopu.



Półmetrowy teleskop Cassegraina z fotometrem fotoelektrycznym.

Wejście do Fortu Skała; na szczycie, w miejscu dawnej kopuły artyleryjskiej, kopuła astrografu. Z prawej, wnętrze kopuły i astrograf.

padkach osoby zainteresowane i – według obiektywnych ocen – szkodliwych dla kontynuacji niektórych, utrwalonych już tradycyjnie, kierunków działalności naukowej Obserwatorium. Prof. Andrzej Zięba próbował zjednać dla swoich planów ówczesnego rektora UJ, prof. Mieczysława Karasia, członka KC PZPR, który również nastawiony był „reformatorsko" w stosunku do całego Uniwersytetu. W efekcie jednak nie udało się uniknąć konfrontacji obrazów roztaczanych na posiedzeniach Kolegium Rektorskiego z miarodajną opinią naukową, która zmusiła mocodawcę prof. Zięby do zajęcia negatywnego stanowiska wobec skutków jego poczynań. Ich druzgocącą krytykę znajdujemy w Biuletynie Informacyjnym Rektora UJ, nr 17 (71), z grudnia 1977 roku na str. 24–25. Mimo tej jednoznacznej oceny można spotkać tu i ówdzie, niemal hagiograficzne, teksty przypisujące prof. A. Ziębie zasługi dla rozwoju krakowskiej radioastronomii.

Kolejnym, nieobojętnym zapewne dla prof. Zięby, faktem naukowym było negatywne przyjęcie jego metody redukcji statystycznej przez większość polskiego środowiska astronomicznego, a jednak jego nagły wyjazd za granicę w 1979 roku, noszący cechy ucieczki, był zaskoczeniem dla jego współpracowników, zwolenników i podopiecznych, a nawet dla Władz UJ. W okresie jego kadencji dyrektorskiej wybudowano drugi pawilon na Forcie Skała. Tam przeniesiono bibliotekę Obserwatorium z Collegium Śniadeckiego, a pozostałe pomieszczenia przeznaczono na pracownie i dydaktykę. Do nowej siedziby przeniesiono również administrację Obserwatorium. W starym budynku przy ul. Kopernika utrzymano tylko dużą salę na II piętrze, z zabytkowymi narzędziami i – początkowo także starodrukami – dziś już zresztą przeniesionymi na nowe miejsce. Resztę pomieszczeń Collegium Śniadeckiego zajął na kilkanaście lat, wbrew kryteriom ustalonym przez elektryków, świeżo powstały Instytut Informatyki UJ (którego dyrektorem mianowano początkowo prof. A. Ziębę). Zadomowiły się tam również: Zakład Klimatologii Instytutu Geografii UJ (który przejął również dawną Stację Meteorologiczną Obserwatorium) i pracownie Instytutu Botaniki.

Starania dr Macieja Winiarskiego doprowadziły do uruchomienia Stacji Obserwacyjnej w Roztokach Górnych w Bieszczadach – gdzie są znacznie lepsze warunki obserwacyjne, niż w okolicach Krakowa.

Kolejnym dyrektorem Obserwatorium Astronomicznego UJ na lata 1979 – 1984 i kierownikiem Zakładu Astronomii Teoretycznej i Geofizyki Astronomicznej został wybitny radioastronom, doc. dr hab. Józef Masłowski. Po jego rezygnacji kierownictwo Obserwatorium objął na lata 1984 – 1989 prof. dr hab. Konrad Rudnicki. Od roku 1989 do dziś ponownie piastuje tę funkcję prof. J. Masłowski. W 1984 roku postanowiono zmienić nazwy Zakładów, by oddawały obecną problematykę prowadzonych badań. Dawny Zakład Astronomii Teoretycznej i Geofizyki Astronomicznej nazywa się obecnie Zakładem Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej, a Zakład Astronomii Obserwacyjnej przyjął nazwę Zakładu Astronomii Gwiazdowej i Pozagalaktycznej. Ponadto w pierwszym z wymienionych zakładów znajduje się Pracownia Kosmologii. Drugim Zakładem kieruje od roku, po rezygnacji prof. Rudnickiego, doc. dr hab. Jerzy Machalski. Personel Obserwatorium Astronomicznego UJ liczy obecnie ponad 40 osób, z czego połowa, to pracownicy naukowi ze stopniem co najmniej doktora.

Dzisiejsze prace badawcze Obserwatorium w zakresie widzialnej części widma stanowią zasadniczo kontynuację tradycyjnej działalności w dziedzinie gwiazd zmiennych zaćmieniowych i astrometrii fotograficznej, do czego doszły pomiary fotometryczne obiektów rozciągłych (komety i tzw. obłoki Kordylewskiego) i tematy związane z astronomią pozagalaktyczną. Wśród grona najbardziej zaangażowanych obserwatorów wymieńmy dr M. Winiarskiego, dr M. Kurpińską – Winiarską, dr S. Zolę i mgr W. Waniaka. W opracowaniach uczestniczą oprócz obserwatorów także inni pracownicy. Podstawową efemerydą minimów gwiazd zaćmieniowych jest wydawany nadal *Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego*. Wśród jego współpracowników występują oprócz części personelu Obserwatorium także przedstawiciele innych ośrodków naukowych.

200 lat Obserwatorium Krakowskiego

Dla opracowania katalogów galaktyk w pewnych obszarach nieba, wykorzystuje się kliszе uzyskane 48" teleskopem Schmidta na Mt. Palomar. Poszukuje się pyłu międzygalaktycznego w oparciu o obserwowaną emisję w podczerwieni; analizuje się m.in. orientacje osi galaktyk i inne ich cechy. W grupie, której patronuje prof. Konrad Rudnicki – zajmujący się także podstawami kosmologii – działają: dr M. Kurpińska – Winiarska, dr B. Wszołek i dr W. Godłowski. Opuścili Obserwatorium niedawno: dr hab. P.Flin i mgr B. Obryk.

Wyniki codziennych radiowych obserwacji Słońca publikuje się w comiesięcznych biuletynach pt. *Monthly Report on Solar Radio Emission*. Przeprowadza się również analizę i opracowanie wieloletnich danych o aktywności Słońca. W pracach tych uczestniczą przede wszystkim dr A. Michalec i dr S. Zięba z młodszymi współpracownikami, przy pewnym współudziale prof. J. Masłowskiego oraz docentów: J. Machalskiego i M. Urbanika. Imponująco rozwija się współpraca krakowskich radioastronomów z zagranicznymi ośrodkami obserwacyjnymi, takimi jak: National Radio Astronomy Observatory w USA, Max–Planck–Institut für Radioastronomie w RFN i Sterrewacht Leiden w Holandii. Prof. J. Masłowski, doc. J. Machalski, doc. M. Urbanik i dr S. Zięba wykonywali za pomocą radioteleskopów zagranicznych wiele obserwacji obiektów pozagalaktycznych, badając ich strukturę i analizując ewolucję. Owe przeglądy radiowe służą do sporządzania katalogów radioźródeł wybranych obszarów nieba. W dalszych opracowaniach oprócz autorów obserwacji uczestniczy dr S. Ryś i niektórzy młodsi koledzy. Ze współpracy radioastronomicznej Obserwatorium Krakowskiego z Max–Planck–Institut für Radioastronomie w Bonn i Uniwersytetu w Bochum, rozwijającej się od 1980 roku, początkowo w zakresie obserwacji promieniowania radiowego galaktyk, wywodzą się obecne studia krakowskie w dziedzinie fizyki galaktyk i środowiska międzygwiazdowego. Wiążą się one z problematyką ewolucji galaktyk, a dotyczą głównie oddziaływania pól magnetycznych i promieniowania kosmicznego w galaktykach spiralnych. Przesłanki teoretyczne są tu podstawą numerycznych modeli procesów konfrontowanych z obserwacjami. Działają tu: doc. M. Urbanik, dr M. Ostrowski, mgr K. Otmianowska – Mazur, mgr M. Soida, a początkowo działała również dr G. Siemieniec – Oziębło.

W zakresie doskonalenia aparatury daleko zaawansowane są prace nad spektrometrem radiowym w zakresie 300 do 2000 MHz. Ze strony Obserwatorium uczestniczą w tych pracach prof. J. Masłowski, doc. J. Machalski, dr A. Kułak, mgr A. Knapik i młodsi koledzy. Nie rezygnuje się także z planów budowy trójczłonowego interferometru radiowego.

Równolegle z sondażem obserwacyjnym głębin przestrzeni rozwijają się w Obserwatorium Krakowskim badania teoretyczne z zakresu kosmologii. Wchodzą tu w grę rozważania z zakresu fizyki wczesnego Wszechświata – tzw. modele inflacyjne z zastosowaniem do teorii niestabilności grawitacyjnej; badanie podstaw matematycznych ogólnej teorii względności; procesy dyssypacyjne we wczesnym Wszechświecie; klasyfikacja jednorodnych 11–wymiarowych modeli kosmologicznych teorii Kaluzy – Kleina; badanie problemu istnienia czarnych dziur w tej teorii i inne. Przedmiotem zainteresowania jest także teoria chaosu i jej zastosowania w mechanice nieba i astrofizyce. W tej grupie teoretyków wymieńmy dr L. Sokołowskiego, dr A. Woszczynę, dr M. Ostrowskiego, dr Z. Goldę, dr M. Szydłowskiego. Niektóre z uprawianych w Krakowie tematów kosmologicznych objęte są programem współpracy z Instytutem Fizyki Teoretycznej UW (prof. M. Demiański). Obserwatorium wydaje czasopismo *Acta Cosmologica*, którego redaktorem jest prof. J. Masłowski.

fotografie:
Jerzy Wojciech Mietelski
zdjęcia lotnicze:
Wojciech Gorgolewski
(GorPol, Kraków)

Tekst Jana Mietelskiego, wykładowcy w Obserwatorium Astronomicznym UJ, polecamy jako wzorcowy dla wszystkich autorów, których prosimy o opisanie historii swoich ośrodków. Wiemy, że bywa ona równie burzliwa, chociaż na szczęście (niestety ?) nie tak długa. Autor artykułu został niedawno wybrany Prezesem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. ***GRATULUJEMY!***

Kiedy w 1930 roku Lew Landau rzucił myśl, że we Wszechświecie muszą istnieć gwiazdy zbudowane wyłącznie z neutronów, wielu poczytało to za wytwór naukowej fantazji wielkiego fizyka.

Kiedy w 1962 roku Jocelyn Bell i Antony Hewish odkryli pierwszego pulsara, a zaniedługo potem skojarzyli go z gwiazdą neutronową - fantazja stała się rzeczywistością. Niesamowite pomysły astronomów czy fizyków - jeśli tylko opierają się na udokumentowanej i rzetelnej wiedzy astrofizycznej - nie są już klasyfikowane jako science - fiction.

Zderzenia gwiazd neutronowych

Dziś zaprezentujemy Czytelnikom jeden z takich pomysłów.

Marek J. Sarna

Od wielu już lat znany jest układ podwójny gwiazd neutronowych ukrywający się pod oznaczeniem PSR 1913+16 [1] (o masach składników 1.445 i 1.385 $M_\odot$). Służy on fizykom do eksperymentalnego testowania teorii fal grawitacyjnych ogólnej teorii względności. Dzisiaj z niewielką niepewnością można stwierdzić, iż teoria ta jest słuszna a promieniowanie grawitacyjne, choć nie zarejestrowane przez aparaturę pomiarową, na pewno istnieje. Żeby dorzucić jeszcze więcej smaku, trzeba nam wiedzieć, że w ostatnich latach odkryto dwa dalsze układy podwójne gwiazd neutronowych: PSR 2127+11C (w gromadzie kulistej M15) oraz PSR 1534+12. Współodkrywcą tego pierwszego jest polski astronom Aleksander Wolszczan [2] od kilku lat pracujący w Arecibo na największym radioteleskopie świata. W sumie znanych lub podejrzewanych o podwójność jest ok. 10 układów tego typu.

Mamy więc trzy systemy o dość dobrze określonych masach. Masy układów z niewielkimi odchyłkami są równe 2.8 $M_\odot$, a masa gwiazdy neutronowej ~1.4 $M_\odot$. Układy te po upływie ok. $10^6 - 10^8$ lat, na skutek wypromieniowania fal grawitacyjnych (a więc utraty momentu pędu z układu) zbliżą się do siebie na tyle, że zleją się w jeden twór, który następnie zapadnie się do czarnej dziury. Takiemu sklejaniu się dwóch gwiazd neutronowych będą towarzyszyć dość egzotyczne procesy fizyczne: impulsowy błysk w emisji fal grawitacyjnych i wysokoenergetyczne promieniowanie γ. Gdyby takie zjawiska zarejestrowano, to można by z nich wydobyć wiele ważnych informacji o budowie gwiazd neutronowych oraz o zachowaniu się materii w ekstremalnie silnych polach grawitacyjnych włączając w to fizykę czarnych dziur. Perspektywy są więc kuszące, aby były realne trzeba odpowiedzieć na podstawowe pytanie:

Ile takich zjawisk zachodzi w obszarze, z którego nasze detektory mogą zarejestrować fale grawitacyjne ?

Ograniczenie narzuca więc zarówno technika – czułość de-

[1] Patrz artykuł T. Jarzębowskiego w PA 3/91, str. 106.

[2] O swoich pulsarach opowiada A. Wolszczan w rozmowie z Postępami Astronomii w poprzednim numerze (PA 2/92, str.53)

tektora, jak i fizyka – maksymalna amplituda emitowanych fal. Dla ilustracji, przewidywana czułość wielkiego, amerykańskiego laserowego detektora interferometrycznego LIGO pozwoli zarejestrować impuls o amplitudzie 10^{-21} w przechodzącej fali grawitacyjnej [3]. Co mówią rachunki teoretyczne, odnośnie amplitudy emitowanych fal, opiszę później – teraz chciałbym odpowiedzieć na nasze pytanie: jak często proces zlewania się gwiazd neutronowych następuje? Zależy to oczywiście od tempa powstawania układów podwójnych gwiazd neutronowych. Można przewidzieć kilka prawdopodobnych scenariuszy. Opiszę dwa, które wydają się być najbardziej wiarygodne.

Pierwszy – standardowy – rozważa układ podwójny, normalnych, niezbyt różniących się, masywnych gwiazd, w którym w miarę ewolucji nuklearnej składników następują dwa (w pewnym odstępie czasowym) wybuchy supernowych. W wyniku tego procesu, o ile podczas drugiej eksplozji układ nie zostanie rozerwany, rodzi się podwójny pulsar o prawie równych masach składników i znacznej ekscentryczności orbity. Przykładem może być PSR 1913+16.

Drugi, trochę bardziej egzotyczny scenariusz, rozważa proces wybuchu supernowej typu II z jądrem obdarzonym niezerowym momentem pędu. Jeżeli weźmiemy czerwonego nadolbrzyma z gałęzi horyzontalnej, którego jądro rozpoczyna proces grawitacyjnego zapadania się do gwiazdy neutronowej, to w pewnym stadium kolapsu siła odśrodkowa zdominuje całą ewolucję. Na czym to polega? W zapadającym się jądrze istnieje taki promień, proporcjonalny do momentu pędu jądra, przy którym siła odśrodkowa będzie porównywalna z siłą grawitacji. Zakładając sztywną rotację gwiazdy o masie jądra 1.4 $M_\odot$ wartość tego promienia wynosi ok.150 km, czyli siła odśrodkowa jest istotna dopiero przy formowaniu się gwiazdy neutronowej. W momencie gdy kurczące się jądro osiąga rozmiary porównywalne z tym promieniem, nie może dłużej „zachowywać" symetrii sferycznej. Zachowuje jednak symetrię osiową. Oznacza to, że formuje się coś na kształt dysku. Jądro–dysk jest bardzo niestabilne i ulega fragmentacji. Powstaje kilka protogwiazd neutronowych, które mogą następnie zlać się do pojedynczej gwiazdy neutronowej, bądź może powstać układ podwójny (wielokrotny) gwiazd. Scenariusz ten promuje powstawanie układów podwójnych gwiazd neutronowych o nierównych masach.

Z powyższej dyskusji widać, że częstość błysków grawitacyjnych związana jest z ilością wybuchających supernowych i powstających z nich podwójnych pulsarów. Ostrożne szacunki pokazują, że przy zlewaniu się układów typu PSR 1913+18

AMPLITUDA FALI GRAWITACYJNEJ

Z teorii względności wiemy, że fale grawitacyjne propagują się z prędkością światła, mają dwa niezależne stopnie polaryzacji oraz amplitudę. Zdefiniujmy strumień energii fal grawitacyjnych o częstotliwości f i amplitudzie h natępująco:

$$F_x = 3.2\times10^{-3}(f/1\text{kHz})^2(h/10^{-22})^2$$

Jeżeli wycałkujemy powyższe równanie po sferze o promieniu r to dla pewnego przedziału czasu rejestracji sygnału τ otrzymamy zależność pomiędzy amplitudą h izotropowej fali, a energią E przez nią niesioną w postaci:

$$h = 1.4\times10^{-21}(E/10^{-2}M_\odot c^2)^{1/2}(f/1\text{kHz})^{-1}(\tau/1\text{msek})^{-1/2}(r/15\text{Mps})^{-1}$$

gdzie czynniki skalujące oznaczają: $10^{-2}M_\odot c^2$ – energię unoszoną przez fale grawitacyjne z typowej supernowej, 1msek – czas błysku grawitacyjnego, 15Mps – odległość do gromady Virgo. Definiujemy tak dokładnie wielkość h gdyż jest ona podstawą do porównywania obliczeń teoretycznych z technicznymi progami detekcji. Dla zobrazowania co ta wielkość znaczy powiedzmy, że maksymalna amplituda fali grawitacyjnej emitowanej z supernowej wybuchającej w naszej Galaktyce wynosi 10^{-18}, zaś w gromadzie Virgo 10^{-21}. Jeszcze inaczej, gdy wielkość impulsu 10^{-22} przetłumaczymy na wielkości gwiazdowe dostajemy -13^m czyli 10^5 razy jaśniejsze źródło niż najjaśniejsza gwiazda.

[3] Amplituda fali grawitacyjnej – wielkość, której wartość minimalna charakteryzuje czułość detektora grawitacyjnego – została zdefiniowana przez autora w jego poprzednim artykule (PA 4/91, str.176) poświęconym obserwatoriom grawitacyjnym. Dla ułatwienia zrozumienia tekstu powtarzamy tę definicję (patrz ramka).

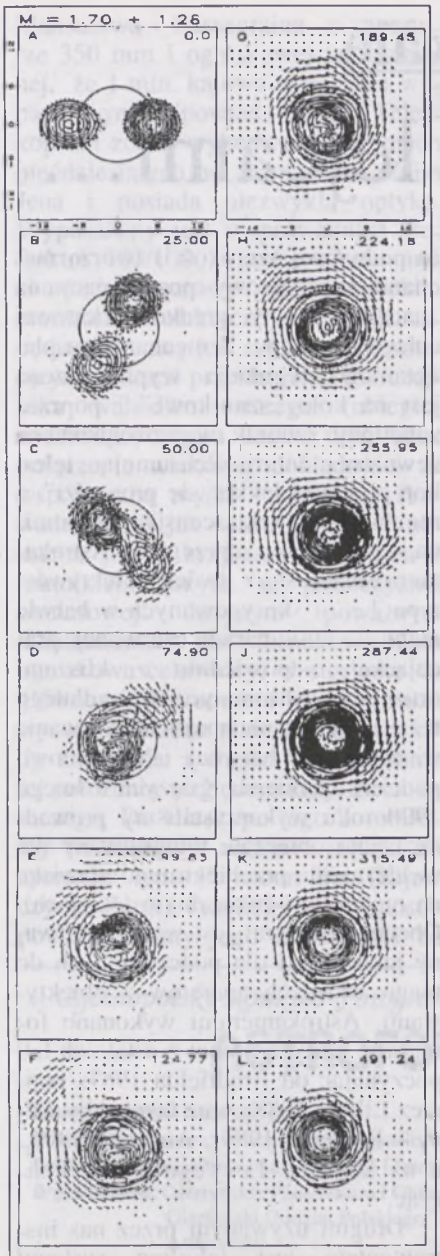
$$\frac{\text{ilość błysków}}{\text{rok}} = (6 \div 60)\left(\frac{\text{odległość}}{100\,Mps}\right)^3$$

W kuli mieszczącej gromadę Virgo daje to 5 błysków na 100 lat. Niezbyt zachęcające?! Jeżeli jednak zauważymy, że również protogwiazdy neutronowe mogą się zlewać w wybuchającej supernowej to dość optymistyczne szacowania dają 30 błysków rocznie. Jeśli granice naszej kuli rozszerzymy do 100 Mps to powinno zachodzić 60 takich zjawisk rocznie. Teraz trzeba już tylko odpowiedzieć na pytanie: jakie mogą być maksymalne amplitudy błysków grawitacyjnych generowanych przez zlewające się gwiazdy neutronowe? Obecnie w rozwoju nauki, a nauk ścisłych w szczególności, nastały takie czasy, że

bez symulacji komputerowych ani rusz.

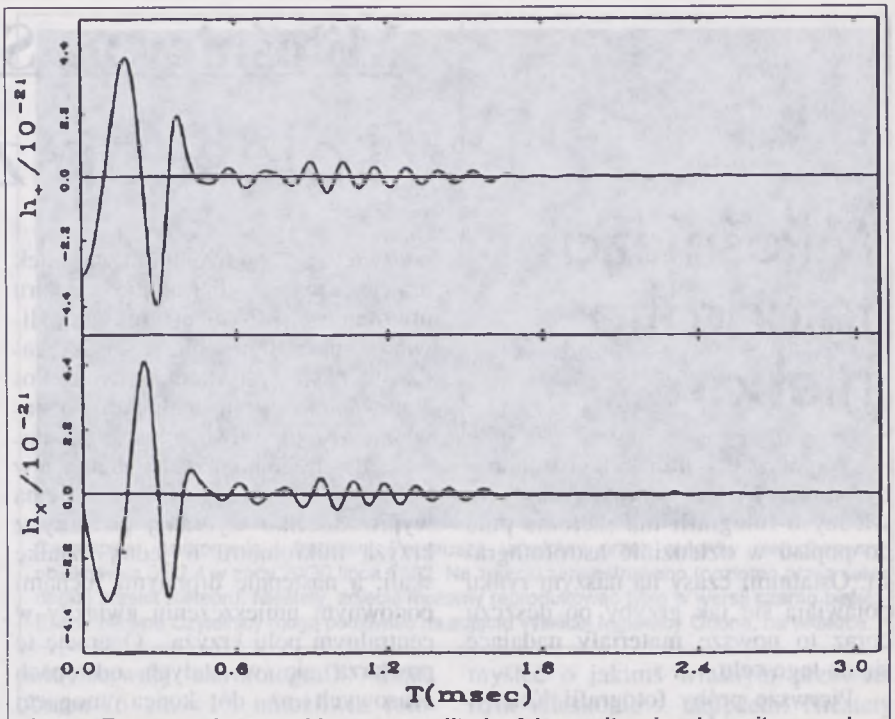
Aby dokładnie wymodelować zlewanie się dwóch gwiazd neutronowych potrzebne są ogromne komputery, skomplikowany formalizm matematyczny, dużo czasu i cierpliwości. Uwzględnienie możliwie wszystkich efektów związanych np: z odkształceniami od osiowej symetrii (bliskość składników) wymaga modelowania tego zagadnienia w trzech wymiarach (długość – szerokość – wysokość). Zaprezentuję teraz obliczenia wykonane przez Takashi Nakamurę i Kenichi Ooharę z uniwersytetu w Kioto, dla układu dwóch gwiazd neutronowych o masach 1.7 i 1.28 $M_\odot$ i początkowej (w chwili rozpoczęcia obliczeń) odległości między nimi 19 km. Promienie gwiazd przyjęto na ok. 9 km.

Patrząc na sekwencję ewolucyjną od A do L (rys.1) widzimy, że gwiazdy bardzo szybko zlewają się w jedną, a na dodatek prawie cała masa układu ($\sim 3\,M_\odot$) znajduje się na zewnątrz promienia Schwarzschilda ($r_g = 2GM/c^2$). Jako efekt końcowy tej ewolucji mamy więc czarną dziurę. Strzałki na rysunkach obrazują poruszanie się materii. Wokoło czarnej



Rys.1 Kontury gęstości dla dwóch zlewających się gwiazd neutronowych (o masach 1.7 i 1.8 $M_\odot$) przedstawione w płaszczyźnie orbity (X-Y). Linie przerywane na zewnątrz i w środku każdej gwiazdy pokazują odpowiednio 1/20 i 19/20 max. gęstości centralnej. Strzałki pokazują kierunki poruszania się elementów materii. Kółko w środku to promień Schwarzschilda dla $M=3M_\odot$ ($r_g=2GM/c^2$). Podana w prawym górnym rogu liczba jest bezwymiarowym wewnętrznym czasem obliczeń.

dziury tworzy się coś na kształt dysku akrecyjnego (Rys.1 G–K), który po pewnym czasie zniknie pod horyzontem (Rys.1 L). Obliczenia pokazują, że 2.9% masy spoczynkowej układu jest wypromieniowane w postaci fal grawitacyjnych. Daje to fantastyczną liczbę $1.55 \cdot 10^{53}$ er-



Rys.2 Teoretycznie przewidywana amplituda fal grawitacyjnych emitowanych wzdłuż osi Z rejestrowana z odległości 10 Mps. Oś odciętych - czas w ms. Oba rysunki zaczerpnięto z pracy Nakamura i Oohara opublikowanej w Prog. Th. Phys. Japan (1990).

gów! Prawie cała ta energia emitowana jest w czasie 0.6 ms (Rys.2).

Jak przetłumaczyć to na możliwości rejestracyjne detektorów?

Jeżeli kataklizm ten nastąpił w odległości mniejszej niż do gromady Virgo to max. amplituda wynosi $4.4 \cdot 10^{-21}$ (rys.2), jeśli na odległości 50 Mps to $\sim 10^{-21}$. Wszystkie budowane obecnie, czy projektowane detektory fal grawitacyjnych podają taki właśnie próg czułości, $\sim 10^{-21}$. Będą więc sięgać do 50 Mps (lub nawet dalej) w głąb obserwowanego Wszechświata (jest to obszar, który dobrze rejestrują istniejące obecnie katalogi galaktyk). Teraz z dużą już dozą pewności możemy zastosować naszą relację opisującą ilość błysków grawitacyjnych rocznie w kuli o pewnym promieniu (w naszym przypadku 50 Mps). Dostajemy, że powinno się obserwować od 1 do 8 błysków w ciągu roku. Wynik jest wysoce obiecujący. Pokazuje jednocześnie, że trud podjęty dla konstrukcji tak szalenie drogich przyrządów pomiarowych jak detektory grawitacyjne był celowy i że z dużą dozą prawdopodobieństwa możemy w najbliższych latach oczekiwać doniesień o rejestracji fal grawitacyjnych.

Kiedy więc na początku wspominałem o „szalonych" pomysłach astronomów – wielu z Czytelników bez dalszego czytania zgodziłoby się z tą opinią.

Sądzę jednak, że po zapoznaniu się z tym tekstem znaczna część, bo może nie wszyscy, zmieniła zdanie. Jeśli tak, to artykuł ten spełnił swoje zadanie.

*Jest to drugi tekst Marka Sarny, który publikujemy w PA. Niestety musiał ponad rok czekać „w kolejce" na wydrukowanie. Teraz już spokojnie ten znakomity astrofizyk i, jak widać, utalentowany popularyzator, od kilkunastu miesięcy pracujący na uniwersytecie w Sussex, może przysyłać następne teksty. **CZEKAMY!** Może tym razem coś ze swojej dziedziny – np. ewolucji algoli?*

Miłośnicy na Skale

Teleskop z lejcami...

Miłośnicza fotografia nieba

Współczesny miłośnik astronomii dysponujący elementarnym zasobem wiedzy o fotografii ma szerokie pole do popisu w dziedzinie astrofotografii. Ostatnimi czasy na naszym rynku pojawiają się jak grzyby po deszczu coraz to nowsze materiały nadające się do tego celu.

Pierwsze próby fotografii Księżyca i gwiazd robiliśmy nieruchomym aparatem za pomocą obiektywów f = 58 mm i f = 135 mm na najczulszym podówczas dostępnym filmie Fotopan HL. Wyniki okazały się wysoce niezadowalające.

Potem przyszła kolej na... kometę Halley'a. Naprędce sklecony montaż z dwóch desek połączonych zawiasem taśmowym, okazał się mocno niestabilny, a co najgorsze, źle nachylony do horyzontu, a i zorientowanie względem stron świata też nie grzeszyło nadmierną dokładnością. Pośpiech i jakość wykonania (do wieczora było 4 godziny) zaowocowały oczywiście poruszonymi i nawet lekko nieostrymi zdjęciami w przeciągu 5 minutowych ekspozycji. Najgorszym błędem była... odwrotnie kręcona śruba napędzająca montaż!

Po tym blamażu „montaż" poszedł w odstawkę, a pojawiła się (dzięki uprzejmości i dobrej woli ówczesnej dyrekcji) możliwość korzystania z instrumentów i pomieszczeń obserwatorium Uniwersytetu Jagiellońskiego „Fort Skała". Początkowo udostępniono nam astrograf, instrument o bogatej historii, stanowiący podwójną astrokamerę Zeissa (600/5) wyposażoną w grawitacyjny napęd z odśrodkową regulacją prędkości kątowej, przypominającą w wykonaniu regulator Watta *). Przyrząd ten, przystosowany do klisz formatu 13 × 18 cm, sprzężony jest z prowadnicą – refraktorem o ogniskowej 2000 mm i aperturze 110 mm, wyposażoną w podświetlany, podwójny krzyż nitek umieszczony w diafragmie okularu mikrometru. Mikrometr ten umożliwia (po uprzednim obliczeniu) prowadzenie ekspozycji kometarnych. Posługiwanie się nim polega na ustawieniu osi przesuwu okularu równolegle do drogi komety na niebie i w obliczonych dostępach czasu na wyprowadzeniu wybranej gwiazdy z krzyża mikrometru o jedną działkę skali, a następnie drobnymi ruchami ponownym umieszczeniu gwiazdy w centralnym polu krzyża . Operację tę powtarza się w stałych odstępach czasowych aż do końca mogącej trwać nawet około godziny ekspozycji. Jest to oczywiście uproszczenie odwzorowania ruchu komety, ale całkowicie wystarczające do tych celów. Jak przystało na teleskop wyprodukowany przed I wojną światową ma on oryginalnie rozwiązany układ drobnych ruchów. W deklinacji jest tradycyjny układ z ramieniem wodzącym, mającym tę wadę, że zakres tych ruchów jest ograniczony, ale za to mikroruchy w rektascensji rozwiązane są po mistrzowsku i nie ma obawy o ich nadużycie! Na osi godzinnej są dwa skośnie nacinane kółka zębate (a to dla wyeliminowania luzów międzyzębowych) różniące się o 1 ilością zębów i wraz z obiegającym je planetarnie małym kółkiem zębatym (o podwójnej szerokości) tworzą mechanizm różnicowy pozwalający na znaczne zmiany prędkości kątowej całego teleskopu. Z mechanizmu planetarnego regulacja wyprowadzona jest na koło „sznurkowe" i poprzez zapętlony sznurek wyprowadzona na zewnątrz montażu. Reasumując, teleskop płynnie i lekko „się prowadzi", a regulacja w rektascensji przypomina... powożenie zaprzęgiem. Astrokamera składa się z dwóch obiektywów typu [illegible] skorygowanych w barwie niebies[illegible] w barwie czerwonej, pracujących odpowiednio z kliszami orto– i panchromatycznymi, dlatego też kamery te nie mają zastosowania w fotografii barwnej. Przykładowo podczas zaćmienia Księżyca 9 lutego 1990 roku wykorzystaliśmy prowadnicę jako obiektyw fotograficzny dla uwiecznienia przebiegu tego zjawiska na materiale odwracalnym (slajdach). Obecnie astrograf jest wykorzystywany jako napęd dla podczepionych do niego własnych aparatów z obiektywami. Astrokamerami wykonano fotografie jasnych komet z ostatnich lat, poczynając od Bradfielda 1987s poprzez Lillera 1988a oraz Okazaki – Levy – Rudenko 1989r, Austina 1989c$_1$, a na komecie Levy'ego 1990c kończąc.

Drugim używanym przez nas instrumentem jest teleskop systemu

Wykonane przez autorów zdjęcie Plejad w towarzystwie... no właśnie, niestety redaktor zapomniał *Ale może ktoś zgadnie?*

*) Astrograf podobnie jak opisywany niżej teleskop Maksutowa, pokazany jest na zdjęciach w artykule Jana Mietelskiego (red.)

Maksutowa – Cassegraina o aperturze 350 mm i ogniskowej tak dobranej, że 1 min. kątowa w ognisku wypadkowym odpowiada 1mm. Teleskop ten został wybudowany w latach pięćdziesiątych w firmie Carl Zeiss Jena i posiada niezwykłą optykę. Wyposażony jest w prowadnicę (refraktor 100/1000), szukacz oraz mechanizm zegarowy na niemieckim montażu paralaktycznym. Silnik napędu sterowany jest sygnałem powstającym podczas przesłaniania fotoczujnika wahadłem starego (ubiegłowiecznego) zegara. Jest to oryginalne połączenie wiekowej dokładności ze współczesną myślą techniczną. Prowadnica, tak jak w astrografie, wyposażona jest w krzyżowy mikrometr z rzutnikiem krzyża w płaszczyźnie okularowej. Jedynym poważnym mankamentem jest stosunkowo mała ogniskowa celownicy, w stosunku do głównego instrumentu co wymusza wysoce dokładne prowadzenie gwiazdy na krzyżu i ciągłe kontrolowanie jej położenia względem krzyża celowniczego. Do teleskopu tego dorobiliśmy we własnym zakresie złączki do aparatów typu Pentacon Six (Kijew czy też Zenit), Practica i w ten sposób powiększyliśmy jego możliwości na polu barwnej astrofotografii. Skala obrazu (6 cm = 1^0) umożliwia fotografowanie nawet tak małych obiektów jak Mgławica Pierścieniowa w Lutni. Poza fotografią Maksutow wykorzystywany jest do wizualnych obserwacji gwiazd zmiennych, komet, planetoid, planet (włącznie z Plu- to nem) a nawet zjawisk zakryciowych. Ostatnio polowaliśmy na kilka zakryć planetoidalnych, ale jak to często bywa w takich przypadkach żadne z nich nie zaszło.

Istnieje możliwość zamiennej obsługi instrumentu głównego i prowadnicy mikrometrem i z tej ostatniej powstaje astroobiektyw o większym polu widzenia niż Maksutow. W jej dwu i pół stopniowym polu można spokojnie pomieścić obiekty takie jak: Praesepe, Plejady a nawet Mgławicę Andromedy.

W najbliższym czasie obiektów do fotografowania nam raczej nie zabraknie, ale czas już pomyśleć o jakimś własnym przewoźnym teleskopie z napędem. Niestety jasność tła nieba w pobliżu aglomeracji krakowskiej stale wzrasta i już za parę lat uzyskanie fotografii nieba o przyzwoitych parametrach będzie niewykonalne. Jedyną możliwością kontynuacji obserwacji będą wyjazdy w podgórskie okolice o ciemnym tle nieba, a jakie to ma znaczenie, można zobaczyć np. podczas fotografowania mgławicy w Plejadach. Już pierwsze próby podjęte podczas letnich pobytów na Lubomirze (912 m npm w Beskidzie Średnim) pomimo ręcznego prowadzenia i położonego nisko nad horyzontem obiektu (Plejad) wykazały zdecydowaną wyższość tamtejszego astroklimatu nad krakowskim. W ciągu zaledwie pięciominutowej ekspozycji obiektywem Sonnar 300/4 na filmie Ektar 1000, wyszły detale mgławicy, nieosiągalne w Krakowie nawet dużym teleskopem przy trzydziestominutowej ekspozycji i to na filmie Fuji 1600. Tak więc do uzyskania wartościowych zdjęć nieba niezbędne są 2 podstawowe czynniki: ciemne tło nieba oraz funkcjonalny montaż paralaktyczny z napędem. Drugorzędną kwestią jest wybór odpowiednich materiałów fotograficznych. W tej chwili podstawową sprawą jest wykonanie dobrego montażu z napędem, co ostatnio absorbuje nas poważnie czasowo i finansowo.

Życie polskiego miłośnika astronomii nie jest usłane różami, ale jesteśmy dobrej myśli, a astronomią zaraziliśmy się chyba nieuleczalnie.

Marcin FILIPEK
Janusz PŁESZKA

Cassiopeia, Andromeda i fragment Perseusza uzyskany przez autorów nieruchomym obiektywem 35/2.4 w nocy 29/30 lipca 1992. Na zdjęciu zarejestrowano (poziomo przez cały obraz) przelot meteoru. Niestety, zdjęcie możemy reprodukować tylko w wersji czarno białej. Efekty barwne Czytelnicy mogą podziwiać na zdjęciu Wielkiej Mgławicy Oriona, na wkładce.

Ogólnopolski Konkurs Fotografii Astronomicznej

ASTROFOTO

Zasięg konkursu: teren całego kraju.

Uczestnicy: amatorzy astronomii i fotografii. Wiek bez ograniczeń.

Cel konkursu: popularyzacja astronomii i fotografii astronomicznej.

Organizatorzy: Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, Olsztyński Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

Konkurs Astrofoto został rozpoczęty w dniu 1.XII.1992 roku. Uczestnicy konkursu od tego czasu mogą wykonywać swoje prace. Organizatorzy nie stawiają żadnych warunków dotyczących sprzętu i technik fotograficznych. W dniu 1.IV.1993 roku upływa termin nadsyłania prac. Ilość nadesłanych prac od jednego autora jest nieograniczona. Warunkiem przyjęcia pracy jest format odbitki nie mniejszy niż 13 × 18 cm (może być większy). Odbitka nie może być zdjęciem wcześniej już eksponowanym lub publikowanym. Zdjęcia mogą być wykonane na materiałach czarno - białych jak i kolorowych. Do zdjęcia należy dołączyć opis składający się z:

- **Imienia i nazwiska autora,**
- **Dokładnego adresu autora,**
- **Daty wykonania zdjęcia,**
- **Czasu ekspozycji (w przypadku astrografów, czas od momentu otwarcia przyrządu do momentu zamknięcia),**
- **Użyty materiał fotograficzny,**
- **Rodzaj obróbki (w przypadku samodzielnej obróbki podać czas wywoływania i utrwalania),**
- **Warunki atmosferyczne,**
- **Sprzęt, jakim zdjęcie zostało wykonane (aparat, użyta optyka, filtry lub typ i parametry optyki teleskopu czy astrografu,**
- **miejsce wykonania zdjęcia.**

Zdjęcia zostaną ocenione przez komisję, a w dniu 8.V.1993 roku odbędzie się rozstrzygnięcie konkursu, przyznanie nagród autorom najlepszych prac oraz otwarcie wystawy złożonej z prac nadesłanych na konkurs.

Adres na który należy przesyłać prace:

Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne
Al. Marszałka Józefa Piłsudskiego 38
10–450 OLSZTYN

Astronomia w szkole

Olimpiady Astronomiczne

Henryk Chrupała

Olimpiada astronomiczna przeprowadzana jest w trzech etapach, przy czym zawody I stopnia składają się z dwóch części.

Zestaw pierwszej serii zadań I etapu rozsyłany jest do wszystkich liceów ogólnokształcących. Przysyłanie rozwiązań tej serii zadań traktowane jest jako zgłoszenie uczestnictwa w olimpiadzie, warunkujące otrzymanie zestawu zadań drugiej serii. Łączna ocena uzyskana za rozwiązania zadań pierwszej i drugiej serii decyduje o awansie uczestnika do zawodów II stopnia.

Pierwsza seria zawiera pięć zadań, na ogół trzy rachunkowe, jedno opisowe i jedno „komputerowe", tj. takie które można rozwiązać przy pomocy komputera. By dalej uczestniczyć w olimpiadzie wystarczy przesłać rozwiązanie jedynie trzech spośród tych pięciu zadań.

Zadania rachunkowe pierwszej serii mają stosunkowo niewielki stopień trudności i często są tak konstruowane, by mogły być rozwiązywane na różnych poziomach dokładności. Są wśród nich zadania „przeglądowe", wymagające śledzenia najnowszej literatury popularnonaukowej dla uzyskania aktualnych danych o ciałach niebieskich występujących w treści zadania. Zadania opisowe najczęściej nawiązują do nowych odkryć astronomicznych. Przykładem zadań pierwszej serii I etapu Olimpiady mogą być zadania tegorocznej edycji (na następnej stronie).

Cztery zadania drugiej serii I etapu są już nieco trudniejsze ale ich charakter jest podobny do zadań pierwszej serii. Spośród tych zadań do ostatecznej klasyfikacji I etapu wliczane są trzy.

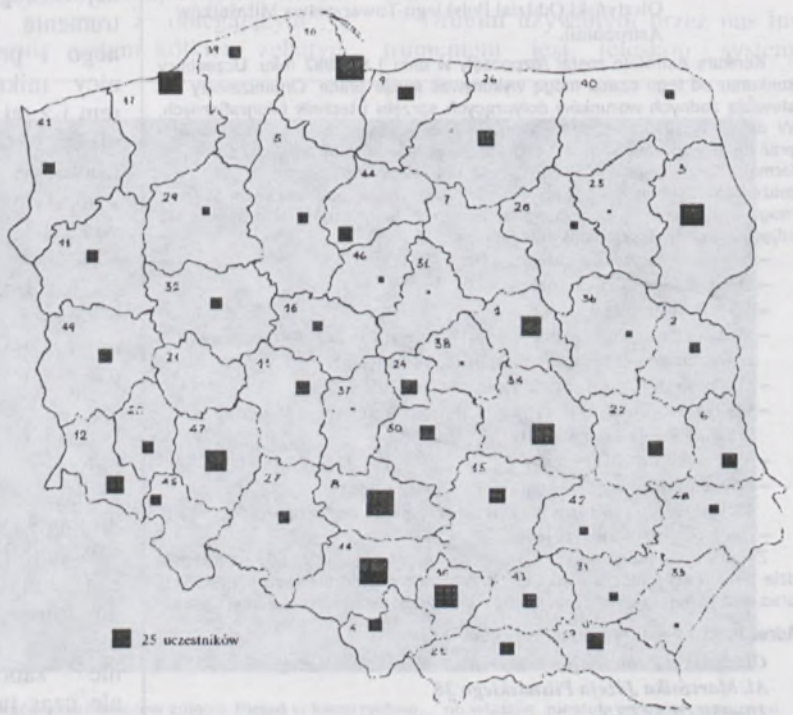
W zawodach II stopnia uczestnik rozwiązuje cztery zadania. W stosunku do zadań poprzednich ich stopień trudności jest zdecydowanie wyższy. Niemały wpływ ma na to

Olimpiady XXX – XXXIV 1986/87 – 90/91

Prezentowane obok rozkłady regionalne uczestników 5 kolejnych Olimpiad Astronomicznych dedykujemy przede wszystkim nauczycielom. To od nich głównie zależy by informacja o Olimpiadzie dotarła do uczniów i rozkład na pierwszej mapie stał się bardziej równomierny. Zupełnie inaczej natomiast wygląda mapa druga, na której uwzględniono tylko finalistów, a więc uczestników, którzy dotarli do III etapu Olimpiady. Zwraca uwagę wysoka pozycja ośrodków akademickich, w których astronomia znajduje się wśród kierunków studiów uniwersyteckich. Pomimo wysokiej liczby uczestników, z województw tych (stołecznego, wrocławskiego, toruńskiego) blisko 30% startujących dociera do finału. Zapewne wskazuje to na pracę konkretnych osób z młodzieżą w tych ośrodkach i stanowi świadectwo bezpośredniego oddziaływania i dobrego kontaktu środowisk naukowych ze społeczeństwem. Pewnego rodzaju ewenementem jest województwo kieleckie gdzie spośród 20 uczestników, aż 7 dostało się do finału. Martwić natomiast musi niska „efektywność" województw związanych z niektórymi planetariami – np. z Olsztyna w ciągu tych pięciu lat żaden z 21 startujących nie dostał się do trzeciego etapu. Tym, którzy zechcą wyciągać dalsze statystyczne wnioski podajemy dokładną liczbę uczestników i finalistów (liczby w nawiasie na liście województw).

Red.

Rozkład terytorialny uczestników



egzekwowanie samodzielności rozwiązania i ograniczony czas przeznaczony na poszukiwanie rozwiązania. Jednym z zadań drugoetapowych jest zadanie „praktyczne", którego elementem są dane dostarczone w postaci: tabelki zawierającej wyniki obserwacji, wykresu, rysunku czy fotografii.

Zawody trzeciego stopnia (centralne) rozgrywane są w Planetarium Śląskim i trwają kilka dni. Zestaw finałowy zawiera sześć bardzo zróżnicowanych zadań. Cztery z nich to zadania obliczeniowe o stosunkowo dużym stopniu trudności. Czasami wymagają one zastosowania prostego rachunku różniczkowego i całkowego, chociaż można je też rozwiązać metodami szkolnymi – zawsze jednak jest to bardziej czasochłonne i często prowadzi jedynie do wyników szacunkowych. Jedno z zadań (wieloczęściowe) rozwiązywane jest pod

Konkurs na zadanie olimpijskie

Tegoroczna olimpiada astronomiczna nosi już numer 36. Każda edycja olimpiady serwuje uczestnikom ponad 20 zadań. Liczba wykorzystanych zadań olimpijskich przekroczy już ósmą setkę. Coraz więc trudniej o nowe pomysły zadań. Teczka oczekujących na zastosowanie w olimpiadzie projektów zadań jest przerażająco chuda. Zachęcamy profesjonalistów i miłośników do wzięcia udziału w konkursie na oryginalne, ciekawe zadanie olimpijskie. Za najciekawsze propozycje Redakcja PA funduje bezpłatną roczną prenumeratę swojego pisma.

Dodatkowo:

– za wykorzystane w olimpiadzie zadanie Komitet Główny Olimpiady płaci stosowne wynagrodzenie;

– gwarantujemy, że autorom zakwalifikowanych zadań będzie towarzyszyło poczucie satysfakcji z dobrze spełnionego obowiązku wobec narybku polskiej astronomii;

– zaprosimy na zawody centralne olimpiady by przedstawić gromadkę naszych genialnych finalistów.

Mile będą widziane zadania nawiązujące do tematyki badań lub zainteresowań projektodawców. Po stosownej idealizacji założeń i uproszczeniach nawet z bardzo skomplikowanego problemu może powstać wartościowe zadanie leżące w zasięgu możliwości uczestnika olimpiady.

Projekt zadania winien zawierać fabułę zawierającą treść zadania, rozwiązanie lub szkic rozwiązania, a w przypadku zadań rachunkowych również końcowy wzór i wartość poszukiwanej wielkości, jeśli zadanie zawiera dane liczbowe.

Zadanie prosimy przysyłać na adres:
Komitet Główny Olimpiady Astronomicznej
Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne
41 – 501 CHORZÓW 1, skrytka pocztowa 10

ROZKŁAD TERYTORIALNY FINALISTÓW

1. WOJ. ST. WARSZAWSKIE (34, 10)
2. WOJ. BIELSKOPODLASKIE (9, 0)
3. BIAŁOSTOCKIE (43, 4)
4. BIELSKIE (14, 1)
5. BYDGOSKIE (5, 0)
6. CHEŁMSKIE (21, 2)
7. CIECHANOWSKIE (0, 0)
8. CZĘSTOCHOWSKIE (61, 6)
9. ELBLĄSKIE (18, 0)
10. GDAŃSKIE (55, 6)
11. GORZOWSKIE (13, 1)
12. JELENIOGÓRSKIE (23, 3)
13. KALISKIE (14, 0)
14. KATOWICKIE (62, 6)
15. KIELECKIE (20, 7)
16. KONIŃSKIE (7, 2)
17. KOSZALIŃSKIE (50, 2)
18. KRAKOWSKIE (47, 5)
19. KROŚNIEŃSKIE (26, 2)
20. LEGNICKIE (11, 1)
21. LESZCZYŃSKIE (0, 0)
22. LUBELSKIE (20, 2)
23. ŁOMŻYŃSKIE (1, 0)
24. ŁÓDZKIE (23, 3)
25. NOWOSĄDECKIE (14, 2)
26. OLSZTYŃSKIE (21, 0)
27. OPOLSKIE (9, 0)
28. OSTROŁĘCKIE (5, 1)
29. PILSKIE (2, 0)
30. PIOTRKOWSKIE (19, 0)
31. PŁOCKIE (1, 0)
32. POZNAŃSKIE (10, 2)
33. PRZEMYSKIE (3, 0)
34. RADOMSKIE (38, 0)
35. RZESZOWSKIE (7, 3)
36. SIEDLECKIE (3, 2)
37. SIERADZKIE (1, 0)
38. SKIERNIEWICKIE (2, 0)
39. SŁUPSKIE (10, 3)
40. SUWALSKIE (7, 0)
41. SZCZECIŃSKIE (12, 1)
42. TARNOBRZESKIE (4, 1)
43. TARNOWSKIE (18, 0)
44. TORUŃSKIE (23, 7)
45. WAŁBRZYSKIE (10, 0)
46. WŁOCŁAWSKIE (3, 0)
47. WROCŁAWSKIE (37, 10)
48. ZAMOJSKIE (5, 0)
49. ZIELONOGÓRSKIE (14, 0)

XXXVI OLIMPIADA ASTRONOMICZNA

ZADANIA PIERWSZEJ SERII I ETAPU

1. Sztuczny satelita obiega Ziemię ze stałą prędkością v_o. W pewnym momencie (na krótko) uruchomiono silniki satelity powodując zmianę jego orbity na eliptyczną.

Zakładając, że impuls nie spowodował zmiany kierunku chwilowego wektora prędkości, lecz jedynie zmianę jego wartości o Δv, znajdź i przedstaw na wykresie zależności:

$$e = e\left(\frac{\Delta v}{v_o}\right) \quad \text{i} \quad a = a\left(\frac{\Delta v}{v_o}\right),$$

gdzie e jest mimośrodem nowej orbity, natomiast a – jej dużą półosią.

2. Czy na obydwu biegunach ziemskich może trwać jednocześnie:
a) dzień,
b) noc.
Jeśli nie, to dlaczego? Jeśli tak, to oblicz jak długo?

3. Wykaż, że ciało doskonale czarne o kształcie kulistym, oświetlone obrazem Słońca utworzonym przez obiektyw o średnicy D i ogniskowej f, nagrzeje się do temperatury nie wyższej od:

$$T = \frac{T_o}{2}\sqrt{\frac{D}{f}},$$

gdzie T_o jest temperaturą efektywną Słońca.

4. Grupa amerykańskich astronomów odkryła ostatnio kilkadziesiąt gwiazd zbudowanych wyłącznie z wodoru i helu.

Krótko opisz, co można powiedzieć o procesach fizycznych zachodzących w takich gwiazdach oraz o ich wielkoskalowych właściwościach fizycznych i wieku?

5. Na podstawie załączonego algorytmu, dla lat dziewięćdziesiątych XX wieku, znajdź maksymalne i minimalne odstępy czasu między kolejnymi przejściami Księżyca:
a) przez perygeum,
b) przez apogeum.

Algorytm pozwala znaleźć odległości Księżyca od Ziemi dla momentu JD wyrażonego w dniach juliańskich. W tym celu należy obliczyć:

$T = (JD - 2415020)/36525,$
$e = 1 - 0.002495\ T - 0.000008\ T^2,$
$M = 296.104608 + 477198.8491\ T + 0.009192\ T^2 + 0.000014\ T^3,$
$D = 350.737486 + 445267.1142\ T - 0.001436\ T^2 + 0.000002\ T^3,$
$\pi = 0.951 + 0.052 \cos M + 0.010 \cos (2D - M) + 0.008 \cos 2D +$
$+ 0.003 \cos 2M + 0.001 \cos (2D + M) + 0.001\ e \cos (2D - M),$

przy czym e jest bezwymiarowe, natomiast M, D i π – wyrażone są w stopniach. Szukana odległość Ziemia–Księżyc, wyrażona w promieniach Ziemi, wynosi:

$$r = 1/\sin \pi.$$

Przykład: dla $03^h\,45^m$ UT dnia 1 stycznia 1990 roku, mamy:
JD = 2447892.65625, T = 0.90000428, e = 0.9977480,
M = 429777°.11766 = 297°.11766, D = 401093°.04391 = 53°.04391,
π = 0°.9606667 i r = 59.6445 promieni ziemskich.

ZADANIA OBSERWACYJNE

1. Przeprowadź obserwację zachodu Wenus. Na wykresie o osiach: azymut (A) – wysokość (h), sporządzonym w skali 1° = 5 mm, nanieś miejsce zachodu Słońca oraz zaobserwowane położenia Wenus od momentu zachodu Słońca aż do końca widoczności planety.

Na podstawie otrzymanego wykresu znajdź:
– różnicę azymutów punktów zachodu Słońca i Wenus,
– różnicę czasu momentów zachodu Słońca i Wenus.

2. Na podstawie zdjęcia wykonanego aparatem fotograficznym sporządź mapkę gwiazdozbioru Małej Niedźwiedzicy.

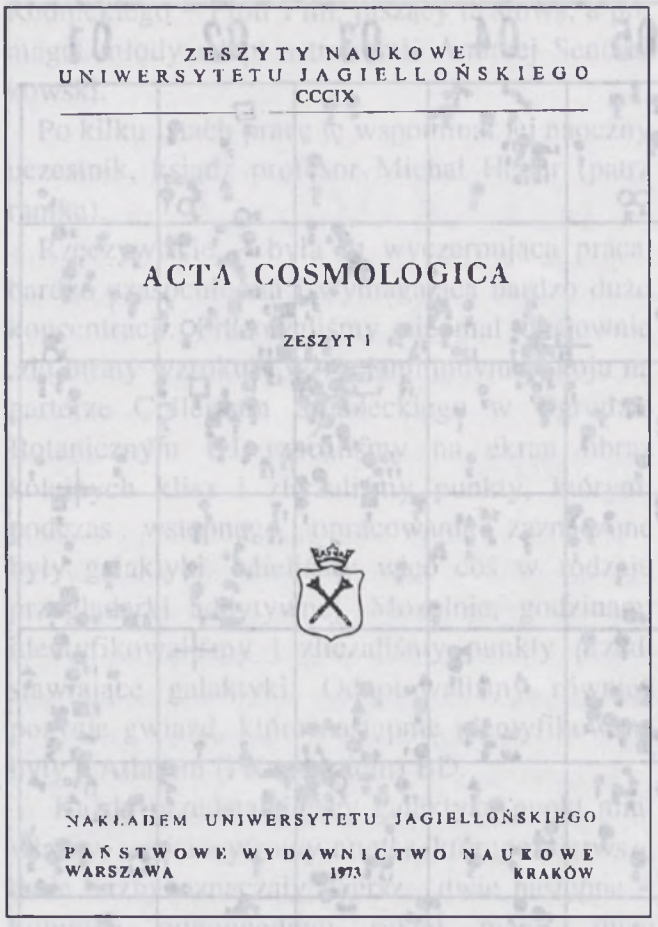
Mapka powinna być zaopatrzona w skalę, w jakiej została wykonana oraz zawierać wyniki przeprowadzonej identyfikacji zarejestrowanych na błonie gwiazd.

3. Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można również nadesłać opracowane wyniki innych (własnych) obserwacji astronomicznych, prowadzonych systematycznie w 1992 roku.

sztucznym niebem planetarium. Sprawdza ono znajomość nieba, umiejętność posługiwania się różnymi sposobami orientacji na niebie oraz znajomość codziennych zjawisk astronomicznych i obiektów niebieskich. Częścią takiego zadania bywa test, zawierający między innymi pytania dotyczące wyświetlanych przeźroczy, fragmentów filmów, dostarczonych tekstów itp. Finaliści rozwiązują również zadanie obserwacyjne. Polega ono na przeprowadzeniu samodzielnej obserwacji w obserwatorium astronomicznym planetarium. Wyniki tych obserwacji są danymi do rozwiązania zadania obserwacyjnego. Możliwość zastosowania zadania obserwacyjnego zależy od pogody. Jeśli w dniu zawodów niebo jest zachmurzone stosuje się zadanie zastępcze, na ogół rozwiązywane pod sztucznym niebem planetarium.

Jak widać, zadania olimpiady astronomicznej są różnorodne i mogą dawać satysfakcję zarówno uczniom interesującym się bardziej astronomią opisową i obserwacyjną, jak i uczniom pasjonującym się matematyczno–fizyczną stroną astronomii. Sukces w olimpiadzie mogą jednak odnieść uczestnicy, którzy niezależnie od kierunku swoich zainteresowań astronomicznych mają również wystarczające wiadomości i umiejętności z tych działów, za którymi nie przepadają.

Od Redakcji: Olimpiada Astronomiczna wymaga w PA specjalnego potraktowania. Niestety spóźniliśmy się z zadaniami pierwszej serii (termin nadsyłania rozwiązań minął 19 października), ale będziemy się starać to robić z wyprzedzeniem. Na razie zachęcamy i uczniów i nauczycieli do przyjrzenia się zadaniom. Uczniom powinny pozwolić ocenić swoje szanse w przyszłym roku, dla nauczycieli mogą stanowić inspirację do lekcji czy zajęć kółka astronomicznego. Wreszcie potencjalnym autorom zadań, pomogą zorientować się co do typu poziomu zadań. Planujemy też specjalną nagrodę olimpijską. A więc do zobaczenia podczas finałów w Chorzowie...


ZESZYTY NAUKOWE
UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO
CCCIX

ACTA COSMOLOGICA

ZESZYT 1

NAKŁADEM UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1973 KRAKÓW

ZESZYTY NAUKOWE UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO
CCCIX ACTA COSMOLOGICA Z. 1 1972

A CATALOGUE
OF 15 650 GALAXIES
IN THE JAGELLONIAN FIELD

by

Konrad Rudnicki
Jagellonian University Observatory — Kraków
Warsaw University Observatory — Warszawa

T. Zbigniew Dworak and *Piotr Flin*
Jagellonian University Observatory — Kraków

with collaboration of

Bolesław Baranowski
Warsaw University Observatory — Warszawa
and
Andrzej Sendrakowski
Mining and Metallurgy Academy — Kraków

PREFACE

1. The aim of the catalogue

The aim of the catalogue is to provide a statistically uniform sample of the distribution of galaxies on the celestial sphere reaching as far as possible into large magnitudes. According to the advice of prof. Zwicky, a field centred on $\alpha = 11^h19^m$, $\delta = +35°53'$ (2000.0) was chosen for this purpose, which corresponds roughly to the field No 185 (vol III) of Zwicky's Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies. According to the Zwicky's Catalogue, in this field only five galaxies

Katalog 16 tysięcy galaktyk

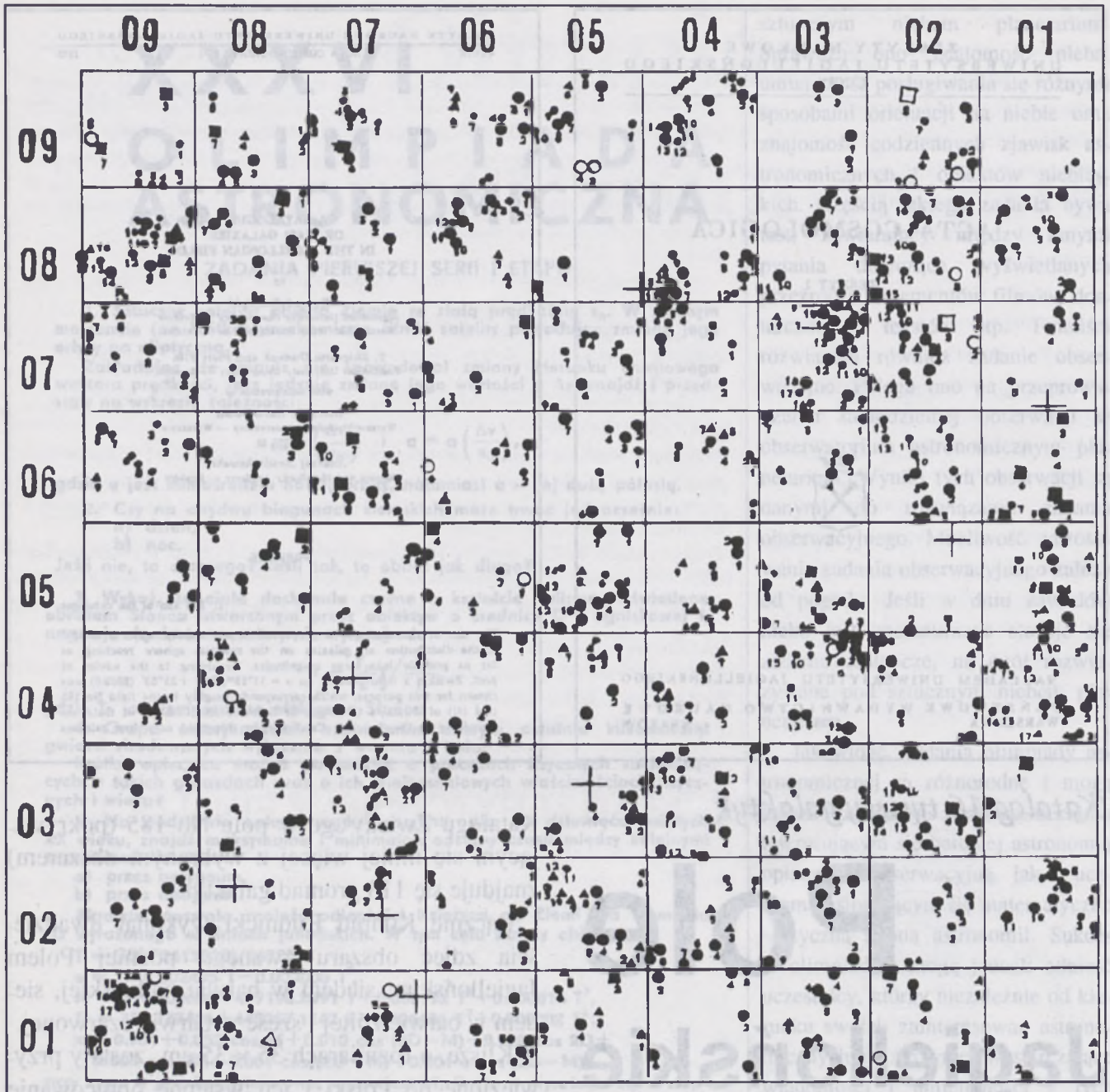
Pole Jagiellońskie

W latach 1965 – 1967 Konrad Rudnicki przebywał w Obserwatorium Palomarskim, gdzie realizował wcześniej zaprogramowany „serwis" obserwacyjny pod nazwą „służba supernowych". Zdjęcia do tego programu Konrad Rudnicki wykonywał za pomocą 48 – calowego teleskopu Schmidta. Czekając na bardzo dobry seeing wykonywał zdjęcia „próbne". Właśnie one okazały się decydujące. Zresztą pole obserwacji nie zostało wybrane przypadkowo. Zgodnie z sugestią Fritza Zwicky'ego Konrad Rudnicki wybrał obszar w pobliżu północnego bieguna galaktyki – w tym kierunku ekstynkcja międzygwiazdowa jest najmniejsza, a według Katalogu Zwicky'ego w polu No 185 (pokrywającym się mniej więcej z wybranym obszarem) znajduje się 113 gromad galaktyk.

Łącznie Konrad Rudnicki wykonał dwadzieścia zdjęć obszaru zwanego później Polem Jagiellońskim, siedem w barwie niebieskiej, siedem w barwie żółtej i sześć w barwie czerwonej.

Klisze, o rozmiarach 35 × 35 cm, zostały przywiezione do Polski i ich wstępne opracowanie Konrad Rudnicki – przy współpracy Bolesława Baranowskiego – przeprowadził w Warszawie. Następnie, po przejściu Konrada Rudnickiego do Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, został rzucony przez niego śmiały pomysł opracowania katalogu galaktyk w polu nazwanym na cześć dynastii Jagiellonów, pod których panowaniem astronomia w Krakowie najsilniej się rozwinęła zajmując pierwsze miejsce w Europie, Polem Jagiellońskim.

I rozpoczęła się – na początku lat siedemdziesiątych – mozolna praca nad stworzeniem katalogu odległych galaktyk. Brali w niej udział pracownicy zakładu kierowanego przez Konrada



galaktyki widoczne na "ekspozycjach niebieskich" o numerach: 1-2 ●, 1-4 ●, 1-6 ○;

galaktyki nie widoczne na "ekspozycjach niebieskich", ale widoczne na "ekspozycjach żółtych" o numerach: 1-2 ▲, 1-4 ▲, 1-6 △

galaktyki widoczne tylko na "ekspozycjach czerwonych" o numerach: 1-2 ■, 1-4 ■, 1-6 □;

gwiazdy BD: +

W tym miejscu chcieliśmy pokazać naszym Czytelnikom reprodukcję jednej z oryginalnych klisz Pola Jagiellońskiego. Dziwił nas sceptycyzm Autorów Katalogu w stosunku do takiego pomysłu Redakcji. Zrozumieliśmy, gdy wreszcie otrzymaliśmy taką reprodukcję i zdołaliśmy na niej wyróżnić ... 5 (sic!) galaktyk. Ale na tym właśnie opiera się znaczenie Katalogu, iż jest on przeglądem niezmiernie głębokim, a graniczne wielkości gwiazdowe przekraczają 20^m! Powyżej prezentujemy pierwszą z 36 map Atlasu Pola Jagiellońskiego. Każda mapka obejmuje pole 1°7'.5 x 1°7'.5 i podzielona jest na 49 kwadratów o polu 7'.5 x 7'.5. Współrzędne „y" i „x", oraz kolejny numer galaktyki w kwadracie umożliwiają identyfikację obiektu z katalogiem. Zaznaczone gwiazdy z katalogu BD (oddzielnie skatalogowane w Polu Jagiellońskim) umożliwiają nawiązanie do dowolnej siatki współrzędnych. Klisze w poszczególnych barwach (niebieska, żółta, czerwona) były wykonywane z różnymi, zmieniającymi się w postępie geometrycznym o czynnik $1/\sqrt{3}$, czasami ekspozycji. Odpowiada to zmniejszaniu się zasięgu o czynnik około 0^m.8 – 0^m.9 dla najsłabszych zauważonych galaktyk. Ekspozycje najdłuższe, a więc klisze o największym zasięgu oznaczono numerem „0", najkrótsze „6" lub „5". Zaznaczając w atlasie i Katalogu numer ekspozycji, na której dana galaktyka była jeszcze zauważalna, powstaje w rzeczywistości niezmiernie wazna informacja astrofizyczna: gruba, trójbarwna fotometria bardzo słabych i odległych obiektów, zauważmy, że zarówno w Katalogu jak i w Atlasie nie zaznaczono obiektów widocznych wyłącznie na najgłębiej sięgających ekspozycjach „0", czyli obiektów najsłabszych. Autorzy musieli mieć pewność, że obiekt rzeczywiście istnieje i że jest galaktyką!

Rudnickiego – Piotr Flin, piszący te słowa, a pomagał młody adept astronomii Andrzej Sendrakowski.

Po kilku latach pracę tę wspominał jej naoczny uczestnik, ksiądz profesor Michał Heller (patrz ramka).

Rzeczywiście – była to wyczerpująca praca, bardzo czasochłonna i wymagająca bardzo dużo koncentracji. Pracowaliśmy nieomal dosłownie „do utraty wzroku". W zaciemnionym pokoju na parterze Collegium Śniadeckiego w Ogrodzie Botanicznym UJ rzucaliśmy na ekran obraz kolejnych klisz i zliczaliśmy punkty, którymi podczas wstępnego opracowania zaznaczone były galaktyki. Mieliśmy więc coś w rodzaju przeglądarki addytywnej. Mozolnie, godzinami identyfikowaliśmy i zliczaliśmy punkty przedstawiające galaktyki. Odnotowaliśmy również pozycje gwiazd, które następnie identyfikowane były z Atlasem (i Katalogiem) BD.

Każdy przedstawiający galaktykę punkt miał własny, sześciocyfrowy numer, którego pierwsze dwie liczby oznaczały wiersz, dwie następne – kolumnę odpowiedniej sekcji mapy, dwie ostatnie – bieżący numer danej galaktyki. Trzy kolejne pozycje opisu galaktyki w Katalogu określały jej widzialność w barwie niebieskiej, żółtej i czerwonej. Widzialność ta skorelowana jest z zasięgiem lub – inaczej mówiąc – z wielkością gwiazdową obiektu. Dla wstępnej orientacji zaproponowaliśmy graniczną wielkość galaktyki $20^{m}.3$ w barwie niebieskiej dla ekspozycji nr 2 i $20^{m}.0$ dla ekspozycji nr 1, również w barwie niebieskiej. Łącznie zliczyliśmy 15650 galaktyk o różnym stopniu widoczności w trzech barwach. Jest oczywiste, że punktów do zliczania było o wiele więcej – w skrajnych przypadkach nawet piętnaście na jedną galaktykę, przeciętnie pięć! Łącznie zatem zliczyliśmy (razem z obrazami gwiazd) około stu tysięcy punktów! Niektóre z nich w ogóle nie trafiły do katalogu, jeżeli okazały się błędem emulsji, pomyłką.

Opracowany przez nas materiał obserwacyjny został nie tylko skatalogowany, lecz również przedstawiony na 36 mapach kwadratowych, niestety dwustronnie wydrukowanych, co utrudnia posługiwanie się Atlasem. Do katalogu galaktyk został także dołączony spis zidentyfikowanych

No	b	y	r	No	b	y	r	No	b	y	r
010101	.	1	.	5	2	.	.	19	3	1	.
2	4	2	.	6	2	2	.				
3	.	2	.	7	4	.	.	011001	2	.	.
4	3	1	3	8	3	2	2-3	2	1	.	.
								3	2	2	4
010201	.	2	2	010701	.	3	.	4	2	.	.
2	2	1	.	2	.	1	.	5	2	1	.
3	.	.	1	3	3	5	2	6	3	1	.
4	3	.	.	4	5	5	2				
5	3	.	3	5	2	.	.	011101	2	1	.
6	3	1	.	6	2	3	2	2	1	1	.
7	.	.	3	7	2-3	.	.	3	4	2	2
8	6	.	.	8	.	2	.	4	1	.	.
								5	.	.	2
010301	3	.	.	010801	1	1	.	6	4	3	2
2	2	.	.	2	.	5-6	.	7	2	2	2
3	3	.	.	3	2	.	.	8	.	1	.
4	4	.	.	4	1	.	.	9	4	3	2
5	3	3	2	5	3	2	1	10	3	3	2
6	3	2	1	6	.	1	.	11	4	1	.
7	2	.	.	7	4	3	2	12	4	2	.
8	3	.	.	8	1	.	.				
9	.	1	.	9	.	2	.	011201	3	1	1
				10	2	.	.	2	1	.	.
010401	3	2	3								
2	3	.	.	010901	.	.	1	011301	2	.	.
3	2	1	.	2	3	.	.	2	.	3	.
4	3	.	.	3	3	.	.	3	3	3	3
5	3	.	.	4	3	.	.	4	3	3	4
6	3	.	.	5	2	.	.	5	3	.	2
				6	2	.	.	6	3	3	4
010501	.	2	.	7	2	.	.	7	4	4	2
2	.	.	1	8	3	4	4	8	6	4	3
3	.	2	1	9	2	1	.	9	.	.	4
4	2-3	.	.	10	3	.	.				
5	.	1	.	11	2-3	.	.	011401	2	.	.
6	1	.	.	12	2	.	.	2	3	.	.
7	4	.	.	13	.	1	2	3	3	3	2
				14	3	.	1				
010601	2-4	.	.	15	4	.	.	011501	2	.	.
2	3	3	4	16	3	2	2	2	4	.	.
3	4	3	4	17	3	.	2	3	.	.	1
4	2	3	2	18	2-3	.	.	4	2	1	.

Oto reprodukcja pierwszej strony Katalogu Pola Jagiellońskiego. Czytelnik sam może sprawdzić obiekty z pokazaną obok mapą z Atlasu. Weźmy pierwszy od dołu i z prawej kwadrat mapy (a więc oznaczony 0101) i pierwszy w nim obiekt (a więc oznaczony w katalogu 010101). Na kliszach niebieskich (b - blue) i czerwonych (r - red) nie był widoczny, ale był widoczny na ekspozycji nr 1 w barwie żółtej (y - yellow). A na mapie trójkącik nad „jedynką" oznaczającą obiekt. Podobnie obok obiektu trzeciego (010103) - jak widać w katalogu galaktyka mogła być nieco słabsza, widoczna na żółtej ekspozycji nr 2. W tym samym kwadraciku Pola mamy jeszcze dwa wypełnione kółka, obiekty 2 (010102) i 4 (010104). Wszystko się zgadza, to galaktyki dostrzeżone w świetle niebieskim, odpowiednio na ekspozycji 4 (obiekt 2 - słabszy) i 3 (obiekt 4 - jaśniejszy). I tak dalej... zostało już tylko 15646 galaktyk. Redakcja uwierzyła na słowo!

gwiazd z Katalogu BD, znajdujących się w Polu Jagiellońskim. Pozycje tych gwiazd wrysowano na mapy Atlasu.

Opracowanie Katalogu zostało zakończone w 1972 roku. Pozostała kwestia opublikowania Katalogu jako zwartego wydawnictwa, o co u władz uczelni usilnie zabiegała dyrekcja Obserwatorium. Jednocześnie trwały pertraktacje, w związku ze zbliżającą się pięćsetną rocznicą urodzin Mikołaja Kopernika, o założenie nowego czasopisma astronomicznego, które ostatecznie otrzymało nazwę *Acta Cosmologica*. Wówczas

„Jest rzeczą bardzo pouczającą przyjrzeć się pracy astronomów nad katalogiem. W ostatnich latach grupa astronomów z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie opracowywała przywieziony przez doc. Konrada Rudnickiego z Kalifornii, z Obserwatorium na Palomarze. Opracowywane klisze były sporządzone przy pomocy szerokokątnej kamery Schmidta. Nie pokrywały one, tak jak w przeglądzie Zwicky'ego czy Abela, całego nieba dostępnego z północnej półkuli, lecz tylko niewielki wycinek (o wymiarach 6 × 6 stopni) nazwanym przez autorów pracy Polem Jagiellońskim. Pole Jagiellońskie zostało wybrane nieprzypadkowo. Znajduje się ono w takim miejscu (w okolicy Wielkiej Niedźwiedzicy), w którym – jak można się spodziewać – ekstynkcja międzygalaktyczna*) jest szczególnie mała, co pozwala sięgnąć daleko w głąb Wszechświata. Istotnie w obszarze odpowiadającym Polu Jagiellońskiemu w katalogu Zwicky'ego znajduje się zaledwie 75 galaktyk (jaśniejszych od 15.7 wielkości gwiazdowej), podczas gdy astronomowie krakowscy naliczyli ich 15650. Zestaw tych 15650 galaktyk, zwany Katalogiem Jagiellońskim, został już opublikowany. Ale zanim cały materiał oddano do druku, upłynęło cztery lata żmudnej, wręcz mrówczej pracy. Na kilku zsuniętych stołach w Pracowni Pozagalaktycznej leżała wielka mapa składająca się z szeregu posklejanych negatywowych fotografii Pola Jagiellońskiego. Mapa była podzielona na prostokąty, rodzaj siatki geograficznej; kilku ludzi chodziło z zaczerwienionymi oczami (od wpatrywania się w klisze); toczyły się dyskusje na temat wyboru kryteriów, które miałyby zadecydować o tym, czy dany punkt na kliszy jest galaktyką, prawie – galaktyką, gwiazdą czy... zanieczyszczeniem światłoczułej emulsji. Prawie – galaktyką astronomowie krakowscy żartobliwie nazywali coś, co może nie jest gwiazdą (gwiazda na kliszy ma »rozmiary punktowe«**) i prawdopodobnie nie jest galaktyką (obraz galaktyki na kliszy powinien być rozmyty, ale galaktyka mała lub bardzo odległa może nie różnić się od punktu). W Katalogu Jagiellońskim przy każdej galaktyce podano stopień prawdopodobieństwa, z jakim to »coś« ocenia się jako galaktykę."

M. Heller, *Początek Świata.* Społeczny Instytut Wydawniczy ZNAK, Kraków 1976.

*) Chodzi zapewne o ekstynkcję międzygwiazdową – cytat powtarzamy w formie podanej przez autora artykułu (red.).
**) cudzysłów pochodzi od redakcji PA.

piszący te słowa zasugerował, żeby jako pierwszy zeszyt *Acta Cosmologica* wydać Katalog galaktyk w Polu Jagiellońskim. Propozycja ta została zaakceptowana i już w lutym 1973 roku ukazał się pierwszy zeszyt nowego czasopisma astronomicznego – kartę tytułową pisma i Katalogu obejmującego cały zeszyt prezentujemy na rysunku obok.

Zeszyt ! *Acta Cosmologica* zawiera 164 strony plus wkładkę: Atlas zwierający 36 dwustronnie – jak już to wspomniałem – drukowanych map Pola Jagiellońskiego.

Opracowanie Katalogu jak również wydanie go w pierwszym zeszycie *Acta Cosmologica* – w pięćsetną rocznicę urodzin Mikołaja Kopernika stanowiło wielki sukces Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego, w którym przed pięciuset laty studiował właśnie Kopernik.

Od 10 do 13 września 1973 roku, Komisja Kosmologii Międzynarodowej Unii Astronomicznej, zorganizowała – podczas Nadzwyczajnego Kongresu MUA ku czci pięćsetlecia urodzin wielkiego astronoma polskiego – międzynarodowe sympozjum w Krakowie pod nazwą „Konfrontacja teorii kosmologicznych z danymi obserwacyjnymi". Uczestnicy tego sympozjum, głównie kosmologowie i specjaliści z dziedziny astronomii pozagalaktycznej, mogli otrzymać wówczas pierwszy zeszyt *Acta Cosmologica* zawierający katalog galaktyk w Polu Jagiellońskim.

Katalog galaktyk Pola Jagiellońskiego znalazł zastosowanie w dalszych pracach naukowych. Wykorzystując zebrany materiał napisano na jego podstawie kilka prac doktorskich. Dzięki analizie rozkładu galaktyk w Polu Jagiellońskim wprowadzono termin „grupowanie się galaktyk" jako zjawiska odrębnego od występowania gromad galaktyk. To prekursorskie spojrzenie utorowało później drogę hipotezie „spienionego Wszechświata" oraz współczesnym poglądom na rozkład materii we Wszechświecie (zob. np. artykuł „Skala i rozmiary Wszechświata" R. Brenta Tully, PA 1/91, str.5).

Dzięki zgromadzonemu materiałowi i opracowaniu Katalogu podjęto również próby określenia ekstynkcji międzygalaktycznej.

Za opracowanie i publikację „A Catalogue of 15650 Galaxies in the Jagiellonian Field" jej autorzy otrzymali w 1974 roku naukową Nagrodę Rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego.

T. Zbigniew Dworak

Poprosiliśmy „ojca" Katalogu, Konrada Rudnickiego, aby po blisko dwudziestu latach spróbował scharakteryzować naukowy żywot swojego dzieła (red.):

Katalog Pola Jagiellońskiego był cytowany w latach 1973 – 1989 przynajmniej 12 razy, w tym 10 razy w pracach wykorzystujących jego zawartość dla badań statystycznych. Najbardziej znane jest użycie go przez Peeblesa z pomocą funkcji korelacyjnej dwupunktowej. Praca Peeblesa była wiele razy cytowana łącznie z wynikami uzyskanymi na podstawie materiału z Pola Jagiellońskiego.

Ogólnie: katalog posłużył do sformułowania pojęcia „gromadzenie ciągłe galaktyk" (odkryte wcześniej przez Kianga, ale upowszechnione przez Peeblesa i Flina), do opracowania poszczególnych zagadnień dotyczących rozmieszczenia (gromadzenia) galaktyk (wyznaczanie parametrów tego gromadzenia), do badań materii ciemnej międzygalaktycznej i poszukiwań pojedynczych obłoków międzygalaktycznych takiej materii (te ostatnie nie dały pozytywnych wyników – pewne odkryte obiekty okazały się obłokami wewnątrz naszej Galaktyki).

Czy kosmologia jest METAFIZYKĄ?

Konrad Rudnicki

Według powszechnej opinii astronomia jest nauką o fizycznym Wszechświecie. Z kolei fizyczny Wszechświat można uważać za zespół wszystkiego, za całość tego, co istnieje w sensie materialnym. Co prawda nie jest łatwo wyjaśnić, co to znaczy „w sensie materialnym". Czy, na przykład, prawa fizyki istnieją w sensie materialnym, czy są one składowymi Wszechświata, czy tylko składowymi naszego sposobu myślenia? A jeśli to drugie, to czy sposób naszego myślenia sam już, jako taki, nie jest składową Wszechświata? Przecież żyjemy i myślimy we Wszechświecie. Jednak odłóżmy na bok tego rodzaju wątpliwości. Załóżmy, że wiemy co to znaczy istnieć w sensie materialnym i pomyślmy w jaki sposób astronomowie mogą badać Wszechświat.

Wprawdzie część badań Wszechświata dokonujemy metodami laboratoryjnymi lub mówiąc ogólniej metodami *in situ*. W ten sposób od dawna otrzymywaliśmy nie tylko większość wiadomości o Ziemi będącej przecież jednym z ciał niebieskich, ale również o meteorytach i o cząstkach elementarnych promieniowania kosmicznego, które – jak sama nazwa wskazuje – przychodzi do nas z Kosmosu. Dzisiejsza astronautyka pozwala badać również *in situ* przestrzeń międzyplanetarną i powierzchnię planet, ich satelitów i komet. Jednak nie tylko współczesny stan astronautyki, ale również możliwości jej przyszłego rozwoju nie zapowiadają bezpośredniego badania obszarów bardziej oddalonych od Układu Słonecznego. Podstawową metodą badań astronomicznych pozostają więc *obserwacje astronomiczne*, pod którymi się rozumie oglądanie i pomiary najrozmaitszych *promieniowań* dochodzących do nas z różnych kierunków Wszechświata, a więc wyznaczanie tych kierunków, mierzenie intensywności i jakości (np. barwy promieniowania świetlnego) oraz zmian, jakie w tym wszystkim zachodzą z upływem czasu.

I tu się już wyłania pierwsza trudność. Wszystkie znane dotąd w nauce promieniowania mają skończoną prędkość rozprzestrzeniania i do tego tracą intensywność w miarę przebytej drogi. Dlatego metodami astronomicznymi można poznać cały

ZASADY KOSMOLOGICZNE

DOSKONAŁA

PRAHINDUSKA

ANTROPICZNA

UOGÓLNIONA KOPERNIKA

Wszechświat tylko o tyle, jeśli jego rozmiary są ograniczone, jeśli jest przestrzennie skończony. Niestety nie wszyscy są przekonani o skończoności Wszechświata, a co gorsze ogromna większość astronomów (choć nie wszyscy) wierzy w to, że Wszechświat się rozszerza. Z rozszerzaniem wiąże się przekonanie o istnieniu *horyzontu kosmologicznego*, to jest odległości, spoza której żadne promieniowanie nie może do nas dotrzeć, gdyż względna prędkość oddalania się od nas obszarów dalej leżących jest większa od prędkości światła. W tej sytuacji metodą obserwacji astronomicznych możemy poznać tylko to, co się mieści wewnątrz horyzontu kosmologicznego. Ten obszar nazywamy *obserwowalnym obszarem Wszechświata*. A co z obszarami nieobserwowalnymi? Przecież i one do Wszechświata należą.

I tu wchodzi w grę zdolność człowieka, bez której jakiekolwiek zdobywanie wiedzy byłoby niemożliwe – myślenie. Przecież jeśli o czymkolwiek potrafię logicznie, poprawnie myśleć, to już coś o tym wiem. Cała matematyka, na przykład, jest wiedzą zdobytą wyłącznie przez myślenie. Oglądany kształt poletka, czy wycinka papieru może być dla mnie pobudką do myślenia o trójkącie, ale przecież trójkąta – jak wiadomo – nie sposób ani zobaczyć, ani namacać, można go tylko pomyśleć. Podobnie więc te nienamacalne, nieoglądalne, nieobserwowalne części Wszechświata możemy jakoś poznawać przez myślenie.

Kiedy pierwsza żona Alberta Einsteina doradziła mu, aby dla sformalizowania idei Macha o pełnej względności układów odniesienia użył od dawna istniejącego, ale prawie niewykorzystywanego rachunku tensorowego, udało mu się ułożyć układ równań tensorowych opisujących budowę całego Wszechświata. Aby ten układ rozwiązać,

musiał, jak to zwykle bywa przy bardziej skomplikowanych równaniach, coś dodatkowo założyć. Einstein założył, że Wszechświat obserwowany z każdego miejsca i w każdym kierunku wygląda z grubsza tak samo. W terminologii nauk ścisłych mówimy: Wszechświat jest izotropowy i jednorodny. Czy tak jest w obszarze obserwowalnym, można sprawdzać metodami astronomicznymi. Czy tak jest w pozostałych nieobserwowalnych obszarach pozostawić trzeba wyłącznie myśleniu. To einsteinowskie założenie, jak się dużo później okazało, jest prostym uogólnieniem teorii Kopernika i nazywamy je dziś *Uogólnioną Kopernikowską Zasadą Kosmologiczną*. Wynika z niej, jako nieuniknione, logiczne następstwo, że we Wszechświecie jedynym dopuszczalnym, wielkoskalowym i *systematycznym* ruchem może być wzajemne oddalanie lub zbliżanie ciał niebieskich z prędkością *wprost proporcjonalną* do odległości tych ciał. Jest to tak zwane *prawo Hubble'a*. Czy jest ono spełnione w obserwowalnej części Wszechświata, jest treścią trwającej, burzliwej dyskusji wśród astronomów, między innymi tematem międzynarodowej XIII Krakowskiej Letniej Szkoły Kosmologii we wrześniu 1992 w Łodzi *). Czy jest spełnione w całym Wszechświecie – zależy od słuszności Uogólnionej Kopernikowskiej Zasady Kosmologicznej. Obserwacyjnie się tego sprawdzić nie da.

Przez pewien czas sądzono, że Uogólniona Kopernikowska jest jedyną możliwą zasadą kosmologiczną. Później sformułowano inną tzw. *Doskonałą Zasadę Kosmologiczną* orzekającą, że Wszechświat oglądany nie tylko z każdego punktu i w każdym kierunku, ale również w każdym czasie wygląda z grubsza tak samo. Z tej zasady wynika interesujący model kosmologiczny zwany po polsku *modelem stanu stacjonarnego*, lecz chyba bardziej spopularyzowany pod angielską nazwą *steady state*. W tym modelu Wszechświat stale się rozszerza, ale nie zmienia średniej gęstości materii, gdyż ta jest ciągle kreowana. Oczywiście osobliwe właściwości tego modelu nie wynikają z obserwacji, lecz z przyjętej zasady kosmologicznej.

W obronionej w roku 1990 dysertacji doktorskiej Tadeusz Sierotowicz przedstawił wyszperane z literatury kilkanaście różnych zasad kosmologicznych. Jeśli jednak pominąć drobne różnice sformułowań, można powiedzieć, że obecnie istnieje sześć podstawowych zasad kosmologicznych. Trzy z nich należą do historii, trzy inne zostały sformułowane w ciągu XX stulecia. Oto ich przegląd:

Prahinduska Zasada Kosmologiczna.

Wszechświat jest nieskończenie różnorodny i nieskończony w czasie i przestrzeni. Wynika stąd, że Ziemia nie jest ciałem ani wyjątkowym, ani przeciętnym (w nieskończonej różnorodności nie istnieją ani wartości średnie, ani skrajne).

Antyczna Zasada Kosmologiczna.

Ziemia jest naturalnym środkiem Wszechświata. Wynika stąd, że cały Wszechświat zbudowany jest koncentrycznie wokół Ziemi. Również nieobserwowalne fizyczne części Wszechświata (za taką uważano niebo empirejskie) otaczają dookoła Ziemię. Na tej zasadzie oparte są liczne geocentryczne modele Wszechświata.

Oryginalna Kopernikowska Zasada kosmologiczna.

Wszechświat oglądany z każdej planety wygląda z grubsza tak samo. Na tej zasadzie oparty jest zarówno oryginalny model Kopernika, jak model Keplera, a również model Tychona Brahego, przy czym ten ostatni spełnia jednocześnie zasadę kopernikowską i antyczną.

Uogólniona Kopernikowska Zasada Kosmologiczna

zwana również zasadą słabą lub zwykłą. Wszechświat oglądany z każdego punktu i w każdym kierunku wygląda tak samo. Jest to zasada mająca do dziś najwięcej zwolenników. Dopuszcza ona ogólną ewolucję Wszechświata.

Doskonała Zasada Kosmologiczna.

Wszechświat oglądany w każdym czasie, z każdego punktu i w każdym kierunku wygląda z grubsza tak samo. Ta zasada dopuszcza wprawdzie ewolucję poszczególnych ciał niebieskich wewnątrz Wszechświata, ale nie dopuszcza ewolucji Wszechświata jako całości.

Antropiczna Zasada Kosmologiczna.

Podstawowe właściwości Wszechświata można wyprowadzić z założenia, że we Wszechświecie istnieją istoty fizyczne, inteligentne, mające pasję poznawczą (czyli po prostu ludzie). Ta zasada po raz pierwszy nieśmiało sformułowana w czasie Nadzwyczajnego Kongresu Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Polsce w 1973 roku została upowszechniona, spopularyzowana i rozreklamowana w latach osiemdziesiątych przez kilka wydań książki Tiplera i Barrowa tę zasadę omawiającej.

Zasady kosmologiczne trzeba wyróżnić i oceniać oddzielnie od wiedzy obserwacyjnej o Wszechświecie. W istocie są one niezależne od „budulca" użytego do „konstrukcji" Wszechświata. Dla starożytnych Greków i dla Kopernika tym budulcem były przede wszystkim planety, dla Einsteina – gwiazdy (o istnieniu ga-

*) szkołę reklamowaliśmy w PA 1/92 i 2/92

laktyk dowiedział się dopiero później). Potem zaczęto „konstruować" Wszechświat z galaktyk, potem z gromad galaktyk, dziś raczej z baniek piany Woronoja. Właściwie każdą zasadę można zestawić z każdym „budulcem".

W miarę mnożenia się zasad kosmologicznych, przetargów popieranych wymyślnymi argumentami pomiędzy zwolennikami poszczególnych zasad, powstają wątpliwości co do sensu posługiwania się takimi zasadami. Niektórzy chcieliby, aby astronomię ograniczyć wyłącznie do badania obszaru obserwowalnego, a co za tym idzie aby wykluczyć z niej kosmologię, którą wypadałoby wtedy uznać za metafizykę niż naukę ścisłą. Wiąże się to z podstawowym problemem, czy istnieją nieprzekraczalne granice poznania. Smutno by jednak było, gdybyśmy musieli przyjąć, że Wszechświat, ten zwykły, materialny, w którym żyjemy, ma dla nas pozostać niepoznawalny. Nasze myśli postrzegamy w gruncie rzeczy podobnie jak postrzegamy wrażenia zmysłowe. Myśl o Księżycu w tej samej mierze należy do niego jak postrzeżenie jego barwy i kształtu. Również myśl o Wszechświecie należy do Wszechświata. Wskazują na to chociażby XIX wieczne paradoksy kosmologiczne. Przez proste myślenie udało się wtedy stwierdzić jaki *nie jest* Wszechświat, a więc uzyskać o nim pewne wiadomości. Nie należy więc wątpić, że myślą można osiągnąć i dalszą wiedzę o Wszechświecie jako o całości. Inna rzecz, że istniejące obecnie zasady kosmologiczne mogą się okazać zbyt prymitywne do tego celu.

UWAGA!

Autor tego artykułu zezwala na poprawienie w swoim tekście ortografii, zwłaszcza interpunkcji, na której się nie zna. Natomiast nie zgadza się na jakiekolwiek zmiany stylistyczne. Z redakcjami, które takie zmiany ***bez uzgodnienia wcześniejszego z nim*** *wprowadzają, przestaje współpracować.*

BROŃ NAS PANIE BOŻE! Bardzo liczymy na dalszą przychylność **Profesora**, a z interpunkcją sami mamy problemy. **Konrad Rudnicki** to barwna postać, o niezwykle szerokich zainteresowaniach naukowych; odkrywca komet, badacz materii międzygalaktycznej, kosmolog. Opis **Jego** kariery i badań pojawia się w kilku miejscach tego zeszytu.

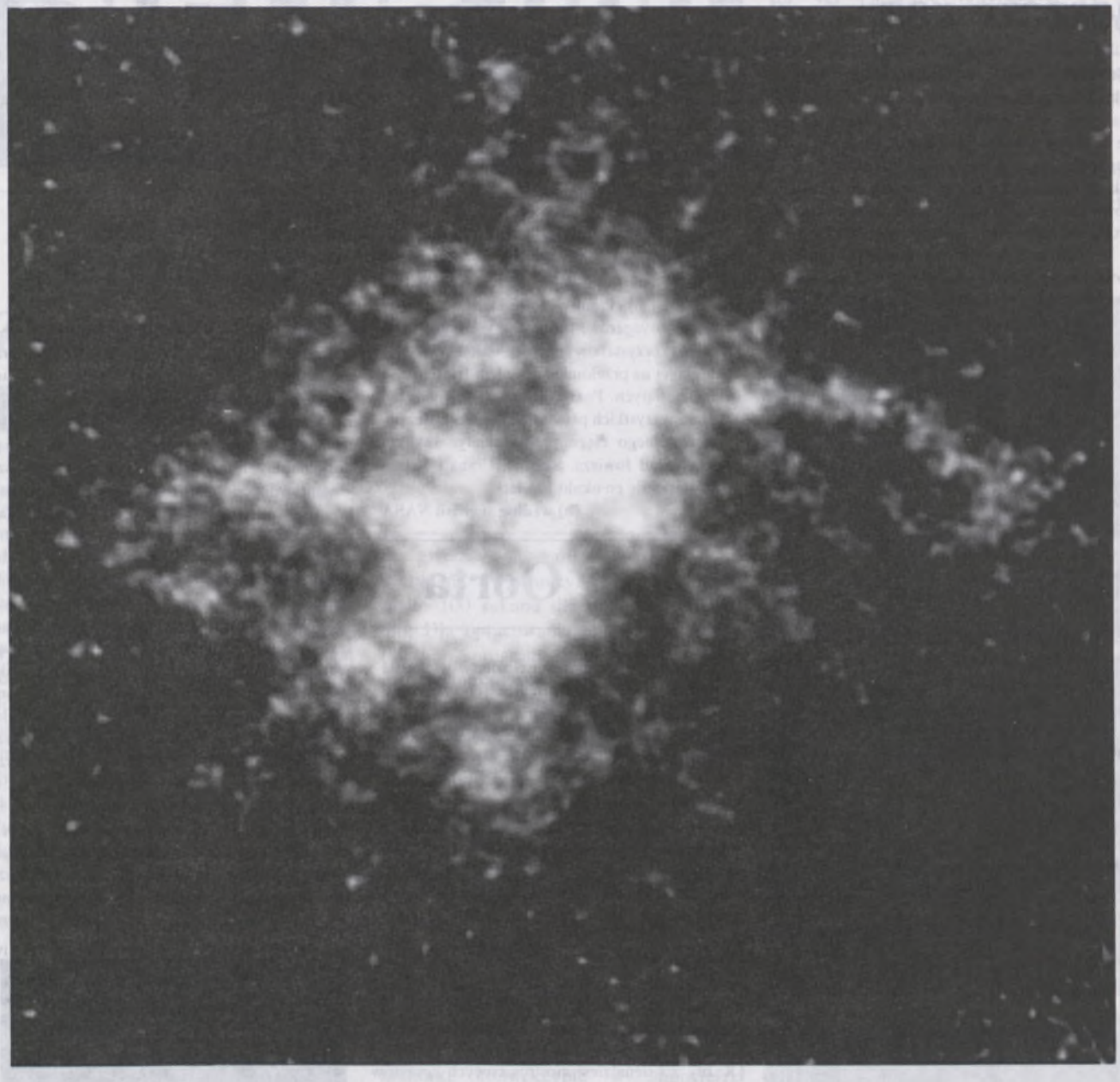
REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA

Prywatne Wydawnictwo Naukowe "VEGA"
ul. Kołłątaja 4/15 95-035 Ozorków
oferuje w sprzedaży wysyłkowej:

kwartalnik
VADEMECUM MIŁOŚNIKA ASTRONOMII
(cena 9000 zł za egz.)
oraz
szeroki asortyment literatury astronomicznej
(w tym m.in.: atlasy nieba, kalendarze)

Szczegółowy wykaz posiadanych wydawnictw wysyłany zainteresowanym, po otrzymaniu zaadresowanej koperty zwrotnej ze znaczkiem pocztowym.

REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA*REKLAMA



Mgławica N66 w Wielkim Obłoku Magellana

Prezentowane zdjęcie zostało wykonane 26 czerwca 1991 r. przy pomocy kamery FOC (przeznaczonej do fotografowania słabych obiektów) Teleskopu Kosmicznego i jest pierwszym wizerunkiem mgławicy planetarnej położonej w innej niż nasza galaktyce, na którym wyraźnie widać szczegóły złożonej struktury mgławicy.

Mgławica N66 leży w Wielkim Obłoku Magellana, odległym o 169 tysięcy lat świetlnych. Rozmiary najmniejszych struktur i szczegółów widocznych na zdjęciu nie przekraczają 0.08 lat świetlnych (0.1 sekundy łuku). Aczkolwiek na podstawie wcześniejszych obserwacji spektroskopowych spodziewano się asymetrycznej budowy mgławicy, dopiero Teleskop Kosmiczny był w stanie ją zobaczyć. Ekspozycja, w linii wzbronionej podwójnie zjonizowanego tlenu ($\lambda = 5700$ Å), trwała zaledwie 540 sekund. Uzyskany obraz poddano następnie obróbce komputerowej, usuwającej wpływ wadliwej optyki teleskopu, aczkolwiek wszystkie szczegóły struktury N66 były widoczne również na nie obrobionym obrazie. Najjaśniejsza część mgławicy ma średnicę kątową około 2.4 sekundy łuku, co odpowiada 1.9 lat świetlnych. Mgławica N66 powstała w wyniku odrzucenia zewnętrznej otoczki przez jasnego czerwonego olbrzyma (o tym jak powstają mgławice planetarne pisaliśmy w zeszycie PA 1/92). W środku widać bardzo jasną i gorącą pozostałość – jądro czerwonego olbrzyma, która jonizuje materię mgławicy powodując jej świecenie w optycznym i ultrafioletowym zakresie widma. Poszczególne fragmenty mgławicy oddalają się od gwiazdy centralnej z prędkościami aż do około 100 km/s. (J)

Odkryjmy to jeszcze raz

Mechanika klasyczna i nauki z nią związane, takie jak mechanika nieba są bardzo mocno sformalizowane matematycznie. Formalizm ten może zarówno pomagać jak i przeszkadzać w zrozumieniu istoty zagadnienia. Zdarza się nawet tak, że zbyt mocne zaangażowanie w formalizm powoduje niezauważenie tego, iż inni już to zrobili wykorzystując „proste narzędzia".

W jednym z ostatnich numerów czasopisma *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* ukazała się praca [1], w której, wykorzystując nadwyraz abstrakcyjny aparat matematyczny, pokazano możliwość zachodzenia bardzo ciekawego zjawiska.

Wiadomo, że w zagadnieniu dwóch punktów materialnych ciała mogą krążyć w *jednej płaszczyźnie* po orbitach kołowych wokół wspólnego środka masy. Gdy jedno z ciał jest rozciągłe (np. jest niesymetryczną bryłą), to jest możliwy taki ruch, że ciała, tak jak poprzednio krążą po orbitach kołowych, jednakże orbity te leżą na *dwóch różnych, równoległych płaszczyznach*. Przyczyną tego jest sprzężenie ruchu orbitalnego bryły z jej ruchem obrotowym.

Do wykazania, że efekt ten zachodzi i policzenia jak jest on duży, formalizm zastosowany przez autorów wspomnianej pracy jest zupełnie zbyteczny – wystarczy wiedza z tradycyjnego kursu mechaniki teoretycznej i analizy. Co więcej, tak też było to zrobione przez Yu. W. Barkina [2] sześć lat wcześniej. Policzył on również, że efekt ten w układzie Ziemia – Księżyc wynosi ok. 1 mm, a w układzie Mars – Fobos ok. 0,7 mm. Pomimo małości efekt ten może okazać się istotnym przy długoczasowej ewolucji w ruchu orbitalnym i obrotowym.

A. J. M.

[1] Li-Sheng Wang, P. S. Krishnaprasad, J. H. Maddocs, 1991, Celest. Mech., 50, 349–386
[2] Yu. W. Barkin, 1985, Kosm. Issled., 23, 26–36

Podróżnik

Voyager 1, jeden z dwóch bliźniaczych satelitów wystrzelonych na orbitę w roku 1977 przeleciał już odległość 50 razy większą niż ta, która dzieli Ziemię od Słońca i stanowi jednostkę astronomiczną. Tak daleko nie sięga nawet orbita Plutona.

Statek zmierza teraz do krańca przestrzeni, będącej pod kontrolą Słońca i wkrótce wkroczy w obszar tak zwanej heliopauzy, stając się samodzielnym członkiem całej Galaktyki.

Odległość od Słońca równą dokładnie 50 jednostek astronomicznych (w skrócie j.a.) przekroczył 9 października 1992, o godzinie 1:30 czasu PDT. Wartość tej odległości w kilometrach wynosi 7 480 357 296.

Voyager 1 został wystrzelony 5 września 1977, w dwa tygodnie po wystrzeleniu Voyagera 2. Poruszając się po szybszym torze niż jego bliźniak, już 5 marca 1979 dotarł do Jowisza, a 21 listopada 1980 do Saturna.

Pole grawitacyjne Saturna skierowało następnie Voyagera 1 w górę, pod kątem 35 stopni w stosunku do ekliptyki i tak też się statek nadal posuwa, z prędkością 520 mln km na rok.

Urządzenia na statku nadal działają i będą dostarczać danych obserwacyjnych tak długo, aż statek nie przekroczy heliopauzy, rozciągającej się na odległość 60 do 90 j.a. od Słońca, w zależności od natężenia jego aktywności.

Voyager 2 oddalił się od Słońca dopiero na podległość 38 j.a. Równie daleko zawędrowały dwa inne statki wystrzelone przez NASA: Pionier 10 (55 j.a.) i Pionier 11 (36 j.a.).

Misja Voyagerów, tak obfita w wyniki naukowe, wykorzystała wyjątkowy układ zewnętrznych planet na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. Pozwolił on statkom na zbliżenia do wszystkich planet bez konieczności posiadania silnego ciągu przez rakiety. Tak korzystny układ Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna powtarza się co około 175 lat!

(b) według serwisu NASA

Śmierć Oorta

W listopadzie br. zmarł w Lejdzie, w wieku 92 lat, Jan Oort, na skutek komplikacji po złamaniu kości biodrowej. Był on nie tylko jednym z najznakomitszych astronomów holenderskich, ale i światowych. Do jego osiągnięć zalicza się stwierdzenie ruchu obrotowego naszej Galaktyki, oraz umiejscowienie Układu Słonecznego na peryferiach Drogi Mlecznej. On też właśnie wprowadził do astronomii pojęcie znane dziś pod nazwą „Obłoku Oorta". Obłok Oorta to hipotetyczne halo złożone z brył lodowych, leżące daleko poza orbitą Plutona i sięgające w przestrzeń aż po odległość 2 lat świetlnych. Byłoby to miejsce, skąd nadlatują do nas komety. Dzisiejsza nauka zdaje się potwierdzać istnienie tego „obłoku". Warto też wspomnieć pionierskie prace Oorta rozważające istnienie tzw. ciemnej materii, czyli materii przyczyniającej się do zwiększenia masy całego Wszechświata, ale nie podlegającej naszej bezpośredniej obserwacji.

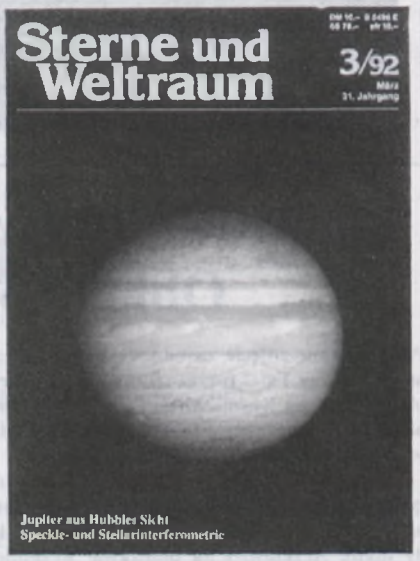
E. K.

Mira = o Ceti AB

Mira (patrz również „donos" na sąsiedniej stronie), poza tym, że jest protoplastką typu pulsujących czerwonych olbrzymów, stanowi jeden z najbardziej zagadkowych układów podwójnych. Od kilkudziesięciu lat mierzy się, wciąż doskonalonymi metodami, separację towarzysza – najprawdopodobniej masywnego białego karła – wciąż nie ma jasności co do okresu orbitalnego układu. Wskutek akrecji materii z wiatru gwiazdowego Miry, biały karzeł przejawia słabo dotąd zbadaną aktywność. Przejawia się ona spektroskopowo, w postaci dodatkowego gorącego kontinuum i fotometrycznie, w postaci szybkiej zmienności w skali minut (*flikeringu*). Wskutek słabej jasności gorącego składnika (10 – 12 mag) efekty te mogą być obserwowane tylko w pobliżu minimum Miry i w krótkofalowej części widma optycznego. Ponieważ okres pulsacji Miry jest tylko około miesiąca krótszy od roku, dobre warunki (tzn. minimum Miry w opozycji do Słońca) do obserwacji o Cet B, obejmują mniej więcej trzy sezony obserwacyjne raz na 12 lat. Pierwszy z takich sezonów to właśnie przełom lat 1992/93. Być może więc, w najbliższych latach lepiej poznamy naturę tego układu.

(m)

Materiał publikowany na sąsiedniej stronie oraz część zdjęć na wkładce pochodzi od kolejnego (po włoskiej *l'Astronomia*, prezentowanej w poprzednim numerze) „kuzyna" *Postępów Astronomii* – niemieckiego *Sterne und Weltraum*. Każdy z osiemdziesięciostronicowych zeszytów tego miesięcznika prezentuje sobą jak gdyby doskonałe połączenie *Uranii* z *Postępami Astronomii*, a więc świetnie redagowanych materiałów dla typowych miłośników astronomii i pisanych przez najlepszych specjalistów, bogato ilustrowanych artykułów popularnonaukowych, nieraz głęboko wnikających w naturę omawianych problemów. Podpatrujemy czasem naszych niemieckich kolegów i wiele się od nich, zarówno w pracy redakcyjnej jak i edytorskiej, nauczyliśmy. Jedyną wadą dla polskiego czytelnika jest... cena: 10 DM za zeszyt. Ale w prenumeracie tylko 103 DM za rok! Na wszelki wypadek podajemy więc adres Redakcji: Sterne und Weltraum, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, W-6900 Heidelberg.



Sterne und Weltraum

Interferometria optyczna pozwala badać szczegóły na tarczach najbliższych gwiazd olbrzymów

Zmienna powierzchnia Betelgeuse

Thomas Bührke

Albert Michelson i F. G. Pease już w 1920 roku wyznaczyli średnicę Alfa Orionis (Betelgeuse) interferometrem Michelsona na 2.5 – m teleskopie na Mount Wilson. Brytyjsko–amerykańska grupa pod kierownictwem Richarda Wilsona stosuje od jakiegoś już czasu inną metodę interferometryczną („Nonredundant masking") na 4.2 – m teleskopie na La Palma aby wyznaczyć dla jasnych gwiazd średnicę, kształt i detale powierzchniowe. Znaleźli oni na Betelgeuse zmieniające się w czasie plamy.

Instrument pracuje jako teleskop z syntezą apertury. Normalnie stosuje się dwa zwierciadła teleskopowe i kieruje wiązkę promieniowania w jeden punkt. Tam ukazuje się obraz interferencyjny gwiazdy. Następnie zmniejsza się odstęp teleskopów tak długo, dopóki interferogram nie zniknie. Z tego odstępu można wyznaczyć średnicę gwiazdy.

Wilson z kolegami zastosował w teleskopie maski z 4 do 6 otworami o średnicy po 12 cm. Wszystkie otwory miały różne odstępy pomiędzy sobą i działały w ten sposób jak wiele par zwierciadeł o różnych odstępach. Zaoszczędza się w ten sposób przesuwanie teleskopów. Rozdzielenie obrazu dyfrakcyjnego następuje jedynie w kierunku każdorazowej linii łączącej dwie apertury. Wilson i jego koledzy obracali maski pomiędzy kolejnymi zdjęciami i otrzymali w ten sposób dwuwymiarowy „obraz" obiektów. Ponieważ obserwowane gwiazdy są bardzo jasne w podczerwieni, wystarczyło je naświetlać około 100 sekund dla długości fali 710 nm. Dla opracowania ich danych wykorzystano program komputerowy (tzw. metodę maksimum entropii), który radioastronomowie przygotowali dla opracowania obserwacji VLBI *).

Najciekawsze wyniki uzyskali oni dla Alfa Orionis i Omikron Ceti (Mira).

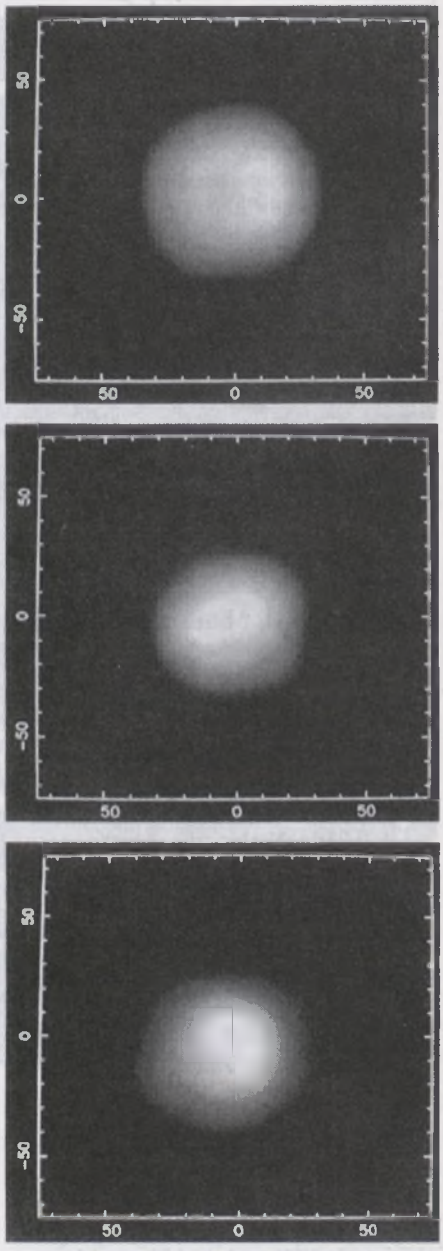
Dla Betelgeuse uzyskali 0".055 jako średnią wartość średnicy kątowej. Dla odległości 310 lat światła daje to średnicę liniową wynoszącą 5.2 j.a. lub 560 średnic Słońca. Oprócz tego z ich danych wynika istnienie jednej lub dwóch jasnych plam na powierzchni. W czasie trzech ciągów obserwacyjnych pomiędzy lutym 1989 i wrześniem 1991 plamy te zmieniały się w sposób widoczny (zob. rysunek). Jednym z możliwych powodów mogłyby być duże komórki konwekcyjne w atmosferze nadolbrzyma. Już kilka lat temu postulowano, że takie twory są odpowiedzialne za nieregularne zmiany blasku Betelgeuse.

Dla Miry, zmiennej pulsującej, astronomowie ci stwierdzili silnie spłaszczony kształt z maksymalną średnicą 0".0255 bez znaczących tworów powierzchniowych. Odpowiada to rozmiarom 1.8 j.a. ×1.5j.a. Kąt pozycyjny największego rozdęcia nie zmienił się znacząco w czasie czterech faz pulsacji. Przyczyny spłaszczenia gwiazdy nie są jasne. Wydaje się mało prawdopodobnym – z powodu dużej odległości, 60 j.a. – aby odpowiadał za to towarzysz. Być może przyczyną mógłby być strumień materii z Miry na gwiazdę towarzyszącą, spowodowany asymetrycznymi falami uderzeniowymi w atmosferze Miry.

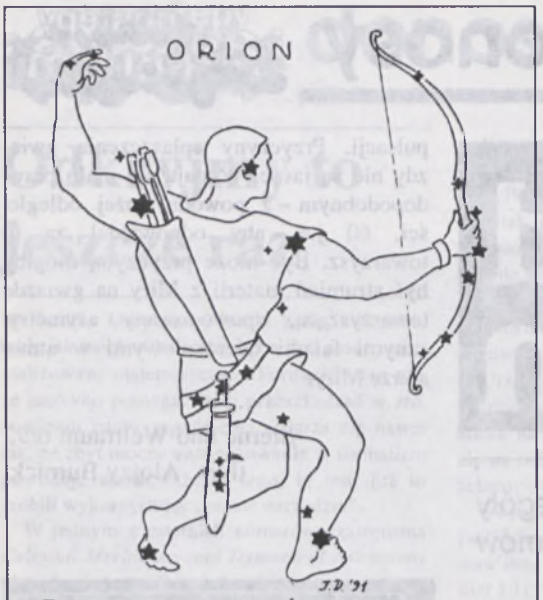
Sterne und Weltraum 6/92

tłum. Alojzy Burnicki

*) O interferometrii wielkobazowej VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*) pisał Andrzej Marecki w PA 1/91, str. 36 (red.)



„Zdjęcia" Betelgeuse uzyskane z obserwacji interferometrycznych: a) luty 1988, b) styczeń 1991, wrzesień 1991 (skala w milisekundach łuku). Fot. R. Wilson, MRAO, Cambridge.



Gwiazdozbiór na zimę

Tam gdzie rodzą się gwiazdy...

Ewa Janaszak i Bogdan Kulesza

„Najpierw ziemię wyrzeźbił, a potem niebiosa i morza
Słońce niezmordowane i księżyc w pełni, a wreszcie
Gwiazdozbiory wszelakie, co wieńczą nieba sklepienie,
Więc Plejady, Hyady i też potężnego Oriona
I Niedźwiedzicę, co Wozu Wielkiego ma również nazwanie,
Krąży ciągle na miejscu i Oriona spoziera,
Z gwiezdnych zaś gromad jedyna nie nurza się w toń Okeanu."

Homer, *Iliada*, tłum. I. Wieniawski

ZIMA wśród wielu swoich uroków, ma jeszcze i ten, że długie noce dają sporo czasu na poznanie nieba. Na zimowym firmamencie króluje Orion, jeden z najjaśniejszych gwiazdozbiorów. Są w nim 2 gwiazdy pierwszej wielkości, 4 – drugiej, 7 – trzeciej i 12 czwartej wielkości, jest też wiele słabszych, lecz niezwykle ciekawych obiektów. Najjaśniejsze gwiazdy tworzą wyraźny rysunek, budzący letnie wspomnienia – widać tam snop żyta przewiązany wpół albo motyla z rozpostartymi skrzydłami. Nasza zubożała wyobraźnia tylko tyle nam podpowiada, zdajmy się więc na tradycję sięgającą starożytnych czasów i doszukajmy się wśród gwiazd postaci rosłego mężczyzny.

W mitologii sumeryjskiej był to Ninszubur, posłaniec bogini urodzaju Isztar i jeden ze strażników najwyższego boga Anu. Inni widzieli tu Gilgamesza, legendarnego bohatera walczącego z ludźmi – skorpionami. W wierzeniach babilończyków to myśliwy Nimrod, złe wcielenie boga Marduka. Kapłani egipscy utożsamiali ten gwiazdozbiór z Horusem – sokologłowym bogiem myśliwych. W późniejszych wierzeniach Horus stał się bogiem światła, a w jego oczach błyszczały Słońce i Księżyc. Walczył on z siłami mroku i przerażającymi bestiami ukrywającymi się wśród gwiazd: z Hydrą, Żmiją i Skorpionem. W Egipcie gwiazdozbiór ten nosił też inne nazwy: Mumia, Smali – osiris (Ozyrys dający jęczmień).

Arabowie nazywali go Albabadur (Silny), Aldżabar (Olbrzym) lub Alnasak (Szereg). W chrześcijańskim świecie stosowane były nazwy: Trzej Królowie, Trzy Maryje, Laska Jakuba, Berło Matki Bożej, a w tradycji ludowej byli to Trzej Kosiarze lub też zwyczajnie Grabie albo Pług. W XIX wieku przechrzczono go nawet imieniem Napoleon. Na szczęście powrócono do greckiej nazwy Orion. Na szczęście, bo Grecy stworzyli o nim najpiękniejsze legendy.

Ten niezwykłej urody myśliwy z Beocji był synem boga morza Posejdona i jednej z Gorgon – Euriale. W innej wersji jego matką była Gea – Ziemia. Podczas jednej ze swych licznych wędrówek trafił Orion na wyspę Chios, gdzie do szaleństwa zakochał się w córce królewskiej Meropie. Gdy poprosił o jej rękę, król zażądał, aby najpierw oswobodził wyspę od dzikich zwierząt. Orion z zapałem przystąpił do dzieła i co wieczór składał u stóp Meropy stosy zwierzęcych skór. Wkrótce na wyspie nie było już dzikich stworzeń, król jednak nie dotrzymał słowa. Rozsierdzony myśliwy wychylił dzban wina i zakradł się do komnaty królewny z zamiarem spędzenia z nią nocy. Zemsta króla była okrutna. Orion został oślepiony i wygnany na brzeg morza. Dzięki pomocy Posejdona dotarł na wschód, do miejsca, gdzie co rano wynurzał się z Okeanu bóg Słońca, Helios. Tam ujrzała go bogini jutrzenki Eos i pokochała go całym sercem. Jej łzy sprawiły, że Helios przywrócił Orionowi wzrok. Jednak bogowie, z obawy aby i inne boginie nie potraciły głów z powodu niezwykłej urody i siły olbrzyma, wysłali za nim w pościg ogromnego, jadowitego Skorpiona. Pogoń ta trwa do dzisiaj i nadal możemy oglądać jak Orion chowa się pod horyzont, gdy tylko wzejdzie Skorpion. W innym z mitów Orion zabłądził w lesie i trafił do Arkadii – wiecznie zielonej krainy bogini łowów. Był upalny dzień i Artemida odpoczywała nad brzegiem rucżaju. Towarzyszące jej nimfy zdjęły z niej szaty i przygotowały do kąpieli. W tym samym momencie trzasnęła gałązka – to Orion, urzeczony widokiem, przypatrywał się intymnej scenie. Spłoszone nimfy zasłoniły boginię, aby nie dosięgł jej wzrok zuchwałego śmiertelnika. Rozgniewana Artemida zamieniła Oriona w jelenia. Wkrótce dopadły go psy i rozszarpały na strzępy. Inna historyjka, jaką opowiadali sobie Grecy, mówi o tym, jak zakochany Orion prześladował swą miłością towarzyszki Artemidy – Plejady, córki Atlasa i Pleyone. Nastawał na ich cześć tak długo, aż litościwi bogowie zamienili siedem sióstr w gołębice i przenieśli je na niebo. Ale i tam muszą uciekać ciągle przed Orionem, choć mają wspaniałego obrońcę – Byka, na którego karku przysiadły.

Orion dostał się na niebo w licznym towarzystwie zwierząt. Jest z nim ulubiony pies Syriusz, Mały Pies goniący Jednorożca, spod nóg myśliwego umyka Zając. Czas już jednak porzucić stare baśnie i miłe ciepełko przy piecu i spojrzeć na mroźne niebo...

Orion z atlasu gdańskiego piwowara i astronoma, Jana Heweliusza

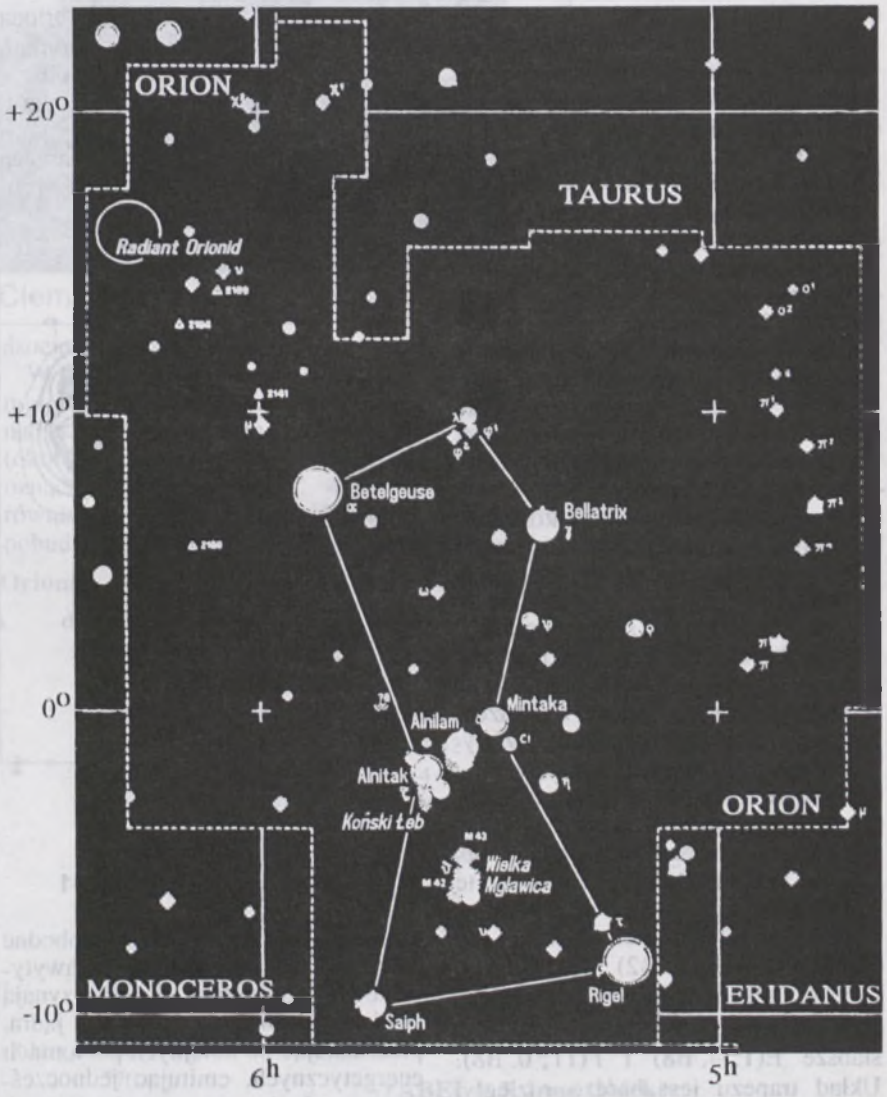
BEZ trudu znajdziemy trzy jasne gwiazdy: ζ (dzeta), δ (delta), ε (epsilon), leżące blisko siebie w linii prostej. To tak zwany Pas Oriona, a gwiazdy noszą imiona: **Alnitak** tzn. Bandolet, **Mintaka** czyli Pas i **Alnilan**, Sznur Pereł. Dwie pierwsze to bardzo gorące nadolbrzymy (temperatura powierzchni około 30000 K), należące do stosunkowo rzadkiego typu widmowego O.

Orion w większości składa się z takich gorących niebieskich gwiazd. Wyjątek stanowi **Betelgeuse**, druga pod względem jasności gwiazda Oriona. Nazwa jej pochodzi od arabskiego Ibt al–dżaudza co oznacza prawe ramię olbrzyma. Obserwowana jasność $0^m.41$ daje tej gwieździe 12 miejsce na niebie. Jest to czerwony nadolbrzym, o temperaturze powierzchni około 3000 K (typ widmowy M2). Mimo niskiej temperatury ogromne rozmiary tej gwiazdy (w skali Układu Słonecznego promień jej sięgałby do orbity Marsa) sprawiają, iż wysyła średnio 24000 razy więcej energii niż Słońce. Betelgeuse to ewolucyjny staruszek. W jej jądrze, po wyczerpaniu się wodoru, zachodzą reakcje syntezy jąder pierwiastków cięższych niż hel. Betelgeuse jest gwiazdą zmienną. Jej jasność zmienia się od $0^m.4$ do $1^m.3$ wielkości gwiazdowej, ze średnim okresem 2070 dni. Z tym samym okresem zmienia się jej promień, od 730 do 1000 promieni słonecznych. W maksimum jasności osiąga ona wartość najmniejszą (temperatura największa), a w minimum wartość największą (temperatura najmniejsza). Obserwuje się ciągły silny wypływ materii z powierzchni tej gwiazdy, w tempie 1 masy Słońca w ciągu miliona lat i tworzenie się gazowo – pyłowej otoczki wokół gwiazdy. Badania wykonane satelitą IRAS, obserwującym w podczerwieni, ujawniły istnienie trzech pyłowych otoczek, najdalszą w odległości 4.5 roku świetlnego. Wskazuje to, że materia została wyrzucona od 50 do 100 tysięcy lat temu. Betelgeuse jest najsilniejszym na niebie źródłem promieniowania w bliskiej (długość fali 2 mikrometry) podczerwieni. Ostatnio, metodami interferometrii plamkowej udało się uzyskać obraz powierzchni tej gwiazdy. Otrzymany obraz ujawnił istnienie olbrzymiej, chłodnej plamy, pokrywającej ponad połowę powierzchni gwiazdy.

Betelgeuse oddalona jest od nas o 520 lat świetlnych. Posiada słabszego towarzysza o jasności 11^m oddalonego na niebie o 3 minuty łuku. Mimo, iż oznaczona literą α (alfa), nie jest najjaśniejszą gwiazdą tej konstelacji. Swoim blaskiem przyćmiewa ją **Rigel**– β (beta) Oriona, o jasności $0^m.12$, jedna z najjaśniejszych (7 w kolejności) gwiazd na niebie. Jej blask docenimy tym bardziej, gdy uświadomimy sobie, że jest od nas odległa o 900 lat świetlnych, tzn. że widzimy ją taką jaka była za czasów Piastów. Nazwa jej jest częścią arabskiego określenia Ridż al – dżauza, czyli noga olbrzyma. Astrofizyczne oznaczenie B8Ia wskazuje, iż jest to nadolbrzym o dość wysokiej temperaturze powierzchni ok. 13000 K. Czterdzieści osiem razy większa od słonecznego promień sprawia, iż gwiazda ta emituje olbrzymie ilości energii, 81000 razy więcej niż Słońce. Znamy tylko kilka gwiazd wysyłających jeszcze więcej energii świetlnej. Przez niewielki teleskop w odległości 10″ można dostrzec gwiazdę o jasności $7^m.0$ i jak się okazuje jest to układ blisko położonych siebie gwiazd ($0''.4$) o jednakowej jasności $7^m.75$. Obserwacje widma wskazują, iż Rigel też jest gwiazdą podwójną o okresie obiegu składników 10 dni. Ta jasna niebieska gwiazda służyła starożytnym żeglarzom w nawigacji, przez co zyskała inną nazwę Marinus Aster (Gwiazda Morska).

Trzecia pod względem jasności to γ (gamma) – **Bellatrix**, co po łacinie oznacza wojowniczkę. Zgodnie z poprzednią konwencją powinniśmy ją nazwać „lewym ramieniem olbrzyma". Gwiazda ma jasność $1^m.64$ i oddalona od nas o 300 lat świetlnych. Typ widmowy B2III wskazuje na temperaturę powierzchni około 20000 K i przynależność do klasy olbrzymów.

Przypominający łuk, łańcuszek słabych gwiazd położony na prawo od



Bellatrix, przedstawia tarczę, którą Orion zasłania się przed rozjuszonym Bykiem z sąsiedniego gwiazdozbioru. Wszystkie gwiazdy tarczy oznaczone są wspólną literką π (pi).

Czwarta gwiazda, tworząca prawe kolano Oriona, to κ (kappa) – **Saiph** po arabsku miecz, gorący olbrzym o

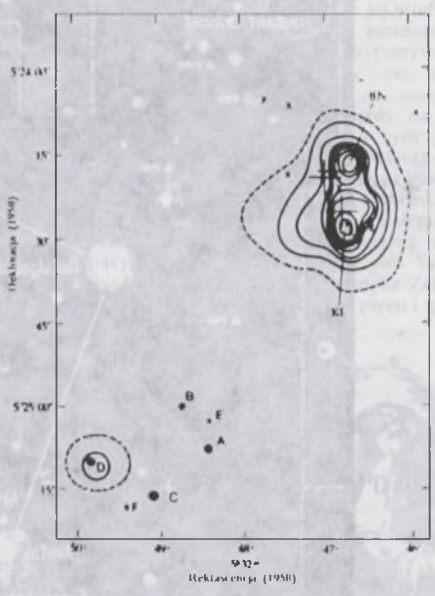
temperaturze powierzchni 25000 K.

Tak wiec jasne gwiazdy dokładnie wyznaczają pas Oriona, jego ramiona i nogi. Głowy musimy się domyśleć wokół słabej gwiazdki λ (lambda) o imieniu Heka, położonej ponad Betelgeuse i Rigel i tworzącej z nimi prawie równoramienny trójkąt. Ta gwiazda, jeszcze bardziej odległa niż Rigel, przewyższa ją temperaturą i jasnością absolutną i należy do najgorętszych znanych gwiazd. Temperatura jej powierzchni osiąga 30000 K.

Wielka Mgławica Oriona

Pod pasem Oriona w okolicy gwiazd ι (jota) i θ (teta), tam gdzie znajduje się miecz mitycznego olbrzyma, dostrzec można gołym okiem niewielką, jasną mgiełkę. To centralna część jasnej (5 4), słynnej **Wielkiej Mgławicy Oriona**, oznaczonej w katalogu Messiera symbolem **M 42**. Jej zdjęcia zdobią prawie każdą książkę popularyzującą astronomię. W jej pobliżu świeci również mgławica M 43. Ciekawe, że nie znamy żadnych starożytnych wzmianek o tym obiekcie i nawet Galileusz nie zwrócił na nią uwagi w swych pierwszych teleskopowych obserwacjach nieba. Mgławicę tę odkrył dopiero Nicolas Pierec w 1611 roku. Stanowi część olbrzymiego kompleksu jasnej i ciemnej materii, gazu i pyłu obejmującego swoim zasięgiem prawie całą powierzchnię gwiazdozbioru. Mgławica ma średnicę około 7 lat świetlnych. Jest to prawdziwy kosmiczny tygiel, w którym, na naszych oczach, powstają nowe gwiazdy. Możemy tam obserwować oddziaływanie młodych gwiazd z materią.

Kierując teleskop na centrum mgławicy, na gwiazdę θ, łatwo zauważymy cztery gwiazdki tworzący tak zwany **Trapez Oriona**. Gwiazdy te oznaczono kolejnymi alfabetu, w nawiasach podajemy ich jasności i typ widmowy: A($6^m.9$, B2), B($8^m.0$, B4), C($5^m.4$, O7), D($6^m.6$, B1). Dwa pozostałe składniki układu są znacznie słabsze E($1^m.4$, B8) i F($11^m.0$, B8). Układ trapezu jest bardzo rozległy, odległość między składnikami A i D wynosi 1000 jednostek astronomicznych. Trapez Oriona jest centralną częścią gromady gwiazd, tak zwanej asocjacji OB, skupiska kilkuset gorących olbrzymów. Układy gwiazd typ – trapezu są bardzo nietrwałe i jak pokazują obliczenia powinny rozpaść się po stosunkowo krótkim, w kosmicznej skali, czasie. Trapez Oriona liczy sobie nie więcej niż 1 milion lat. Jasno świecąca mgławica to obszar HII, obszar zjonizowanego wodoru. Ultrafioletowe promieniowanie gorących gwiazd Trapezu, zwłaszcza gwiazdy C, odrywa elektrony od protonów w atomach wodoru. Swobodne elektrony są następnie przechwytywane przez protony i rozpoczynają swoją wędrówkę w kierunku jądra, przeskakując po kolejnych poziomach energetycznych, emitując jednocześnie promieniowanie o określonych długościach fali. W części widzialnej widma elektromagnetycznego mgławica promieniuje w liniach serii Balmera powstających przy przeskokach elektronu na poziom energetyczny drugi. Najsilniejszą z nich jest linia Hα, która nadaje mgławicy charakterystyczny czerwony odcień. Obserwujemy również świecenie mgławicy w tzw. wzbronionych liniach jedno i dwukrotnie zjonizowanych atomów tlenu. Temperatura gazu jaka ustala się w mgławicy jest rzędu 10000 K. Struktura materii i złożony proces oddziaływania promieniowania wielu gwiazd z materią powodują, iż kształt jasnej części mgławicy jest bardzo nieregularny.



Struktura Obłoku Molekularnego OMC-1

Na północny – zachód od Trapezu w odległości 1' znajduje się **obłok molekularny** (molekuły H_2) oznaczony symbolem OMC–1, niewidoczny w świetle widzialnym. W obłoku tym wykryto wiele źródeł promieniowania podczerwonego. Dwa z nich: obiekt Becklin – Neugebauer (w skrócie BN) i mgławica Kleinmann – Low (KL), emitują 30% całego promieniowania podczerwonego Mgławicy Oriona. Obiekt BN skrywa prawdopodobnie młodszą gwiazdę (młodszą niż 1 milion lat), otoczoną pyłem i gazem ulegającym dopiero jonizacji. Obserwacje w bliskiej podczerwieni wskazują na temperaturę obiektu 530 K, a detale widma podczerwonego, na obecność cząstek lodu i pyłu krzemianowego. W całym obłoku wykryto kilka obiektów typu BN ale znacznie słabszych. Na południe od obiektu BN znajduje się mgławica KL. Jej rozmiary wynoszą 30", a temperatura około 70 K (jądro jest gorętsze, około 200 K). W obłoku wykryto szereg bardzo zwartych, źródeł promieniowania mazerowego o rozmiarach od 10 do 100 jednostek astronomicznych. To takie kosmiczne lasery promieniujące na falach radiowych. Za ich emisję odpowiedzialne są cząsteczki OH i H_2O. Siłą napędową jest prawdopodobnie promieniowanie podczerwone młodych obiektów gwiazdowych (tzw. pompowanie). W tym właśnie obłoku ciągle powstają gwiazdy, a świecąca część Mgławicy Oriona to obszar, z którego promieniowanie młodych gwiazd zdążyło już wymieść resztki pyłu i zjonizować powstały gaz. O zachodzących procesach powstawania gwiazd świadczy również występowanie tzw. obiektów Herbiga – Haro (H–H), protogwiazd na etapie kondensacji, wyrzucających dwubiegunowo strugi materii (tzw. dżety) i silnie promieniujących w podczerwieni.

Można właściwie mówić o jednej dużej **asocjacji** OB w gwiazdo-

zbiorze, do której należą zarówno asocjacje w Pasie jak i w Głowie Oriona. Najmłodszą i największą z nich jest asocjacja Trapezu. Obok asocjacji OB w pobliżu gęstych obłoków materii pyłowo – gazowej występują asocjacje typu T. Tworzą je małomasywne, stosunkowo chłodne gwiazdy typu T Tauri. Ich blask zmienia się nieregularnie z amplitudą 1^m i jak się wydaje, są to obiekty, w których nie zakończyły się jeszcze wszystkie procesy gwiazdotwórcze, będące jeszcze w fazie kontrakcji materii przed fazą spokojnego spalania się wodoru w jądrze. Gwiazdy te posiadają otoczki z gazu i pyłu, których część (gorąca) oddala się, a część (chłodna) opada na gwiazdę.

W Orionie jest kilka asocjacji T, z których najliczniejsza, licząca około 400 składników, znajduje się w okolicy gwiazdy T Oriona. Inne, mniej liczne położone są w pobliżu gwiazd CO Ori, σ Ori i FU Ori. Asocjacje te są również nietrwałe i pod wpływem ogólnego pola grawitacyjnego Galaktyki szybko się rozpadną. Gwiazdy typu T Tauri wykryto również w niektórych asocjacjach OB. Ponieważ ich masa jest dużo mniejsza od gorących gwiazd typu O i B, ewolucja ich przebiega znacznie wolniej. Z czasem więc w asocjacjach tych pozostaną tylko gwiazdy T Tauri. Astronomowie zaobserwowali jeszcze jedno ciekawe zjawisko związane z mgławicą. Trzy gwiazdy: AE Woźnicy, 53 Barana i μ Gołębia, szybko oddalają się od mgławicy. Pomiary wskazują, iż gwiazdy te musiały opuścić asocjację Trapezu około 2 miliony lat temu i obecnie oddalają się od niej z prędkością 100 km/s. Być może są one pozostałością po wybuchu, który miał miejsce w asocjacji w chwili jej narodzin.

Ciemna mgławica Koński Łeb

W Orionie leży jeszcze jedna grupa mgławic. W pobliżu gwiazdy ζ Oriona ciągnie się pasem na południe (około 2°), jasna, włóknista mgławica oznaczona symbolem **IC 434.** To również świecący obszar HII, który pobudza pobliska gwiazda σ. Mgławica od wschodniej strony sąsiaduje z obłokiem ciemnej materii pyłowo – gazowej, która w swej środkowej części wżyna się w jasno świecący obszar gazu. Ta ciemna mgławica ze względu na swój kształt otrzymała nazwę **Koński Łeb** (patrz fotografia). W mgławicy tej również wykryto oznaki procesów powstawania gwiazd (obiekty H–H). Astronomowie podejrzewają, iż Mgławica Koński Łeb tworzy tzw. globulę Boka (od nazwiska amerykańskiego uczonego zasłużonego w badaniach Galaktyki).

Globule Boka to małe, gęste obłoki gazu, które mogą być miejscem narodzin gwiazd. Tworzą się, gdy światło pobliskiej gwiazdy wymiecie całą materię, oprócz zwartych jąder mgławicy międzygwiazdowej, będących zalążkami nowych gwiazd. Taką gwiazdą w tym przypadku byłaby σ Oriona. Z mgławicą IC 434 od północno wschodniej strony sąsiaduje jasna mgławica oznaczona NGC 2024 i jak się wydaje, materia obu tych mgławic silnie ze sobą oddziaływuje.

W gwiazdozbiorze Oriona leży ciekawa gwiazda oznaczona symbolem FU Ori. Jest ona prototypem niewielkiej (kilka obiektów) grupy gwiazd zwanych nieraz w astronomicznym żargonie **fuorami**. Blask tej gwiazdy w latach 1936 – 37 wzrósł

TABELA 1. Najjaśniejsze gwiazdy Oriona

nazwa	α(2000.0)	δ(2000.0)	m	Sp	d (pc)
π^3	$4^h49.8$	$+6^o58'$	3.19	F6 V	7.7
π^2	4 50.6	+8 54	4.36	A0 V	55
π^4	4 51.2	+5 36	3.69	B2 III	280
π^5	4 54.2	+2 26	3.72	B2 III	290
o	4 56.4	+13 31	4.07	K2 III	68
β	5 14.5	−8 12	0.12	B8 Ia	280
τ	5 17.6	−6 51	3.60	B5 III	130
29	5 23.9	−7 48	4.14	G8 III	58
η	5 24.5	−2 24	3.36	B1 V	230
γ	5 25.1	+6 21	1.64	B2 III	93
32	5 30.8	+5 57	4.20	B5 IV	150
δ	5 32.0	−0 18	2.23	O9.5 II	460
ϕ^1	5 34.8	+9 29	4.41	B0 IV	570
λ	5 35.1	+9 56	3.39	O8/B0.5 V	58
ι	5 35.4	−5 55	2.76	O9 III	570
ε	5 36.2	−1 12	1.70	B0 Ia	470
ϕ^2	5 36.9	+9 17	4.09	K0 III	60
σ	5 38.7	−2 36	3.73	O9.5 V	550
ζ	5 40.7	−1 57	1.77	O9.5 Ib	450
κ	5 47.7	−9 40	2.06	B0.5 Ia	560
α	5 55.1	+7 24	0.50	M2 Iab	160
μ	6 02.4	+9 39	4.12	A2 m	37
ν	6 07.6	+14 46	4.42	B3 V	170
ξ	6 11.9	+14 13	4.48	B3 V	170

TABELA 2. Gwiazdy zmienne w Orionie

nazwa	α(2000.0)	δ(2000.0)	max	min	okres (dni)	typ zmienności
π^5Ori	$4^h54.2$	$+2^o26'$	3.6	3.65	3.7004	?
η Ori	5 24.5	−2 24	3.2	3.35	7.9893	EB
S Ori	5 29.0	−4 42	7.5	13.5	416.33	M
CK Ori	5 30.3	+4 42	6.2	6.6	120?	SR?
δ Ori	5 32.0	−0 18	2.4	2.55	5.7325	EA
VV Ori	5 33.5	−1 09	5.14	5.51	1.4854	EB
V372 Ori	5 34.8	−5 34	7.9	8.6	–	RWn
KX Ori	5 35.1	−4 44	7.1	8.1	–	RWn
BM Ori	5 35.3	−5 23	8.0	8.7	6.4706	EA
NU Ori	5 35.5	−5 16	6.5	7.3	–	RWn
V359 Ori	5 35.5	−4 50	6.9	8.1	–	RWn
α Ori	5 55.1	+7 24	0.4	1.3	2070	SRc
U Ori	5 55.8	+20 10	5.0	–	–	Inv

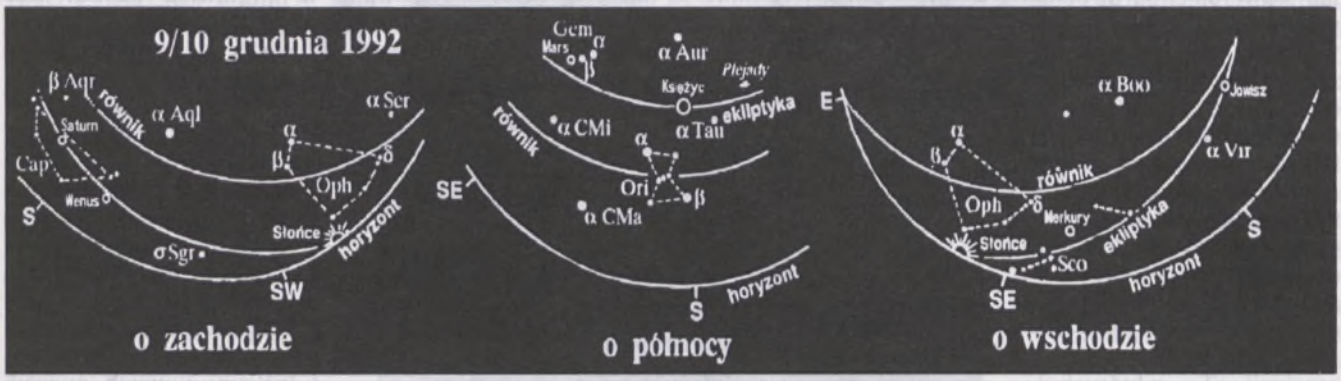
TABELA 3. Inne Obiekty

NGC	M	α(2000.0)	δ(2000.0)	typ	m	d (pc)
1662		$4^h48.5$	$+10^o57'$	gromada otwarta	8.0	400
1976	42	5 34.1	−5 25	mgławica dyfuzyjna	5.4	500
1980		5 35.2	−5 55	gromada otwarta	?	370
1982	43	5 35.5	−5 16	mgławica dyfuzyjna	?	500
2068		5 46.7	+0 04	mgławica refleksyjna	8.0	?
2169		6 08.4	+13 58	gromada otwarta	7.0	1100
2174.5		6 09.8	+20 20	gromada otwarta	6.8	1950

od 16^m do 10^m i przez następne 40 lat osłabł tylko $1^m.5$. Obecnie gwiazda jest źródłem znacznego promieniowania podczerwonego i charakteryzuje się anomalnie dużą zawartością litu. W jej otoczeniu obserwuje się zwartą mgławicę, świadczącą o występowaniu w otoczeniu gwiazdy pyłu. Jest to prawdopodobnie niedawno sformowana gwiazda znajdująca się jeszcze w fazie kontrakcji. Mechanizm wybuchu fuorów nie jest jeszcze do końca poznany.

Jasna wstęga Drogi Mlecznej, przechodzącej przez gwiazdozbiór Oriona to **Lokalne Ramię Galaktyki**. W jego odgałęzieniu znajduje się nasze Słońce. Ramię Oriona posiada grubość 600 parseków i znajduje się w odległości 10400 parseków od centrum Galaktyki pomiędzy ramieniami Strzelca i Perseusza.

W Orionie, w pobliżu gwiazdy ξ leży radiant roju meteorów – Orionid. Jego aktywność przypada na okres 14 – 26 października. Rój powstał z części materii komety Halleya i w maksimum aktywności można obserwować przelot ponad 40 meteorów na godzinę.



Noc 9/10 grudnia 1992 – o zachodzie, o północy, o wschodzie Słońca. Położenie planet i zaćmionego (!) Księżyca w nocy z 9 na 10 grudnia 1992 roku o zachodzie i o wschodzie Słońca oraz około prawdziwej północy Słonecznej. Rysunek wykonano przy pomocy obrotowej mapy nieba. Na horyzoncie zaznaczono kierunki stron świata: zachodni–W, południowo–zachodni–SW, południowy–S, południowo–wschodni–SE, wschodni–E.

UFO

Trojaczki

Kazimierz Schilling

Tegoroczna jesień trwać będzie od 22 września do 21 grudnia. Po ubogim w planety lecie, na jesiennym nocnym niebie zobaczyć będzie można wszystkie planety widoczne gołym okiem. Aby zobaczyć, jak będą widoczne, zaglądamy do „Kalendarza Astronomicznego 1992" w zesz. 4/91 „Postępów Astronomii".

Dobra widoczność Merkurego przypada na okres 1-15 grudnia. Mając bardzo dużą jasność około -0.4 mag. i przebywając w gwiazdozbiorze Skorpiona, planeta będzie wtedy świecić nisko nad wschodnim horyzontem, rano przed wschodem Słońca.

Bardzo dobra widoczność Wenus zacznie się w połowie listopada. Mając bardzo dużą jasność około -4 mag., planeta z dnia na dzień będzie świecić coraz dłużej po zachodzie Słońca i coraz wyżej nad zachodnio - południowym horyzontem. Jako gwiazda wieczorna, będzie prawdziwą ozdobą jesiennego i zimowego nieba.

Przez całą jesień, przez większą część nocy, podziwiając będziemy Marsa. Zwiększając swą jasność od +0.4 mag. na początku jesieni do -1.2 mag. na początku zimy. Czerwona Planeta wędrować będzie na tle gwiazdozbioru Bliźniąt, świecąc znacznie jaśniej niż Kastor (+1.6 mag.) i Polluks (+1.2 mag.). 1 grudnia zacznie zakreślać pętlę pod Polluksem i 22 grudnia minie go w odległości tylko 3 stopni. Zamiast Bliźniąt będziemy więc mieli... Trojaczki.

Od połowy października, w drugiej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Panny podziwiać będziemy Jowisza, mającego jasność około -2 mag.

Saturn o jasności od +0.4 do +0.7 mag., nadal przebywa w Koziorożcu i w pierwszej połowie jesiennych nocy świecić będzie dosyć nisko nad południowo - zachodnim horyzontem.

Przypomnieć jeszcze należy, iż w nocy z 9 na 10 grudnia nastąpi - widoczne w Polsce - całkowite zaćmienie Księżyca. Noc ta opisana jest na str. 170 zesz. 4/91 „Postępów Astronomii". Opis ten uzupełniłem więc tylko odpowiednim rysunkiem.

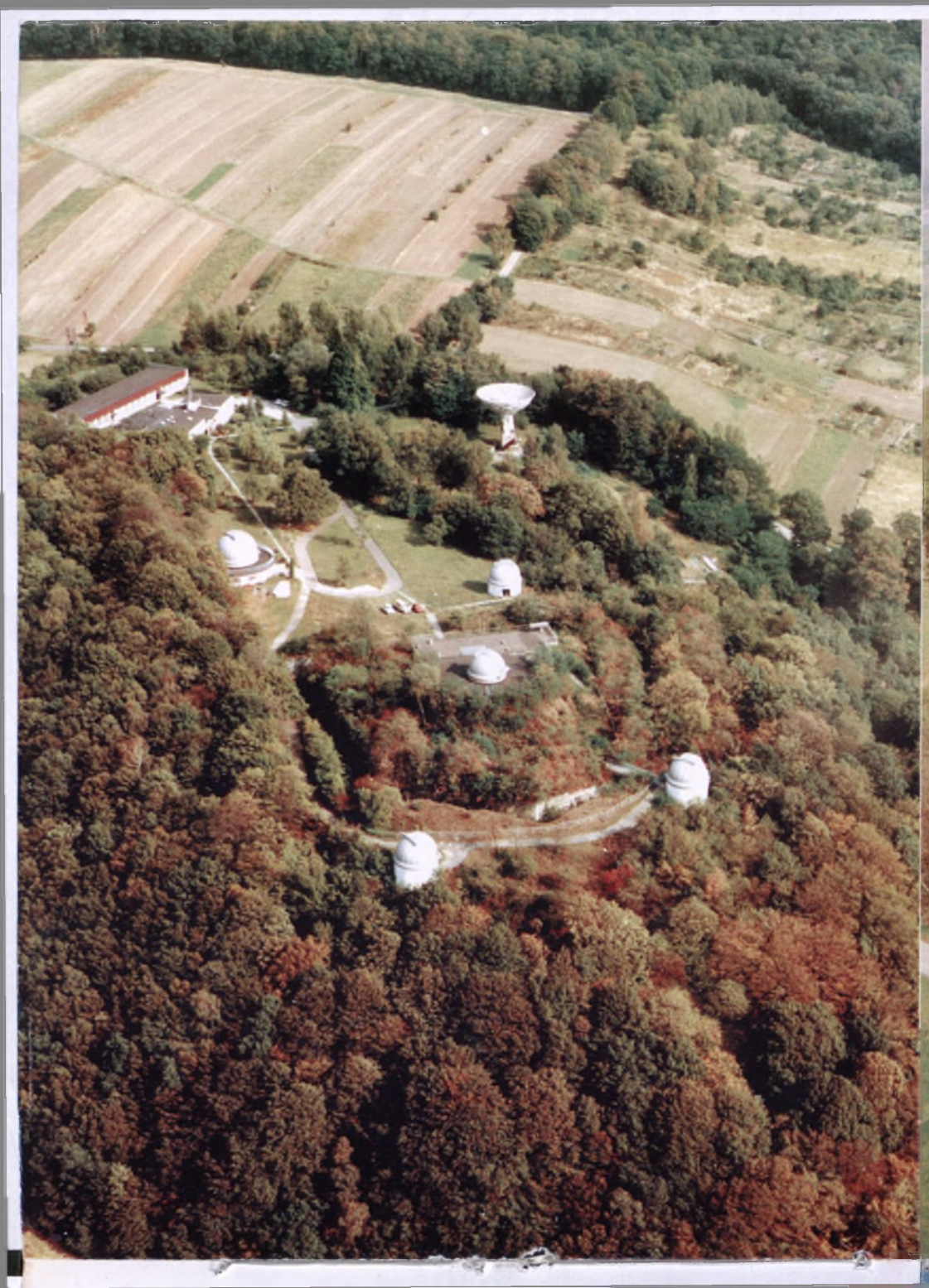
Wspomnieć też warto, iż jesienią najlepiej widać Drogę Mleczną, „stojącą" prostopadle do horyzontu. Także jesienią widać wyjątkowo dużo „spadających gwiazd" czyli meteorów. Oprócz Orionid (miejsce z którego wybiegają meteory tzn. radiant jest w gwiazdozbiorze Oriona a maksimum przypada 22.10), Tauryd (Byk, 14.11), Leonid (Lew, 17.11), Geminid (Bliźnięta, 13.12) i Ursyd (Mała Niedźwiedzica, 22.12), promieniują jeszcze Drakonidy (Smok, 10.10), Piscydy (Ryby, 10.10), Południowe Arietydy (Baran, 20.10), Cetydy (Wieloryb, 20.10), Arietydy (Baran, 12.11), Andromedydy (Andromeda, 12.11), Monocerotydy (Jednorożec, 21.11), Alfa Drakonidy (Smok, 9-13.12), Kancerydy (Rak, 12.12).

ORION w kolorze :

Gwiazdozbiór ten wraz licznymi ciemnymi i jasnymi mgławicami przed obiektywami aparatów fotograficznych i odkrywa wyjątkowo bajeczne kolory. Tło sąsiedniej strony na wkładce stanowi jeszcze jeden epizod krakowski w numerze. Zdjęcie Wielkiej Mgławicy Oriona uzyskał Marcin Filipek w Obserwatorium Astronomicznym w Forcie Skała, przy pomocy obiektywu przymocowanego do krakowskiego astrografu (wykorzystano jego mechanizm prowadzący). Marcin Filipek, po prezentacji swoich zdjęć na ostatnim Młodzieżowym Seminarium Astronomicznym w Grudziądzu uzyskał specjalne wyróżnienie Jury „za poszukiwania estetyczne".

Pozostałe dwa zdjęcia pochodzą z zaprzyjaźnionego z nami miesięcznika niemieckiego Sterne und Weltraum (patrz notka o plamach na Betelgeuse, str.137). Zdjęcie całego Oriona wykonano z celowo rozogniskowanym obiektywem, co ukazuje różnorodność barw gwiazd w gwiazdozbiorze. Zdjęcie Mgławicy Koński Łeb wykonali Toni Hallas i Daphne Mount 6 – calowym astrografem w Santa Barbara (Sterne und Weltraum 12/1991).

Tam gdzie rodzą się gwiazdy...



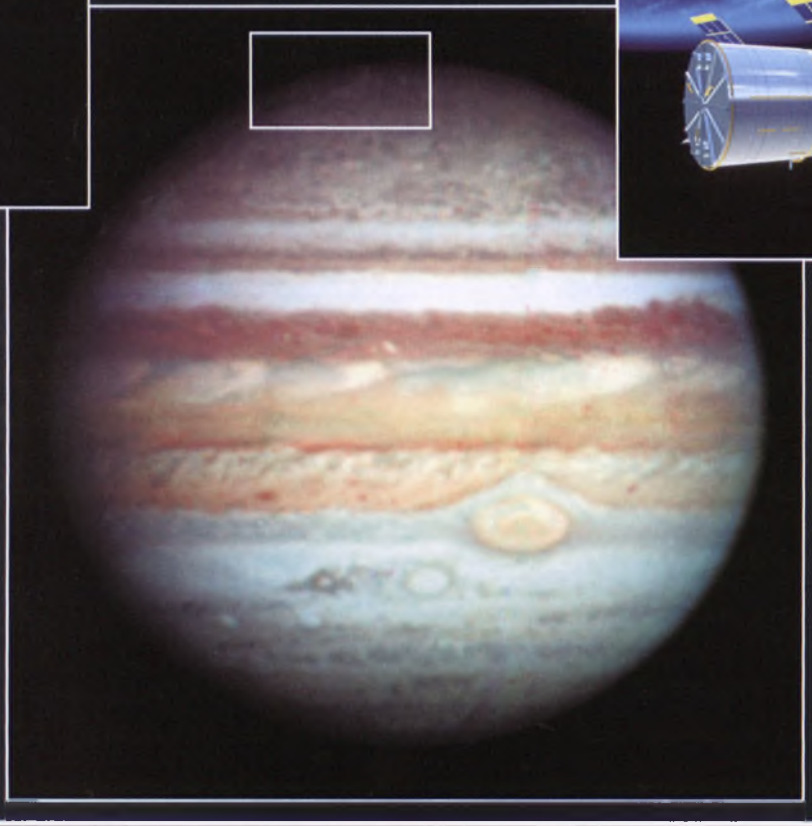
GORPOL
Air photo

Obserwatorium astronomiczne

Galaktyka ARP 220

Wizja zderzających się galaktyk NGC 4038 i NGC 4039 wg. Dana Berry'ego

Teleskop Kosmiczny Hubble'a

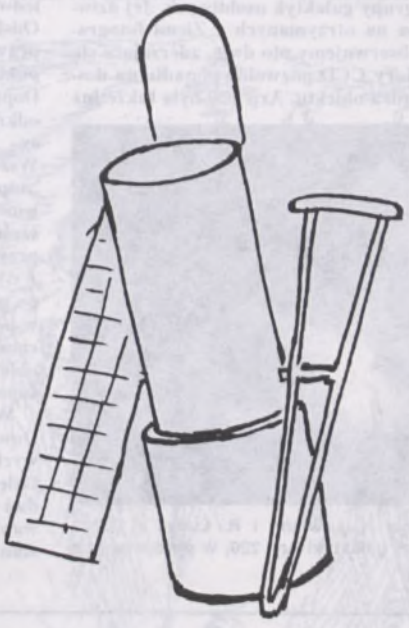


Jowisz raz jeszcze...

W lutym bieżącego roku sonda ULYSSES przeleciała w okolicach Jowisza obserwując magnetosferę planety. ULYSSES nie posiada kamer i dlatego użyto Teleskopu Kosmicznego do sfotografowania w tym samym czasie Jowisza w świetle ultrafioletowym. Wybrany zakres widmowy (okolice 1600 angstremów) pozwala na wygodną obserwację zorzy polarnej z zewnątrz. Jej położenie związane jest z obszarami wysypywania do atmosfery naładowanych cząstek uwięzionych w polu magnetycznym planety. Dla Ziemi podobne obserwacje przeprowadzane są poczynając od lat 70-tych. O ile z powierzchni Ziemi widać zorze w pasie wysokich szerokości geograficznych jedynie po stronie nocnej, to zdjęcia UV wykonane z zewnątrz pokazują, że istnieje ona również i po stronie dziennej (chociaż niewidoczna z dołu ze względu na światło słoneczne). Widziany z góry pas zórz tworzy tzw. owal zorzowy którego centrum stanowi w przybliżeniu biegun magnetyczny Ziemi. Zdjęcie prezentowane w tym numerze (opublikował je dr John Caldwell) przedstawia pierwsze obserwacje owalu zorzowego Jowisza przez Teleskop Kosmiczny wykonane przy pomocy kamery FOT (Faint Object Camera). O istnieniu zórz na Jowiszu wiedziano już wcześniej z obserwacji IUE oraz obserwacji w podczerwieni wykonanych z powierzchni Ziemi. Obecne zdjęcie jest jednak pierwszym obrazem, na którym możemy studiować morfologię owalu zorzowego. Używając modelu pola magnetycznego Jowisza sporządzonego na podstawie wcześniejszych obserwacji stacji PIONEER i VOYAGER możemy zidentyfikować linie sił przecinające owal zorzowy. Okazuje się wtedy, że przechodzą one w pobliżu orbity Io (po stronie zewnętrznej). Pewnych związków świecenia zorzowego z obecnością Io można chyba było oczekiwać wiedząc jaką rolę odgrywa on w magnetosferze Jowisza wraz ze swoim rozciągającym się wzdłuż orbity plazmowym torusem. Pomimo omijania przez linie sił pola samego torusa wydaje się, że Io jest jednak głównym źródłem cząstek odpowiedzialnych za powstanie owalu zorzowego. Charakterystyczne są zmiany czasowe intensywności poszczególnych fragmentów owalu świadczące o aktywności magnetosfery. Na zdjęciu otrzymanym z pomocą szerokokątnej kamery planetarnej (Wide Field/Planetary Camera) Teleskopu Kosmicznego zaznaczono położenie obszaru zorzowego na tarczy Jowisza. Zdjęcie to (kolorowa wersja znajduje się na 4 stronie wkładki) wykonane również wspomnianą kamerą zsyntetyzowano z trzech zdjęć w barwach: czerwonej, zielonej i niebieskiej. Jest to pierwsze zdjęcie Jowisza w barwach naturalnych (utworzone na podobnej zasadzie jak działa komputerowy monitor RGB). Jest ono częścią sekwencji liczącej 45 ekspozycji wykonanych przez 5 filtrów barwnych w ciągu 32 godzin. Zwraca uwagę bogactwo szczegółów pozwalające na systematyczne badanie dynamiki atmosfery Jowisza. Seria zdjęć związana jest z fragmentem dłuższego programu badawczego. Porównanie obecnych fotografii z obrazami uzyskanymi przy pomocy stacji PIONEER i VOYAGER wskazuje na istotne zmiany w atmosferze planety co dodatkowo uzasadnia systematyczne obserwacje atmosfery Jowisza z pomocą Teleskopu Kosmicznego.

Roman Schreiber

Kulawy Teleskop Hubble'a



Historia wad optyki Teleskopu Kosmicznego jest powszechnie znana. Opisywaliśmy ją również w PA 2/91 (str. 53). Rysunek jest ilustracją sparodiowanej nazwy „The Hobbled Space Telescope". Autor rysunku studiował astronomię razem z naszym „etatowym" rysownikiem Jackiem Drążkowskim. Na szczególnie nudnych (bywały, bywały!) wykładach ćwiczyli rękę i umysł, konkurując także w wymyślaniu rysunkowych dowcipów. Najlepszą polskojęzyczną parafrazę nawiązującą do perypetii z teleskopem byłaby chyba nazwa „Teleskop Komiczny Hubble'a". Zachęcamy więc czytelników do konkurencji z naszymi rysownikami i prosimy o ilustracje na ten temat. Nie wydaje się aby nasz cykl o wynikach z Teleskopu Kosmicznego miał się zakończyć. Będzie więc niejedna okazja aby najlepsze rysunki opublikować. Dla lepszej inspiracji pokazujemy obok na wkładce zupełnie poważny widok teleskopu wykonany przez Dana Berry'ego.

rys. Janusz Rokita

ZDJĘCIA NA ROZKŁADÓWCE PRZEDSTAWIAJĄ...

przepiękne fotografie lotnicze Obserwatorium Astronomicznego UJ w Forcie Skała w Krakowie. Rundę śmigłowcem wokół Obserwatorium oraz zdjęcia wykonał Pan Wojciech Gorgolewski z Krakowa. Polecamy usługi jego firmy następnym obserwatoriom i nie tylko...

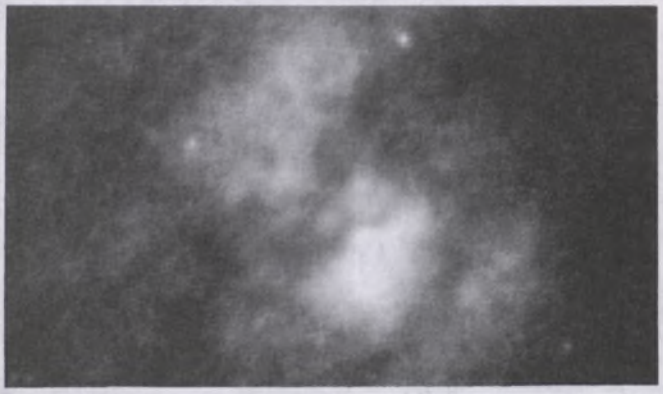
GORPOL
Air photo

30-830 kraków
ul. piotra ściegiennego 73/129
tel/fax 0048-12 55-70-64

Wykonujemy zdjęcia lotnicze cywilnych obiektów naziemnych (zakładów przemysłowych, przedsiębiorstw, biurowców, zabytków, prywatnych posiadłości itp.) dla celów technicznych, reklamowych. Działamy na terenie całej Polski.

Galaktyka osobliwa Arp 220 na obrazach kamery planetarnej Teleskopu Kosmicznego Hubble'a

Galaktyka Arp 220 należy do grupy galaktyk osobliwych. Jej dziwna dwuczłonowa postać, widoczna na otrzymanych z Ziemi fotografiach, skłaniała do podejrzeń, iż obserwujemy oto dwie, zderzające się ze sobą galaktyki spiralne. Detektory CCD pozwoliły ponadto na dostrzeżenie pasa pyłu w okolicach jądra obiektu. Arp 220 była także już wcześniej znana, jako najjaśniejsza spośród kilkunastu galaktyk o szczególnie silnej emisji w podczerwieni (obserwacje IRAS'a).



Uzyskany z Ziemi (przez K. Borne, H. Lewison i R. Lucas z USNO Flagstaff, Arizona) obraz podwójnej galaktyki Arp 220, w porównaniu z obrazem HST (z lewej i na wkładce).

Schemat położenia struktur w galaktyce Arp 220.

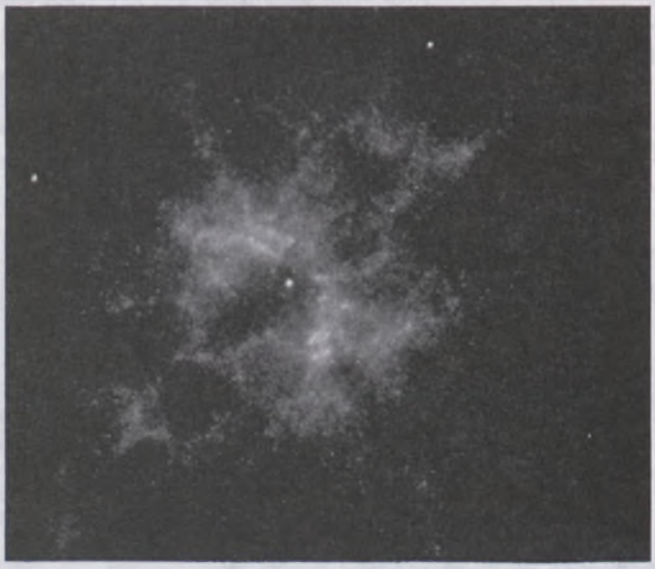
Nowe obrazy jądra tego obiektu uzyskano kamerą planetarną HST. (Zdjęcie, które tu zamieszczamy, przedstawia obszar jądra o średnicy kątowej zaledwie 1 sek. łuku.) Odsłoniły one jego prawdziwą, skomplikowaną strukturę. Doprowadziły też do odkrycia nowej klasy obiektów we Wszechświecie. Są nimi olbrzymie zgrupowania młodych gwiazd: „supergromady" – dziesięciokrotnie większe od dotychczas obserwowanych skupisk tego rodzaju. Jak dotąd wykryto supergromad sześć, ale być może większa nawet liczba pozostaje skryta w przysłaniającym pasie pyłu.

W obszarach supergromad obserwujemy zazwyczaj gwałtowne tempo powstawania nowych gwiazd. Jest to możliwe dzięki materii, która w postaci gazu i pyłu jest dostarczana do tych rejonów w wyniku zachodzącej kolizji galaktyk. Wiele z powstałych tu młodych gwiazd, to obiekty masywne, kończące swe krótkie życie poprzez eksplozję, jako supernowe.

Według dra Edwarda Shaya, który wraz ze swym studentem Danem Dowlingiem jest odkrywcą tych obiektów, wybuchy gwiazd supernowych powinny w tym rejonie występować kilka razy w ciągu roku. Dzięki temu galaktyka Arp 220 stałaby się doskonałym polem do badań nad późnymi stadiami ewolucji gwiazd. Może także służyć testowaniu technik pomiaru odległości galaktyk, dla których supernowe stanowią rodzaj „świec standardowych".

Sławomir K. Górny

Jedna z najgorętszych gwiazd na fotografii z Teleskopu Hubble'a



Wykonana Teleskopem Kosmicznym Hubble'a fotografia, którą tu prezentujemy, przedstawia pierwszy, tak wyraźny obraz mgławicy planetarnej NGC 2440. Znajduje się ona w naszej galaktyce, a jej gwiazda centralna (biała, jasna plamka w środku fotografii), to jedna z najgorętszych, znanych gwiazd.

Wykonywane z Ziemi zdjęcia NGC 2440, ze względu na wpływ atmosfery, przedstawiały jedynie mało przejrzysty, rozmazany obraz tego obiektu. Nie pozwalało to na dokładne rozdzielenie światła gwiazdy i otaczającej ją mgławicy. Obecnie wyraźne odseparowanie promieniowania gwiazdy i promieniowania emitowanego przez mgławicę stało się możliwe. Dzięki temu astronomowie dokonali dokładniejszej oceny temperatury tej gwiazdy. Z porównania jej jasności z jasnością otaczającej mgławicy wynika, że temperatura ta wynosi co najmniej 200000 K. Gwiazda jest więc rzeczywiście jedną z najgorętszych jakie znamy.

Zamieszczona na okładce fotografia została wykonana przy użyciu kamery planetarnej Teleskopu Kosmicznego, przez zespół pod kierunkiem dr Sally Heap z Goddard Space Flight Center NASA. Ukazuje ona liczne szczegóły budowy NGC 2440, dotąd niedostrzegalne na obrazach uzyskanych z instrumentów naziemnych. Określana do niedawna mianem „zwartej nie do opisania" mgławica, po raz pierwszy ujawnia nam detale swojej struktury: rozliczne włókna, zgęszczenia, obszary o materii rozrzedzonej oraz inne, liczne szczegóły.

Sławomir K. Górny

Wszystkie materiały dotyczące wyników z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a uzyskano dzięki uprzejmości dra F. Duccio MACCHETO, przedstawiciela Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w Space Telescope Institute, Baltimore, USA, Dana Berry'ego z Astronomy Visualization Lab. tegoż Instytutu, oraz samego Space Telescope Science Institute. ***Dziękujemy!***

Znów w Koninkach!

SUHORA WORKSHOP on „Environments of active galactic nuclei" 1 – 3 października 1991

Dobra koncepcja sprawdza się. Uczestnicy drugiej konferencji w Koninkach (pod Suhorą) byli chyba równie zadowoleni co ci, którzy tu byli w zeszłym roku (patrz PA/91, str. 39). W każdym razie jest to konferencja, o której „mówi się" w USA, o czym już zdążyli donieść życzliwi znajomi.

Jedną z tajemnic sukcesu tych konferencji jest potraktowanie jej uczestników nieco na wzór japoński. W Japonii (podobno) autora, który ma napisać książkę zamyka się w hotelu na koszt wydawcy i nie wypuszcza z pokoju, dopóki nie skończy.

W Koninkach ludzi się nie zamyka, ale nie mają dokąd uciec: są tylko domki mieszkalne, sala wykładowa i barek. Żadnych wielkomiejskich pokus. Wszyscy więc siedzą na wykładach, a po wykładach w barku dyskutują. Jeśli się ma ochotę z kimś porozmawiać, to ten ktoś praktycznie jest pod ręką. Niepowtarzalna okazja.

O czym się mówiło? Zgodnie z założoną tematyką konferencji, o otoczeniu aktywnych jąder galaktyk, a bardziej precyzyjnie, to czy otoczenie determinuje aktywność jądra, czy też aktywne jądro ma wpływ na otoczenie. Wniosek: i jedno, i drugie. Rozszerzenie tej prostej wypowiedzi nie jest jednak wcale proste, jesteśmy raczej na etapie zidentyfikowania problemu i potraktowania go poważnie niż na etapie dawania konkretnych odpowiedzi. Został jednak zrobiony dobry początek.

A oto kilka ciekawszych wyników: Obiekty radiowo ciche (radiowo ciche kwazary, galaktyki Seyferta,...) i radiowo głośne (radiowo głośne kwazary, radiogalaktyki,...) wykształcają się z morfologiczne odmiennych typów galaktyk. Oddziaływania bliskich galaktyk wiążą się ze wzbudzeniem aktywności jądrowej, ale nie jest wcale jasne, czy to jest jedyny mechanizm włączeniowy. Z aktywnością jądrową zazwyczaj wiąże się raptowna aktywność gwiazdotwórcza w sporej części galaktyki, lecz nie wiadomo, co jest przyczyną, a co skutkiem. W sumie więcej pytań niż odpowiedzi – taki wniosek nasuwał się po referacie przeglądowym Tima Heckmana.

Na dodatek peryferie galaktyki mogą przeszkadzać w obserwacji aktywnego jądra. W wielu obiektach (najsłynniejszym przykładem jest galaktyka Seyferta NGC 1068; patrz kolorowe zdjęcie i notka PA 3/91, str.121) badania polaryzacji widma wykazały, że aktywne jądro wraz z obszarem szerokich linii emisyjnych skryte jest za nieprzezroczystym torusem (mówił

Oczywiście konferencja to nie tylko wykłady. Spływ Dunajcem uwieczniła Marina Romanowa z *Institutu Kosmiczeskich Issliedowanij.*

o tym Ski Antonucci). John Hutchings postulował istnienie dwóch odrębnych klas galaktyk Seyferta typu 2: jedna grupa to Seyferty typu 2 „właściwe" (czyli przypadki słabszej aktywności jądrowej), a druga grupa to galaktyki Seyferta typu 1, ale ukryte za grubym torusem molekularno – pyłowym z aktywnością obserwowaną wyłącznie w świetle rozproszonym.

Ciekawą obserwację omawiał też Malcolm Bremer – wokół bliskich kwazarów widać rozległe obszary emisji rozciągające się aż na odległość 50 do 100 kps, a świecenie to musi pochodzić z obłoków gazu.

Trochę mówiono o dżetach, ale postęp w tej dziedzinie nie wydaje się być szczególnie duży. Dość starannie za to przeanalizowano ideę, która od kilku lat była tu i ówdzie omawiana w literaturze, a mianowicie, że szerokie linie emisyjne pochodzą nie od szybko poruszających się obłoków nieznanego pochodzenia, a od gromady gwiazd. Wyniki staranniejszych obliczeń (Mitch Begelman, Marek Sikora) wskazują jednak, że nawet najoptymalniejszy wariant – silny wiatr z czerwonych olbrzymów wywołany silnym oświetlaniem gwiazd – nie bardzo daje się pogodzić z rzeczywistością, jeśli prześledzić nawet tylko najbardziej podstawowe uboczne skutki modelu. Trudno jest jednocześnie zachować małą nieprzezroczystość ośrodka w centralnych obszarach galaktyki, a zarazem zapewnić odpowiednią ilość gwiazd produkujących wiatr (ze względu na krótki czas życia fazy czerwonego olbrzyma, szczególnie w zwartej gromadzie gwiazd mogących się zderzać).

Specjalna sesja poświęcona była dyskusji, czy zasilanie aktywnego jądra ciągłymi dostawami gazu mają przede wszystkim związek z tym, co zachodzi wewnątrz 1 parseka od jądra, czy raczej na dalszych odległościach takich jak 1 do 10 kiloparseków, czy też wreszcie jest wynikiem oddziaływania na galaktykę z zewnątrz, a zatem ma związek z jeszcze większymi skalami odległości. Po długiej dyskusji wynik rozstrzygnięto w drodze głosowania: zwyciężyła opcja druga, choć nie druzgocącą przewagą głosów...

Ciekawy referat miał Satoru Ikeuchi. Podjął on próbę naszkicowania ogólnego scenariusza powstawania galaktyk. Dotychczasowe, rachunkowo zaawansowane próby kończą się ciągle niepowodzeniem ze względu na dwa niezwykle silne ograniczenia obserwacyjne: w epoce rekombinacji materia była jeszcze rozłożona niezwykle równomiernie, a przy przesunięciach ku czerwieni blisko 5 powinny już istnieć ukształtowane galaktyki. Być może powiązanie aktywności jądrowej i formowania się galaktyk stanowi szansę wyjścia.

Oczywiście konferencja to nie tylko wykłady. Był też bankiet z przemówieniem, wjazd wyciągiem krzesełkowym na górę i zwiedzenie obserwatorium na Suhorze, było zwiedzanie Krakowa, no a przede wszystkim spływ Dunajcem w czasie deszczu.

Jak to zwykle bywa, nie wszystko udało się tak, jak miało. Staszka Bajtlika, który miał wygłosić zaproszony wykład, rozbolały zęby; jedzenie nie było tak dobre jak w zeszłym roku, gdy jadłospis dobierany był pod czujnym okiem Izy Sikory (Mitch Begelman referował świetnie wyniki naukowe Marka Sikory, ale Izy nie był w stanie nikt zastąpić!); goście zagraniczni w piątek po przyjeździe do hotelu Centrum Astronomicznego usiłowali zamówić przez telefon pizzę z dostawą do hotelu, ale im się nie udało (albo rosyjski w wykonaniu Juliana Krolika z John Hopkins University w USA był nie dość dobry, albo wybór języka okazał się niefortunny) i poszli spać głodni. Na dodatek przed powrotem do Krakowa gdzieś zginął Ski Antonucci. No prawie...

W sumie było jednak dobrze i pewnie trzeba pomyśleć o następnej konferencji. Kiedy i na jaki temat?

Bożena Czerny

Ostrowik zaprasza

Jak uzyskać czas obserwacyjny na 60 cm teleskopie z kamerą CCD w Stacji Obserwacyjnej w Ostrowiku

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego informuje astronomów z wszystkich ośrodków astronomicznych w Polsce, że istnieje możliwość uzyskania czasu obserwacyjnego w Stacji Obserwacyjnej Obserwatorium w Ostrowiku. Obserwatorium dysponuje jedynym w Polsce profesjonalnym systemem obserwacji CCD i redukcji danych. Wyniki uzyskiwane za pomocą tego instrumentu publikowane są w czasopismach naukowych.

Przydział czasu obserwacyjnego odbywa się na okres miesiąca na podstawie konkursu projektów. Wnioski o przydział należy przesyłać listownie do 25–go miesiąca poprzedzającego okres przydziału czasu pod adresem Obserwatorium Astronomiczne UW, Al. Ujazdowskie 4, 00–478 Warszawa, lub pocztą elektroniczną: udalski@sirius.astrouw.edu.pl. Przydziału czasu dokonuje komisja w skład której wchodzą aktualnie: prof. A. Kruszewski, prof. M. Kubiak, dr J. Kałużny, dr A. Udalski. Obok załączony jest wzór wniosku o przydział czasu. Obserwatorium zapewnia osobom, które uzyskały czas obserwacyjny bezpłatne zakwaterowanie w Stacji w Ostrowiku. W pobliżu znajduje się sklep oraz bar. W trakcie pierwszych nocy obserwacyjnych zapewniona jest pomoc „nocnego asystenta" dla zaznajomienia obserwatora z systemem.

Istnieje również możliwość obserwacji serwisowych, bez bezpośredniego udziału autora projektu. Projekt taki po zaakceptowaniu przez komisję przydziału czasu, wykonywany jest przez „nocnego asystenta". Obserwacje serwisowe są płatne, autor projektu płaci jednak tylko za pogodną noc z wynikami. Aktualna cena nocy wynosi 1

Wniosek o przydział czasu w Ostrowiku

Miesiąc:

1. Nazwisko i imię, instytucja, adres, e-mail

2. Tytuł programu:

3. Opis programu obserwacji, cele naukowe. Jeśli program jest kontynuacją, podać obecny stan programu.

4. Obiekty, rektascencja, deklinacja, jasność:

5. Liczba nocy i wymagane fazy Księżyca:

6. Optymalne daty 7. Daty wykluczone

8. Zestaw filtrów (BVRI, vby)

mln zł. Ten sposób może być atrakcyjny dla posiadaczy grantów.

System CCD Obserwatorium Astronomicznego UW umożliwia obserwacje gwiazd do około 19 wielkości giazdowej. Kamera zintegrowana jest z auto–guiderem zapewniającym dokładne prowadzenie teleskopu. Detektorem kamery jest oświetlany od tyłu, cienki układ CCD Tektronix TK512CB, którego wydajność kwantowa sięga 80% przy 7000 Å (do niedawna były to najlepsze układy CCD oferowane obserwatorom w wielkich obserwatoriach KPNO, CTIO, ESO). Układ składa się z 512 na 512 pikseli o wielkości 27 mikronów co w ognisku 60–cm teleskopu w Ostrowiku daje skalę 0.74 arcsec/piksel. Dodatkowy obszar 50 na 512 pikseli tzw. prescanu umożliwia precyzyjną korekcję obrazów na zmiany temperatury układu. Układ TK512CB charakteryzuje się bardzo głęboką pojemnością piksela – większą niż 500000 e. Dzięki temu jest liniowy w bardzo szerokim zakresie jasności. Układy elektroniczne zamieniające sygnał analogowy na cyfrowy umożliwiają rejestrację 65535 jednostek ADU. Wzmocnienie może być ustawiane od 9.2 e/ADU do 2.3 e/ADU przy czym błąd odczytu zależy od wzmocnienia i wynosi od 13 e do 8 e. Prąd ciemny układu wynosi w temperaturze -41^0 C około 6 – 7 e/sek i jest równy połowie emisji pochodzącej od tła nieba w ciemne noce.

Kamera wyposażona jest w zestaw filtrów BVRI oraz ubvy. Filtry zmieniane są automatycznie, a całą pracę kamery kontroluje komputer znajdujący się w pomieszczeniu poniżej poziomu teleskopu. Czas martwy pomiędzy kolejnymi ekspozycjami jest mniejszy niż 15 sekund. Zebrane dane (wielkość jednego obrazka 0.5 MBytes) zapisywane są w formacie FITS na kasetkach magnetycznych Exabyte. Obserwator zobowiązany jest dostarczyć wystarczającą liczbę kaset.

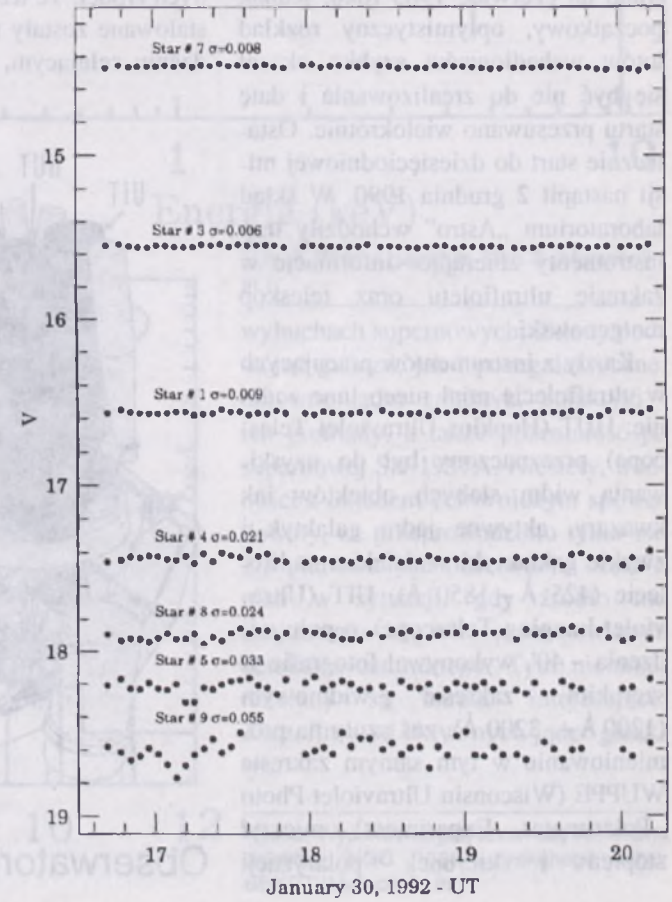
Auto–guider pozwala kontrolować prowadzenie teleskopu. Jako gwiazda prowadzenia może być użyta dowolna gwiazda do około 11 – 12 wielkości gwiazdowej znajdująca się w pobliżu obserwowanego pola. Ekspozycje mogą być dowolnie długie, choć ze względu na dokładność pomiarów może się nieraz okazać korzystniejsze wykonywanie krótszych ekspozycji i dodawanie obrazów.

Rysunek poniżej ilustruje możliwości systemu. Przedstawiona jest na nim fotometria kilku, różnej jasności gwiazd stałych z pola wokół gwiazdy zmiennej UV Per otrzymana w trakcie kilkugodzinnych obserwacji. Obserwacje były wykonane przez szerokopasmowy filtr żółty odcinający światło o falach krótszych niż 5000 Å, podczas gdy długofalowa granica określona była przez czułość detektora. Czas ekspozycji wynosi 200 sekund.

Osoby posiadające dostęp do sieci komputerowej INTERNET mogą uzyskiwać informacje dotyczące Ostrowika przez tzw. „anynomous ftp" z komputera sirius.astrouw.edu.pl (148.81.81.1): user anonymous, password: nazwisko, z konta /ostrowik. Gromadzone tam są bieżące informacje, manuale, formularz wniosku o przydział czasu itp.

Serdecznie zapraszamy !!!

TK 512CB CCD OSTROWIK (broad V filter, exposure 200 sec)



BBXRT

BROAD BAND X – RAY TELESCOPE

SZEROKOPASMOWY TELESKOP RENTGENOWSKI

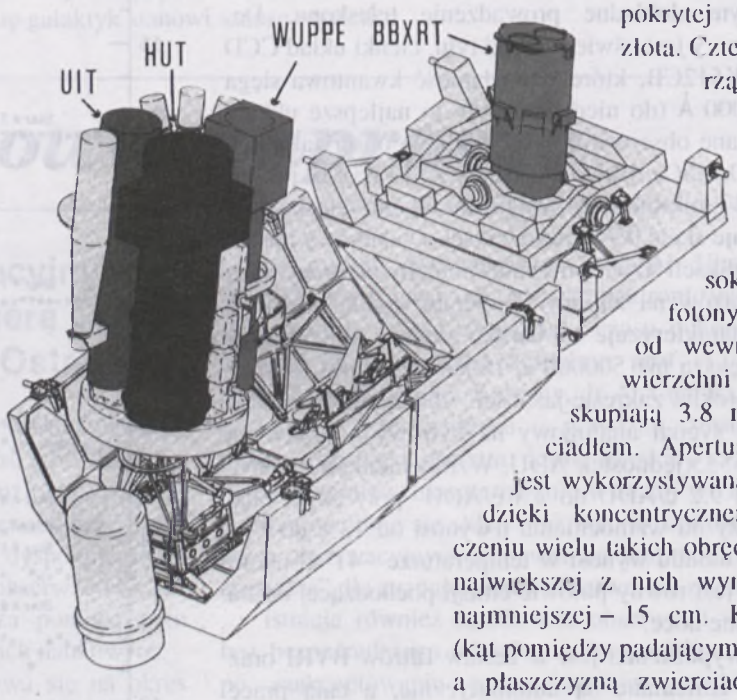
Piotr Życki i Grzegorz Madejski

Pod tą tajemniczą nazwą kryje się teleskop rentgenowski, który, jako część laboratorium „Astro", przebywał na orbicie wokółziemskiej w grudniu 1990 roku. Była to, jak dotąd, jedyna misja promu kosmicznego, poświęcona w całości astronomii.

Pierwotnie misję „Astro" planowano na czerwiec 1983 roku, jednak początkowy, optymistyczny rozkład lotów wahadłowców szybko okazał się być nie do zrealizowania i datę startu przesuwano wielokrotnie. Ostatecznie start do dziesięciodniowej misji nastąpił 2 grudnia 1990. W skład laboratorium „Astro" wchodziły trzy instrumenty zbierające informacje w zakresie ultrafioletu oraz teleskop rentgenowski.

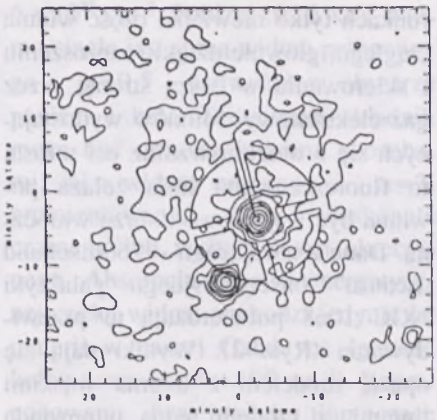
Każdy z instrumentów pracujących w ultrafiolecie miał nieco inne zadanie: HUT (Hopkins Ultraviolet Telescope) przeznaczony był do uzyskiwania widm słabych obiektów jak kwazary, aktywne jądra galaktyk i zwykłe gaklaktyki w dalekim nadfiolecie (425 Å – 1850 Å), UIT (Ultraviolet Imaging Telescope), o polu widzenia ~ 40', wykonywał fotografie w szerokim zakresie widmowym (1200 Å – 3200 Å), zaś czuły na promieniowanie w tym samym zakresie WUPPE (Wisconsin Ultraviolet Photo –Polarimeter Experiment) mierzył stopień i kierunek polaryzacji promieniowania docierającego od różnych źródeł. Te trzy instrumenty zainstalowane zostały na wspólnym urządzeniu celującym, aby możliwe było uzyskanie jak największej ilości informacji o obserwowanym obiekcie. Tytułowy, szerokopasmowy teleskop rentgenowski (Broad Band X–Ray Telescope) umieszczono osobno, tym niemniej możliwe było także prowadzenie wspólnych obserwacji przez wszystkie cztery instrumenty. Instytucją sponsorującą projekt było Centrum Lotów Kosmicznych Goddarda należące do NASA, a kierownikiem badań Peter J. Serlemitsos.

Peter J. Serlemitsos
BBXRT
Kierownik Projektu



Obserwatorium ASTRO

Zwierciadło BBXRT składa się z elementów cienkiej (grubość 0.137 mm) folii aluminiowej pokrytej warstewką złota. Cztery folie tworzą obręcz, będącą boczną częścią stożka ściętego o wysokości 11 cm; fotony odbijają się od wewnętrznej powierzchni obręczy i skupiają 3.8 m za zwierciadłem. Apertura teleskopu jest wykorzystywana efektywnie dzięki koncentrycznemu umieszczeniu wielu takich obręczy, średnica największej z nich wynosi 40 cm, najmniejszej – 15 cm. Kąt poślizgu (kąt pomiędzy padającym promieniem a płaszczyzną zwierciadła) zawiera się w granicach 0.3 – 0.75°, dzięki czemu teleskop rejestruje kwanty w



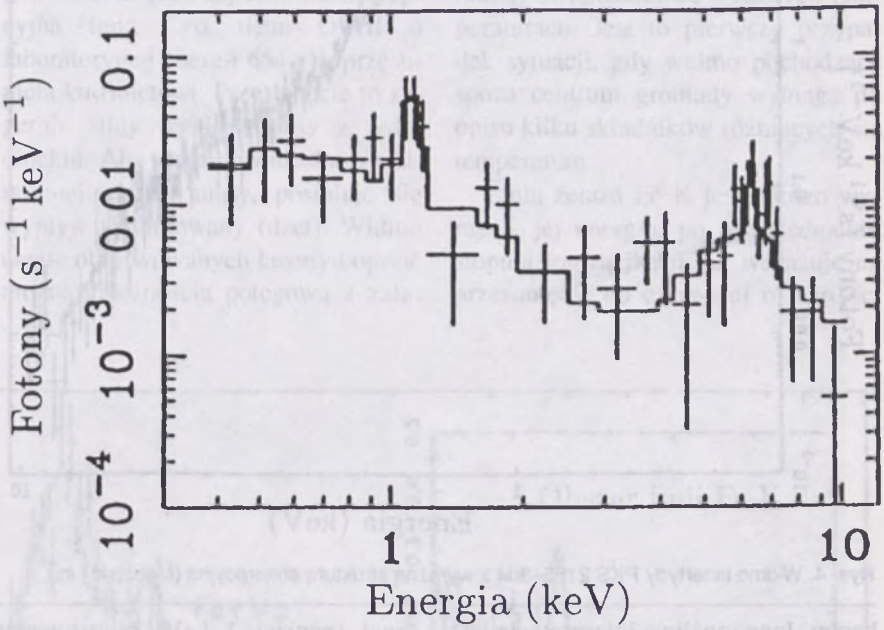
Rys. 1. Wykonana przez satelitę *Einstein* mapa galaktyki NGC 1399 z nałożonym polem widzenia teleskopu BBXRT (Serlemitsos i in.).

szerokim zakresie energii 0.3 – 12 keV. W ognisku teleskopu umieszczony jest pięcioelementowy detektor półprzewodnikowy Si (Li), charakteryzujący się niskim poziomem szumów i dobrą zdolnością energetyczną: 90 eV przy energiach fotonów rzędu 1 keV, 150 eV przy 6 keV. Pole widzenia BBXRT, nałożone na rentgenowską mapę galaktyki NGC 1399, pokazane jest na rys. 1. Detektor centralny ma pole widzenia o średnicy 4', mniejszy poziom szumów własnych i niższy próg detekcji niż detektory zewnętrzne, których pole widzenia jest ok. 4 razy większe. Skala na powierzchni detektora środkowego odpowiada 0.91'/mm. Detektory umieszczone są w próżniowym kriostacie, w temperaturze ok. 100 K.

Cały instrument tworzą dwa identyczne opisane wyżej teleskopy, umieszczone równolegle obok siebie. Dzięki zastosowaniu dwóch teleskopów podwojono liczbę rejestrowanych fotonów, również awaria jednego z nich nie spowodowałaby fiaska całej operacji. Cylinder, w którym umieszczono teleskopy wraz z oprzyrządowaniem, przymocowany był do palety wewnątrz przedziału ładunkowego Columbii przy pomocy dwuosiowego systemu Cardana z możliwością obrotu o ±17° w każdej osi. Oznacza to, że wahadłowiec w trakcie obserwacji musiał być skierowany w odpowiednim kierunku, tak aby cel obserwacji znajdował się w zasięgu wychyleń instrumentu.

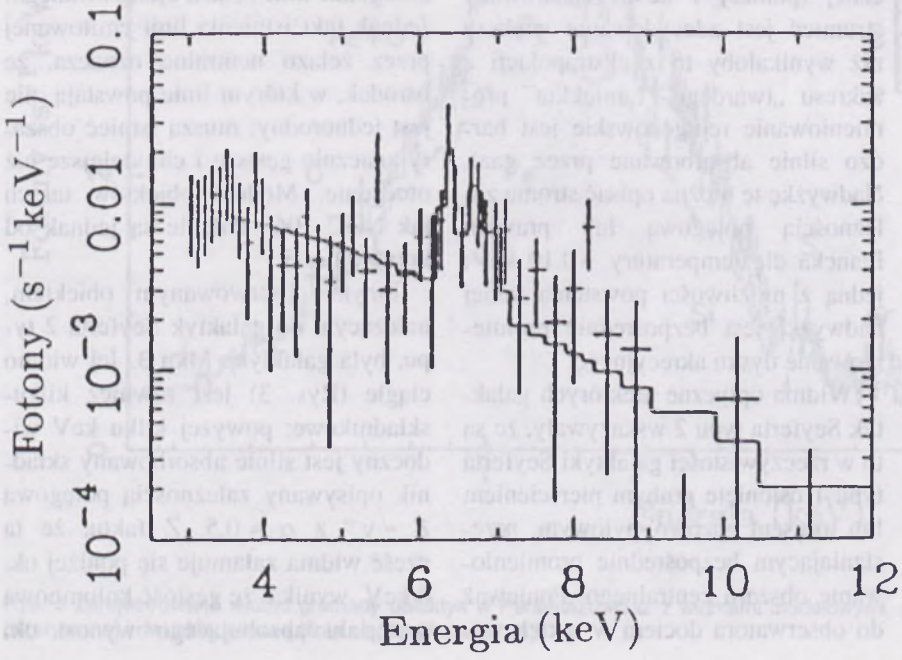
Wstępne wyniki obserwacji prowadzonych przy pomocy BBXRT przedstawiono na konferencji „Frontiers of X–Ray Astronomy", która odbyła się w kwietniu 1991 roku w Japonii. Sprawozdanie z tej konferencji ukazało się właśnie w wydaniu książkowym, a właściwe prace powoli „drukują się"... Czego nowego dowiedzieliśmy się z tych obserwacji?

Jedną z głównych pozycji w planach obserwacyjnych było zbadanie widma w pobliżu 6–7 keV, gdzie znajdują się wyraźne, obserwowane już wcześniej, linie emisyjne i krawędź absorpcji żelaza (patrz artykuł B. Czerny „O pewnej linii żelaza", PA 3/91). Badane miały być zarówno obiekty galaktyczne: pozostałości po



Rys. 3. Widmo galaktyki Mkn 3 (Marschall i in.)

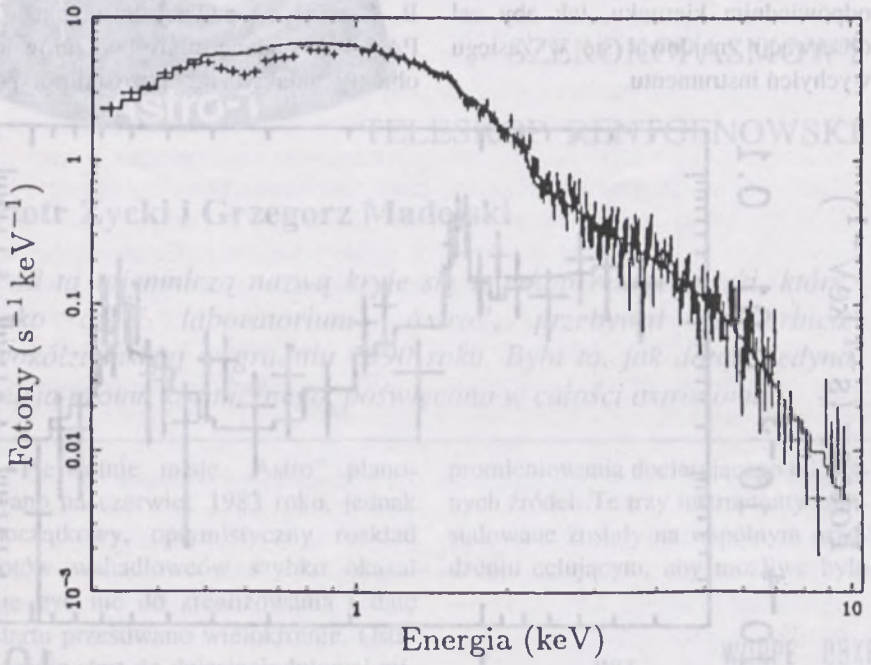
wybuchach supernowych, układy podwójne gwiazd, jak i pozagalaktyczne: aktywne jądra galaktyk, galaktyki i ich gromady, a także pozostałość po supernowej SN 1987A. Niestety, trudności z układem celowniczym spowodowały, że przeprowadzono tylko ok. 1/3 planowanych obserwacji, część z nich w sytuacji, gdy źródło nie znajdowało się w polu widzenia detektora centralnego. Tym niemniej rezultaty są bardzo interesujące. Zacznijmy od aktywnych jąder galaktyk.



Rys. 2. Wysokoenergetyczna część widma galaktyki NGC 1068 uzyskanego przez BBXRT (Marschall i in.)

Wcześniejsze obserwacje galaktyki NGC 4151 (jest to galaktyka Seyferta 1 typu) wskazywały na złożony charakter jej rentgenowskiego widma, który został potwierdzony przez BBXRT. Widmo ciągłe można opisać przy pomocy zależności potęgowej $F_\nu \sim \nu^{-\alpha}$, gdzie $\alpha \approx 0.5$. W miękkiej części widma istotną rolę odgrywa absorpcja przez zimny ośrodek, ale nie może być to ośrodek jednorodny, zasłaniający źródło całkowicie. Obserwowane widmo można wytłumaczyć przyjmując częściowe (~ 93%) zasłonięcie obszaru emisji zimnym absorberem. Inną możliwą interpretacją jest aborpcja przez ciepły, a więc częściowo zjonizowany, materiał. Widmo ciągłe jest zmienne w swojej wysokoenergetycznej części (w ciągu 17 godzin dzielących dwie obserwacje natężenie promieniowania zmniejszyło się o ok. 35 %), w części niskoenergetycznej (poniżej 1keV) zmienności nie zaobserwowano. Wyraźnie widoczna była linia fluorescencyjna żelaza o szerokości równoważnej ~ 150 eV, energii wskazującej na powstanie w chłodnym ośrodku i małej szerokości spektralnej – poniżej 160 eV. Linia o tej szerokości może powstać w obszarze powstawania szerokich linii emisyjnych widocznych w widmie optycznym (BLR – Broad Line Region) lub w wyniku odbicia promieniowania padającego na dysk akrecyjny, który widzimy *en face*. Rozstrzygnięcie między tymi dwiema możliwościami mogłyby dać pomiary charakteru zmienności linii (ze względu na bardzo różne rozmiary obszarów powstawania linii w obu przypadkach), ale dane są zbyt mało dokładne, aby możliwe było wyciągnięcie jednoznacznych wniosków.

Linii żelaza nie zaobserwowano w widmie innej galaktyki Seyferta 1 typu – Mkn 335. Widmo ciągłe tego obiektu składa się wyraźnie z kilku składników. W części niskoenergetycznej (poniżej 1 keV) rejestrowany strumień jest zdecydowanie większy niż wynikałoby to z ekstrapolacji z zakresu „twardego" („miękkie" promieniowanie rentgenowskie jest bardzo silnie absorbowane przez gaz). Nadwyżkę tę można opisać stromą zależnością potęgową lub prawem Plancka dla temperatury ~ 0.10 keV; jedną z możliwości powstania takiej nadwyżki jest bezpośrednie promieniowanie dysku akrecyjnego.



Rys. 4. Widmo lacertydy PKS 2155–304 z wyraźną strukturą absorpcyjną (Madejski i in.).

Widma optyczne niektórych galaktyk Seyferta typu 2 wskazywały, że są to w rzeczywistości galaktyki Seyferta typu 1 osłonięte grubym pierścieniem lub torusem gazowo–pyłowym, przesłaniającym bezpośrednie promieniowanie obszaru centralnego. Ponieważ do obserwatora dociera w takich warunkach tylko niewielka część widma ciągłego, głównie dzięki rozproszeniu i skierowaniu w naszą stronę, przez gaz elektronowy, fotonów wydostających się z obiektu wzdłuż osi torusa, to fluorescencyjna linia żelaza powinna być wyjątkowo dobrze widoczna. Dane z trwającego ~ 2600 sekund „seansu" obserwacyjnego galaktyki NGC 1068 potwierdzają te przewidywania (Rys. 2). Wyniki dają się opisać modelem z trzema wąskimi liniami, z których jedna odpowiada chłodnej materii (żelazo niezjonizowane), dwie – żelazu zjonizowanemu prawie całkowicie. Łączna szerokość równoważna tych linii wynosi ok. 2500 eV. Obserwowano także szeroką strukturę emisyjną przy energii ok. 900 eV, którą interpretuje się jako nierozdzielone linie fluorescencyjne, powstające przy przejściach elektronów pomiędzy poziomami M i L atomu żelaza (tzw. linie Fe L). Z kolei brak linii emisyjnych pochodzących od tlenu, świadczący o niemal całkowitej jonizacji atomów tego pierwiastka, pozwala wyciągnąć wnioski na temat strumienia promieniowania w rejonie powstawania linii – musi on być odpowiednio duży. Wraz z założeniami o geometrii tego obszaru umożliwia to oszacowanie jego rozmiarów i koncentracji elektronów. Duża wartość stosunku *strumień promieniowania / koncentracja elektronów* (tzw. parametr jonizacji) jest również zgodna z obserwowanymi energiami linii żelaza zjonizowanego. Jednak fakt istnienia linii emitowanej przez żelazo neutralne oznacza, że ośrodek, w którym linie powstają, nie jest jednorodny: muszą istnieć obszary znacznie gęstsze i chłodniejsze niż otoczenie. Modele obiektów takich jak NGC 1068 dalekie są jednak od kompletności.

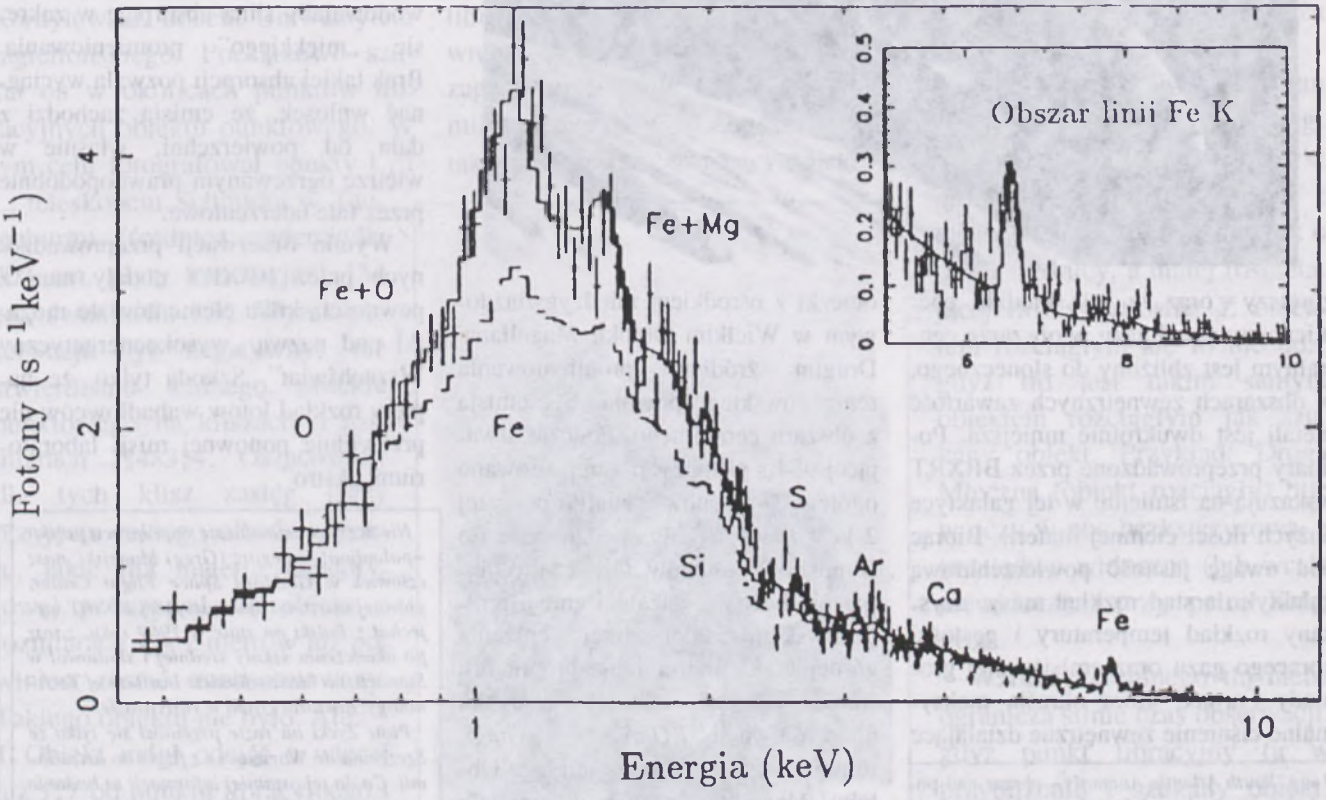
Innym obserwowanym obiektem, należącym do galaktyk Seyferta 2 typu, była galaktyka Mkn 3. Jej widmo ciągłe (Rys. 3) jest również kilkuskładnikowe: powyżej kilku keV widoczny jest silnie absorbowany składnik opisywany zależnością potęgową $F_\nu \sim \nu^{-\alpha}$ z $\alpha \approx 0.5$. Z faktu, że ta część widma załamuje się poniżej ok. 6 keV, wynika, że gęstość kolumnowa materiału absobującego wynosi ok.

6×10^{23} cm^{-2}. Poniżej ok. 3 keV widmo ciągłe jest sumą widma potęgowego z $\alpha \approx 0.5$ i nadwyżki w obszarze poniżej 1 keV. Ten ostatni składnik może być opisany kilkoma sposobami: jako widmo potęgowe z $\alpha \approx 3$, promieniowanie ciała doskonale czarnego lub widmo dysku akrecyjnego. Absorpcja w niskoenergetycznej części widma pochodzi jedynie od materii w naszej Galaktyce (gęstość kolumnowa ok. 8×10^{20} cm^{-2}). Zaproponowano dwa modele tłumaczące istnienie nieabsorbowanego składnika: „dziury" w materiale pochłaniającym, przez które wydostaje się ok. 3 % twardego promieniowania z obszaru centralnego lub rozproszenie tej samej ilości promieniowania, poruszającego się pierwotnie w innym kierunku, w którym warstwa absorbera jest cienka, przez gaz elektronowy w kierunku promienia widzenia. Brak zmienności widma sugeruje raczej ten drugi wariant. Emisja fluorescencyjna żelaza jest widoczna wyraźnie, ale mała liczba zarejestrowanych fotonów nie pozwala na stwierdzenie, czy jest to pojedyncza, szeroka linia, czy mamy raczej do czynienia z wieloma wąskimi liniami. Ponieważ szerokość równoważna linii szerokiej musiałaby wynieść aż 3600 eV, wydaje się jednak, że słuszniejsze jest przyjęcie opisu z wąskimi liniami; wynikająca stąd szerokość równoważna (~ 400 eV) jest porównywalna ze zmierzoną przez *Ginge*.

Przeprowadzone przez BBXRT obserwacje kilku lacertyd potwierdzają istnienie struktur absorpcyjnych, znanych z wcześniejszych obserwacji *Einsteina* (Rys. 4). Przykładem jest szeroki „dołek" w widmie obiektu PKS 2155–304, znajdujący się w okolicach 600 eV, o szerokości widmowej 120 eV i równoważnej 90 eV (przy założeniu kształtu gaussowskiego). Jest to prawdopodobnie absorpcyjna linia Lyα tlenu OVIII o laboratoryjnej energii 654 eV, przesunięta ku fioletowi. Przesunięcie to sugeruje silny wypływ masy z jądra obiektu. Aby uniknąć wniosku o nadmiernej utracie masy, postuluje się wypływ skolimowany (dżet). Widmo ciągłe obserwowanych lacertyd opisać można zależnością potęgową z załamaniem w okolicach 1.5 – 2 keV, gdzie staje się ono bardziej strome. Takie załamanie może być wynikiem nałożenia wielu linii i krawędzi absorpcji pochodzących od różnych jonów pierwiastków cięższych niż tlen.

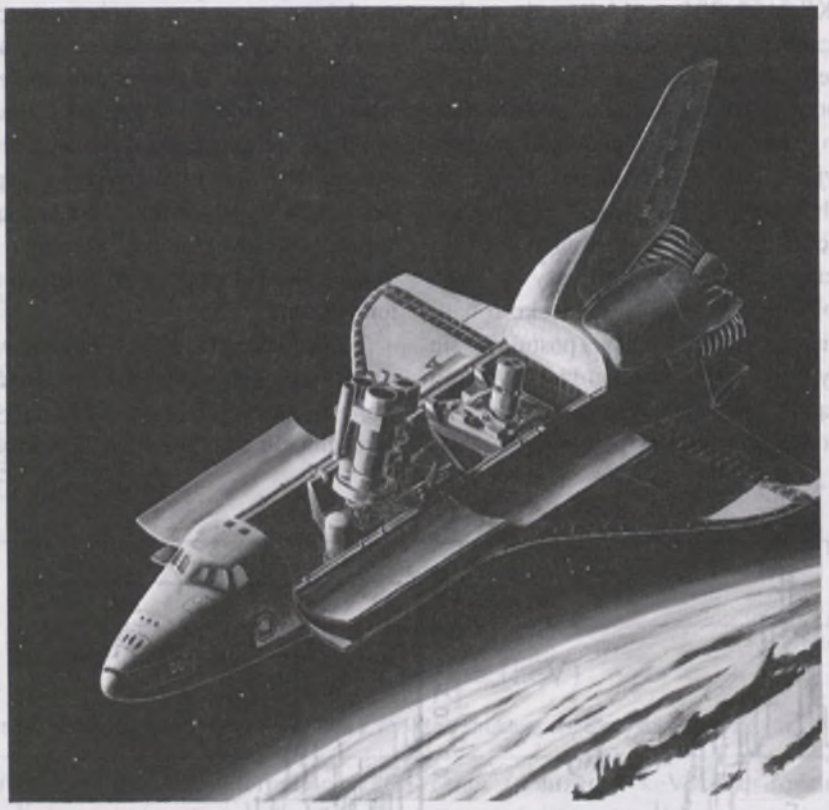
Kolejnym celem obserwacji BBXRT była gromada galaktyk w Perseuszu. Zarejestrowane widmo (Rys. 5) charakteryzuje się dużą liczbą szczegółów emisyjnych, które można zinterpretować jako linie pochodzące od atomów tlenu, żelaza, krzemu, siarki, argonu, wapnia, magnezu. Kształt widma ciągłego można opisać modelem promieniowania gorącej, rozrzedzonej plazmy, przy czym, aby uzyskać dobre dopasowanie, należy założyć, że emitujący gaz ma (co najmniej) dwie składowe o różnych temperaturach. Jest to pierwszy przypadek sytuacji, gdy widmo pochodzące spoza centrum gromady wymaga do opisu kilku składników różniących się temperaturą.

Linia żelaza Fe K jest bardzo wyraźna, jej energia, po uwzględnieniu stopnia jonizacji żelaza, wskazuje na przesunięcie ku czerwieni o wartości



Rys. 5 Zarejestrowane widmo gromady galaktyk w Perseuszu wraz z widmami modelowymi, zakładającymi plazmę jednoskładnikową (linia przerywana) i dwuskładnikową (linia ciągła) (Arnaud i in.).

Obserwatorium Astro na promie



($z = 0.0182 \pm 0.003$) doskonale zgodne z wartością otrzymaną z widma optycznego.

Ponad godzinę (dokładniej 3850 sekund) trwało zbieranie fotonów od galaktyki NGC 1399 – centralnej galaktyki w gromadzie Fornax. Uzyskane widma są różne dla obszarów centralnych i zewnętrznych tej galaktyki. Różnice występują w temperaturze plazmy, która wysyła promieniowanie – gaz w obszarach zewnętrznych jest gorętszy – oraz w jej składzie chemicznym: skład gazu w obszarze centralnym jest zbliżony do słonecznego, w obszarach zewnętrznych zawartość metali jest dwukrotnie mniejsza. Pomiary przeprowadzone przez BBXRT wskazują na istnienie w tej galaktyce dużych ilości ciemnej materii. Biorąc pod uwagę jasność powierzchniową galaktyki, a stąd rozkład masy, uzyskany rozkład temperatury i gęstości gorącego gazu oraz emisję całej gromady Fornax, która określa maksymalne ciśnienie zewnętrzne działające na gaz w tej galaktyce, otrzymuje się, że masa ciemnej materii musi być przynajmniej 6 razy większa od masy materii świecącej, aby ta ostatnia mogła znajdować się w równowadze.

Prawie cztery lata po wybuchu, supernowa 1987A była jednym z ważnych punktów w planie obserwacji BBXRT. Spodziewano się rejestracji fotonów rentgenowskich, które powinny powstać w czasie oddziaływania wyrzuconej z dużą prędkością, otoczki z ośrodkiem międzygwiazdowym w Wielkim Obłoku Magellana. Drugim źródłem promieniowania rentgenowskiego powinna być emisja z obszaru centralnego. Podczas trwającej 984 s ekspozycji zarejestrowano ogółem 27 fotonów o energii powyżej 2 keV, podczas gdy spodziewane tło wynosiło 25 fotonów. Oznacza to faktycznie brak zauważalnej emisji rentgenowskiej, a dokładniej obniżenie górnej granicy strumienia promieniowania o ok. rząd wielkości w stosunku do obserwacji *ROSAT*–a i *Gingi*. Rentgenowskie widmo Wielkiego Obłoku Magellana pasuje do modelu promieniowania optycznie cienkiej plazmy o temperaturze ok. 9 keV i zawartości metali ok. 3–krotnie mniejszej niż słoneczna.

Źródła rentgenowskie należące do naszej Galaktyki również były obserwowane przez BBXRT. Rejestracja sygnałów od pulsara rentgenowskiego Cygnus X–3 podczas przelotu wahadłowca przez Anomalię Południowo-atlantycką [*)] umożliwiła dokładne określenie tła cząstek oraz dowiodła doskonałej czułości teleskopu. W widmie obiektu widoczna jest doskonale dwuskładnikowa linia żelaza: składowa o energii 6.4 keV, emitowana przez niezjonizowane atomy, pochodzi najprawdopodobniej z wiatru gwiazdowego, zaś składowa o energii ok. 6.8 keV, produkowana przez wysokozjonizowane żelazo, powstaje zapewne w dysku akrecyjnym krążącym wokół zwartego składnika tego układu podwójnego.

Obserwacje gorących gwiazd: τ Sco i ζ Ori dostarczyły istotnych informacji na temat formowania się rentgenowskiego widma ciągłego w takich obiektach. Gdyby promieniowanie to powstało przy powierzchni gwiazd, wówczas wiatr gwiazdowy, którego obecność można stwierdzić na podstawie widm optycznych, powodowałaby silną absorpcję w zakresie „miękkiego" promieniowania. Brak takiej absorpcji pozwala wyciągnąć wniosek, że emisja zachodzi z dala od powierzchni, właśnie w wietrze ogrzewanym prawdopodobnie przez fale uderzeniowe.

Wyniki obserwacji przeprowadzonych przez BBXRT dodały nam z pewnością kilka elementów do mozaiki pod nazwą „wysokoenergetyczny Wszechświat". Szkoda tylko, że napięty rozkład lotów wahadłowców nie przewiduje ponownej misji laboratorium „Astro".

Niech żyje i umacnia się współpraca polsko–polonijna! Grzegorz (Greg) Madejski, nasz człowiek w Goddard Space Flight Center, głównej instytucji sponsorującej BBXRT wyjechał z Polski na stałe w 1969 roku, zaraz po ukończeniu szkoły średniej i studiował w Stanach, na Massachussets Institute of Technology; doktorat zrobił w Harvardzie.

Piotr Życki na razie przeniósł się tylko ze Szczecina do Warszawy i z fizyki do astronomii. Co do tej ostatniej informacji to badania statystyczne (Wł. Kluźniak) wskazują, iż fizycy odnoszą większe sukcesy w astronomii niż astronomowie...

[*)] ang. *South Atlantic Anomaly* – obszar nad południową częścią Atlantyku, w którym koncentracja naładowanych cząstek jest wielokrotnie większa niż typowa wartość w przestrzeni kosmicznej.

Pyłowe Księżyce Ziemi

Od dwustu lat wiadomo, że w układzie dwóch ciał A i B, trzecie ciało (o masie znacznie mniejszej) ma pięć położeń równowagi. Są to punkty libracyjne Lagrange'a: L_1, L_2, L_3 leżące na linii łączącej ciała A, B oraz L_4, L_5 leżące w płaszczyźnie orbity obu ciał, w wierzchołkach trójkątów równobocznych, których jednym z boków jest odcinek AB. Obserwacyjnym potwierdzeniem tego rozwiązania „ograniczonego zagadnienia trzech ciał" jest istnienie w układzie Słońce - Jowisz grup planetoid w pobliżu punktów libracyjnych L_4 i L_5. Planetoidy te noszą nazwy bohaterów Illiady z tym, że podział na Greków i Trojańczyków nie całkiem jest zgodny z Homerem: Hektor jest wśród Greków a Patrokles wśród Trojańczyków.

Maciej Winiarski

Ziemia i Księżyc tworzą podobny układ jak Słońce – Jowisz. Profesor Józef Witkowski pierwszy zwrócił uwagę, że w punktach L_4 i L_5 układu Ziemia – Księżyc mogą istnieć drobne ciała złapane w pułapkę punktu libracyjnego. Trud obserwacyjnej weryfikacji tej hipotezy podjął, nieżyjący już, Kazimierz Kordylewski, docent Uniwersytetu Jagiellońskiego. Początkowo szukał on w okolicach punktów libracyjnych obiektu punktowego. W tym celu fotografował punkty L_4 i L_5 teleskopem Schmidta w Tautenburgu (średnica zwierciadła 203 cm, płyty korekcyjnej 134 cm, światłosiła 1:3). Wynik obserwacji był negatywny: nie stwierdzono żadnego obiektu punktowego na kliszach o rozmiarach $3^{\circ}.4 \times 3^{\circ}.4$. Oszacowany dla tych klisz zasięg (przy przyjęciu takiego albedo obiektu, jakie ma materia meteorytowa) pokazywał, że obiekt o rozmiarach 1 – 2 metrów już powinien zostać zaobserwowany. Takiego obiektu nie było. Ale:

1. Obiekt mógł odejść o więcej niż $1^{\circ}.7$ od punktu libracyjnego i znajdować się poza kliszą;
2. W pobliżu punktu libracyjnego mogły znajdować się obiekty o mniejszych rozmiarach, nie dające zauważalnych efektów na kliszy.

Doc. Kordylewski wziął pod uwagę drugą z tych ewentualności. Badanie meteorytów pokazuje, że całkowita masa mikrometeorytów jest wielokrotnie większa od masy dużych obiektów. Czyli w punkcie libracyjnym nie tylko mogą, ale wręcz powinny znajdować się zagęszczenia pyłu o rozmiarach mikrometeorytów. Zagęszczenie takie powinno dać świecący obiekt, ale nie punktowy tylko rozciągły. Ten fakt zmuszał do zmiany metody obserwacji.

Kazimierz Kordylewski przy Ernostarach na Kasprowym Wierchu. (z archiwum rodziny)

Dla obiektów rozciągłych zasięg instrumentu zależy nie od jego średnicy wejściowej ale od światłosiły. Szukany obiekt nie musi znajdować się dokładnie w punkcie libracyjnym, może odchodzić dość daleko od niego. Stąd wymagania do użytego instrumentu: duża światłosiła i duże pole widzenia.

Podstawowym wymaganiem przy obserwacji obiektów rozciągłych jest ciemne tło nieba. Obiekt punktowy można „wydobyć" z jasnego tła stosując instrument o dużej średnicy, a małej (osłabiającej tło) światłosile. Z obiektem rozciągłym się to nie uda, gdyż tło jest takim samym obiektem rozciągłym jak szukany obiekt. Przykład: Droga Mleczna (obiekt rozciągły) bije w oczy w noc bezksiężycową, a jest ledwo widoczna (lub wcale niewidoczna) przy pełni Księżyca.

Warunek ciemnego tła nieba ogranicza silnie czas obserwacji, gdyż punkt libracyjny (a w przybliżeniu i szukany obiekt) jest odległy o 60° od Księżyca. Można więc obserwować albo

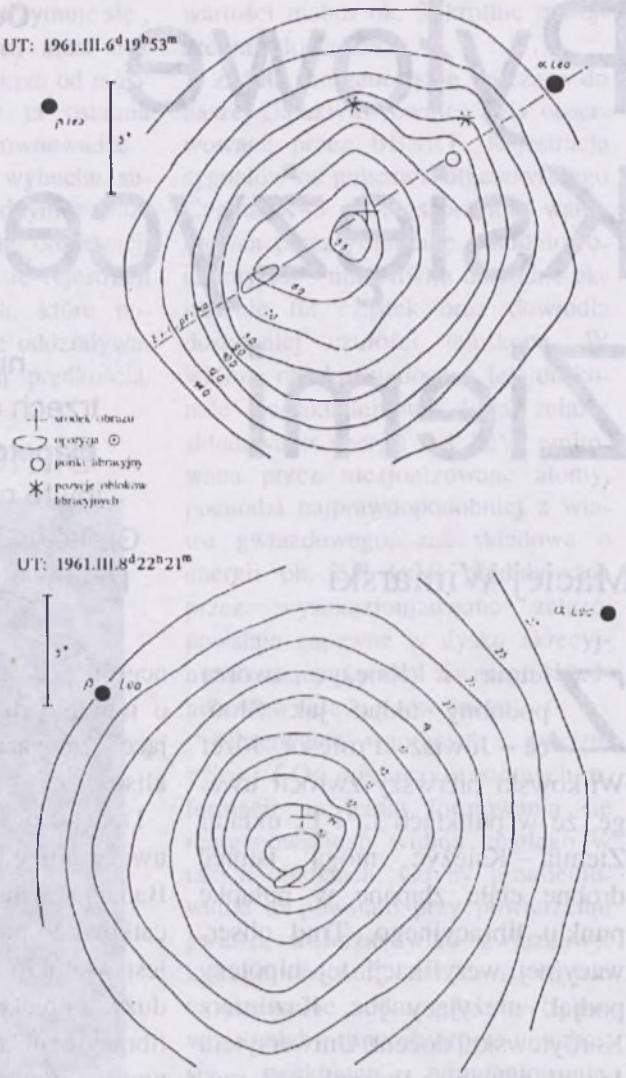
Prawie Trzy Ciała i Ślusarz

Załóżmy, że nie ma nic oprócz Ziemi i Księżyca. Aby było prościej, niech Księżyc krąży wokół Ziemi po orbicie kołowej. Poza tym, niech będzie jeszcze jedno malutkie ziarenko pyłu. Ziarenko to jest tak malutkie, że nie zaburza idealnie kołowych orbit Ziemi i Księżyca. Co prawda nie ma Słońca ale Ziemia musi się poruszać, podobnie jak Księżyc, po orbicie kołowej wokół wspólnego środka masy Księżyca i Ziemi. To co nas interesuje, to odpowiedź na pytanie: Jakie są możliwe orbity pyłku?

Ta wyimaginowana sytuacja to: ***Ograniczone Zagadnienie Trzech Ciał.*** **Ograniczone - gdyż zaniedbujemy fakt, iż ziarenko, choć malutkie, wytwarza pole grawitacyjne, które drastycznie zmienia wygląd orbit Ziemi i Księżyca. W ogólności - gdy uwzględnimy wpływ ziarenka - orbity Ziemi i Księżyca nie będą już kołowe, więcej nawet, nie będą to orbity zamknięte. Tak to już jest.**

Ślusarze niebiescy **(tak nazywa mechaników nieba kolega astrofizyk M. M.; zbieżność inicjałów z Marylin Monroe nieprzypadkowa) z dużą, właściwą sobie wprawą, potrafią wykazać, że można nadać pyłkowi takie położenie i prędkość aby poruszał się on po orbicie kołowej wokół środka masy układu Ziemia - Księżyc. Co więcej, okres obiegu po tych orbitach będzie taki sam jak okres orbitalny Księżyca. I jeszcze więcej - takich orbit będzie dokładnie pięć i nazywają się one** ***punktami libracyjnymi.***

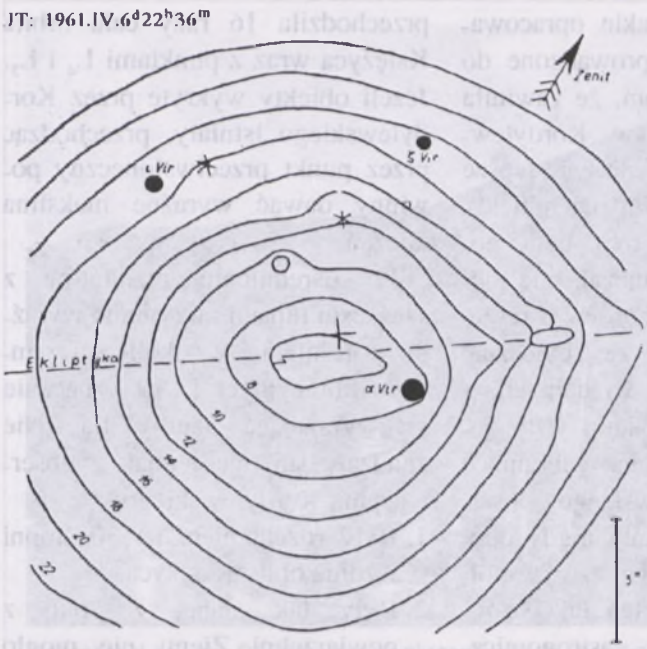
Nazwa ***punkt*** **dla orbity kołowej jest niesłychanie myląca i wcale nie oznacza, że orbita jest malutka. Ślusarze wymyślili, że o wiele lepiej jest oglądać wszystko, nie tak jak Pan Bóg** przed pełnią– punkt L_4: od zachodu Księżyca do zejścia nisko punktu libracyjnego; albo po pełni – punkt L_5: od jego wyjścia na odpowiednią wysokość od wschodu Księżyca. Najlepsze warunki są na takiej szerokości geograficznej, na której orbita Księżyca jest prostopadła do horyzontu. Nawet tam czas obserwacji jest krótki: przyjmując, że z powodu ekstynkcji atmosferycznej obiekt może być zauważony dopiero na wysokości większej lub równej 20^0, obserwator ma zaledwie dwie godziny i czterdzieści minut od zachodu Księżyca do zejścia L_4 na tę wysokość (lub od wyjścia L_5 ponad 20^0 do wschodu Księżyca). Praktycznie czasu jest jeszcze mniej, gdyż tło nieba jest wyraźnie rozjaśnione, gdy Księżyc jest już (jeszcze) pod horyzontem. Dla różnych szerokości geograficznych, gdzie orbita Księżyca tworzy z horyzontem kąt znacznie mniejszy od prostego, potencjalny czas obserwacji jest jeszcze krótszy. Jeżeli uświadomić sobie ponadto, że szukany obiekt nie może zostać zaobserwowany, gdy znajduje się na tle Drogi Mlecznej, światła zodiakalnego ani przeciwświecenia *), to okaże się że obserwator ma niewiele okazji do wykonania udanej obserwacji.



Uzyskane przez K. Kordylewskiego ze zdjęć wykonanych na Kasprowym Wierchu izofoty w okolicach punktu przeciwsłonecznego (opozycja O) w momencie przechodzenia punktu libracyjnego (u góry) i w dwa dni później, bez punktu libracyjnego (na dole). Dokładne odjęcie tych obrazów dało pozycje dwóch obłoków w pobliżu (2° + 5°) punktu libracyjnego. Procedura ta uwzględniać powinna przeciwświecenie, światło zodiakalne i świecenie nocnego nieba. (m)

Docent Kordylewski szukał obiektów fotoelektrycznie, fotograficznie i wizualnie. Obserwacje fotoelektryczne i fotograficzne przeprowadzał na Kasprowym Wierchu podwójnym astrografem o obiektywach Enermann – Ernostar (f = 285 m; światłosiła 1:2). Obserwacje fotoelektryczne dały wynik negatywny.

*) Światło zodiakalne stanowi pas słabej poświaty ciągnący się wzdłuż ekliptyki i wywołane jest rozproszeniem światła słonecznego na ziarnach pyłu międzyplanetarnego. Natężenie światła zodiakalnego maleje z odległością kątową od Słońca, ale w obszarze bliskim punktu ekliptyki przeciwległego Słońcu, ma większą jasność powierzchniową niż obszary sąsiednie tworząc tzw. przeciwświecenie lub przeciwblask. (przyp. red.)

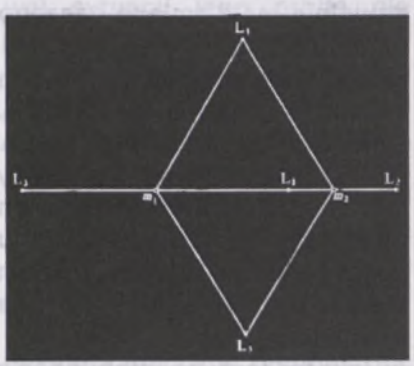


Uzyskane tą samą metodą co poprzednio położenie dwóch obłoków pyłowych w pobliżu punktu libracyjnego na zdjęciu wykonanym miesiąc później. Oznaczenia te same co na poprzednim rysunku.

Obecnie jest to zrozumiałe: przez krótki czas, w którym obserwacja jest możliwa, mierzono jasność tylko najbliższego otoczenia punktu libracyjnego. Tymczasem okazało się, że szukane obiekty odchodzą od tego punktu na odległość nawet kilkunastu stopni. Z tego powodu także szereg innych fotometrystów uzyskało, szukając obłoków libracyjnych, wyniki negatywne.

Zdjęcia uzyskane na Kasprowym Wierchu były mierzone termoelektrycznym mikrofotometrem starego typu (produkcji Zeissa). Konstrukcja tego mikrofotometru była raczej nieudana, a praca przy jego pomocy – bardzo uciążliwa. Niemniej jednak, na otrzymanych w ten sposób mapach zaczernień doc. Kordylewski stwierdził istnienie rozjaśnień, które przesunęły się w ciągu kolejnych nocy z taką prędkością jak Księżyc. Wyniki te opublikował w 1961 roku stając się odkrywcą nowych księżyców Ziemi. Moim zdaniem nie miałby odwagi podpisać wyników obserwacji fotograficznych (mała liczba klisz, możliwość błędów emulsji, niska dokładność mikrofotometru), gdyby nie zgadzały się one z obserwacjami wizualnymi.

Obserwacje wizualne doc. Kordylewski przeprowadzał gołym okiem. Instrument ten charakteryzuje się dużą światłosiłą i szerokim kątem widzenia, spełnia więc warunki niezbędne dla wykrycia szukanych obiektów. Wadami tego instrumentu są: mała dokładność wyznaczonych pozycji (dla słabych obiektów) oraz subiektywność. Pierwszą z tych wad K. Kordylewski ignorował (chodziło wtedy tylko o stwierdzenie istnienia obiektów), drugą starał się usunąć. Obiektywizacja polegała na przeprowadzeniu niezależnych obserwacji równocześnie przez kilku obserwatorów. Obserwatorami byli nie zawodowi astronomowie, ale amatorzy, którzy nie wiedzieli, gdzie szukany obiekt powinien się znajdować i nie ulec autosugestii. Wyrysowali oni na przygotowanych mapach wszystkie zauważone rozjaśnienia nieba: przeciwświecenie, nierozdzielne okiem grupy gwiazd (które można było użyć do określenia zasięgu obserwatora) oraz szukane obiekty. Zgodność pozycji zanotowanego przez kilku obserwatorów rozjaśnienia, traktowano jako dowód jego realności. Wykonano także obserwacje kontrolne tam, gdzie obiektów libracyjnych nie mogło być. Miało to służyć do oceny ryzyka wykrycia obiektu, który nie przykazał, siedząc sobie spokojnie w środku masy układu ale należy kręcić się w ten sposób aby stale patrzeć na Księżyc. Pyłek poruszający się po orbicie kołowej o takim okresie jak Księżyc będzie wtedy względem nas nieruchomy, czyli jego orbita w tym *obracającym się układzie współrzędnych* będzie rzeczywiście punktem.



Względne położenie punktów libracyjnych ($m_2 < m_1$) w układzie obracającym się (ograniczone zagadnienie trzech ciał).

Jak to już powiedziano, takich orbit - punktów jest dokładnie pięć. Jak one wyglądają pokazuje rysunek. Ślusarzom sam fakt istnienia takich orbit nie wystarcza. Muszą jeszcze wiedzieć czy takie orbity są stabilne. W tym właśnie celu wymyślili kiedyś pojęcie *stabilności*. Nie poszli przy tym na łatwiznę gdyż trzeba było całego wieku zmagań by udzielić poprawnej odpowiedzi na pytanie czy punkty libracyjne (dokładnie dwa oznaczone L_4 i L_5) są stabilne.

A co ta stabilność oznacza? Mówiąc obrazowo: jeżeli punkt libracyjny, np. L_4 jest stabilny to mała pomyłka, brak precyzji w umieszczeniu pyłku w tym punkcie nie spowoduje katastrofalnych skutków i pyłek nie odleci hen daleko lecz będzie przebywał stale w jego pobliżu. Oczywiście, *umieszczenie pyłku w pobliżu punktu* L_4 oznacza, że nie tylko odległość pyłku od L_4 jest mała lecz również to, że jego prędkość względem tego punktu jest mała. Istotnym dla stabilności jest to, że tak będzie zachowy-

wał się pyłek dla dowolnych, małych błędów w położeniu i prędkości.

Otóż takie określenie stabilności ma tą zaletę, że łatwo można stwierdzić niestabilność oraz taką wadę, że czasami bardzo trudno wykazać stabilność. Poza tym, stabilność, w odróżnieniu od niestabilności, jest niestabilna [1]. Oznacza to, że dowolnie mała zmiana naszego modelu polegająca na uwzględnieniu istnienia dodatkowych sił, może stabilny punkt libracyjny uczynić niestabilnym. Natomiast gdy punkt libracyjny jest niestabilny, to będzie on niestabilny przy uwzględnieniu jakichkolwiek dodatkowych efektów, byle tylko były one dostatecznie małe.

Jak to jest ze stabilnością punktów libracyjnych? Otóż *kolinearne punkty libracyjne* L_1, L_2, L_3 są niestabilne. W przypadku *trójkątnych punktów libracyjnych* L_4 i L_5 stabilność zależy od stosunku mas Ziemi i Księżyca (ponieważ byliśmy w stanie pozbyć się Słońca, to nic nie stoi na przeszkodzie byśmy mogli nadawać Ziemi i Księżycowi dowolne masy). Ślusarze zamiast stosunku mas używają parametru oznaczonego przez μ. Jest to stosunek masy Księżyca do masy Ziemi i Księżyca razem wziętych. Otóż, jeśli parametr ten jest mniejszy od „magicznej" wartości krytycznej nazywanej wartością Routha, która wynosi:

$$\mu=\frac{1}{2}\left(1-\frac{\sqrt{69}}{9}\right)=0.03852\ldots,$$

to obydwa trójkątne punkty libracyjne są stabilne.

W przypadku Ziemi i Księżyca wartość parametru μ wynosi około 0.01214, a więc trójkątne punkty libracyjne w układzie Ziemia - Księżyc są stabilne. Podobnie jest w przypadku istnieje. Niestety takie opracowanie nie zostało doprowadzone do końca. Przypuszczam, że zawiniła tu niecierpliwość doc. Kordylewskiego. Mając oko znacznie lepsze od przeciętnego, widział obiekty wyraźnie, pozycja ich była potwierdzona przez niezależnie obserwujących amatorów, resztę opracowania uznał za zbyteczną. Wyniki obserwacji wizualnych, z pozytywnym wynikiem, były jedynie referowane na zebraniach naukowych Krakowskiego Obserwatorium. Nie zostały nigdy opublikowane. Możliwe, że współodpowiedzialne za ten fakt są redakcje czasopism astronomicznych, które bardzo niechętnie przyjmują prace wykonane tak prymitywnym instrumentem jak oko. A niesłusznie, gdyż właściwy instrument należy dobierać do programu, co w tym wypadku miało miejsce.

Po publikacji Kordylewskiego, szeroko reklamowanej przez dziennikarzy, którzy czyhają na takie rewelacje, szereg obserwatorów próbowało zaobserwować wykryte obiekty. Większość tych prób kończyła się niepowodzeniem, co sprzyjało tworzeniu niemiłej atmosfery wokół tego odkrycia. Dopiero praca J. R. Roache'a w 1971 roku ostatecznie zakończyła dyskusję o istnieniu obłoków, dostarczając przy tym szereg dodatkowych, obiektywnych rezultatów.

Praca J. R. Roache'a polegała na opracowaniu szesnastomiesięcznej serii pomiarów z satelity OSO – 6. Satelita ten notował zliczenia fotonów z kąta bryłowego o średnicy dwa stopnie, z punktu leżącego naprzeciw Słońca (oraz punktów sąsiednich w odległości 5 stopni), za każdym obiegiem satelity, gdy znajdował się on w cieniu Ziemi. W czasie całej serii obserwacji, przez punkt przeciwsłoneczny przechodziła 16 razy cała orbita Księżyca wraz z punktami L_4 i L_5. Jeżeli obiekty wykryte przez Kordylewskiego istniały, przechodząc przez punkt przeciwsłoneczny powinny dawać wyraźne maksima zliczeń.

Po uśrednieniu rezultatów z szesnastu lunacji otrzymano wyraźne pojaśnienia w okolicach punktów libracyjnych L_4 i L_5 znacznie przewyższające szumy tła. Nie zgadzały się one jednak z obserwacjami Kordylewskiego:

1. Były rozciągnięte na 30 stopni wzdłuż obity Księżyca,
2. Były tak słabe, że oko z powierzchni Ziemi nie mogło ich widzieć. Dopiero, gdy rozpatrzono obserwacje z każdej lunacji oddzielnie, otrzymano rozjaśnienia zgodne z wynikami Kordylewskiego. Rozjaśnienia te były silniejsze, miały rozmiar (średnio) 6.3 stopnia, wypadały w różnych miejscach względem punktu libracyjnego, co przy uśrednianiu wszystkich lunacji dawało efekt olbrzymiego obłoku o bardzo małej jasności. Położenia obiektów dla różnych lunacji dochodziły aż do 15 stopni od punktu libracyjnego. Stwierdzono przy tym, że obiekty unikają najbliższego otoczenia punktu libracyjnego oraz, że w letnich miesiącach były bliżej Księżyca niż punkt libracyjny, w zimowych dalej. Ten efekt został później potwierdzony fotograficznie z Ziemi.

Obserwacje Roache'a:
- zakończyły dyskusje o realności odkrytych obiektów,
- podały ich jasność powierzchniową,
- podały ich rozmiary i szereg pozycji.

Obserwacje te miały też pewne minusy: wszystkie były wykonywane w jednej barwie i w punkcie leżącym naprzeciw Słońca. Nie

[1] Stwierdzenia tego użył dwudziestokilkuletni V. I. Arnold badając ważny dla ślusarzy (a nawet astronomów, choć wydaje się to zupełnie nieprawdopodobne) przykład *węzła tego torusa*. Nieco wcześniej rozstrzygnął najistotniejsze problemy związane ze stabilnością.

Bieszczadzka Stacja Obserwacyjna z okresu budowy - pawilon refraktora 20/300 cm z rozsuwanym dachem. (fot. Adam Michalec)

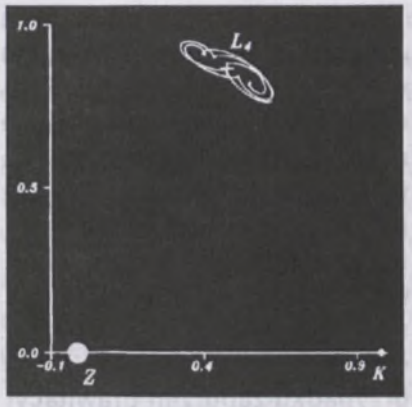
mogły więc służyć do wyznaczenia jasności obiektów od fazy ani długości fali, a taka zależność pozwoliłaby na ocenę rozmiarów cząstek pyłu tworzących obiekt. Obserwacje zostały wykonane podczas maksimum aktywności Słońca. Ewentualna zależność jasności obiektu od aktywności Słońca (stwierdzona dla przeciwświecenia) nie mogła zostać wykryta.

Obiektywnie wyznaczona przez Roache'a, pozaatmosferyczna jasność obłoków wynosi 30 jednostek S_{10} czyli 7.11 mag. na stopień kwadratowy. Wielkość ta dotyczy jasności w systemie fotometrycznym o średniej długości fali 5000 Å, w maksimum aktywności Słońca, w punkcie przeciwsłonecznym. Wyeliminowano przy tym efekt zaćmienia, który przy tak dużych rozmiarach występuje podczas każdej pełni obiektu. To, czy taki obiekt może być obserwowany z powierzchni Ziemi, zależy od jasności tła nieba i wpływu ekstynkcji atmosferycznej. Dla konkretnych warunków można policzyć efekt od obiektów o jasności podanej przez Roache'a i porównać z możliwościami zastosowanego odbiornika.

Oszacowania takiego nie możemy wprawdzie wykonać dla oka K. Kordylewskiego jako odbiornika, aby obalić zgłaszane czasem wątpliwości, że „tak słabe obiekty nie mogły być widziane gołym okiem". Sprawa ta jest raczej problemem ambicji niż zagadnieniem naukowym. Natomiast porównano potencjalny efekt z szumami różnych klisz fotograficznych. Stosując zasady starych fotometrystów fotograficznych, których to zasad uczył w Krakowie jeszcze profesor E. Rybka, wykonano szereg prób opracowania klisz tak, aby otrzymać mierzalny obraz sztucznego obiektu o jasności obłoku libracyjnego. Porównano przy tym powierzchnie o rozmiarach równych rozmiarom obiektów (co przed ogłoszeniem wyników Roache'a nie było możliwe). Dobrano dla klisz Kodak IIaO, IIaF oraz ORWO WP1 (odpowiednio barwy: niebieska, żółta i czerwona, chociaż bez filtrów to bardzo szerokopasmowe odbiorniki) takie warunki opracowania, że obiekt o jasności 0.02 – 0.04 mag. wyraźnie przewyższał szum kliszy. Znając średnią jasność tła nieba i współczynniki

Słońca i Jowisza dla których $\mu \sim 0.00095$ ... .

Jakie są konsekwencje tego faktu? Mając nieograniczone możliwości możemy nasz pyłek umieścić gdzieś w pobliżu punktu libracyjnego i nadać mu małą prędkość względną. Wówczas pyłek nasz będzie poruszał się stale w pobliżu punktu libracyjnego. W typowej sytuacji jego orbita nie będzie zamknięta, zatem ruch jego nie będzie periodyczny. Pomimo niedogodności, ślusarze wiedzą, że ruch ten będzie *dwuokresowy*. Oznacza to, że w ruchu pyłku pojawią się dokładnie dwie charakterystyczne częstości, które zawsze można wyliczyć w sposób przybliżony. Jak ta orbita wygląda pokazuje rysunek (namalowany we współrzędnych obracających się).



Orbita pyłku w pobliżu punktu libracyjnego L_4. Specjalnie wybrano „dużą" orbitę aby była dostatecznie wyraźnie widoczna. Widoczny kawałek orbity odpowiada 50 okresom obiegu Księżyca. Odległość pomiędzy Ziemią i Księżycem przyjęto równą 1. Rozmiary Ziemi i Księżyca na rysunku zostały przesadzone.

Nic więc nie przeszkadza temu by istniały tzw. księżyce pyłowe w trójkątnych punktach libracyjnych układu Ziemia - Księżyc (podobnie jak istnieją asteroidy - *Trojańczycy* - orbity których są bliskie trójkątnym punktom libracyjnym w układzie Słońce - Jowisz). Dlaczego zatem brak jest stuprocentowego, powszechnie uznanego, obserwacyjnego potwierdzenia ich istnienia? Cóż, to że coś być może, nie ozna-

cza, że być musi! Poza tym, nie ma takiej możliwości aby pyłki dolatywały do punktów libracyjnych i potem pozostawały tam przez długi czas gromadząc się wokół nich. Właśnie dlatego, że punkty te są stabilne to nie ma orbit asymptotycznie zbliżających się do nich, gdyż wtedy byłyby i orbity uciekające od punktów libracyjnych co z kolei byłoby sprzeczne z wykazaną stabilnością tych punktów. Aby coś znalazło się w pobliżu punktów lib- racyjnych musi być tam „wrzucone" oraz mieć odpowiednią prędkość (w przybliżeniu taką jak Księżyc) by moc przebywać w otoczeniu tego punktu. Potrzebny jest zatem jakiś mechanizm, który by to robił, ale to już zupełnie inna historia.

Jeszcze jeden istotny fakt: ziarnko pyłu dość znacznie różni się od asteroidu. Nie chodzi tutaj bynajmniej o same rozmiary. Otóż bez względu na fakt czy tego chcemy, czy też nie, to Słońce jest i świeci. Zaburza ono orbity bliskie punktom libracyjnym w dwojaki sposób: grawitacyjnie i poprzez ciśnienie promieniowania. W przypadku zaburzeń grawitacyjnych rozmiary pyłku nie odgrywają roli. Natomiast w przypadku ciśnienia promieniowania jest niesłychanie ważna masa i wielkość. W przypadku asteroidów grawitacyjne działanie Słońca jest uwzględnione poprzez sam model ograniczonego zagadnienia trzech ciał. W przypadku pyłku zaniedbaliśmy to oddziaływanie zupełnie. Poza tym, efekt ciśnienia promieniowania jest zupełnie zaniedbywalny dla asteroidów, natomiast w przypadku pyłów jest to istotny czynnik wpływający na ewolucję orbit. Ale to już zupełnie inna historia.

Andrzej J. Maciejewski

ekstynkcji dla Obserwatorium Fort Skała można było łatwo obliczyć, że obiekt tej jasności, jaką otrzymał Roache, zginie w szumie kliszy. Aby poprawić warunki obserwacji utworzono stację obserwacyjną w Bieszczadach, w Roztokach Górnych.

Stacja bieszczadzka leży w kotlinie, na wysokości ok. 800 m n.p.m. Jest otoczona ze wszystkich stron górami. Najbliższe osiedla oddalone są o ponad 4 km i – znajdując się w głębokich dolinach – nie rozjaśniają tła nieba. W samych Roztokach jest tylko pięć domów położonych daleko i poniżej miejsca obserwacji. Dla Roztok otrzymano (jako średnie z dziesięciu lat obserwacji) jasności tła nieba 3.81, 2.94 i 2.05 mag. na stopień kwadratowy odpowiednio dla barwy niebieskiej, żółtej i czerwonej oraz średnie współczynniki ekstynkcji 0.35 i 0.20 mag. odpowiednio w barwie niebieskiej i żółtej. Z testowania klisz wynika, że dla takich warunków obłok libracyjny powinien dać mierzalny efekt. Rozumowanie powyższe uzasadnia możliwość wykonania udanej fotografii obiektu, ale nie gwarantuje sukcesu. Porównany jest jedynie szum kliszy z jasnością obiektu. Niewiadomymi pozostawały: szum tła nieba i szum spowodowany warunkami atmosferycznymi. Jasność obiektu w czasie obserwacji nie musi być równa jasności otrzymanej przez Roache'a. Należy się spodziewać zależności jasności od fazy obiektu i od aktywności Słońca. Wreszcie, tło i ekstynkcja dla danej nocy obserwacyjnej może się różnić od warunków średnich.

Kamery Ernostar przystosowane do pomiarów fotoelektrycznych (fotopowielacze) w zimowej szacie w Bieszczadach.

Ostateczną odpowiedź na to, czy obłoki można sfotografować z Ziemi mogła dać tylko obserwacja.

Zdjęcia obłoków wykonano na kliszach szklanych, przy pomocy dziesięciu standardowych obiektywów od kamer małoobrazkowych o światłosiłach 1:1.5 do 1.2. Kamery te zamontowane były na refraktorze (średnica 20 cm, ogniskowa 300 cm) użytym jako celownica, co zapewniało dobrą dokładność prowadzenia. Dla uniknięcia rozproszonego światła, obiektywy osłonięte były przesłonami podobnymi do przesłon przeciwsłonecznych, ale znacznie głębszymi, a obserwator*) nie używał (w ogóle nie miał przy sobie !) latarki. W czasie nocy udawało się na ogół wykonać jedną obserwację godzinną, co gwarantowało, że obiekt znajdzie się na stromej, jeżeli już nie na prostoliniowej części charakterystyki kliszy. Druga ekspozycja na ogół musiała być krótsza. Każde wykonane zdjęcie okolicy punktu libracyjnego było

*) Zapewne poprzez skromność, autor artykułu w osobie owego anonimowego obserwatora ukrywa przede wszystkim ... samego siebie. (przyp. red.)

następnie powtórzone podczas innej nocy (oczywiście bezksiężycowej) takiej, że punkt libracyjny znajdował się daleko. Realne, ale stałe pojaśnienia tła nieba były eliminowane przez te powtórne zdjęcia (zdjęcia odniesienia). Ponadto poszukiwanie obłoków na zdjęciach odniesienia (na których ich nie mogło być), umożliwiało ocenę prawdopodobieństwa wykrycia fałszywego obiektu.

Zdjęcia kalibrowano 29 – cio stopniowym kalibratorem rurkowym. Punkt zerowy skali zapewniało następujące postępowanie: Równocześnie z fotografowaniem mierzono – fotoelektrycznie, kamerami Ernostar – tło nieba w trzech barwach. Kamery były nieruchome, nastawione na fragment nieba objęty zdjęciem tak, aby przez pole widzenia kamery przeszła gwiazda o znanej jasności. W każdej barwie pomiar taki był wykonany co najmniej dwukrotnie. Porównanie jasności gwiazdy i tła nieba dawało punkt zerowy skali zdjęć fotograficznych.

Pomiary zaczernień klisz wykonano fotoelektrycznym mikrofotometrem GII produkcji Carl Zeiss Jena. Jeżeli w pole mierzone wchodziła gwiazda to pomiar taki eliminowano. Decyzja o tym należała do mierzącego, co wprowadzało niepożądany element subiektywności. Eliminowano gwiazdy jaśniejsze od 7 – 9 mag. zależnie od kliszy (dla porównania: z materiału Roache'a eliminowano gwiazdy jaśniejsze od 5.5 mag.).

Mapę zaczernień zamieniano na jasności i eliminowano efekty błędu pola kamer oraz zmianę tła w kierunku horyzontu. Ponieważ szukano obiektów o znanych rozmiarach (6.3 stopnia) uśredniano jasności w polach o tej średnicy i odnoszono je do jasności otoczenia. Redukcje te okazały się bardzo efektywne. Dyspersja jasności na mapach, w wyniku takiego uśredniania, zmalała kilkanaście razy.

Bywa tak, że podstawowym narzędziem obserwacyjnym bieszczadzkiej stacji są... łopaty. Tylko dzięki nim można odkopać pozostałą aparaturę. A warto, bo jak cytują autora artykułu jego młodsi koledzy: „im głębiej we wiadrze zamarznie woda, tym lepsza w nocy będzie pogoda" (red.)

Na każdej z tak opracowanych map są obszary o podwyższonej jasności. Jako miarę ich realności przyjęto zgodność pozycji rozjaśnienia na równocześnie wykonanych kliszach. Również na zdjęciach odniesienia rozjaśnienia (fałszywe obiekty) zgadzały się na niektórych kliszach. Z porównania liczby zgadzających się klisz dla prawdziwego i fałszywego (na kliszach odniesienia) obiektu uzyskano, że przypadkowe powstanie obłoku uznanego za prawdziwy jest od 2.4 do 23.5 razy (zależnie od nocy) mniej prawdopodobne niż przypadkowe powstanie obiektu fałszywego. Uważam to za obiektywny dowód realności otrzymanych rozjaśnień.

Opracowano jedynie niewielką liczbę otrzymanych klisz. Materiał ten zebrano podczas trzech kolejnych nocy w lutym 1976 roku. Pozycje obłoku względem punktu libracyjnego dla dwóch nocy są zgodne ze sobą, dla trzeciej pozycja obłoku jest nieco inna, zafałszowana prawdopodobnie bliskim przeciwświeceniem. Obłok znajduje się znacznie dalej od Księżyca niż punkt libracyjny, tak jak otrzymał to Roache dla miesięcy zimowych.

Interesujące wyniki otrzymano porównując jasność obiektu w trzech barwach. Zależność jasności od długości fali okazała się zupełnie inna niż dla przeciwświecenia. Ponieważ w czasie zdjęć kąt fazy obłoku był niewielki (maksymalnie 17 stopni), a przeciwświecenie z definicji jest w fazie zero, obserwowana różnica nie może być wynikiem zależności jasności od fazy. Pozostaje interpretacja fizycznie różnych cząstek pyłu w obu obiektach.

Wniosek: Obiekty w punktach libracyjnych układu Ziemia – Księżyc są na tyle jasne, że można je obserwować z powierzchni Ziemi i otrzymać o nich nowe informacje. Jest to jednak zajęcie mocno pracoi czasochłonne a organizacja takich obserwacji wymaga, jak wspomniano wyżej, spełnienia szeregu warunków.

Maciej Winiarski jest prawdziwą „lokomotywą" ośrodka krakowskiego w dziedzinie obserwacji optycznych. Obserwuje wszelkimi metodami wszystko co zmienia blask, co się rusza i jest w jakikolwiek inny sposób ciekawe (gwiazdy zaćmieniowe, komety, planetoidy etc.). Niestrudzony pomysłodawca i racjonalizator. Nie stroni od badań trudnych, długotrwałych i nie gwarantujących pewnego sukcesu, jak to o którym mowa w powyższym artykule.

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 ♦ Koferencjologia 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

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 i 4 z roku 1991 oraz 1 i 2 z roku 1992 w cenie 15.000,- 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

Reklamacje dotyczące prenumerat prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora pod adresem: **Sławomir Kruczkowski, ul. Królewska 3b/22, 86-300 Grudziądz, tel. 266-50**

W następnych numerach

- Muzyka i gwiazdy
- Rozbłyski gamma
- Niezwykły krater Wargentin
- Komety nad Piwnicami

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

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

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

WYPEŁNIĆ I WYCIĄĆ

Listy Czytelników

Przykro pisać o takich sprawach, niestety jestem zmuszony. Myślałem, że w obecnej sytuacji będzie Wam zależało na jak największej liczbie sprzedanych egzemplarzy. Jednak to, co robicie z tymi, którzy zaufali Wam i dali pieniądze „z góry" jest karygodne! Jak można, pomimo opłacenia prenumeraty za cały rok nie przysyłać miesięcznika (kwartalnika). Otrzymałem nr 1 i nr 2, mija rok 1992 a nr 3 i 4 w dalszym ciągu nie nadeszły, to prawie pół roku, prenumeruję różne pisma m. in. „Wiedzę i Życie", „Świat Nauki", tam opóźnienia sięgają max. dwa tygodnie, a tu pół roku! Zapytuję, jak to jest możliwe, żeby tak oszukiwać ludzi? Jestem zmuszony zażądać natychmiastowego przysłania nr 3 i 4 lub zwrotu pieniędzy z odsetkami.

Proszę sobie nie myśleć, że się na państwa obrażam, ale musicie państwo przyznać, że mam rację. Prawdopodobnie część informacji, które ukazały się w nr 3 i 4 będzie nieaktualna, ale trudno.

Dariusz Misztal – Lubartów

Co się dzieje z „PA"? Do tej pory otrzymałem dopiero dwa zeszyty. Pół roku na jeden numer to chyba zbyt wiele! Jeśli chodzi o mnie, to wolałbym żeby zamiast kolorowych zdjęć i świecącej okładki pismo ukazywało się co miesiąc. Nawet gdyby miało być odbijane na ksero.

Ponadto jeśli macie jakieś trudności to wypadałoby poinformować o tym czytelników np. za pośrednictwem „Uranii".

Jarosław Bandurowski – Zabrze

Red. Wbrew pozorom, nie dostaliśmy takich listów zbyt wiele. Pół roku na podwójny numer – to jest akurat! A licząc, że spóźniliśmy się półtora miesiąca – to dla kwartalnika tyle samo co dwa tygodnie dla miesięcznika! To wszystko oczywiście demagogia, a więc bardzo przepraszamy, a naszym wiernym Czytelnikom dziękujemy za cierpliwość. Jeśli uda się poprawić organizację, powinno być lepiej! Bardzo liczymy na pomoc Wydawcy, a więc Zarządu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Naprawdę całe POSTĘPY robi kilkoro wymienionych w stopce szaleńców. Kiedyś o tym napiszemy.

Wydawanie PA co miesiąc nie wchodzi w grę. Redaktorzy na co dzień po prostu zajmują się swoimi badaniami. Może zresztą właśnie dzięki temu, że nie robią tego najgorzej, POSTĘPY są takie jakie są, tzn. spóźnione ale bardzo dobre. Żeby nie dość tej megalomanii: bardzo nam się podobają dobrze wyeksponowane, kolorowe zdjęcia. Być może, by okładki bardziej się świeciły (i zeszyty nie były niszczone na poczcie), będziemy je foliować, a całość wydawać na lepszym papierze. Czytają nas na całym świecie i musimy mieć jakąś przyzwoitą sukienkę – w końcu 2/3 redakcji to dziewczyny. A poza tym: przecież niebo w kolorze jest takie piękne...

Dnia 12 września 1992 przesłałem mój artykuł, którego napisanie sugerował mi Pan w liście, pod tytułem „O niektórych zastosowaniach krakowianów Banachiewicza w astronomii". Artykuł ten miał być wydrukowany w 3 zeszycie POSTĘPÓW ASTRONOMII 1992. Tymczasem do dnia dzisiejszego nie otrzymałem 3 zeszytu, chociaż w dniu 20 stycznia 1992 wpłaciłem tytułem prenumeraty na cztery zeszyty POSTĘPÓW w roku 1992 kwotę 48.000,- zł zgodnie z instrukcją podaną na str. 192 czwartego zeszytu POSTĘPÓW 1991.

Będę mocno zobowiązany za możliwie szybkie podanie mi do wiadomości: 1) czy otrzymał Pan mój list z dnia 12 września 1992 zawierający cytowany wyżej mój artykuł o krakowianach i jaki jest dalszy los tego artykułu; 2) czy wyszedł już z druku trzeci względnie 4 zeszyt POSTĘPÓW ASTRONOMII 1992 i 3) jeżeli 3 zeszyt wyszedł już do druku, to dlaczego go dotychczas nie otrzymałem?

Karol Kozieł – Wisła

Red. Ad 1, 2, 3: odpowiedź trzyma Pan w rękach. Autorzy tekstów przesyłanych nam pocztą często się niepokoją iż nie otrzymują potwierdzenia otrzymania tekstu. Takie potwierdzenie, dotyczące zamówionych tekstów, to oczywiście święty obowiązek każdej szanującej się redakcji. Goniny w piętkę tak, że nie mamy czasu się szanować, zwłaszcza, że... szanują nas i płacą nam (też marnie) gdzie indziej i za coś innego – za badania naukowe. Jednak Autorów – bez żadnych usprawiedliwień – gorąco przepraszamy.

Na początku chciałbym się przedstawić. Nazywam się Andrzej Wronka. Jestem po technikum elektrycznym, które ukończyłem w tym roku w Węgrowie, gdzie też mieszkam (miasteczko ok. 80 km na wschód od Warszawy).

Niech mi wolno będzie podzielić się moją radością, gdyż „PA" są moim pierwszym czasopismem poświęconym astronomii. Wcześniej informacje musiałem czerpać z różnych periodyków gdzie tylko niewielki procent artykułów poświęcony był tej dyscyplinie. Teraz mam czasopismo gdzie 100% artykułów to astronomia.

Czytam nie tylko artykuły popularnonaukowe lecz również rubrykę oddaną przez Redakcję czytelnikom, **dziękujemy**. Co do samego czasopisma jest ono O.K. ale... pierwsze numery miały pewien mankament. Otóż sporo pustych miejsc (nie zawsze uzasadnionych) ale już numer 1/92 był pod tym względem dużo lepszy niż 1/91. Jeśli chodzi o treść i poziom artykułów – uważam je za bardzo dobre. Część z nich obfituje co prawda w niezrozumiałe dla mnie zwroty, terminy – po prostu są trochę za trudne (być może z powodu moich zaległości z dziedziny fizyki i matematyki.

I tak np. p. Emil (PA 2/91) pisze „Proszę bardzo nie pisać w tym piśmie o Bogu, czy bogach, bo to odstręcza od poważnego traktowania pisma". Z całym szacunkiem dla przekonań autora tego listu, ale nie mogę się z tym (i dalszymi) stwierdzeniami zgodzić. To prawda, że nie można nie wierzyć, nie widzieć we Wszechświecie ingerencji Siły Transcendentnej, ale nikt nie udowodnił, że takowej nie było (hipoteza Hawkinga co do po-

Zamówienie na następujące zeszyty postępy 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) 96000 zł

razem: ..... zł

Zamówienie na następujące zeszyty postępy 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) 96000 zł

razem: ..... zł

Zamówienie na następujące zeszyty postępy 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) 96000 zł

razem: ..... zł

✍ WYPEŁNIĆ I WYCIĄĆ ✂

czątku Wszechświata, gdzie nie ma miejsca dla Boga jest tylko hipotezą i nie jest ostatnim słowem nauki). Zdaję sobie sprawę z tego, że dla niektórych ludzi mieszanie wiary do nauki to tak, jakby zestawiać ze sobą przysłowiowy piernik z wiatrakiem. Ale czy na pewno tak jest? Z pozoru tak, niemniej jednak po dokładniejszym wniknięciu w problem możemy dostrzec (jeśli tylko chcemy i mamy obiektywne nastawienie) wiele wspólnego między wiarą a nauką. Np. założenie o samodzielności i wieczności materii Wszechświata i nie istnieniu ducha ani Boga, co przyjmował tzw. światopogląd naukowy wcale nie jest takie oczywiste i niepodważalne.

Ponadto nauka i wiara wbrew pozorom są blisko siebie, mają wiele cech wspólnych i nawzajem mogą sobie pomagać i wzbogacać się. Może zacytujmy tu słowa Papieża Jana Pawła II „Nauka może oczyścić religię z błędów, a religia może oczyścić naukę z bałwochwalstwa i fałszywych absolutów. Każda z nich może pomóc drugiej stronie odsłonić szerszy świat, w którym obie mogą rozwijać się pełniej". Tak więc mimo swoistej mody na wyśmiewanie Kościoła, mimo chęci dostrzegania czy to w telewizji, czy to w czasopismach podlizywania się Kościołowi z podobnymi stwierdzeniami (moim zdaniem) należałoby uważać. Chociaż czytając rocznik 1991 i 1/92 o Bogu niewiele znalazłem, tym bardziej nie rozumiem prośby p. Emila.

Andrzej Wronka – Węgrów

Red. My też nie zrozumieliśmy! Nawiasem mówiąc pseudonauka dokładnie w ten sam sposób „używa" nauki, że w sposób dowolny przylepia łatkę „teorii" lub „hipotezy". A więc **OSTROŻNIE!**

Bardzo mnie ucieszyło zmniejszenie formatu „Postępów"! Ta korzystna zmiana zmobilizowała mnie do skreślenia kilu uwag. Zacznę tu od listu p. W. Skaby (PA 1/92, str. 46), wytykającego Redakcji bezsensowność uwagi o nie zwracaniu materiałów nie zamówionych. Święta to racja tym bardziej, że i zamówione są nie zwracane. Przy okazji porównałem zawartość „stopek" w numerach 4/91 i 1/92, co zaowocowało odkryciem różnic między nimi. Ta druga zawiera zdanie: „Poglądy i opinie formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa", które zadziwia i śmieszy. Rozbawia – bo jest bardzo koturnowe. Dziwi natomiast z tego względu, że Redakcja jak dotąd wysoko i dumnie dzierżyła sztandar Prawdziwej (tzn. Urzędowej) Nauki i niczym sobie na taką insynuację nie zasłużyła. Czyżby więc w postawie Redakcji zaszła jakaś zmiana, którą przeoczyłem? Jeżeli jednak bakcyl krytycyzmu w stosunku do wiedzy objawionej rzeczywiście przeniknął przez mury oficjalnego organu PTA – to warto tę okoliczność wykorzystać i podrzucić kilka także własnych uwag nieprawomyślnych.

Pisząc to ostatnie zdanie, miałem na myśli artykuł K. Włodarczyka pt. „Fragment komety Encke przyczyną katastrofy tunguskiej". Zwracam tu uwagę na brak pytajnika który, sądząc z treści publikacji, powinien tam być, a także na informację o Autorze. Wynika z niej, że jest nim astronom z krakowskiej WSP, który uzyskał obraz komety Faye'a „(...) choć dawniej zajmował się głównie gwiazdami podwójnymi". Czyżby zmiana zainteresowań? Jeżeli tak jest w rzeczywistości to ja, jako nestor czytelników „PA" tę zmianę pochwalam i jej błogosławię, badania Układu Słonecznego są bowiem znacznie ważniejsze, trudniejsze i ciekawsze niż najbardziej czarne – czarne dziury. Co więcej w kraju, którego nie stać na kosztowne urządzenia badawcze, są one także bardziej rozsądne.

J. T. – Kalisz
(nazwisko i imię znane redakcji)

Red. Na szczęście nauka „prawdziwa", to na pewno *nie znaczy* „urzędowa", ta pierwsza na pewno nie poważyłaby się na tak arbitralne określenie co jest „ważniejsze, trudniejsze i ciekawsze..." A zresztą co to jest nauka? My tylko znamy to co robimy na co dzień, co robi większość naszych kolegów dookoła, i to że różni się dość znacznie od filozofii, od religii, albo np. od pisania wiersza, i że to właśnie jest astronomia – a więc nauka! Ale unikamy patetycznych przymiotników i wielkich liter: nauka nie jest świątynią i każdy może wejść z nakrytą głową, byle miał umysł otwarty pod kapeluszem. I dlatego katastrofy tunguskiej nie okrasimy opowieściami o kosmitach lub innych nadzwyczajnych skupieniach energii, chociaż rzeczywiście podczas składu zginął nam znak zapytania. Koturnowe zdanie też mnie bardzo śmieszy. Co z tego, skoro broni Pana Prezesa przed procesami! Oczywiście chodzi tu o poglądy i opinie na temat „rzeczy i ludzi", a więc wstawki typowo dziennikarskie – ubolewamy, że wciąż tak mało zostaje na nie miejsca i okazji. Nie ma oczywiście mowy „o przenikaniu bakcyla przez mury wiedzy objawionej". Bakcyla pseudonauki wyczujemy i będziemy tępić w najdalszym zakątku Wszechświata!

Zwracam się z uprzejmą prośbą o informację gdzie i w jaki sposób mogę uzyskać dostęp do następujących katalogów gwiazd i galaktyk: „The Henry Draper Catalogue" (w skrócie HD) wraz z uzupełnieniami, „Catalogue of Smithsonian Astronomical Observatory" (SAO), „Bonner Durchmusterung" (BD), „Palomar Observatory Sky Survey" (Palomarski Przegląd Nieba), „New General Catalogue" (NGC) lub jego uzupełnienie „Index Catalogue" (IC) oraz atlasów „Cart du Ciel" i „Franklin – Adams Charts".

Problem ten poruszam, ponieważ zakupiłem teleskop o zasięgu 14^m i brak mi katalogów pozycyjnych gwiazd i galaktyk „powyżej" 5 wielkości gwiazdowej (w grę mogą także wchodzić inne katalogi niż wymienione w liście).

Zwracam się także z zapytaniem gdzie możnaby dokonać zakupu któregoś z wyżej wymienionych katalogów lub atlasów.

Łukasz Kuczkowski – Osieczna

Red. Uff! Dobrze, że to nie wszystkie z możliwych katalogów! I tak, każdy z nich to przeważnie kilka opasłych tomów, nie licząc map i kart atlasów. Na szczęście astronom, nawet mający dostęp do teleskopu o zasięgu 19^m, nie musi z nich, na ogół, co dzień korzystać. Czasem jednak powinien i dlatego wydawnictwa (nie wszystkie) wymienione w liście, można znaleźć w bibliotekach związanych z naukowymi placówkami astronomicznymi w Warszawie, Krakowie, Toruniu, Wrocławiu i Poznaniu. Pewne rzeczy mogą być w bibliotekach planetariów, zwłaszcza tych największych. Sądzimy, że przy powszechnej dostępności do kserokopiarek i przy uprzejmości bibliotekarzy nie powinno być trudności w uzyskaniu jakichś niezbędnych materiałów (oczywiście w rozsądnej ilości). Na ogół jednak, w normalnej pracy, wystarczają wydawnictwa typowo „amatorskie", dostępne na rynku lub możliwe do zamówienia. Postaramy się o przegląd takich, głównie atlasów, w najbliższych zeszytach PA.

Wczoraj wieczorem widziałem nisko nad horyzontem, w kierunku południowo – zachodnim, gwiazdę jakiej nigdy wcześniej nie spostrzegłem przez ponad 50 lat mojego życia. Już nawet podejrzewałem, że to jakaś supernowa, nie wydawało mi się dotąd, by Wenus mogła świecić blaskiem tak ostrym i agresywnym. Dziś była znów piękna pogoda, więc pożyczyłem sztucer od sąsiada i... przez lunetkę sztucera mogłem się uspokoić. To jednak Wenus (!), o kształcie litery „D".

„Pisemko", gdzie jak podejrzewam, robisz za tzw. naczelnego, jest fascynujące i wciąga niczym kryminał. Chciałbym jeszcze żebyś powiedział red. Mikołajewskiej (widziałem ją na zdjęciach w PA 2/92), że jest tak śliczna, że nawet gdyby była głupia jak modelka, to by Jej nie mogło w niczym zaszkodzić.

Józef Soszyński – Dwernik

Red. Drogi Józefie. Już się przestraszyłem, że będziesz strzelał do nieszczęsnej planety. Oj, robię za naczelnego..., a Redaktorki, choć piękne (nie widziałeś jeszcze Bożeny!), mądre i uczone, to grymaśne – wciąż grożą, że zostawią mnie w Redakcji samego. A wtedy wiadomo – klapa. Aha, Wargentin w zapowiedziach.

W odpowiedzi na uprzejme powiadomienie o komplikacjach wynikłych ze zmiany ceny prenumeraty, przesyłam dziś pocztą 112 tys. zł jako dopłatę do prenumeraty na rok 1992 (12 tys. zł) oraz – proszę pozwolić tak to nazwać – premię za jakość kwartalnika (100 tys. zł).

Mieczysław Karpieniec – Kielce

Pozwoliłem sobie przesłać w charakterze „niby" prenumeraty POSTĘPÓW ASTRONOMII 100.000,- zł. Nie znaczy to, że jest to prenumerata! Nie lekceważąc decyzji o bezpłatnej prenumeracie dla mnie (PA 4/91, str. 146 – red.). Ale jako stary dziadek mogę dla POSTĘPÓW, od czasu do czasu, przesłać coś w rodzaju... prezentu od dziadka. Proszę się nie gniewać i nie uważać tego prezentu za prenumeratę.

Pełen podziwu dla młodej astronomii.

Jan Mergentaler – Wrocław

Red. „Wnuki" się nie gniewają, tylko dziękują! Wprawdzie wnuk Naczelny przyjmuje w każdą piątą niedzielę w miesiącu w godz. 9:00 – 10:00, ale łapówki, donosy i teksty o każdej porze!

WSZYSTKIM

Czytelnikom – Przyjaciołom Postępów Astronomii

którzy wpłacili dobrowolne datki lub podwyższoną prenumeratę na rzecz rozwoju naszego pisma oraz

autorom

którzy zrezygnowali z honorarium autorskiego, Redakcja jak najgoręcej dziękuje. Chcieliśmy zamieścić specjalną „diamentową" listę osób, ale okazało się ich już nazbyt wiele, by przypadkiem – poprzez redakcyjny nieład – kogoś nie pominąć. Zapewniamy

każdy grosz się przyda

Dziękujemy też za zwyczajne wyrazy sympatii – to przyda się najbardziej!

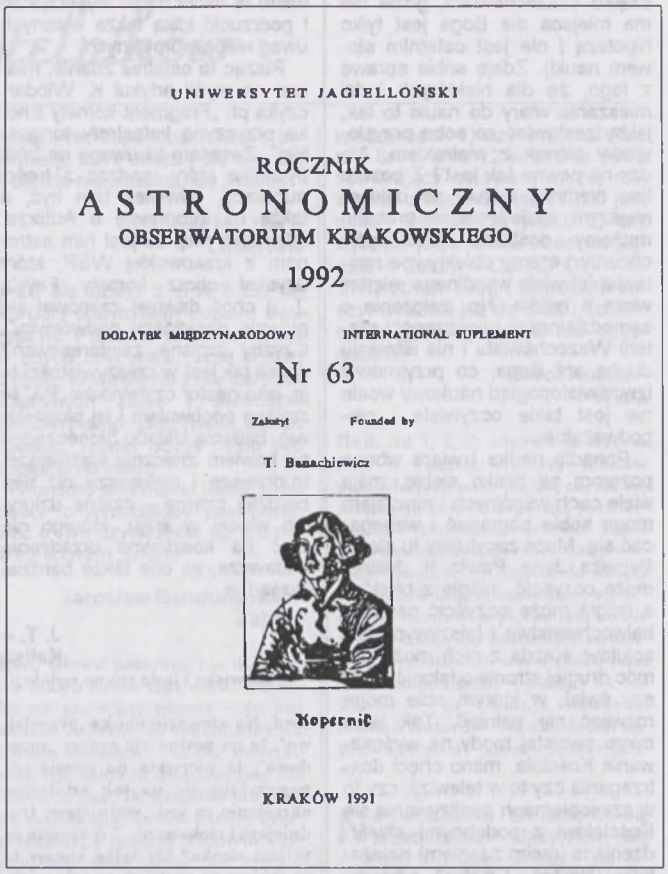
Jak w Krakowie skrócono rok 1984

Rocznik astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego i krakowska kartoteka gwiazd zmiennych

Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego to wydawnictwo, z którym zetknął się chyba każdy, kto w jakimkolwiek stopniu zajmuje się gwiazdami zaćmieniowymi. Podobnie jak we wszystkich dotychczasowych wydaniach, zasadniczą część 64–go już numeru *Rocznika* na rok 1993 – oddanego do druku w czerwcu ubiegłego roku – stanowią efemerydy minimów blasku dla blisko 900 gwiazd tego typu.

Na charakterystycznej, żółtej okładce *Rocznika* oprócz znanej podobizny Mikołaja Kopernika z drzeworytu Kaufmanna, można zauważyć wydrukowany drobniejszą czcionką podtytuł „Dodatek Międzynarodowy". Aby wyjaśnić, skąd się wzięło to określenie, należy wrócić do samych początków tej publikacji.

Po odzyskaniu niepodległości przez Polskę powstały projekty publikowania w kraju rocznika astronomicznego, na wzór almanachów zagranicznych. Po raz pierwszy z taką ideą wystąpił Ksawery Jankowski w 1919 roku. Próbą jej realizacji było wydanie przez Felicjana Kępińskiego *Rocznika Astronomicznego* na rok 1921 w ramach Instytutu Wojskowo–Geograficznego. Inicjatywa ta została przejęta przez Tadeusza Banachiewicza, dyrektora Obserwatorium Krakowskiego, który uważał, że obserwatorium, jako placówka astronomiczna, jest bardziej predestynowana do opracowania wydawnictwa tego typu. Ze względu na trwające prace organizacyjne wydanie pierwszego numeru przeciągało się i zamierzony pierwszy tom na 1922 rok ukazał się dopiero w drugiej połowie roku. Zawierał on tablice pozycji Słońca, Księżyca i planet na tenże rok, jak również efemerydy zakryć gwiazd przez Księżyc dla Krakowa, Warszawy, Lwowa i Wilna. Trudności wydawnicze sprawiły, że wydano go w objętości mniejszej od zaplanowanej, odkładając przygotowane do zamieszczenia artykuły naukowe autorów polskich do następnych numerów. Jednocześnie postanowiono, aby wydawać corocznie oddzielny dodatek do *Rocznika* poświęcony gwiazdom zmiennym zaćmieniowym. Ponieważ wydawnictwo takie, w przeciwieństwie do właściwego *Rocznika*, nie miało swoich odpowiedników zagranicznych, nadano mu charakter międzynarodowy i rozesłano go do innych ośrodków


UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI

ROCZNIK
ASTRONOMICZNY
OBSERWATORIUM KRAKOWSKIEGO

1992

DODATEK MIĘDZYNARODOWY INTERNATIONAL SUPLEMENT

Nr 63

Założył Founded by

T. Banachiewicz

Kopernik

KRAKÓW 1991

astronomicznych w ramach wymiany. Pierwszy *Dodatek Międzynarodowy*, który ukazał się w 1923 roku, podawał efemerydy heliocentrycznych momentów minimów głównych dla 31 gwiazd zaćmieniowych typu Algola.

Warto zwrócić uwagę na język zastosowany w *Dodatku*. Był to *LATINO SINE FLEXIONE* – sztuczny język międzynarodowy, bazujący na uproszczonej (bez odmiany wyrazów) wersji łaciny klasycznej, którego twórcą był włoski matematyk G. Peano. Język ten, będący próbą nawiązania do roli, jaką pełniła niegdyś łacina w nauce, przetrwał w *Dodatku* aż do lat pięćdziesiątych – była to prawdopodobnie jedyna tak długotrwała próba stosowania go w periodycznej publikacji naukowej. Dopiero po śmierci Banachiewicza zdecydowano się przejść na język angielski, niemniej jednak ślad języka używanego pierwotnie pozostał w postaci skrótu SAC, pod jakim *Rocznik* jest nadal cytowany w literaturze – *Supplemento ad Annuario de Observatorio Astronomico Cracoviense.*

Żywot głównej wersji *Rocznika* był krótki. Ukazało się zaledwie pięć numerów, z czego piąty po trzyletniej przerwie w1928 roku. O przerwaniu jego wydawania zadecydowały względy finansowe. Przetrwał natomiast *Dodatek Międzynarodowy*, publikowany corocznie w latach 1923–1939 i od 1947 roku do chwili obecnej, początkowo (od 1948 roku) subwencjonowany częściowo przez Międzynarodową Unię Astronomiczną, w uznaniu rangi krakowskiego obserwatorium jako ośrodka badań nad zmiennymi zaćmieniowymi. Tak więc od 1929 roku określenie *Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego* odnosi się wyłącznie do *Dodatku Międzynarodowego.*

Dla ścisłości historycznej należałoby wspomnieć, iż podczas okupacji hitlerowskiej niemiecki dyrektor

Obserwatorium, dr K. Walter, podejmował próby opracowania efemeryd zmiennych zaćmieniowych, jako kontynuacji *Rocznika*. Dwukrotnie, w latach 1942 i 1943, ukazały się nawet drukiem. Starania te były jednak sabotowane przez Polaków pracujących w Obserwatorium, wskutek czego publikacje te, choć odnotowane w bibliografiach zagranicznych, w większości nigdy nie trafiły do adresatów, a wszelki ślad po nich w krakowskim Obserwatorium został po wojnie, na polecenie Banachiewicza, usunięty.

Funkcję redaktora *Rocznika* po Banachiewiczu pełnili kolejno Eugeniusz Rybka, Józef Witkowski, Karol Kozieł, Kazimierz Kordylewski, a w chwili obecnej, Konrad Rudnicki. Należy tu podkreślić wkład szczególnie Rybki i Kordylewskiego, którzy brali udział w opracowywaniu *Rocznika* od początku jego istnienia i w znacznym stopniu wpłynęli na jego kształt. Mimo pewnych zmian zawartości *Rocznika*, jego zasadniczym trzonem zawsze były efemerydy gwiazd zaćmieniowych, publikowane w oryginalnym układzie opracowanym w latach dwudziestych przez Kordylewskiego. Przez wiele lat podawane były momenty zakryć gwiazd przez Księżyc obliczone dla Torunia, Poznania i Warszawy, co było odbiciem podejmowania tej problematyki przez krakowskie obserwatorium, które osiągnęło dość znaczące miejsce wśród ośrodków prowadzących obserwacje tego typu. Zniknęły one z *Rocznika* w połowie lat siedemdziesiątych, gdy dostępne były efemerydy obliczane globalnie dla wszystkich stacji obserwacyjnych przez *Nautical Almanac Office*. Publikowane po dzień dzisiejszy efemerydy punktów libracyjnych w układzie Ziemia–Księżyc i Słońce–Wenus są pozostałością poszukiwań kontrowersyjnych obłoków pyłowych przez Kordylewskiego.

Dla potrzeb *Rocznika* założona została kartoteka minimów gwiazd zmiennych zaćmieniowych. W oparciu o obserwacje własne i minima nadsyłane przez współpracujących obserwatorów, jak również minima publikowane w literaturze, stopniowo się ona rozrastała, stając się najbogatszym i najbardziej kompletnym katalogiem momentów minimów, liczącym obecnie około 2000 gwiazd.

Można powiedzieć, że role się odmieniły – teraz to właśnie *Rocznik* służy potrzebom kartoteki, pozwalając na ukierunkowanie obserwacji poprzez wskazywanie gwiazd, dla których pożądane są nowe momenty minimów, gdyż dostępne dane są skąpe, niekompletne lub wątpliwej jakości.

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych, po uzyskaniu przez krakowskie środowisko naukowe dostępu do maszyny cyfrowej typu Cyber 72, możliwe stało się liczenie efemeryd przy pomocy komputera. Żmudne poprzednio obliczenia stały się proste i automatyczne, ale... Przy opracowywaniu *Rocznika* na rok 1984, nie uwzględniono, iż rok ten miał być rokiem przestępnym. Nie obniżyło to znacząco wartości przygotowywanych efemeryd, gdyż można było nadal z nich korzystać po poprawieniu daty, niemniej jednak spowodowało konieczność rozsyłania odpowiedniego sprostowania wraz z przeprosinami. Dało też pretekst do złośliwych komentarzy typu „szewc bez butów chodzi", a w istocie swojej stanowiło brutalne przypomnienie banalnej prawdy, że komputer sam z siebie nie jest w stanie poprawić nawet najbardziej oczywistego przeoczenia człowieka.

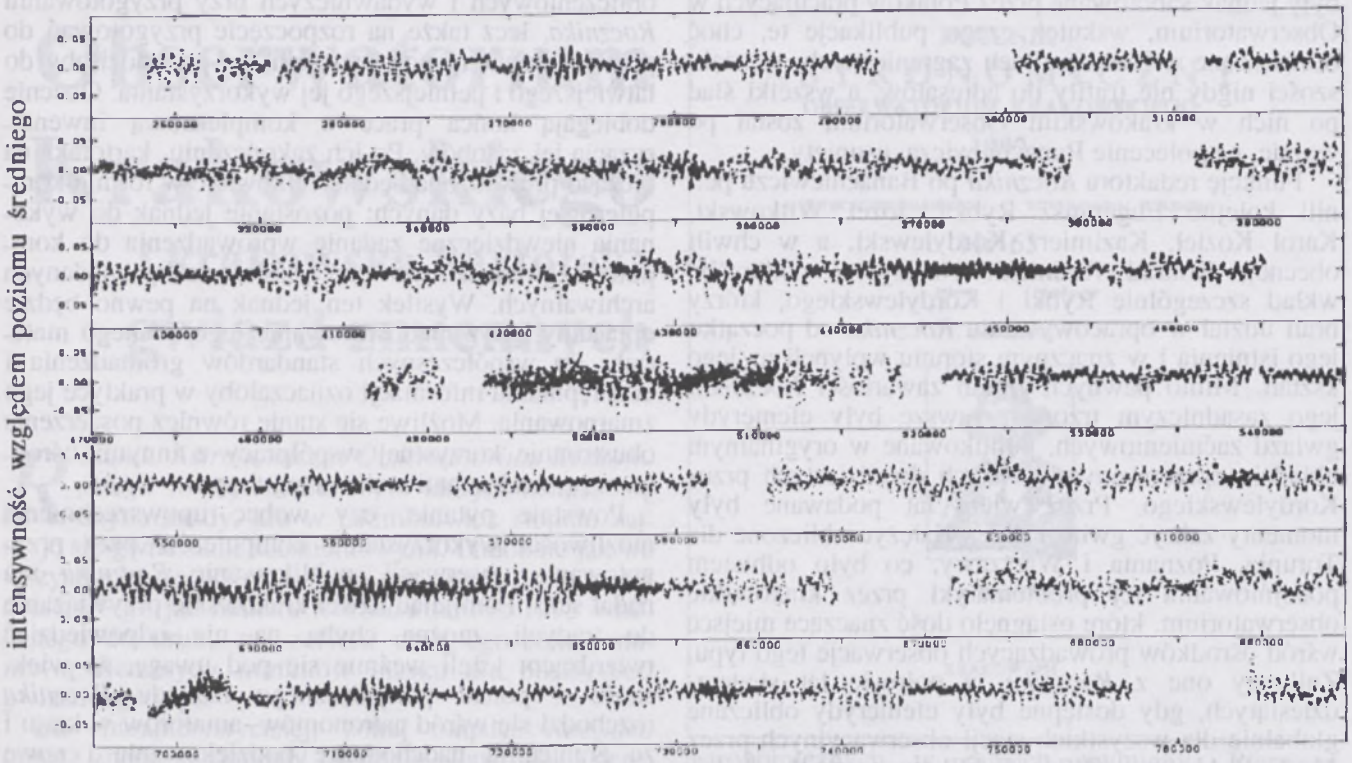
Możliwość korzystania z komputerów osobistych pozwoliła nie tylko na wykorzystanie ich do celów obliczeniowych i wydawniczych przy przygotowaniu *Rocznika*, lecz także na rozpoczęcie przygotowań do pełnej komputeryzacji kartoteki, co prowadziłoby do łatwiejszego i pełniejszego jej wykorzystania. Obecnie dobiegają końca prace z kompleksową inwentaryzacją jej zasobów. Po ich zakończeniu, kartoteka na bieżąco prowadzona będzie całkowicie w formie komputerowej bazy danych; pozostanie jednak do wykonania niewdzięczne zadanie wprowadzenia do komputera zgromadzonych przez kilkadziesiąt lat danych archiwalnych. Wysiłek ten jednak na pewno będzie opłacalny, gdyż niedostosowanie tego cennego materiału do współczesnych standardów gromadzenia i udostępniania informacji oznaczałoby w praktyce jego zmarnowanie. Możliwe się stanie również poszerzenie obustronnie korzystnej współpracy z innymi ośrodkami prowadzącymi archiwa tego typu.

Powstaje pytanie, czy wobec upowszechnienia możliwości wykorzystania komputerów przy przygotowaniu obserwacji, publikowanie *Rocznika* ma nadal sens. Pomijając nawet krakowskie przywiązanie do tradycji, można chyba na nie odpowiedzieć twierdząco, jeżeli weźmie się pod uwagę, że większość z ponad półtysięcznego nakładu *Rocznika* rozchodzi się wśród astronomów–amatorów w kraju i za granicą, a nadchodzące podziękowania i nowe prośby o wpisanie na listę wysyłkową wymownie świadczą iż wydawnictwo to jest użyteczne. Nadaje to *Rocznikowi* niebagatelne znaczenie, jako że w dziedzinie obserwacji gwiazd zmiennych, w odróżnieniu od innych obszarów współczesnej astronomii, istnieje stałe, olbrzymie zapotrzebowanie na obserwacje wykonywane właśnie przez amatorów na niewielkich teleskopach, mimo zdarzających się kłopotów z zapewnieniem odpowiedniego ich poziomu. Po prostu czas obserwacyjny dużych teleskopów jest zbyt cenny, aby wykorzystywać go do uzyskiwania danych o minimach. Oczywiście, zarówno *Rocznik* jak i kartoteka, mogą służyć pomocą również obserwatorom profesjonalnym poprzez dostarczanie sugestii, które obiekty właśnie warto obserwować i pomóc w dotarciu do minimów już opublikowanych.

Oczywiście pożądana byłaby, możliwie najszersza, dyskusja na temat formy i treści *Rocznika* lecz jak się wydaje, wydawnictwo tego typu jest i nadal będzie potrzebne. Na pewno natomiast istotną rolę odegra związana z nim w tak znacznym stopniu kartoteka zmiennych zaćmieniowych, po której unowocześnieniu możliwe będzie pełnienie przez Obserwatorium Krakowskie w dalszym ciągu funkcji znaczącego ośrodka badań w tej dziedzinie.

Marek Krośniak
Maria Kurpińska – Winiarska

Czytelnicy zainteresowani nabyciem ROCZNIKA mogą skontaktować się w tej sprawie ze współautorem tekstu. Adres: Marek Krośniak, Uniwersytet Jagielloński, Obserwatorium Astronomiczne FORT SKAŁA, ul. Orla 171 30–244 KRAKÓW. Poczta elektroniczna (E–mail adress): uokrosni@plkrcy11.



Dziewięć teleskopów, nieomal nieprzerwanie przez 12 dni, obserwowało jednego białego karła. Sejsmologia takich gwiazd wkracza w nową epokę

Teleskop Globalny w akcji: GW Virginis rozszyfrowana!

Paweł Moskalik

GW Virginis, znana bardziej pod nazwą PG1159–035, jest gorącym białym karłem o temperaturze efektywnej ok. 120000 K. Stała się ona przedmiotem żywego zainteresowania astrofizyków pod koniec lat siedemdziesiątych. Wtedy to odkryto, że obiekt jest gwiazdą pulsującą o bardzo nieregularnej i skomplikowanej krzywej blasku. Analiza fourierowska danych obserwacyjnych wykazała, że zmienność jest wielookresowa, z dominującymi skalami czasowymi rzędu 400 – 500 s i że jest ona spowodowana równoczesnym wzbudzeniem co najmniej kilku różnych modów oscylacji. Ponieważ GW Vir jest białym karłem, a zatem obiektem bardzo zwartym, takie okresy zmienności mogą oznaczać jedynie pulsacje w modach grawitacyjnych. W modach tego typu siłą sprawczą oscylacji nie jest ciśnienie gazu, jak to ma miejsce np. w cefeidach, lecz siła wyporu.

Przez kilka lat PG1159–035 była obiektem jedynym w swoim rodzaju. Co prawda znano już wtedy pulsujące białe karły typu ZZ Ceti o bardzo podobnych własnościach pulsacyjnych, lecz gwiazdy te miały znacznie niższe temperatury: ok. 12000 – 13000 K. GW Vir wyraźnie nie pasowała do tej klasy i była czymś wyjątkowym. Dopiero w drugiej połowie lat osiemdziesiątych odkryto trzy inne gwiazdy podobne do niej. Pulsacje odkryto też w jądrach mgławic planetarnych K1–16 i Lo–4. PG1159–035 stała się tym samym prototypem nowej kategorii gwiazd zmiennych: gwiazd typu PG1159. Jako najjaśniejsza gwiazda w swojej klasie GW Vir była przedmiotem bardzo intensywnych obserwacji fotometrycznych. Rezultatem tych obserwacji było m.in. wyznaczenie tempa zmian jednego z okresów pulsacji, będące bezpośrednim pomiarem tempa ewolucji gwiazdy. Jednakże pełne rozszyfrowanie widma częstości oscylacji GW Vir okazało się niemożliwe, gdyż widmo to jest zbyt skomplikowane. Do jego zrozumienia potrzebne są obserwacje, trwające nieprzerwanie przez 24 godziny na dobę, w ciągu co najmniej dwóch tygodni.

Obserwacje takie stały się możliwe pod koniec lat osiemdziesiątych, wraz ze stworzeniem Teleskopu Globalnego. Teleskop Globalny to sieć teleskopów, rozmieszczonych na wszystkich kontynentach. Na co dzień są to oddzielne teleskopy, wykonujące własne programy badawcze. Ale dwa razy do roku w czasie wspólnej sesji wszystkie teleskopy obserwują wspólnie ten sam obiekt. Dzięki w miarę równomiernemu rozmieszczeniu obserwatoriów w długości geograficznej, gdy wschodzi Słońce w jednym obserwatorium, następne obserwatorium na zachód przejmuje obiekt zachowując ciągłość obserwacji. Czasem dwa obserwatoria mają podobną długość geograficzną. Dzięki temu Teleskop Globalny jest znacznie mniej zależny od pogody. W chwili obecnej w sieci uczestniczy od 9 do 11 obserwatoriów, w zależności od sesji (McDonald w USA, Mauna Kea na Hawajach, Siding Spring lub Perth w Australii, Kavalur w Indiach, Southerland w RPA, Haute–Provance we Francji, La Palma na Wyspach Kanaryjskich, Itajuba w Brazylii i Cerro Tololo lub La Silla w Chile). Od 1990 roku w projekcie Teleskopu Globalnego uczestniczy też polskie obserwatorium na Suhorze, będące własnością WSP w Krakowie [*]. Większość teleskopów w sieci ma rozmiar od

[*] materiał o Obserwatorium na Suhorze, zamieszczamy w rubryce „Z kraju...", str.178 (red.)

1.0 do 2.5 m. Największym teleskopem jest CFHT na Hawajach (3.6 m). Każdy z teleskopów jest wyposażony jest w dwukanałowy albo trzykanałowy fotometr fotoelektryczny, mierzący w ciągły sposób jasność obserwowanej gwiazdy, gwiazdy porównania i ewentualnie tła nieba (gdy jest trzeci kanał). Obserwacje są nad ranem przesyłane pocztą elektroniczną do Austin w Teksasie, gdzie znajduje się „mózg sieci", i są natychmiast redukowane. Dzięki temu w każdej chwili można ocenić czy zebrany materiał jest już wystarczający czy nie.

PG1159–035 była obserwowana Teleskopem Globalnym w marcu 1989 roku. Wyniki tych obserwacji i wypływające z nich wnioski zostały opublikowane w obszernej pracy we wrześniowym numerze ***Astrophysical Journal*** (**378**, 326). Z pracy tej też pochodzi rysunek obejmujący krzywą blasku w ciągu 6 środkowych dni obserwacji. W ciągu 12 dni sesji uzyskano 264 godziny obserwacji. Dzięki 90–procentowemu pokryciu w czasie udało się po raz pierwszy w pełni rozdzielić widmo częstości oscylacji i jednoznacznie zmierzyć okresy pojedynczych modów. Uzyskane dane są tak dobrej jakości, że umożliwiły detekcje modów o amplitudach poniżej 2×10^{-4} mag. Dzięki tak niskiemu progowi detekcji zidentyfikowano 125 modów pulsacji. Po raz pierwszy stała się możliwa analiza sejsmologiczna struktury wewnętrznej gwiazdy, podobna do tej jaką od kilkunastu lat uprawia się z dużym powodzeniem dla Słońca.

Pulsacje GW Vir zdominowane są przez kilka grup częstości: ok. 1795 MHz (557 s), 1854 MHz (539 s), 1938 MHz (516 s), 2025 MHz (494 s), 2213 MHz (452 s) i 2210 MHz (452 s). Pierwsze 5 z tych grup tworzy równoodstępne (w częstości) trójki modów, oddzielone od siebie o 4.22 MHz. Dokładniejsza analiza widma częstości pozwala odnaleźć 16 takich trypletów! Struktury te interpretowane są jako częstości pulsacji modów nieradialnych opisywanych harmonikami sferycznymi o $l = 1$, rozszczepione na trzy składowe przez rotację gwiazdy. Wszystkie tryplety rozszczepione są dokładnie o tyle samo, co oznacza, że otoczka gwiazdy rotuje jednorodnie. Wielkość rozszczepienia pozwala zmierzyć okres rotacji: wynosi on 1.38 ± 0.01 dnia. Pomiar tak wolnej rotacji białego karła nie jest możliwy w żaden inny sposób! W widmie można też znaleźć 5 równoodstępnych kwintupletów, rozszczepionych o 6.92 MHz. Jak łatwo zgadnąć, są to częstości modów o $l = 2$. Okres rotacji gwiazdy wyznaczony z ich rozszczepienia jest w granicach błędu taki sam.

Poszczególne mody o $l = 1$ i $l = 2$ też nie są w widmie częstości rozmieszczone w sposób przypadkowy. Kolejne tryplety są od siebie odległe w okresie o średnio 21.50 ± 0.03 s, a kolejne kwintuplety o 12.67 ± 0.03 s. Jest to zgodne z asymptotyczną teorią modów grawitacyjnych, która przewiduje dokładnie takie zachowanie. Co więcej, teoria ta mówi że zależy wyłącznie od l i od masy białego karła, co oznacza że na podstawie uzyskanych danych można tę masę bardzo dokładnie wyznaczyć. Autorzy pracy uzyskują na masę GW Vir wartość $M = 0.056 \pm 0.003\ M_\odot$. I znów jest to dokładność niemożliwa do osiągnięcia żadną inną metodą! Dokładniejsza analiza widma częstości GW Vir pokazuje drobne, ale systematyczne odstępstwa od reguły równoodstępności okresów. Odstępstwa te też mają charakter okresowy. Jest to silny obserwacyjny dowód na to, że białe karły nie są całkiem jednorodne chemicznie, ale że mają strukturę warstwową, z warstwą czystego helu, nad nią czystego wodoru pokrywającymi węglowo – tlenowe jądro. Taką strukturę przewiduje teoria dyfuzji pierwiastków, zgodnie z którą w silnym polu grawitacyjnym białego karła powinna nastąpić separacja pierwiastków, o różnym ciężarze atomowym. Skonstruowanie dokładnych modeli struktury PG1159–035 i porównanie ich z obserwacjami Teleskopu Globalnego pozwoli w przyszłości na dokładne wyznaczanie grubości warstw wodoru i helu, co będzie stanowić ważny test dla teorii ewolucji gwiazd. Możliwe też będzie wyznaczenie grubości warstw przejściowych (tzn. z gradientem składu chemicznego), co będzie testem dla teorii dyfuzji. Wstępne oszacowania wskazują na grubość warstwy He rzędu $10^{-2}\ M_\odot$ i warstwy H ok. $10^{-4}\ M_\odot$.

Dane Teleskopu Globalnego umożliwiły też dokładniejsze niż poprzednio wyznaczenie tempa ewolucji gwiazd GW Vir. W tym celu połączono te dane z obserwacjami zebranymi poprzednio, w celu zmierzenia tempa zmian częstości pulsacji modu o okresie 516 s. Uzyskana wartość: $dP/dt = (-2.49 \pm 0.06) \times 10^{-11}$ odpowiada ewolucji w skali czasowej 645 – 675 tys. lat. Wartość ta jest znakomicie zgodna z przewidywaniami teorii ewolucji dla białych karłów o tej temperaturze. Ponieważ tempo ewolucji takich gwiazd kontrolowane jest przez emisję neutrin, wynik ten jest pośrednim potwierdzeniem przyjętych wydajności emisji tych cząstek.

Komputerowa poczta elektroniczna robi zawrotną karierę. Wygodne i szybkie porozumiewanie się z całym światem z własnego komputera ułatwia również życie astronomom. Porozumiewanie takie jest jednak możliwe tylko wtedy, kiedy zna się adresy komputerowe. Wychodząc na przeciw licznym postulatom naszych kolegów, postanowiliśmy opublikować wszystkie dostępne adresy elektroniczne polskich astronomów. Jako, że numer „krakowski", zaczynamy oczywiście od Krakowa.

	BITNET	INTERNET
Chyży Krzysztof	uochyzy@plkrcy11	uochyzy@cyf–kr.edu
Gierliński Marek	uogierli@plkrcy11	uogierli@cyf–kr.edu
Godłowski Włodzimierz	uogodlow@plkrcy11	uogodlow@cyf–kr.edu
Golda Stanisław	uogolda@plkrcy11	uogolda@cyf–kr.edu
Knapik Jacek	uoknapik@plkrcy11	uoknapik@cyf–kr.edu
Kreiner Jerzy	sfkreine@plkrcy11	sfkreine@cyf–kr.edu
Krośniak Marek	uokrosni@plkrcy11	uokrosni@cyf–kr.edu
Krzesiński Jerzy	sfkrzesi@plkrcy11	sfkrzesi@cyf–kr.edu
Kuczawska Ewa	sfkuczaw@plkrcy11	sfkuczaw@cyf–kr.edu
Kundera Tomasz	uokunder@plkrcy11	uokunder@cyf–kr.edu
Kurpińska–Winiarska Maria	uokurpin@plkrcy11	uokurpin@cyf–kr.edu
Machalski Jerzy	uomachal@plkrcy11	uomachal@cyf–kr.edu
Magdziarz Paweł	uomagdzi@plkrcy11	uomagdzi@cyf–kr.edu
Masłowski Józef	uomaslow@plkrcy11	uomaslow@cyf–kr.edu
Michalec Adam	uomichal@plkrcy11	uomichal@cyf–kr.edu
Ostrowski Michał	uoostrow@plkrcy11	uoostrow@cyf–kr.edu
Otmianowska–Mazur Katarzyna	uootmian@plkrcy11	uootmian@cyf–kr.edu
Pajdosz Gabriel	sfpajdos@plkrcy11	sfpajdos@cyf–kr.edu
Ryś Stanisław	uorys@plkrcy11	uorys@cyf–kr.edu
Soida Marian	uosoida@plkrcy11	uosoida@cyf–kr.edu
Urbanik Marek	uourbani@plkrcy11	uourbani@cyf–kr.edu
Waniak Wacław	uowaniak@plkrcy11	uowaniak@cyf–kr.edu
Włodarczyk Krzysztof	sfwlodar@plkrcy11	sfwlodar@cyf–kr.edu
Woszczyna Andrzej	uowoszcz@plkrcy11	uowoszcz@cyf–kr.edu
Wszołek Bogdan	uowszole@plkrcy11	uowszole@cyf–kr.edu
Zakrzewski Bartłomiej	sfzakrze@plkrcy11	sfzakrze@cyf–kr.edu
Zola Stanisław	uozola@plkrcy11	uozola@cyf–kr.edu

(nie wszyscy astronomowie krakowscy posiadają adresy e–mailowe)

PSR1957+20 Czarna Wdowa

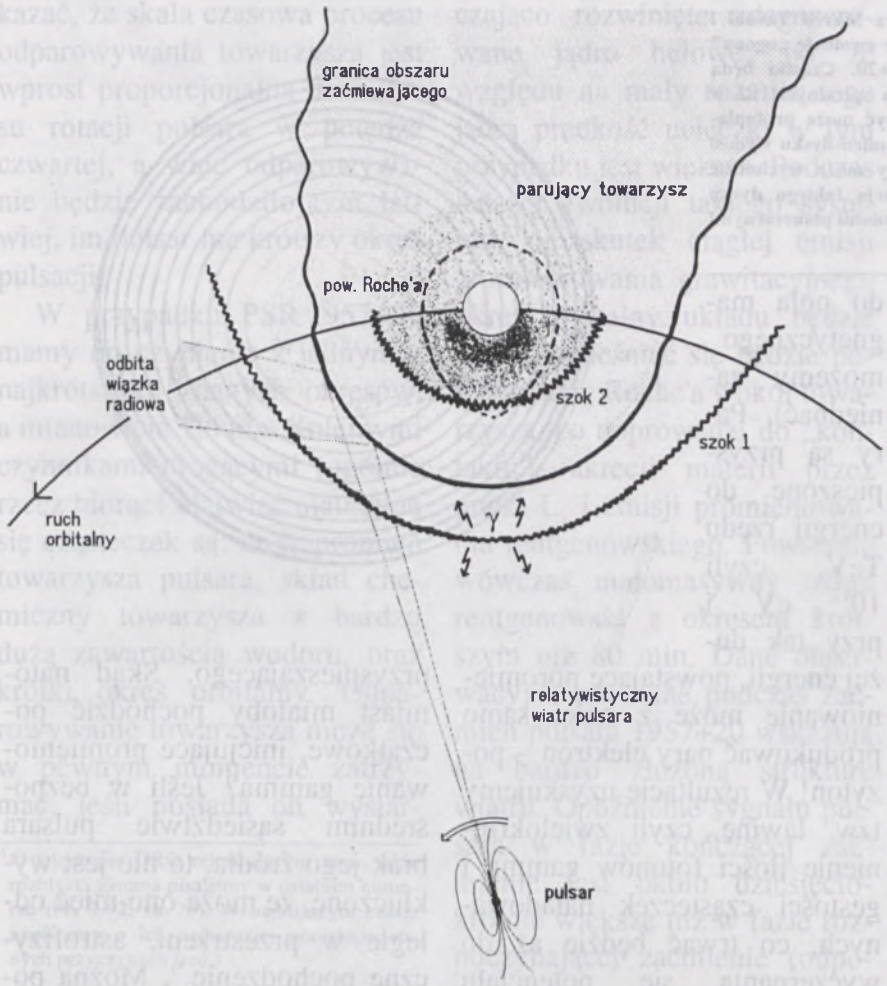
Ewa Kuczawska

Który z naszych czytelników chciałby się zakochać w czarnej wdowie? Nawet jeśli niekoniecznie jest pająkiem. Czarna Wdowa, o której tu mowa, po przywróceniu do pulsarowego życia – tzn. rozkręceniu do milisekundowych prędkości, poprzez akrecję materii z towarzysza w układzie podwójnym – odwdzięcza się mu buziakiem... I to jakim: w postaci potężnego wiatru relatywistycznych cząstek i promieni gamma! Do czego to może prowadzić Czytelnicy PA już wiedzą.

Los gwiazdy towarzyszącej pulsarowi milisekundowemu nie jest do pozazdroszczenia; za kilkadziesiąt milionów lat najprawdopodobniej już jej nie będzie, po prostu... wyparuje! (Problem ten poruszał już na łamach „Postępów Astronomii" Michał Czerny – patrz numer 1/91, str. 17.). Jednym z dwóch obecnie znanych układów, którym astronomowie wróżą taki pechowy los, jest system PSR 1957+20, odkryty przez A. S. Fruchtera wraz z współpracownikami w 1988 roku (*Nature*, **333**, 237). Pulsar 1957+20 zyskał sobie przydomek „Czarnej Wdowy", przez analogię do samicy jadowitego amerykańskiego pająka o takiej właśnie nazwie gatunkowej. I tak samica tego pająka pożera samca po skończonej kopulacji, tak też pulsar odparowuje swojego towarzysza po fazie akrecji. Na fakt odparowywania towarzysza wskazuje dysproporcja pomiędzy jego małą masą (około 0.02 masy Słońca), a długim czasem trwania zaćmienia pulsara (zaćmienie trwa około 50 minut, podczas gdy pełen cykl orbitalny – około 9 h). Dysproporcję tę interpretuje się jako dowód istnienia rozległego „halo" wokół tego towarzysza, które swoim rozmiarem przekracza trzykrotnie strefę potencjału Roche'a.

Nie może to być stacjonarna atmosfera, jako taka bowiem była by natychmiast na zawsze odrzucona. Dlatego musi być to zjawisko dynamiczne – wiatr gwiazdowy, złożony z cząsteczek o prędkościach równych lub większych od prędkości ucieczki. Wiatr ten byłby produkowany na powierzchni gwiazdy pod wpływem silnego strumienia energii, np. w postaci wysokoenergetycznego promieniowania gamma, łatwo rozpraszającego się w atmosferze. Skąd z kolei miałyby pochodzić kwanty γ ? Jedno z możliwych wyjaśnień odwołuje się do par elektron – pozyton, które podczas anihilacji produkują linię emisyjną w zakresie kwantów gamma. Pary e^+ i e^- mogą powstawać w zewnętrznej magnetosferze pulsara z inicjujących fotonów gamma posiadających energie $E \approx 2m_e c^2$, gdzie m_e oznacza masę elektronu, a c prędkość światła. Bez obecności pola magnetycznego proces ten nie mógłby zachodzić ze względu na zasadę zachowania pędu. Ale właśnie silne pole magnetyczne może przejąć pęd fotonu,

Ewa Kuczawska jest astronomką krakowskiej WSP i Obserwatorium na Suhorze w Gorcach. Aktualnie przebywa na stażu naukowym w obserwatorium astronomicznym toruńskiego uniwersytetu, w Piwnicach. Ze szczytów Alp (na zdjęciu) jest jednak o parę kilometrów bliżej do PSR1957+20, niż z Suhory! Redaktor ma nadzieję, że autorka nie zechce się wcielić w bohaterkę swojego artykułu. Czytelnikom zdradzimy, że zdobywała szczyty Alp nie sama, a jej towarzysz miewa się na razie bardzo dobrze...



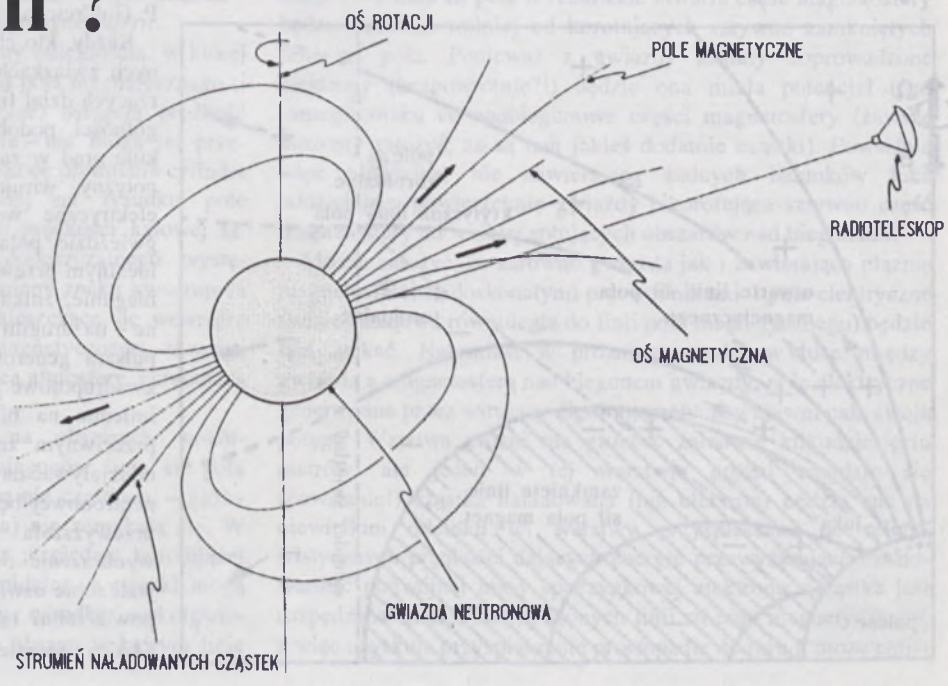
Schemat układu „Czarnej Wdowy" wg Phinneya i in., ilustrujący geometrię wiatru gwiazdowego pochodzącego od towarzysza PSR 1957 +20. Obszar ilustrujący fale radiowe ma wyraźną granicę, jest to tzw. nieciągłość kontaktowa, w której następuje gwałtowny skok gęstości elektronowej. Nieciągłość kontaktowa powoduje, że w momencie rozpoczęcia zaćmienia emisja radiowa zanika gwałtownie, „jak nożem uciął" (częstość plazmowa jest w tym obszarze wyższa od częstości obserwowanej, a więc promieniowanie radiowe pulsara odbija się i nie dochodzi do obserwatora na Ziemi). Wiatr „wiejący" od pulsara z relatywistycznymi prędkościami wywołuje falę uderzeniową w obszarze oznaczonym na rysunku jako „szok 1". Cząsteczki ogrzane w szoku chłodzą się w polu magnetycznym o natężeniu rzędu 100 G emitując promieniowanie rentgenowskie γ na drodze synchrotronowej i odwrotnego zjawiska Comptona. Promieniowanie to powoduje intensywne parowanie zdegenerowanego karła i zasila wiatr (wiejący w odwrotnym kierunku) uginany z kolei na obszarze oznaczonym na rysunku jako „szok 2".

Pulsar – fabryka antymaterii ?

Fizykom się o tym nie śniło

W literaturze popularnonaukowej często porównuje się pulsary do idealnie „tykającego" zegara, lub latarni morskiej i przedstawia jak na rysunku.

Problem jednak w tym, że z jednej strony, zegar ten nie tyka zupełnie idealnie, lecz spowalnia swój „chód" w sposób dokładnie zgodny z teorią, tzn. z przewidywanym tempem utraty energii rotacyjnej wirującego dipola magnetycznego. Z drugiej strony, energia docierająca do radioteleskopów w postaci błysków radiowych jest zupełnie znikoma w porównaniu z tą utratą i na dobrą sprawę nie wiadomo dlaczego pulsary świecą radiowo. Natomiast dysproporcja między mocą błysków i tempem spowalniania rotacji, zostawia nam do dyspozycji wystarczająco dużo energii by wyobrazić sobie, że wokół pulsara muszą dziać się rzeczy „straszne". Jak straszne, pośrednio dowodzi istnienie (na razie) Czarnej Wdowy.



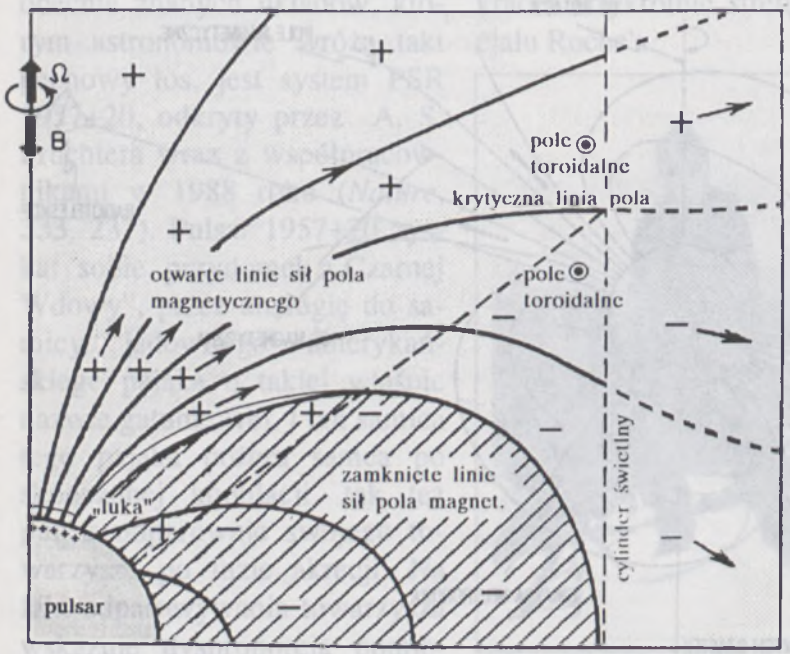
Symulacja komputerowa, przeprowadzona przez Marco Tavani i Leigha Brookshawa (*Nature*, 356, 321) pokazuje ewolucję „ogona" odparowywane materii towarzysza PSR 1957+20. Cząstki będą oddalać się od środka masy układu po torach spiralnych, aż w „bezpiecznej" odległości osiądą w rozległym, być może protoplanetarnym, zewnętrznym dysku. Wewnętrzny promień dysku wynosi około 1/4 jednostki astronomicznej (zewnętrzny może wychodzić poza ramy rysunku). Jeśli rzeczywiście ewolucja takiego dysku prowadzi do powstania planet, to pulsarów z układami planetarnymi musi być więcej.

umożliwiając tym samym kreację pary elektron – pozyton. Zachodzi więc równanie:

$$\gamma + B \rightarrow e^- + e^+ + B$$

które analogicznie, lecz w przeciwnym kierunku prowadzi do anihilacji par. W polu elektrycznym, nad biegunami magnetycznymi, zarówno elektrony jak i pozytony są gwałtownie przyspieszane wzdłuż linii pola magnetycznego. Ponieważ linie te są zakrzywione, cząstki uzyskują również przyspieszenie w kierunku prostopadłym do ich prędkości i promieniują wiele fotonów (promieniowanie powstające z przyspieszenia cząstek w kierunku, równoległym do pola magnetycznego możemy zaniedbać). Pary są przyspieszone do energii rzędu TeV, czyli 10^{12} eV i przy tak dużej energii, powstające poromieniowanie może z kolei samo produkować pary elektron – pozyton! W rezultacie uzyskujemy tzw. lawinę, czyli zwielokrotnienie ilości fotonów gamma i gęstości cząsteczek naładowanych, co trwać będzie aż do wyczerpania się potencjału przyspieszającego. Skąd natomiast miałoby pochodzić początkowe, inicjujące promieniowanie gamma? Jeśli w bezpośrednim sąsiedztwie pulsara brak jego źródła, to nie jest wykluczone, że może ono mieć odległe w przestrzeni, astrofizyczne pochodzenie [*]. Można po-

Na ogół, podobnie jak na rysunku poniżej, mówi się, że pulsar emituje ogromną ilość, rozpędzonych do wielkich prędkości, naładowanych cząstek, głównie elektronów i antyelektronów – pozytonów. Cząstki te mogą być kreowane w obecności pola magnetycznego (jak to opisano w artykule) z dostatecznie twardych fotonów gamma. Skąd ich bierze się aż tak dużo i w jaki sposób są przyspieszane do tak ogromnych prędkości, nie jest już takie oczywiste. Prześledźmy zatem sytuację nieco dokładniej, podążając – podobnie jak autorzy modelu: M. A. Ruderman i P. G. Sutherland (1975) – śladem jego prekursorów: P. Goldreicha i W. M. Juliana (1969).



Każdy, kto chodził do szkoły słyszał o nierozerwalnych związkach elektryczności z magnetyzmem, tworzących dział fizyki zwany elektrodynamiką. W szczególności, podobnie jak poruszający się magnes indukuje prąd w zamkniętym przewodniku, tak i pulsar – potężny, wirujący magnes – wyzwala ogromne pole elektryczne wokół gwiazdy neutronowej (w samej gwieździe pola nie będzie jeśli założymy, że jest idealnym przewodnikiem). Dipolowe (maksymalnie na biegunie, znikające na równiku i minimalne – ujemne – na drugim biegunie), wirujące pole magnetyczne pulsara generować będzie w próżni w przybliżeniu kwadrupolowe pole elektryczne (najsilniejsze i jednoimienne na biegunach; na równiku maksymalne z przeciwnym znakiem). Siła z jaką pole to będzie oddziaływać na elektrony i protony ze skorupy gwiazdy neutronowej będzie odpowiednio ~ 10^{12} i ~ 10^9 razy przewyższała grawitację. Liczby te mogą dać wyobrażenie o występujących tam oddziaływaniach, jeśli sobie uświadomimy jak potężna jest grawitacja na powierzchni takiego obiektu o masie ok. 1.4 masy Słońca i promieniu kilku kilometrów.

kazać, że skala czasowa procesu odparowywania towarzysza jest wprost proporcjonalna do okresu rotacji pulsara w potędze czwartej, a więc odparowywanie będzie zachodziło tym łatwiej, im pulsar ma krótszy okres pulsacji.

W przypadku PSR 1957+20 mamy do czynienia z jednym z najkrótszych znanych okresów, a mianowicie 1.6 ms. Kolejnymi czynnikami mogącymi (ogólnie rzecz biorąc) ułatwiać ulatnianie się cząsteczek są: duży promień towarzysza pulsara, skład chemiczny towarzysza z bardzo dużą zawartością wodoru, oraz krótki okres orbitalny. Odparowywanie towarzysza może się w pewnym momencie zatrzymać, jeśli posiada on wystarczająco rozwinięte zdegenerowane jądro helowe, bo ze względu na mały rozmiar tego jądra prędkość ucieczki w tym przypadku jest większa. Podczas dalszej ewolucji takiego systemu, na skutek ciągłej emisji promieniowania grawitacyjnego okres orbitalny układu będzie malał, zacieśniać się będzie powierzchnia Roche'a wokół towarzysza, co doprowadzi do „kontaktu", akrecji materii przez punkt L_1 i emisji promieniowania rentgenowskiego. Powstanie wówczas małomasywny układ rentgenowski z okresem krótszym niż 80 min. Dane obserwacyjne uzyskane podczas zaćmień pulsara 1957+20 wskazują na bardzo złożoną strukturę wiatru. Opóźnienie sygnału pulsara w fazie kończącej zaćmienie jest około dziesięciokrotnie większe niż w fazie rozpoczynającej zaćmienie (odpowiednio ok. 400 ms i ok. 50 ms) implikując średnią gęstość elektronową wewnątrz orbity rzędu odpowiednio $10^5/cm^3$ i $10^3/cm^3$.

Natomiast zjawisko zaćmienia pulsara przez samą gwiazdę zachodzi symetrycznie. Szacuje się, że prędkość orbitalna gwiazdy stanowi ok. 0.3 prędkości wiatru. Tak więc, dane obserwacyjne sugerują obecność zakrzywionego „ogona" ciągnącego się za towarzyszem pulsara, podobnego do ogona komety (patrz rysunek). To właśnie jest przyczyną asymetrii opóźnień (różne profile gęstości elektronowej po obu stronach towarzysza). Natomiast w kierunku pulsara wiatr miałby kształt stożka ściętego.

Pomimo, że od momentu odkrycia Czarnej Wdowy minęło już kilka lat, to jednak wciąż wiele pytań pozostaje bez odpowiedzi, wciąż brak modelu

*) O teleskopie GRO rejestrującym m.in. takie rozbłyski gamma pisaliśmy w ostatnim numerze (PA 2/92, str. 76). W najbliższym czasie napiszemy o ich najbardziej prawdopodobnych przyczynach (red.)

Siły te są zdolne do wyrywania elektronów z powierzchni gwiazdy (siły wiązania protonów są zbyt wysokie i nie powinny one być wyrywane). W rezultacie (nawet gdyby nie było kreacji par), wokół gwiazdy neutronowej powstanie – złożona z „nanizanych" na linie sił pola magnetycznego naładowanych cząstek – skomplikowana i rotująca wraz z gwiazdą *magnetosfera*.

Rozmiar magnetosfery jest ograniczony odległością, w której sztywno rotujące wraz z gwiazdą linie sił pola magnetycznego (i przywiązane do nich cząstki naładowane) osiągają prędkość światła, tzn. jak nic innego na świecie – nie mogą jej przekroczyć! Odległość ta, równa c/Ω nosi nazwę promienia cylindra świetlnego. W sytuacji przedstawionej na rysunku pole magnetyczne $\boldsymbol{B}$ jest *antyrównoległe* do prędkości kątowej Ω. Linia przerywana oddziela obszary dopuszczalnego występowania cząstek naładowanych (linia zmiany znaku kwadrupola pola elektrycznego). Zamknięte (tzn. mieszczące się wewnątrz cylindra świetlnego) linie sił pola magnetycznego, utworzą naładowaną elektronami, sztywno rotującą atmosferę, ekranującą na zewnątrz pole elektryczne.

Zupełnie inna sytuacja panuje na obszarach wokółbiegunowych. Wychodzące z okolic biegunów linie sił pola magnetycznego (wraz z „nanizanymi" na nie cząstkami – głównie dodatnimi, co wynika z kwadrupola) nie zamykają się. W rezultacie linie będą „odginane" wstecz względem korotującej części magnetosfery i utworzą pole toroidalne, a cząstki mogą opuścić okolice pulsara wnikając do ośrodka wokółgwiazdowego. Krytyczna linia pola oddziela obszar, w którym linie mogą penetrować obszar teoretycznie możliwy do zajęcia przez cząstki przeciwnego znaku (elektrony).

Pole toroidalne w zewnętrznych częściach wokółbiegunowej części magnetosfery będzie pociągać za sobą (do tyłu!) wokółbiegunowe linie sił pola w rezultacie otwarta część magnetosfery będzie rotować wolniej od korotujących sztywno zamkniętych linii sił pola. Ponieważ z gwiazdy zostały doprowadzone elektrony (bezpowrotnie?!) będzie ona miała potencjał tego samego znaku co nadbiegunowe części magnetosfery (zawsze możemy założyć, że są tam jakieś dodatnie cząstki). Powstanie więc niewielka, nie zawierająca żadnych ładunków luka oddzielająca powierzchnię gwiazdy i korotująca sztywno część magnetosfery od wolniej rotujących obszarów nad biegunami.

Można założyć, że zarówno gwiazda jak i zawierająca plazmę magnetosfera, są doskonałymi przewodnikami i pole elektryczne (ściśle składowa równoległa do linii pola magnetycznego) będzie tam znikać. Natomiast w próżni powstałej w luce między gwiazdą a magnetosferą nad biegunem gwiazdy, pole elektryczne generowane przez wirujący dipol magnetyczny ujawni całą swoją potęgę! Warstwa próżni ma grubość zaledwie kilkudziesięciu metrów, ale jeżeli w tej warstwie próżni znajdzie się (powstanie!) cząstka naładowana (np. elektron) będzie ona na niewielkim odcinku tej warstwy przyspieszana do relatywistycznych prędkości dających energie przewyższające równowartość podwójnej masy spoczynkowej elektronu. Cząstka jest rozpędzana wzdłuż zakrzywionych linii sił pola magnetycznego, a więc uzyskuje przyspieszenie prostopadle do toru i może emi-

Słowniczek trudniejszych pojęć

Promieniowanie synchrotronowe

Promieniowanie pochodzące od szybkich (relatywistycznych) ładunków poruszających się po liniach śrubowych wokół linii sił pola magnetycznego.

Odwrotny Efekt Comptona

Utrata energii relatywistycznego elektronu podczas zderzenia elektronu z fotonem, z równoczesną emisją fotonu. Jeśli elektron ma energię początkową $E = \gamma mc^2$ i zderza się z fotonem o energii $h\nu$ to wyprodukowany w tym procesie foton ma energię E_γ taką, że zachodzą przybliżenia:

$$E_\gamma = \gamma^2 h\nu \quad \text{dla} \quad \gamma h\nu \ll mc^2$$

$$E_\gamma = \gamma h\nu \quad \text{dla} \quad \gamma h\nu \gg mc^2$$

Szok (fala uderzeniowa)

Powierzchnia powstająca w miejscu intensywnego zderzenia się cząstek, na której parametry takie jak prędkość, ciśnienie, temperatura i in. zmieniają się bardzo gwałtownie, skokowo.

Częstość plazmowa

Częstość drgań w ruchu swobodnym elektronu o ładunku e w plazmie termicznie zrównoważonej. Dla gęstości elektronowej N_e częstość plazmowa wynosi:

$$\nu_p = (4\pi N_e e^2/m_e)^{1/2}$$

czyli ok. $9\times10^3 (N_e)^{1/2}$ Hz.

zadowalającego wszystkich badaczy. Niektórzy, jak np. E. S. Phinney ze współpracownikami (*Nature*, **334**, 223), zakładają, że w obecnej fazie ewolucji układu towarzyszem pulsara jest zdegenerowane jądro wodorowe.

Można też rozważać taką sytuację, w której z materii odparowywanej z drugiego składnika powstaje płaski dysk rotujący wokół pulsara. Gdy pulsar wraz z dyskiem ostygną, wtedy w dysku mogą powstawać planety (porównaj doniesienie Aleksandra Wolszczana o odkryciu przez niego dwóch planet wokół pulsara – PA1/92, str. 2). Kto wie, być może przypadek Czarnej Wdowy pozwoli wyjaśnić wiele zagadek związanych z powstaniem planet, a w szczególności z naszym Układem Słonecznym?

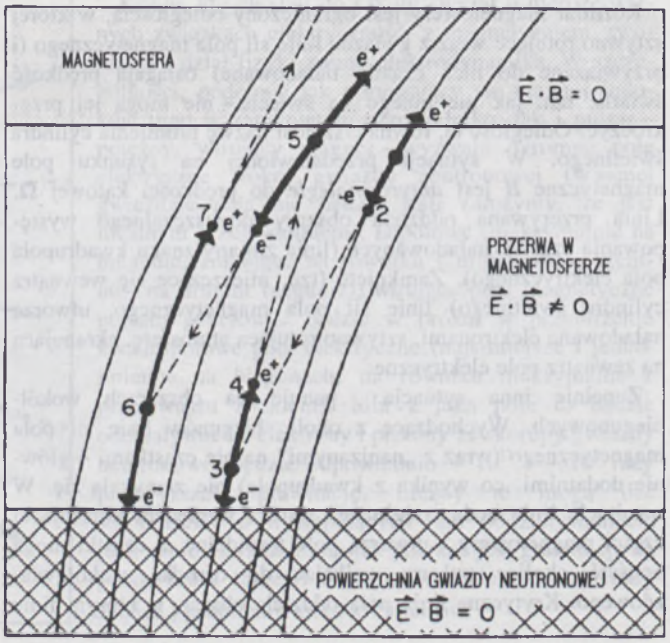
---

towować kwanty tzw. promieniowania *krzywiznowego*. Przy występujących tu energiach i w obecności pola magnetycznego (patrz artykuł) są to kwanty gamma zdolne do kreacji par pozyton – elektron. Te będą również przyspieszane produkując kolejne kwanty gamma zdolne kreować kolejne pary. Powstanie więc cała kaskada elektronów i pozytonów – potężna iskra elektryczna częściowo rozładowuje występującą tu różnicę potencjałów, która oczywiście zostanie odbudowana dzięki wirującemu polu magnetycznemu i w ostatecznym bilansie (jak prawie wszystko na pulsarze!) kosztem energii rotacyjnej.

Jedynym problemem w opisanym mechanizmie pozostaje, skąd w tej przerwie magnetosfery miałaby się wziąć naładowana cząstka, w żaden sposób niezdolna do pokonania istniejącej bariery potencjału.

Zupełnie swobodnie do warstwy tej może natomiast dostać się kwant gamma (np. pochodzenia kosmicznego) inicjując kreacją pary pozyton – elektron w punkcie 1, całe zjawisko. Rozpędzony elektron emituje foton gamma w punkcie 2, który kreuje kolejną parę w punkcie 3. Z kolei powstały tu pozyton w punkcie 4 emituje kolejny kwant, kreujący parę w punkcie 5. W rezultacie otrzymujemy lawinę elektronów spływających do gwiazdy i lawinę pozytonów podążających wzdłuż otwartych linii pola magnetycznego. Tak więc, jeden jedyny wystarczająco „twardy" kwant gamma może zainicjować produkcję całej kaskady antycząstek – pozytonów, podążających z relatywistycznymi prędkościami na zewnątrz pulsara. W miejscu mieszania się z ośrodkiem międzygwiazdowym (ponad wszelką wątpliwość *materialnym*, a więc elektronami) będzie emitowana linia anihilacyjna o długości fali odpowiadającej energii równoważnej podwojonej masy elektronu.

(m)



Krakowiany Banachiewicza

Jan Mietelski

Tadeusz Banachiewicz

U podstaw idei rachunku krakowianowego leży, co trzeba podkreślić, pewien pomysł racjonalizatorski Banachiewicza – rachmistrza. Operacje sumomnożenia stanowiły w przypadku arytmometrów zespół działań najbardziej uniwersalnych dla takiej maszyny rachunkowej. Każdy, kto wiele liczył „na piechotę", tzn. za pomocą formuł i metod klasycznych, potrafił dostrzec jak ogromnym krokiem naprzód było zastosowanie arytmometrów w obliczeniach naukowych. Banachiewicz spostrzegł, że nie mniejsze możliwości dalszej mechanizacji rachunku leżą w nadawaniu wzorom obliczeniowym formy najbardziej naturalnej dla tego, nowego wówczas, środka technicznego. Macierze Hamiltona – Cayley'a były mu oczywiście znane, wystarczyło jednak spróbować (ręcznie) pomnożyć dwie macierze (wiersze przez kolumny) i dwa krakowiany (kolumny przez kolumny), aby przekonać się o niepo-

[1] Cytaty w ramkach podajemy za krótką monografią Tadeusza Z. Dworaka i Jerzego M. Kreinera pt. „Tadeusz Banachiewicz - twórca krakowianów", Ossolineum 1985. Czytelników bardziej zainteresowanych tą postacią a także najprostszymi przykładami algebry krakowianów odsyłamy do tej książeczki. Czytelników pragnących głębiej wniknąć w tę tematykę (np. dla zastosowania algorytmu krakowianowego metody najmniejszych kwadratów w oprogramowaniu współczesnych komputerów) najlepiej odesłać do oryginalnej monografii T. Banachiewicza (1959) pt. *„Rachunek Krakowianowy"*. (przyp. red.)

równywalnie większej łatwości drugiego schematu i znacznie mniejszym ryzyku popełnienia błędu w tym przypadku. Zatem aspekty praktyczne zadecydowały o postaci „wzorów nowego rodzaju", jak Tadeusz Banachiewicz nazywał początkowo krakowiany. W konsekwencji należało stworzyć algebrę tych „liczb zespołowych". Różni się ona znacznie od algebry macierzy, właśnie ze względu na narzucony sposób mnożenia tablic liczbowych kolumnami. Matematycy w większości nie mogli zrozumieć sensu wprowadzania takiego nowego bytu, który w gruncie rzeczy jest macierzą, tylko „dziwnie" mnożoną, za co płaci się niepożądaną komplikacją algebry tych trochę naciąganych tworów, co czyni ją mniej elegancką od algebry macierzy. Dla zrozumienia owej przepaści w podejściu teoretyka, prezentowaną niejednokrotnie przez prof. Tadeusza Ważewskiego, według którego „matematyk jest to człowiek, który nie umie i nie lubi liczyć". Sam to usłyszałem z jego ust kilka razy.

Historia krakowianów zaczęła się skromnie w 1922/23 roku, a więc 3 lata po przybyciu Tadeusza Banachiewicza do Krakowa, gdzie objął stanowisko profesora astronomii w UJ i dyrektora Obserwatorium Astronomicznego. Początkiem była transformacja układu ekliptycznego na równikowy (ramka), podana na wykładzie

> Wzory, za pomocą których można rozwiązać powyższe zadanie, podane są we wszystkich podręcznikach astronomii teoretycznej. Ale my mamy na widoku rozwiązanie nowoczesne, dostosowane do maszyny do rachowania, a przy tym chcemy zapoznać czytelnika z pewnym schematem, w wysokim stopniu mechanizującym rachunek.
>
> T. Banachiewicz (1923), *O obliczaniu współrzędnych planet i komet za pomocą arytmometru* [1].

w postaci krakowianowej. A następnie, w ciągu 32 lat dzielący ten okres od śmierci Tadeusza Banachiewicza, ukazało się ponad pół setki jego prac dotyczących tylko teorii krakowianów. Autorska monografia pt. „*Rachunek krakowianowy*" ukazała się już pośmiertnie w 1959 roku. Przeglądając protokoły zebrań naukowych Obserwatorium Krakowskiego z okresu ostatnich lat przed II wojną światową, z czasu wojny i pierwszych lat po wojnie, można odnieść wrażenie, że nie są to opisy posiedzeń pracowników placówki astronomicznej. Dominuje tam bowiem tematyka z zakresu określonych działów matematyki stosowanej, nowe sposoby rozwiązywania układów równań liniowych, nowe podejście do obliczania wyznaczników, nowe elementy algorytmu krakowianowego metody najmniejszych kwadratów itd. Głównym referentem bywał najczęściej prof. Tadeusz Banachiewicz. Tak tworzyły się krakowiany. Ułatwiały nie tylko rachunki numeryczne, umożliwiały również przeprowadzenie uogólnionych rozważań analitycznych.

Schematy krakowianowe umożliwiły Banachiewiczowi wniesienie nowych myśli do klasycznych metod wyznaczania orbit. W ten sposób zyskała sobie trwałe miejsce w literaturze metoda Banachiewicza – Olbersa wyznaczania orbit parabolicznych. Nie zapominajmy też, że pierwsza orbita Plutona została obliczona w Krakowie i to dzięki krakowianom. Warto przypomnieć również, że *Rocznik Astro-*

KRAKOWIANY I MACIERZE

Schemat mnożenia krakowianu jednokolumnowego przez trójkolumnowy (kolumna przez kolumnę) jest następujący:

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \\ z \end{Bmatrix} \bullet \begin{Bmatrix} a & d & g \\ b & e & h \\ c & f & i \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} xa+yb+zc \\ xd+ye+zf \\ xg+yh+zi \end{Bmatrix}$$

Natomiast w notacji macierzowej (wiersz przez kolumnę):

$$\begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ax+by+cz \\ dx+ey+fz \\ gx+hy+iz \end{pmatrix}$$

Łatwo zauważyć, że w obydwu wypadkach wynik (w postaci wektora) jest dokładnie taki sam!

Zastosowanie obrotowych macierzy krakowianowych umożliwia obliczenie współrzędnych x', y', z' punktu w obróconym układzie współrzędnych według wzoru:

$$\begin{Bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} x \\ y \\ z \end{Bmatrix} \bullet P_{x,y,z}(\gamma)$$

gdzie $P_{x,y,z}(\gamma)$ jest krakowianem obrotowym dla obrotu układu wokół osi x, y oraz z o kąt γ

$$P_x(\gamma) = \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\gamma & -\sin\gamma \\ 0 & \sin\gamma & \cos\gamma \end{Bmatrix} \quad i \quad P_y(\gamma) = \begin{Bmatrix} \cos\gamma & 0 & \sin\gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\gamma & 0 & \cos\gamma \end{Bmatrix}$$

O niektórych zastosowaniach krakowianów w astronomii

Karol Kozieł

Krakowiany Banachiewicza znalazły swe zastosowanie głównie w dwóch dyscyplinach astronomicznych: w astronomii sferycznej i w mechanice nieba.

W astronomii sferycznej, gdzie dużą rolę odgrywa poligonometria sferyczna, krakowiany umożliwiły prof. Tadeuszowi Banachiewiczowi (1927) pełne i zupełnie ogólne rozwiązywanie wielokątów sferycznych i to w postaci wzorów gotowych do rachunku. Znalazło to zastosowanie między innymi przy rozwiązywaniu trójkąta paralaktycznego oraz przy przechodzeniu od jednego do innego astronomicznego układu współrzędnych sferycznych, a także przy rozwiązywaniu pięciokąta sferycznego w problemie wyznaczania pozycji na tarczy Księżyca krateru Mösting A (Kozieł 1949), gdzie obyło się - co dawniej było nieodzowne - bez rozbijania pięciokąta sferycznego na trójkąty sferyczne. Banachiewicz opublikował ponadto w oparciu o krakowiany bardzo potrzebne w wielu rachunkach księżycowych tablice selenograficzne. Z poligonometrią sferyczną związane są również wzory różniczkowe tej poligonometrii, które podałem na zorganizowanym przez prof. Banachiewicza Tajnym Zebraniu Naukowym Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie w listopadzie 1940, a opublikowałem po wojnie (1949). Znalazły te wzory między innymi zastosowanie przy obliczaniu współczynników różniczkowych równań obserwacyjnych w problemie wyznaczenia stałych libracji fizycznej Księżyca (Kozieł 1949, 1967)

$$oraz\ P_z(\gamma) = \begin{Bmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$$

Wygodnie jest używać zamiast współrzędnych punktu jego cosinusów kierunkowych.

W układzie sferycznym cosinusy kierunkowe punktu P o współrzędnych (φ, ϑ) mają postać

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \cos\varphi\cos\vartheta \\ \cos\varphi\sin\vartheta \\ \sin\varphi \end{Bmatrix}$$

Wobec tego np. przejście z układu współrzędnych ekliptycznych (λ, β) do układu współrzędnych równikowych (α, δ) i odwrotnie, w notacji krakowianowej wygląda następująco:

$$\begin{Bmatrix} \cos\delta\cos\alpha \\ \cos\delta\sin\alpha \\ \sin\delta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \cos\beta\cos\lambda \\ \cos\beta\sin\lambda \\ \sin\beta \end{Bmatrix} \bullet P_x(-\varepsilon)$$

$$\begin{Bmatrix} \cos\beta\cos\lambda \\ \cos\beta\sin\lambda \\ \sin\beta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \cos\delta\cos\alpha \\ \cos\delta\sin\alpha \\ \sin\delta \end{Bmatrix} \bullet P_x(\varepsilon)$$

gdzie ε jest kątem nachylenia ekliptyki do równika.

ZWIERZAK

nomiczny Obserwatorium Krakowskiego podawał tabelę wartości cosinusów kierunkowych 9–elementowego operatora dla ścisłych redukcji precesyjnych w epoce, kiedy operacje macierzowe nie „śniły się" jeszcze redakcjom czołowych roczników światowych.

Wiele uwagi poświęcił Banachiewicz problematyce rozwiązywania układów równań liniowych metodą krakowianową, przy wykorzystaniu m.in. rozkładu krakowianu na tzw. czynniki elementarne. Bez wątpienia jednak ogromnym osiągnięciem Banachiewicza stał się algorytm krakowianowy metody najmniejszych kwadratów. Cyzelowany przez autora w kolejnych wersjach, został doprowadzony do perfekcyjnej zwartości przy rekordowym zminimalizowaniu liczby operacji rachunkowych. Niezwykła prostota tego algorytmu metody najmniejszych kwadratów i gwarancja bezbłędności, dzięki rutynowym operacjom kontrolnym, zyskały mu powszechne uznanie geodetów. Trwa ono nawet do dziś, gdy biblioteki programowe komputerów zawierają standardowe wersje algorytmu macierzowego tej metody. Uznanie to jest znaczące, gdyż przede wszystkim w geodezji spotyka się ogromne zadania, angażujące aparat rachunku wyrównawczego. Z podobnych względów algorytm ten został przyjęty z zapałem również w kręgach specjalistów z zakresu statyki konstrukcji budowlanych. Bez algorytmu krakowianowego metody najmniejszych kwadratów nie byłoraz umożliwiły mi uzyskanie nowych wzorów różniczkowych dla obliczenia libracji optycznej Księżyca (Kozieł 1957). Inne zagadnienia wchodzące w zakres astronomii sferycznej rozwiązywał przy pomocy krakowianów F. Koebcke z Poznania (1937): obliczanie paralaksy Księżyca, położeń księżyców Jowisza, redukcja obserwowanych punktów warkoczy komet do płaszczyzny ich orbit. Ponadto podał on (Koebcke 1947) wzory - w oparciu o krakowiany - używane przy opracowywaniu zakryć gwiazd przez Księżyc i zajął się obliczaniem momentów zaćmień kraterów księżycowych. W problematyce związanej z Księżycem ukazało się też szereg dalszych prac z używaniem krakowianów, wśród których wymienię prace Chabibullina (1958), Niefiedjewa (1970) i Mietelskiego (1973).

W mechanice nieba, a w szczególności w problemie wyznaczania orbit planet i komet znalazły krakowiany rozległe pole zastosowań. Przypominam, że krakowiany „narodziły się" przy problemie wyznaczania elementów wektorialnych orbity (Banachiewicz 1923). Znaczną rolę odegrały też krakowiany w różniczkowym poprawianiu orbit planet i komet (Banachiewicz 1925).

Problem ruchu obrotowego Księżyca dookoła jego środka masy, a więc związanej z nim libracji fizycznej Księżyca, stanowi wdzięczny temat do stosowania krakowianów. Krakowianowe wzory różniczkowe poligonometrii sferycznej podane przez autora (Kozieł 1949) umożliwiły ponadto rozwiązanie zagadnienia wyrównania obserwacji libracyjnych bez uciekania się do sugerowanych swego czasu przez Banachiewicza (1950) dla zachowania zgodności z zasadami metody najmniejszych kwadratów, ale nieco komplikujących problem, tak zwanych trójkątnych równań normalnych wymagających je-

Fakt, że w ciągu pięćdziesięciu lat pracowałem naukowo, nie stanowi specjalnej zasługi, gdyż pracowałem dlatego, że podobała mi się ta praca, która wydawała mi się użyteczna dla nauki, narodu i państwa; co się tyczy znaczenia mych prac, to dopiero przyszłość o nich wypowie ostatnie słowo.

T. Banachiewicz, Wypowiedź w 50-lecie pracy naukowej (1953).

by możliwe sukcesy uzyskane przez K. Kozieła i jego współpracowników w wyznaczaniu parametrów obrotu i figury Księżyca. Z krakowianów wyrosła algebra jądrowa T. Kochmańskiego.

Krakowiany zyskały licznych zwolenników również za granicą, przede wszystkim wśród astronomów i geodetów. Gorącymi rzecznikami stosowania krakowianów byli m.in. S. Arendt, J. Kašpar, E. Villemarqué, H. Illinger, L.E. Cunningham, W.J. Eckert, Z. Kopal, O. Beluzzi, U. Cassina, M.F. Subbotin i wielu innych. Trwałość wartości krakowianów dla prac geodezyjnych podkreślają publikacje powstające już w epoce komputerowej, w kilkanaście lat po śmierci T. Banachiewicza. Wystarczy zacytować tu zbiorową monografię, powstałą na Wydziale Geodezji Górniczej Akademii Górniczo–Hutniczej w Krakowie w 1971 roku, czy materiały międzynarodowej sesji naukowej „Rozwój teorii i techniki obliczeń astronomicznych i geodezyjnych" zorganizowanej również na AGH w Krakowie w 1983 roku z okazji 100–lecia urodzin Tadeusza Banachiewicza (Zeszyty Naukowe AGH, 1986).

Komitet Redakcyjny pośmiertnego wydania monografii Banachiewicza, w osobach profesorów: Józefa Witkowskiego i Stefana Piotrowskiego oraz docenta Kazimierza Kordylewskiego nie zawahał się stwierdzić, że: *„Rachunek krakowianowy zajął więcej, niż równorzędne miejsce wśród innych rachunków operujących geometrycznymi lub fizycznymi wielkościami – rachunkiem Ricciego, rachunkiem diadyczym Gibbsa, algebrą macierzową, rachunkiem mechaniki kwantowej Diraca i wieloliniowymi wektorowymi funkcjami Nevanlinna"*. W przedmowie owej monografii zwracają redaktorzy również uwagę na to, że pokrewieństwo tych rachunków i ich częściowe zazębianie się zostało wykazane przez P. Kustaaheimo w jego algebrze pierścieni tensorowych.

Od lewej: T. Kochmański, S. Arendt, T. Banachiewicz - w pokoju wykładów i zebrań naukowych na II piętrze Collegium Śniadeckiego. (zdjęcie archiwalne, autorstwo nieznane, autor otrzymał je ok. 10 lat temu od pewnego geodety, słuchacza jego odczytu w Olsztynie)

Krótkowzroczni krytycy, którzy dziś usiłują pomniejszać znaczenie krakowianów wobec istnienia komputerowych programów macierzowych, nie zdają sobie najwyraźniej sprawy z tego, że w epoce przedkomputerowej krakowiany dawały rachunkowi arytmometrycznemu najlepsze możliwości jego mechanizacji i niebywałego usprawnienia organizacji pracy, dającego już wtedy nieraz przedsmak mającej niebawem nadejść epoki pełnej automatyzacji procesów obliczeniowych.

Naukowy świat astronomiczny uczcił pamięć profesora Banachiewicza przez nazwanie jego imieniem jednego z kraterów na Księżycu oraz jednej z planetoid. Spośród ciał Układu Słonecznego wyróżnia się ona najmniejszym znanym mimośrodem orbity.

szcze, jak to czyniono za czasów Bessela (1839), wyrównania w dwóch etapach. Zastosowany przez autora proceder (Kozieł 1967) pozwolił więc przeprowadzić wyrównanie obserwacji libracyjnych w pełnej zgodzie z zasadami metody najmniejszych kwadratów, ale już w jednym etapie, a w praktyce dał znacznie mniejsze błędy średnie niewiadomych (w szczególności stałych libracji fizycznej Księżyca wymuszonych i dowolnych), niż to było możliwe przy pomocy poprzednio stosowanych metod oraz umożliwił przeprowadzenie po raz pierwszy w literaturze przedmiotu ścisłego dowodu na to, że wartość mechanicznej eliptyczności Księżyca *f* leży poniżej jej wartości krytycznej 0.622. Pomiary odległości zwierciadeł laserowych ustawionych na Księżycu przez wyprawy Apollo od punktów obserwacji na Ziemi (z olbrzymią dokładnością rzędu 1 m) pozwoliły ostatnio potwierdzić zupełną zgodność wartości *f* otrzymaną z pomiarów laserowych.

Na zakończenie pragnę stwierdzić, iż wydaję się, że astronomowie teoretycy również w przyszłości chętnie będą sięgać przy rozwiązywaniu szeregu problemów po krakowiany Banachiewicza, natomiast astronomowie rachmistrze będą używali krakowianów w coraz mniejszym stopniu, ponieważ arytmometry biurkowe wypierane są dzisiaj przez komputery, dla których mnożenie dwóch macierzy (wiersze przez kolumny) przy prostszej ich algebrze jest równie łatwe, jak mnożenie dwóch krakowianów (kolumna przez kolumnę przy nieco bardziej skomplikowanej algebrze tych ostatnich.

Swoje naukowe przygody z krakowianami wspomina emerytowany profesor i były dyrektor Obserwatorium Astronomicznego UJ. Karol Kozieł mieszka obecnie w Wiśle w Beskidzie Śląskim. Zazdrościmy Mu tego, tzn. emerytury i gór.

Planetka Toutatis
– nasz niezwykły sąsiad

W końcu pierwszej dekady grudnia 1992 miało miejsce przejście w bardzo bliskiej odległości od Ziemi asteroidy nr 4179 Toutatis. Był to wtedy, po Księżycu, nasz najbliższy, kosmiczny sąsiad. To skaliste ciało niebieskie o „średnicy" niespełna 3 km, porusza się praktycznie w płaszczyźnie ekliptyki (nachylenie orbity 0°.5) po bardzo wydłużonej orbicie (ekscentryczność 0.64), której peryhelium znajduje się w odległości 0.9 jednostki astronomicznej od Słońca. Przecina więc orbitę Ziemi i jej spotkania z Ziemią są tylko kwestią czasu. Jej okres obiegu wokół Słońca wynosi 3.97 lat. Tegoroczne spotkanie obu ciał było pierwszym, wcześniej przewidzianym, tak bliskim spotkaniem Ziemi z planetoidą. Planetka ta przeszła w odległości około 3 mln km od Ziemi w dniu 8 grudnia. Jej blask osiągnął wtedy 10.5 wielkości gwiazdowej.

Toutatis została odkryta w 1934 roku przez Eugeniusza Delporte'a z Królewskiego Obserwatorium Astronomicznego w Brukseli, jako obiekt 14 wielkości gwiazdowej należący do głównego pasa planetoid. Nie zmierzono dostatecznej ilości pozycji, aby wyznaczyć jej orbitę i została zagubiona aż do roku 1989. Ze względu na perturbacje powodowane przez duże zbliżenia do Ziemi, jej kariera nie może być określona na okres dłuższy niż około 100 – 200 lat. Nie grozi nam w tym czasie zderzenie się tej planetoidy, a kolejne wielkie przybliżenie tych ciał nastąpi we wrześniu 2004 roku. Odległość Toutatis od Ziemi będzie wtedy zaledwie 4 razy większa niż odległość Ziemia – Księżyc, a jej blask osiągnie 9 wielkość gwiazdową.

Przewidywane pojawienie się w sąsiedztwie Ziemi tak niezwykłego gościa stanowiło wspaniałą okazję do kompleksowych badań fizycznych i dynamicznych tej małej kosmicznej skały. Okazja ta zdarza się w okresie, gdy dość powszechnie podnosi się sprawę konieczności wykrywania i śledzenia przelatujących w pobliżu Ziemi obiektów kosmicznych (Near – Earth Asteroid/Objects Survey). W tej sytuacji, odpowiednia Komisja Międzynarodowej Unii Astronomicznej zaapelowała o obserwacje astrometryczne, fotometryczne i spektroskopowe w możliwie szerokim zakresie widmowym, w tym w podczerwieni i w zakresie radiowym. Wiele ośrodków i astronomów takie obserwacje podjęło i na początek stycznia wyznaczyło sobie spotkanie w Tucson w celu podsumowania rezultatów.

Co można już dzisiaj powiedzieć o tym niezwykłym reprezentancie świata planetoid?

W oczach Steva Ostro, który prowadził obserwacje radarowe radioteleskopami w Goldstone i w Arecibo, Toutatis jest niezwykle ciekawym obiektem, prezentującym cechy, których nigdy przedtem w obserwacjach radarowych nie widziano. Wydaje się być obiektem „podwójnym kontaktowym", którego składniki są bardzo nieregularne. W czasie największego zbliżenia obiekt ten zwrócony był do Ziemi swym biegunem. Okres obrotu „wydłużał się" niejako z dnia na dzień: w listopadzie określano go na „dłuższy niż 24 godziny", w początku grudnia wydawało się , że wynosi około 7 dni, później bliższy 9 dniom, by określić go na 10.5 dnia w dniu 15 grudnia. Jest to okres synodyczny, okres gwiazdowy może być inny. Trzeba tu wiedzieć, że jest to dość niezwykłe odkrycie. Znamy 2 planetoidy o dłuższym okresie rotacji: 288 Glauke – 48 dni i 1220 Crocus – rotuje w ciągu 31 dni. Kolejna pod względem długości okresu, 1481 Tubingia, rotuje w ciągu 6.7 dnia. W obserwacjach radarowych na powierzchni planetki „wyczuwalne są" kratery o średnicach rzędu kilkuset metrów.

W podczerwonym zakresie widma (w pasmach od ok. 8 do 12 mikrometrów), Toutatis była intensywnie obserwowana przez Jima Emersona i jego kolegów, przy pomocy podczerwonego teleskopu UKIRT na Hawajach. Generalny wniosek z tych obserwacji to wskazanie, że rozmiary planetki zawierają się w granicach 2 – 4 km, oraz że jej powierzchnia ma charakter skalisty o dużej inercji termicznej.

W zakresie widzialnym prowadzono przede wszystkim obserwacje fotometryczne. Jak wiadomo, z tego typu obserwacji wyprowadza się dane o rotacji planetki i położeniu osi rotacji w przestrzeni oraz o cechach fizycznych powierzchni obserwowanego ciała. Dane o okresie rotacji i położeniu bieguna planetki są niezbędne m.in. do interpretacji obserwacji radarowych. Pierwotnie przewidywano, że Toutatis osiągnie jasność 9.4 wielkości gwiazdowej podczas największego zbliżenia z Ziemią, jednakże obserwacje w miesiącach letnich pokazały, że jest o 1.4 mag. słabsza. W czasie grudniowych obserwacji jej blask był również często mniejszy niż przewidywany, już po uwzględnieniu powyżej wspomnianej poprawki. Maksimum widomego blasku $V = 10^{m}.6$ osiągnęła 10 grudnia. Maksimum absolutnej wielkości gwiazdowej (V(1,0) jasność zredukowana na odległość planetki zarówno od Słońca jak i od Ziemi równą 1 jednostce astronomicznej i przy zerowym kącie fazowym), przypadło 10.8 grudnia i wynosiło $15^{m}.4$, dokładnie tyle, ile przewidywano. Generalnie, amplituda jasności wynosiła ok. 1^{m}, a krzywa blasku miała dwa maksima. Jej mikrostruktura wskazywała na istnienie „efektów zaćmieniowych" (np. nagłe pojaśnienie o $0^{m}.7$ 9 grudnia) i dwuskładnikową, typu „gwiazdy podwójnej kontaktowej", naturę tej planetki, co jest zbieżne z wnioskami wypływającymi z obserwacji radarowych. Wymaga to dalszych, bardziej pogłębionych rozważań niż obecne, na gorąco formułowane, pierwsze raczej wrażenia niż analizy.

W ultrafiolecie obserwowano zmiany jasności sięgające 30 – 50% blasku, co nie da się wytłumaczyć zmianami geometrycznymi wynikającymi z „koziołkowania" planetki w przestrzeni. Alan Stern wraz z kolegami, przy pomocy satelity IUE, uzyskali 4 widma planetki w czasie 36 godzin ekspozycji. Ich zamiarem było otrzymanie widm refleksyjnych tej planetki pokrywających cały okres rotacji, ale okazało się to niemożliwe ze względu na bardzo długi, odkryty dopiero podczas tej kampanii obserwacyjnej, okres obrotu Toutatis. Surowe dane pokazują bardzo silne zmiany widma, wskazujące na silną niejednorodność powierzchni odbijającej i asferyczność obiektu.

Również Teleskop Kosmiczny został skierowany na Toutatis. Pierwsze próby w dniu 8 grudnia nie powiodły się, ale następne w dniu 11 grudnia pozwoliły uzyskać kilka obrazów, które na pierwszy rzut oka nie pokazują ani bardzo wydłużonej, ani wieloskładnikowej struktury tej planetki. W pierwszych godzinach dnia 11 grudnia również stacja kosmiczna Galileo dokonała 4 godzinnej obserwacji Toutatis w dalekim ultrafiolecie.

Jeszcze raz wypada podkreślić, że powyżej została zebrana tylko garść wstępnych informacji o rezultatach prowadzonych jeszcze obserwacji, które „na bieżąco" docierały do autora. Widać, że są to bardzo ciekawe rezultaty i dlatego należało chyba donieść o tym czytelnikom „Postępów Astronomii".

Andrzej Woszczyk

„Ogień i woda, woda i ogień..."

Z najnowszych analiz powierzchni Merkurego, opublikowanych w „Science", wyłania się całkiem nowe oblicze tej planety. Otóż, jest to nie tylko planeta ognia (dzienna temperatura na powierzchni osiąga tam 430° C), lecz również planeta... lodu! Naukowcy z NASA (Jet Propulsion Laboratory) i z Kalifornijskiego Instytutu Technologii wykryli metodami radarowymi czapy lodowe na biegunach Merkurego. Jedyne wytłumaczenie jakie nasuwa się odkrywcom jest następujące: podczas gdy bieguny są przypiekane promieniami Słonecznymi – dno niektórych kraterów znajduje się w wiecznym cieniu, dzięki niskiemu kątowi padania wiązki promieni. A że jak wiadomo Merkury nie posiada atmosfery, toteż brak tam ruchów konwekcyjnych, które by efektywnie wyrównywały temperatury. Tak więc, lokalnie mogą tam istnieć temperatury ujemne. Jeśli miliardy lat temu, po uformowaniu się Merkurego, z powierzchni planety parowała woda i kondensowała się na dnie kraterów, w pobliżu biegunów, to jest duża szansa, że to właśnie zamrożona tam wówczas woda odbija w charakterystyczny sposób silne wiązki promieni radarowych wysyłane dzisiaj przez badaczy w kierunku tej planety.

E. K.

Beta Pictoris
– badań ciąg dalszy

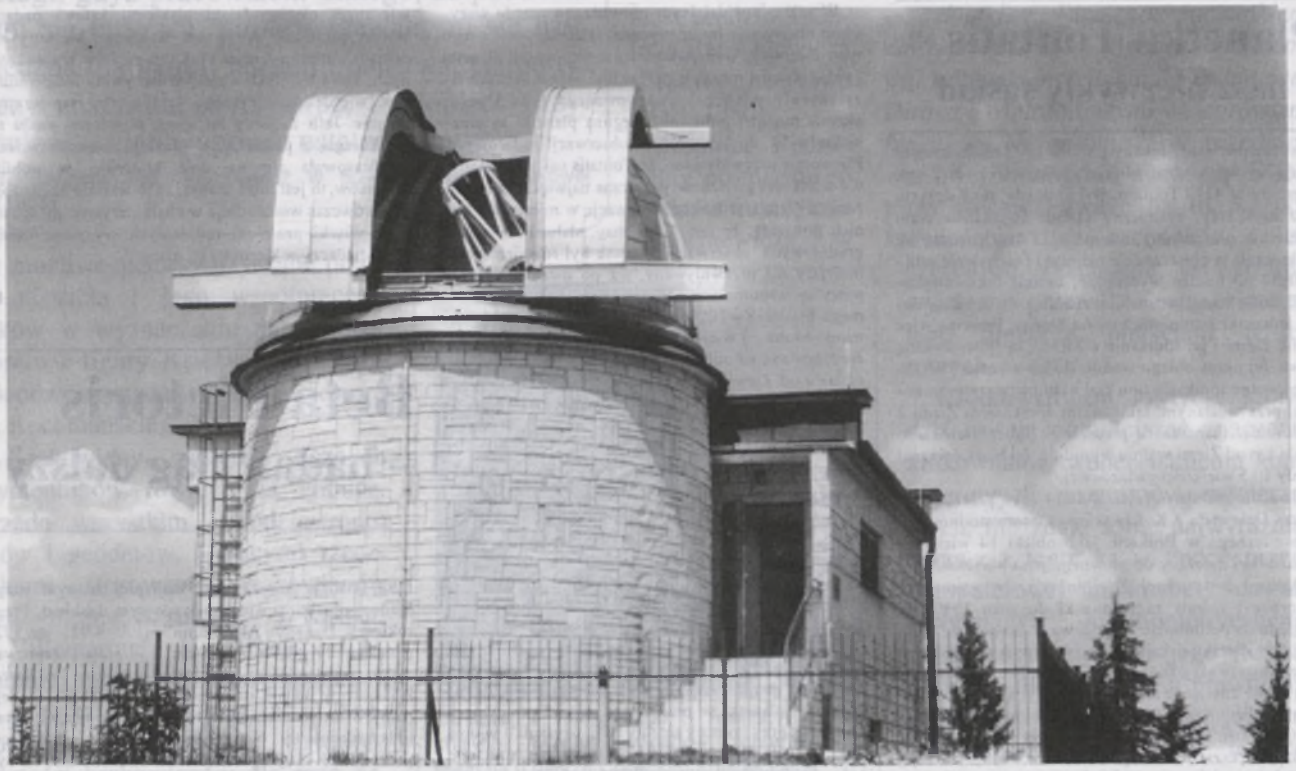
Beta Pictoris jest zapewne najlepiej znanym przykładem obiektu z wokółgwiazdowym dyskiem. Przed rokiem „Postępy Astronomii" (PA 4/91, str. 172) przedstawiły pierwsze badania tego ciała przeprowadzone przez teleskop kosmiczny Hubble'a. Ten karzeł A5, odległy od nas o około 50 lat światła jest podejrzany o to, że wokół niego tworzy się właśnie teraz układ planetarny. Natura gorącej chmury otaczającej gwiazdę jest ciągle przedmiotem badań. Może to być dysk złożony z drobnych pyłów, ale również istnienie w nim większych bryłek, a nawet planetysimali wielkości planetoid jest możliwe. Zgodnie z badaniami przedstawionymi na ostatnim (czerwiec 92) zjeździe Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego, cząsteczki otaczające Beta Pictoris mają konsystencję lodową i są podobne do „brudnego śniegu", czyli materiału z jakiego zbudowane są jądra kometarne.

Grupa astronomów kalifornijskich, panie Melissa Nischan i Dana Backeman oraz Ben Zuckerman, przeprowadziła obserwacje w podczerwieni (1.25, 1.65 i 2.2 mikrometra) przy pomocy 1.5 m teleskopu na Cerro Tololo. Blokując światło gwiazdy, badacze ci mogli objąć swą analizą obszary położone w odległości od 85 do 220 j.a. od gwiazdy. Z ich badań wynika, że świecące w podczerwieni cząsteczki mogą być ukryte w chmurze. Ponadto uważają, że jeśli β Pic jest w fazie akrecji planetarnej w dużej odległości od gwiazdy, to akreowany materiał może być podobny do materiału obecnie obserwowanego w małych ciałach na peryferiach Układu Słonecznego.

Inna grupa z Uniwersytetu w Stony Brook (R. Knacke i S. Fajardo) z obserwacji przy pomocy teleskopu podczerwonego NASA na Mauna Kea wnosi, że cząsteczki wewnętrznej części dysku zawierają krzemiany i mają cechy bliskie cechom ziaren pyłu kometarnego. W szczególności zwracają uwagę na fakt, że widma pyłu otaczającego β Pictoris podobne są do widm materiału wyrzucanego z jądra komety Halley'a i innych komet.

Inna jeszcze grupa z Baltimore (D. Golimowski, S. Durrance i M. Clampin), związana z Uniwersytetem Hopkinsa i Instytutem Teleskopu Kosmicznego, badała przy pomocy teleskopu 2.54 m w Las Campanas wewnętrzne obszary dysku tej gwiazdy. Poszukiwali m.in. obszarów dysku wolnych od pyłu, których istnienie wskazywałohy na odbywający się proces akrecji planetarnej. Nie znaleźli takich obszarów, ale stwierdzili występowanie materii w dysku od odległości 45 jednostek astronomicznych od gwiazdy. Przypomnijmy, że w Układzie Słonecznym największe gazowe planety okrążają Słońce w odległości ok. 30 jednostek astronomicznych, a więc badania tych autorów nie wykluczają możliwości tworzenia się planet wokół Beta Pictoris.

Andrzej Woszczyk



Obserwatorium Astronomiczne krakowskiej WSP na Suhorze (1000 m npm) w Gorcach. Widok od strony południowej.

Obserwatorium Astronomiczne na Suhorze

Jesienią 1992 roku mija pięć lat od otwarcia Obserwatorium Astronomicznego Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie. Obserwatorium zbudowano na wzniesieniu Suhora w Gorcach, nieopodal Koninek znanych z twórczości Władysława Orkana. U schyłku XIX wieku przez Suhorę i pobliski Tobołów wędrował na odpust do Ludźmierza Franek Rakoczy, bohater powieści „W roztokach".

...„Szli po polanie równej nie bacząc na chodnik, bo cała hala miękką wyścielona trawą, ciągnie się długo i szeroko po grzbiecie Suhory, lub inaczej Suchej Hory jak ją drzewiej zwano. Dopiero ku Tobołowi polana się zwęża, zagłębia w siodło i ostaje pod Obidowcem, na który już drożyna skalista prowadzi, przykra i uciążliwa jak droga do nieba. Idąc po tej polanie mieli czas obzierać się na wszystkie strony i patrzeć po dalekim świecie, którego im nic nie zastępuje, jak tam na dole w roztokach."

Jakże zdziwiony byłby Orkan widząc w jednej z roztok duży ośrodek wypoczynkowy, a obok niego kolej krzesełkową wyprowadzającą na Tobołów. Dodajmy, że obecnie mianem tym określa się grzbiet położony na północ od Suhory, a więc odwrotnie niż w opowieści Orkana.

Idea zbudowania niewielkiego obserwatorium astronomicznego w terenie górskim wyszła od autora niniejszego artykułu w pierwszej połowie 1983 roku i została podjęta przez Władze krakowskiej WSP, które dostrzegły w projektowanym Obserwatorium nie tylko nowoczesny warsztat badań dla Zakładu Astronomii tworzonego w ramach Instytutu Fizyki, ale także placówkę mającą istotne znaczenie w procesie kształcenia nauczycieli fizyki i astronomii.

Miejsce pod budowę Obserwatorium starano się wybrać tak, aby spełniało dwa główne warunki: po pierwsze było dostatecznie odległe od większych miejscowości i zakładów przemysłowych, i po drugie, by było położone możliwie wysoko nad poziomem morza. Porównując kilka potencjalnych lokalizacji w Beskidzie Śląskim, Małym, Sądeckim i Gorcach ostatecznie zdecydowano się na Suhorę (1000 m npm, $\varphi = 49^{o}35'$, $\lambda = -1^{h}20^{m}.3$), odległą w

prostej linii 55 km na południe od Krakowa. Zaletą Suhory był łatwy dojazd z Krakowa (trzy razy dziennie kursuje bezpośredni autobus z Koninek) i to, że na pobliski Tobołów (934 m npm) – jak wspomniano – można w ciągu 10 minut wjechać kolejką krzesełkową. Na górnej stacji kolei znajduje się również transformator wysokiego napięcia. Ważnym argumentem przemawiającym za Suhorą było istnienie leśnej drogi umożliwiającej wjazd na szczyt góry samochodem terenowym, a także bliskość Ośrodka Wypoczynkowego „Mechanik" Huty im. T. Sendzimira (dawniej: im. Lenina), będącego naturalną bazą w pierwszym etapie budowy Obserwatorium.

Ostateczna decyzja o budowie Obserwatorium na Suhorze została podjęta jesienią 1984 roku. Projekt budynku został wykonany nieodpłatnie przez krakowski „Biprostal" w pracowni inż. Rajmunda Walczykiewicza. Zatwierdzenie projektu, dokonanie wszystkich niezbędnych uzgodnień formalno – prawnych i wykupienie z prywatnych rąk działki o powierzchni 4 arów na szczycie Suhory zajęło cały rok 1985. Do prac budowlanych przystąpiono w maju 1986 roku. Ich pierwszym etapem było przeprowadzenie podziemnego kabla elektrycznego o długości 1200 metrów od stacji kolei na Tobołowie na szczyt Suhory. Z początkiem lipca rozpoczęto prace ziemne i zakładanie fundamentów. W dniu 24 lipca nastąpiło wmurowanie aktu erekcyjnego, zaś z końcem listopada tegoż roku budynek Obserwatorium był gotowy w stanie surowym.

Wszystkie prace budowlane (i większość prac wykończeniowych) były wykonane przez miejscowych górali. Ze strony Uczelni pracami kierowali: mgr Jerzy Zimiński (dyrektor administracyjny WSP), mgr inż. Włodzimierz Sala (z–ca dyrektora), inż. Kazimierz Dec (inspektor nadzoru) oraz inż. Marian Szczepanek (kierownik Działu Technicznego). Dowóz materiałów budowlanych i niezbędnej wody organizował kierownik Transportu WSP – Zbigniew Bodziony. Do autora niniejszego artykułu należało

Z „Dziennika Pokładowego"

02.12.87. Zużywa się tutaj w ciągu 2–ch dni
1 chleb, 1/2 kostki masła
1 słoik wołowiny + warzywa i owoce
na łebka (ok. 500 zł)
nie liczyłem cukru i herbaty

28.12.87. Obserwatorium cieszy się dużym zainteresowaniem turystów. Przechodziło tędy kilka wycieczek narciarskich (mimo okropnych warunków). Oczywiście nikogo nie wpuściłem. Pytano natomiast o PIECZĄTKĘ OBSERWATORIUM.

Z „Dziennika Pokładowego"

21.01.88 Denerwujące są przerwy w dopływie prądu. Dziś w nocy nie było prądu przez 6 godzin, ale w ostatnich dniach grudnia aż półtorej doby (m. in. Sylwestra).

(...) Nikt nie wie jak zmienić taśmę w barometrze, zresztą i tak nie było wiadomo co on wskazuje(...) Dobrze, że działa jeszcze TERMOMETR! W przypadku braku prądu można na Suhorze odczytać choćby temperaturę! Pocieszające jest, że coś jeszcze działa!

dopilnowanie wszystkich szczegółów niezbędnych dla prawidłowego funkcjonowania przyszłego Obserwatorium.

Po mroźnej i śnieżnej zimie 1986/87 dalsze prace podjęto z początkiem maja, a pod koniec miesiąca pod kierunkiem specjalistów z firmy Carl Zeiss Jena

rozpoczęto montaż 5–metrowej kopuły.

Dzięki dobrej organizacji pracy, sprzyjającej pogodzie i wysokich kwalifikacjach miejscowych brygad (pracujących pod kierunkiem St. Potaczka i St. Halamy) kopułę zmontowano zaledwie w ciągu pięciu tygodni. Nie bez znaczenia była pomoc 6 Pomorskiej Brygady Powietrzno –Desantowej, która samochodami terenowymi wywiozła na szczyt Suhory 11 skrzyń zawierających kopułę i teleskop, przy czym dwie największe miały wymiary 2×2×5.5 metra i ważyły 3 tony każda!

W lecie 1987 roku kontynuowano prace wykończeniowe: elektryczne, wodno – kanalizacyjne i malarskie, natomiast późną jesienią (już po otwarciu Obserwatorium) do budynku doprowadzono wodę z położonej nieopodal własnej studni o głębokości 48 m.

Późnym wieczorem 4 października 1987 zainaugurowano obserwacje nowym teleskopem, przy czym tak się złożyło, że nastąpiło to dokładnie w 30 lat od chwili wystrzelenia pierwszego sztucznego satelity Ziemi. Pierwszym obiektem, na który skierowano teleskop był Jowisz, znajdujący się właśnie bardzo blisko górnej kulminacji.

Oficjalne otwarcie Obserwatorium odbyło się 5 listopada 1987. Na uroczystość przecięcia tradycyjnej wstęgi przybyło Kolegium Rektorskie Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Krakowie, przedstawiciele lokalnych władz, dyrektorzy kilku polskich placówek astronomicznych i grono wykonawców budynku. „Niech ten obiekt będzie spojrzeniem w XXI wiek" – tymi słowami Rektor WSP, Profesor Mieczysław Rozmus przekazał Obserwatorium w użytkowanie Zakładowi Astronomii.

Podstawowe parametry teleskopu

Zwierciadło główne (paraboloidalne):	
średnica zewnętrzna	630 mm
średnica użyteczna	600 mm
ogniskowa	2400 mm
Zwierciadło wtórne (hiperboloidalne):	
średnica użyteczna	183 mm
Efektywna ogniskowa teleskopu	7500 mm
Światłosiła	1/12.5
Pole widzenia w ognisku Cassegraina	20'
Masa teleskopu	2760 kg
Masa tubusu ze zwierciadłem	600 kg
Luneta celownicza:	
średnica obiektywu Achromat C	110 mm
ogniskowa obiektywu	750 mm
powiększenie	18.75×
pole widzenia	2°08

Jednym z najistotniejszych czynników warunkujących właściwą pracę każdego obserwatorium astronomicznego jest możliwie duża liczba bezchmurnych nocy przypadająca w ciągu roku. Dla jej oceny

przeprowadzono analizę danych klimatologicznych

z lat 1960 – 1974 uzyskanych w stacjach meteorologicznych znajdujących się w północno – zachodniej części Gorców (Mszana Dolna, Obidowa, Turbacz) a następnie dane te porównano z wynikami obserwacji zachmurzenia w Krakowie, Warszawie, Toruniu i Wrocławiu oraz Kasprowym Wierchu i Śnieżce. Ze względu na niezbyt duży materiał obserwacyjny, celem prac nie było określenie bezwzględnej liczby bezchmurnych nocy w poszczególnych latach, ale porównanie zachmurzenia nocnego pomiędzy Gorcami a tymi miastami w Polsce, gdzie znajdują się większe obserwatoria astronomiczne.

W wyniku badań stwierdzono, że we wspomnianej części Gorców jest około 60% więcej bezchmurnych nocy w ciągu roku niż w Krakowie, przy czym w miesiącach jesienno – zimowych, gdy występuje zjawisko inwersji temperatury zdarza się, że w rejonie Suhory liczba bezchmurnych nocy jest nawet 2 – 3 razy większa niż w Krakowie. W okresie wiosenno – letnim różnice w stopniu zachmurzenia nocnego są niewielkie. Porównując Gorce z pozostałymi miastami okazuje się, że na Suhorze jest około 20% więcej bezchmurnych nocy niż w centralnych rejonach Polski i na Dolnym Śląsku. Tak duża rozbieżność między Toruniem, Warszawą i Wrocławiem a Krakowem wynika zapewne z wyjątkowo niekorzystnego położenia Krakowa w dolinie Wisły, gdzie szczególnie jesienią i zimą zalegają nocne mgły wywołane m.in. zanieczyszczeniami przemysłowymi.

Jest rzeczą interesującą, że stacje meteorologiczne na Kasprowym Wierchu i Śnieżce notują średnio w roku nie wiele więcej bezchmurnych nocy niż Kraków, przy czym w okresie letnim więcej bezchmurnych nocy jest w Krakowie, natomiast zimą na wymienionych szczytach.

Gdy obliczy się dla całego roku liczbę godzin w nocy, kiedy niebo jest wolne od chmur, to okazuje się, że w Gorcach liczba ta jest o 80% wyższa od analogicznej liczby dla Krakowa. Wynika to ze wspomnianego już faktu, iż najczęściej dobrą pogodę do obserwacji notuje się w miesiącach zimowych, gdy noce są długie.

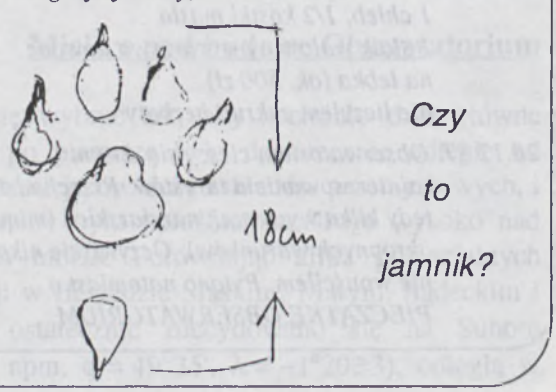
Obserwacje zachmurzenia dokonywane na Suhorze w latach 1987 – 1991 w pełni potwierdzają omówione wyniki badań porównawczych. We wspomnianym czteroletnim okresie stwierdzono, że w ciągu roku występuje 80 – 100 bezchmurnych nocy, przy czym liczba nocy w trakcie których dokonuje się obserwacji jest większa, gdyż dosyć często zdarza się, że jedynie część nocy jest pogodna.

Z omówionych już badań porównawczych, potwierdzonych własnymi spostrzeżeniami meteorologicznymi wynika, że najkorzystniejszymi miesiącami dla prowadzenia obserwacji astronomicznych na Suhorze są październik i wrzesień, zaś najmniej bezchmurnych nocy jest w maju. Oceny seeingu *) wskazują, że wynosi on 2 – 3" ale zdarzają się noce (szczególnie wtedy, gdy Obserwatorium jest ponad warstwą inwersji), że seeing jest mniejszy od 2". Wartości

Z „Dziennika Pokładowego"

22.01.88 Uwaga: około północy, gdy panowały zupełne ciemności koło budynku przechodził RYŚ. Przyszedł z północnego – zachodu i odszedł w kierunku Obidowca. Przechodził dosłownie 3 m od budynku.

26.02.88 200 m od Obserwatorium w kierunku Obidowca były takie ślady. Może ktoś z kolegów wie co to za zwierz (obok były ślady biegnącej sarny).



*) patrz ramka w PA 1/92 str. 35 (red.)

Na Suhorze prawie wszystko jest automatyczne. Wystarczy wstawić gwiazdę w kanały fotometru, a potem spokojnie kontrolować przebieg obserwacji w pokoju laboratoryjnym z aparaturą rejestrującą. Pod bacznym okiem fotografującego, obserwują Marek DRÓŻDŻ i Gabriel PAJDOSZ (przy pulpicie).

współczynników ekstynkcji, zmierzone przy dobrej pogodzie wynoszą: 0.17 dla barwy żółtej, 0.3 dla barwy niebieskiej i 0.5 w ultrafiolecie.

Głównym instrumentem Obserwatorium Astronomicznego na Suhorze jest

teleskop w układzie optycznym Cassegraina,

wyprodukowany w 1985 roku przez firmę Carl Zeiss Jena. Podstawowe parametry teleskopu są umieszczone w ramce.

Bliźniacze 600 mm teleskopy znajdują się w obserwatoriach astronomicznych w Białkowie k/Wrocławia, w Ostrowiku k/Warszawy oraz Piwnicach k/Torunia.

Mimo, iż teleskop jest przeznaczony do obserwacji fotoelektrycznych, można nim również wykonywać fotografie fragmentów nieba o średnicy 20 minut łuku. Służy do tego celu specjalna kamera z kasetą na klisze 6.5 × 9 cm.

Systematyczne obserwacje gwiazd zmiennych

podjęto na Suhorze w lutym 1988 roku, wykorzystując fotometr jednokanałowy zbudowany w Krakowie. Był on wyposażony w standardowy zestaw filtrów UBV oraz fotopowielacz EMI 9865B. Wyniki obserwacji rejestrowano na mikrokomputerze Commodore 64.

W sierpniu 1988 roku, dzięki uprzejmości Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego, przy teleskopie zainstalowano fotometr dwukanałowy, skonstruowany przez Prof. Edwarda Geyera w Obserwatorium Astronomicznym Hoher List w RFN. Fotometr ten przez kilka lat był wykorzystywany w Chile, a następnie przekazany do Warszawy. Oprogramowanie, umożliwiające współpracę fotometru z komputerem IBM/PC/XT opracowali dr Andrzej Udalski i mgr Michał Szymański. Od początku września 1991 roku obserwacje prowadzi się

nowym fotometrem dwukanałowym,

zaprojektowanym i wykonanym w Zakładzie Astronomii krakowskiej WSP przez dr Bartłomieja Pokrzywkę, mgr inż. Zbigniewa Mikę i Tadeusza Guta. Fotometr jest wyposażony w zestaw filtrów Schotta do fotometrii UBVR oraz fotopowielacze firmy Hamamatsu R 2949. Układ elektroniczny pozwala na zliczanie pojedynczych fotonów przy wykorzystaniu standardowych modułów CAMAC. Sterowanie pracą fotometru oraz zbieranie danych obserwacyjnych odbywa się przy użyciu komputera IBM/PC/XT.

Równocześnie z instalacją nowego fotometru przeprowadzono w Obserwatorium na Suhorze

pierwsze próby z kamerą CCD STAR – 1.

Podstawowym elementem kamery jest chłodzona do temperatury –45° C płytka zawierająca 384×576 pikseli, pozwalająca na uzyskanie obrazu nieba 4'×6'. Kamera tego typu jest czuła na promieniowanie ultrafioletowe o długości fali większej niż 180 nm.

Z „Dziennika Pokładowego"

24.11.89 Przyjechaliśmy w południe, na śniadanie KOTLETY Z MIĘSA. Może dożyjemy do jutra? (...) Aha! Kolacja była z MIĘSA. To przesądza o naszym kresie...

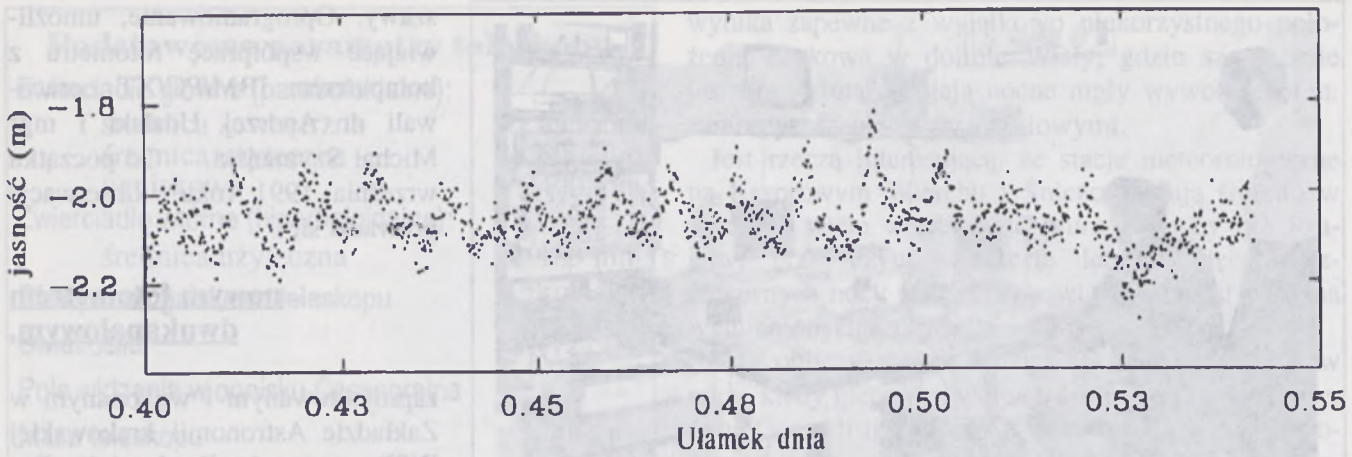
25.11.89 Śniadanie: Mięso mielone smażone. Obiad: Mięso mielone zapiekane. (...) Fotometrowanie na sucho, tzn. na komputerze only, bo pogody brak. Hawk! (chrząknąć)

26.11.89 Niestety nie udało się przekonać Jurka o niejadalności tego mięsa. No to my jemy gulasz na MIELONYM. O dziwo, żyjemy ciągle jeszcze (...)

27.11.89 W lodówce jest mielone. Dobrze byłoby je zjeść! No to ja spadam.

15.12.89 (...) Nawet dobre. Tylko czemu takie...

od Redakcji: na tym kończą się zapiski „Dziennika Pokładowego". CZEŚĆ ICH PAMIĘCI!



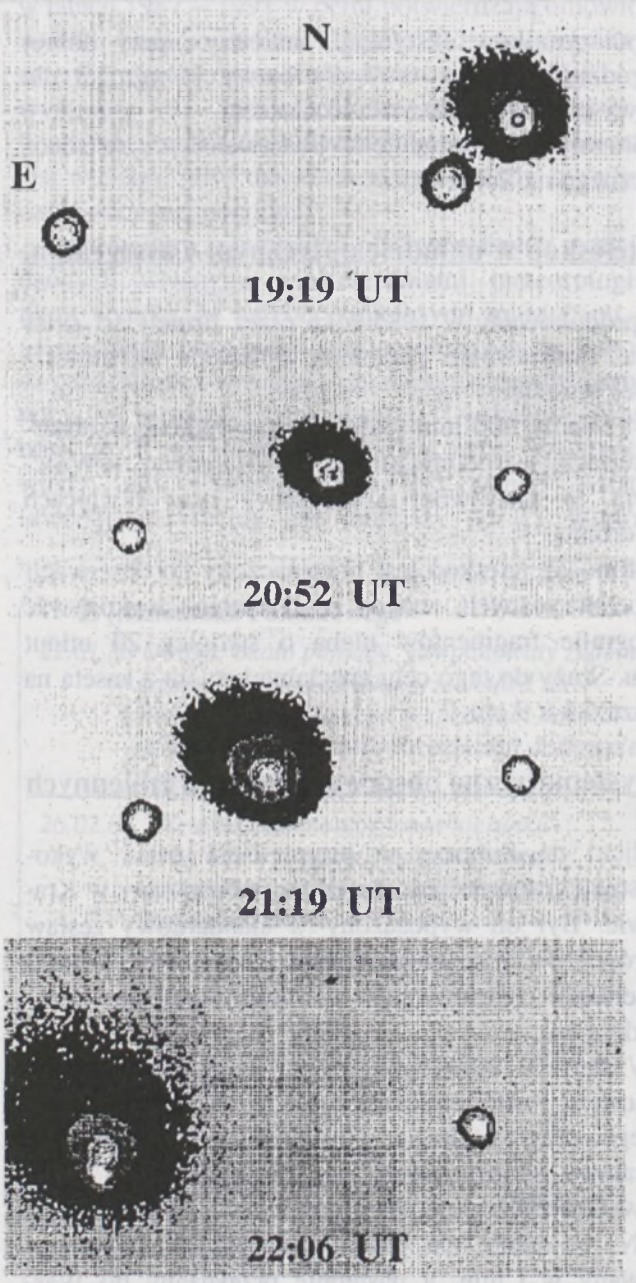
Obserwacje (w świetle białym) pulsacji białego karła GD 358, wykonane w maju 1991 w ramach Teleskopu Globalnego. Jasność gwiazdy wynosi ok. 13.5 mag. Na osi pionowej zaznaczono różnice pomiędzy gwiazdą porównania i gwiazdą zmienną. Udział w obserwacjach sieci WET (Whole Earth Telescope) to nie tylko uznanie dla możliwości instrumentu i obserwatorów, ale też ogromny pożytek naukowy. Na przykładzie innego białego karła demonstruje to P. Moskalik (str.166).

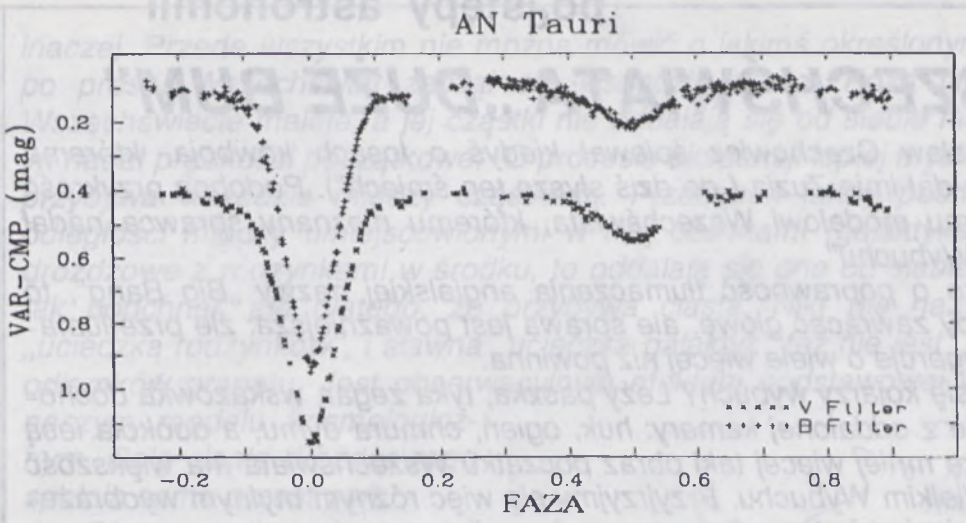
Obserwacje komety Faye'a w Obserwatorium na Suhorze

Fotografie wykonano kamerą CCD Star 1 (384 × 576) umieszczoną w ognisku 60 cm teleskopu wieczorem 3 grudnia 1991. Serię zdjęć rozpoczęto o godzinie 19:19 UT a zakończono o 22:06 UT. Czas ekspozycji wynosił 60 sekund.

Kometa została odkryta przez Herve Faye'a 22 listopada 1843 roku. Po wyliczeniu elementów orbitalnych okazało się, że jest kometą okresową. Obiega Słońce po elipsie o mimośrodzie 0.578 z okresem bliskim 7.35 roku. W peryhelium dociera jedynie na odległość 1.593 jednostki astronomicznej, a w aphelium nieznacznie przekracza orbitę Jowisza. Obecnie obserwowany był już 19 powrót komety Faye'a w pobliże Słońca. 3 grudnia kometa była już po przejściu przez peryhelium. Jej odległość od Ziemi wynosiła około 95 mln km, a od Słońca była 2.5 raza większa. Widoczna była wówczas w gwiazdozbiorze Wieloryba prawie przez całą noc. Można ją było podziwiać tylko przez teleskopy. Serię fotografii wykonałem wspólnie ze studentem V roku fizyki p. Januszem Krywultem.

Krzysztof Włodarczyk





Krzywa blasku gwiazdy zaćmieniowej AN Tauri w barwie żółtej (V) i niebieskiej (B). Tak zachowują się „porządne" gwiazdy zaćmieniowe.

Konstrukcja kamery umożliwia wykonanie ekspozycji już od około 0.1 sek, zaś uzyskany obraz jest przez kontroler kamery przekazywany do współpracującego komputera IBM/PC/386. Z próbnych zdjęć wynika, że przy ekspozycji 20 sekund uzyskuje się wyraźne obrazy gwiazd ok. 16 mag, zaś przy ekspozycji kilkunastu minut dostrzegane są obiekty do 19 mag.

Program naukowy Obserwatorium Astronomicznego na Suhorze obejmuje przede wszystkim

badania gwiazd zmiennych, ze szczególnym uwzględnieniem układów podwójnych.

W latach 1988 – 1991 uzyskano pełne krzywe blasku dla blisko dziesięciu gwiazd zmiennych zaćmieniowych i obliczono parametry charakteryzujące te układy. Ponadto, udało się uzyskać fotoelektrycznie kilkadziesiąt momentów minimów układów wykazujących ruch linii apsyd *). Pozwoliło to w kilku przypadkach na nowe wyznaczenie pełnego okresu obrotu linii apsyd układu, a także na uzyskanie dodatkowych informacji na temat przyczyn wywołujących ten obrót. Obserwacje minimów gwiazdy TX Her dostarczyły materiału, z którego wynikało, iż ten układ zaćmieniowy wchodzi w skład układu potrójnego.

Szczególnie interesujące okazały się obserwacje gwiazdy podwójnej RZ Oph o okresie zmian jasności 262 dni. Na ich podstawie stwierdzono, że jasność gwiazdy w tych samych fazach zmienia się od cyklu do cyklu, co może być wyjaśnione zmienną aktywnością dysku akrecyjnego w tym układzie.

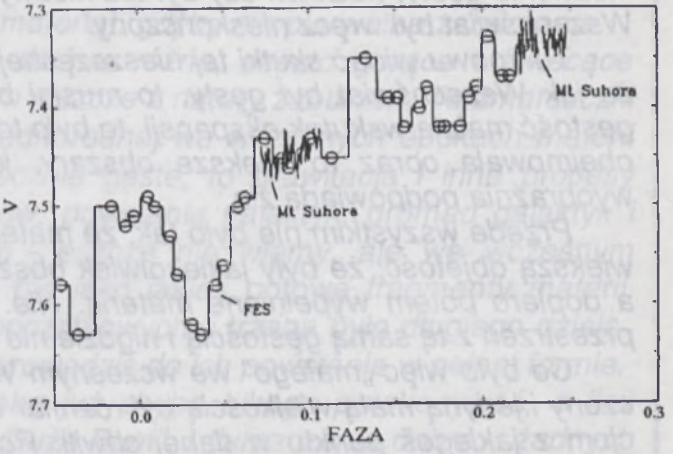
Interesujące okazały się również obserwacje gwiazdy podwójnej II Peg (typu RS CVn) o okresie orbitalnym $6^d.75$, znanej z tego, iż jeden z jej składników jest pokryty plamami. Gwiazdę tę obserwowano w październiku 1988 roku, przy czym w miesiącu tym aż 23 noce były pogodne, co pozwoliło na uzyskanie krzywych blasku w trzech kolejnych cyklach. W sierpniu 1989 ro ku II Peg była obserwowana z Suhory równolegle z obserwacjami prowadzonymi przez satelitę IUE w ramach wspólnego programu koordynowanego przez Obserwatorium Armagh w Irlandii Północnej.

W maju 1990 roku Obserwatorium Astronomiczne na Suhorze dołączyło do sieci obserwatoriów na świecie prowadzących

wspólne prace w ramach Teleskopu Globalnego.

Celem tej akcji są obserwacje pulsacji wybranych białych karłów, w sposób możliwie ciągły w czasie kilku lub nawet kilkunastu dni. Jest to realizowane w ten sposób, że w programie biorą udział obserwatoria usytuowane w różnych długościach geograficznych. Gdy w jednym z obserwatoriów kończy się noc, obserwacje kontynuuje placówka położona bardziej na zachód. Pierwsze wyniki obserwacji białego karła oznaczonego symbolem GD 358 uzyskały pełną akceptację koordynatorów, którymi są Edward Nather i Don Winget z Obserwatorium Mc Donald w Teksasie, dzięki czemu Obserwatorium na Suhorze dostało zaproszenie do dalszej współpracy.

Jerzy M. Kreiner
fot. autor



Fragment krzywej blasku II Peg w pobliżu minimum głównego. Na krzywej uzyskanej za pomocą urządzenia FES (Fine Error Sensor) pracującego na pokładzie satelity ultrafioletowego IUE zaznaczono obserwacje z Suhory. Krzywą uzyskano w dniach 14 - 17 VIII 1989 i stanowi przykład zachowania się gwiazdy wyjątkowo „krnąbrnej". Na szczęście satelita IUE wykonuje również widma...

*) Linia apsyd jest to linia łącząca najdalszy i najbliższy punkt orbity, czyli linia pokrywająca się z wielką osią orbity. Obrót eliptycznej orbity w przestrzeni może być wykryty poprzez wzajemne przesuwanie się w czasie minimum wtórnego i głównego. Gdy zjawisko jest okresowe istnieje realne podejrzenie, że mamy do czynienia z istnieniem niewidocznego „trzeciego" ciała w układzie (red.).

MODEL WSZECHŚWIATA „DUŻE BUM"

Niezapomniany Mieczysław Czechowicz śpiewał kiedyś o losach kowboja, któremu niezupełnie trzeźwy tata dał imię Zuzia („do dziś słyszę ten śmiech"). Podobna przykrość zdarzyła się popularnemu modelowi Wszechświata, któremu nieznany sprawca nadał polskie imię „Wielkiego Wybuchu".

Gdyby chodziło tylko o poprawność tłumaczenia angielskiej nazwy „Big Bang", to oczywiście szkoda byłoby zawracać głowę. ale sprawa jest poważniejsza: źle przetłumaczona nazwa modelu sugeruje o wiele więcej niż powinna.

No bo z czym nam się kojarzy wybuch? Leży paczka, tyka zegar, wskazówka dochodzi do zera. Teraz ujęcie z oddalonej kamery: huk, ogień, chmura dymu, a dookoła lecą odłamki. Idę o zakład, że mniej więcej taki obraz początku Wszechświata ma większość tych, którzy słyszeli o Wielkim Wybuchu. Przyjrzyjmy się więc różnym mylnym wyobrażeniom biorącym się z tej niezbyt fortunnej nazwy.

Widok paczki i tykającego zapalnika zegarowego zaraz wywołuje dwa pytania: kto to podłożył i co było przedtem, przed t = 0? Pierwszym z nich nie będziemy się tu zajmowali, bo należy ono do teologii, a nie do fizyki. Odpowiedź na drugie pytanie, zgodna ze standardowym, nie uwzględniającym różnych możliwych spekulacji obrazem początków Wszechświata brzmi: nie było żadnego „przedtem"! Otóż już w szczególnej teorii względności czas i przestrzeń nie są absolutne i nierozerwalne, ale splatają się w pojęcie czasoprzestrzeni: jedno nie może istnieć bez drugiego. Z kolei ogólna teoria względności pokazuje, że oddziaływanie grawitacyjne będące nieodłączną własnością każdej cząstki materii jest rezultatem powodowanego przez masę zakrzywienia czasoprzestrzeni. Tak więc materii do pełnego istnienia, ze wszystkimi własnościami potrzebna jest czasoprzestrzeń. A czy czasoprzestrzeń może istnieć bez materii? Matematycznie jest to do pomyślenia, ale do zajmowania się fizyką w jakiejkolwiek czasoprzestrzeni potrzebne są choćby zegarek, linijka, kartka papieru i długopis, a więc nie może ona być zupełnie pusta.

Tak więc czas, przestrzeń i materia są nierozerwalnie ze sobą powiązane i mówienie o jednej z nich w nieobecności obu pozostałych nie ma sensu w fizyce. W szczególności bezzasadne jest wyobrażenie, że czas i przestrzeń istniały sobie spokojnie, i ktoś podłożył nagle Wszechświat, który wybuchł w t = 0. Nie można odpowiedzieć na pytanie co było, lub czego nie było wcześniej, bo nie było samego „wcześniej".

Mówi się, że w t = 0 Wszechświat był skoncentrowany w jednym punkcie i był nieskończenie gęsty. Daleko nam do poznania praw fizyki w tych niewątpliwie ekstremalnych warunkach, bezpieczniej więc byłoby mówić, że w chwilę po powstaniu Wszechświat był niezwykle gęsty, no... i... czy był też niezwykle mały? Otóż nie! Już od samego początku Wszechświat był wręcz nieskończony!

Tu znowu widać skutki tej nieszczęsnej bomby zegarowej. Wyobraźnia podpowiada, że jak Wszechświat był gęsty, to musiał być mały. Albo inaczej, skoro wybuchł i jego gęstość malała wskutek ekspansji, to było to mniej więcej tak, jakby ognista kula wybuchu obejmowała coraz to większe obszary, jednocześnie się rozrzedzając. No i znowu wyobraźnia podpowiada źle.

Przede wszystkim nie było tak, że materia się rozprzestrzeniała, wypełniając coraz to większą objętość; że były jakiekolwiek obszary przestrzeni do pewnego momentu puste, a dopiero potem wypełnione materią. Nie. Materia od pierwszej chwili wypełniała całą przestrzeń z tą samą gęstością i nigdzie nie było próżni.

Co było więc „małego" we wczesnym Wszechświecie? Od początku był on nieskończony i jedyną małą wielkością był rozmiar obszaru Wszechświata dostępnego obserwacjom z jakiegoś punktu w danej chwili. Rozmiar ten rośnie w czasie – do obserwatora dochodzą informacje z coraz to bardziej oddalonych rejonów.

Zajmijmy się teraz ekspansją Wszechświata. Gdy wybuchnie granat, jego odłamki oddalają się od miejsca wybuchu i od siebie nawzajem. Ze Wszechświatem jest trochę

inaczej. Przede wszystkim nie można mówić o jakimś określonym miejscu wybuchu, bo po prostu Wszechświat zaczął się wszędzie naraz. Poza tym gęstość materii we Wszechświecie maleje, a jej cząstki nie oddalają się od siebie nie dlatego, że ktoś takie im nadał prędkości początkowe. O procesie ekspansji lepiej myśleć tak, że to przestrzeni przybywa wszędzie między cząstkami. Przestrzeń jakby puchnie, a przez to rosną odległości między umiejscowionymi w niej obiektami (galaktykami). Gdy rośnie ciasto drożdżowe z rodzynkami w środku, to oddalają się one od siebie nie dlatego, że ktoś je tak popchnął, ale dlatego, że przybywa ciasta. Nikt nie nazywał by tego zjawiska „ucieczką rodzynków", i sławna „ucieczka galaktyk" też nie jest „ucieczką" w sensie lotu odłamków granatu. Jest obserwacyjnym efektem podstawowej własności przestrzeni w naszym modelu kosmologicznym. Rolę ciasta drożdżowego spełnia sama przestrzeń.

Dla uspokojenia opinii publicznej wypada w tym miejscu dodać, że opisane „puchnięcie" przestrzeni nie powoduje samoczynnego odsuwania się krzesła od biurka, czy oddalania się Ziemi od Słońca. Siły elektromagnetyzmu i tarcia (układ krzesło – biurko) i siła grawitacji (Układ Słoneczny) są wystarczająco mocne, by wyhamować kosmiczną ekspansję. I oczywiście atomy dziś są takie same jak w chwili postania, dawno temu we wczesnym Wszechświecie. Ekspansję widać tylko w skalach kosmologicznych – co najmniej dla galaktyk. Ale i tak nie dla każdej z nich. Otóż galaktyki często występują w liczących kilkadziesiąt czy kilkaset z nich gromadach. Gromady leżące na ich obrzeżach raczej uczestniczą w ogólnej ekspansji, ale te w samym centrum gromady tworzą układ na tyle ciasny i silnie związany, że odległości między nimi już nie rosną. Od brzegów, które biorą udział w ekspansji Wszechświata, a centrum, które nic o niej nie wie rozciąga się strefa, w której oddziaływanie grawitacyjne między galaktykami stopniowo bierze górę nad ekspansją.

I ostatnia sprawa: pochodzenie galaktyk. Nic z tego, by myśleć o nich jako o świszczącym roju odłamków pierwotnego wybuchu. Wszechświat byłby do dziś równomiernie wypełniony (porządnie przestygłą już materią), gdyby nie pierwotne zaburzenia.

Materia we Wszechświecie grupuje się dziś w różne, często gorące i świecące obiekty. To efekt ewolucji tych nieznanych nam jeszcze z natury zaburzeń. Te zmarszczki – drobne zgęstnienia i rozrzedzenia prawie jednorodnej we wczesnych epokach materii – stopniowo narastały. Gdy były już dostatecznie gęste, to grawitacja i inne procesy doprowadziły do zapalenia gwiazd i kwazarów, powstania galaktyk, gromad galaktyk i innych obiektów. Dokładnie jak to się stało – jeszcze nie wiemy, ale we wczesnym Wszechświecie wszystkie te obiekty istniały nie jako jakieś gotowe fragmenty materii. Raczej były one zakodowane w warunkach początkowych, i trzeba było długiego działania sił fizyki, by tę informację odkodować i doprowadzić do ich powstania w pełnej formie.

Po tej długiej liście sprostowań nie trzeba już chyba nikogo przekonywać, o ileż lepszą nazwą dla opisanego modelu byłoby „Duże Bum". I tłumaczenie dobre, i żadnych skojarzeń, błędnych czy poprawnych nie wywołuje.

Mirosław Panek

postępki astronomów

Najbardziej prestiżowe stypendium doktorskie w kraju

Fundacja Astronomii Polskiej im. Mikołaja Kopernika

Fundacja Astronomii Polskiej im. Mikołaja Kopernika powstała z inicjatywy astronomów polskich, wśród których szczególnie godne zapamiętania i uznania zdolności organizacyjne, poświęcenie i upór w pokonywaniu przeszkód natury formalnej wykazali Bożena Czerny, Mirosław Giersz i Marek Sarna.

Dnia 21 marca 1991 roku pod aktem notarialnym podpisy swe złożyli Fundatorzy: Wojciech Dziembowski, Stanisław Grzędzielski, Wojciech Krzemiński, Marcin Kubiak, Bohdan Paczyński, Grzegorz Sitarski, Józef Smak i Antoni Stawikowski. Decyzją Sądu Rejonowego dla Warszawy – Pragi z dnia 5 czerwca 1990 Fundacja została wpisana do Rejestru Fundacji pod numerem RF I 547.

Dokument rejestracyjny formułuje w następujący sposób cele statutowe Fundacji:

„Celem Fundacji Astronomii Polskiej im. Mikołaja Kopernika jest wspieranie Astronomii polskiej poprzez tworzenie bazy materialnej dla astronomii polskiej oraz finansowanie prac badawczych o tematyce astronomicznej, fundowanie stypendiów zagranicznych i krajowych osobom prowadzącym prace naukowe w zakresie astronomii, rozpowszechnienie wiedzy astronomicznej w społeczeństwie oraz aktywizowanie i konsolidacja środowiska astronomicznego, niesienie pomocy astronomom i ich rodzinom w trudnych sytuacjach życiowych."

Zgodnie ze Statutem Fundacja ma prawo prowadzić działalność gospodarczą w stosunkowo szerokim zakresie, obejmującym przede wszystkim działalność wydawniczą, naukową i usługową w stosunku do badań naukowych. Nadzór merytoryczny nad Fundacją sprawuje Ministerstwo Edukacji Narodowej. Innym źródłem dochodów Fundacji mogą być wszelkiego rodzaju darowizny od osób fizycznych i prawnych.

Po upływie ponad dwóch lat od powstania Fundacji jej sytuacja stała się na tyle ustabilizowana, że zasługuje na przedstawienie szerszej opinii środowiska astronomicznego.

Podstawowym zadaniem i jednocześnie źródłem dochodów Fundacji jest wydawanie i dystrybucja wśród odbiorców zagranicznych kwartalnika ACTA ASTRONOMICA. Średni roczny zysk z tej działalności wynosi około 40 milionów złotych. Jak dotychczas Fundacja nie uzyskała znikąd znaczniejszych dotacji finansowych. Na odnotowanie zasługuje tylko spontaniczna inicjatywa wielu osób prywatnych i instytucji astronomicznych zasilania budżetu Fundacji drobnymi sumami pochodzącymi z indywidualnych darów i składek zbiorowych. Ponieważ jednak wkrótce okazało się, że sytuacja finansowa astronomii polskiej w ogóle, a Fundacji w szczególności, jest lepsza, niż można się było tego spodziewać się w kryzysowej sytuacji Kraju, Zarząd Fundacji – mimo wielkiego szacunku i wdzięczności dla ofiarodawców – poprosił o zaprzestanie tej akcji.

Decyzją Rady Fundacji cały zysk wypracowany przez Fundację przeznaczony jest na działalność statutową. Dotychczas Fundacja przyznała:

– Dwa stypendia naukowe w wysokości 10 milionów złotych, każde dla wyróżniających się doktorantów. W wyniku konkursu otrzymali je **Jacek Papaj** z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika i **Grzegorz Pojmański** z Uniwersytetu Warszawskiego;

– Jedno stypendium - nagrodę dla wybitnego studenta astronomii w wysokości 4 milionów złotych ufundowane przez P. Tomasza Chlebowskiego. Uzyskał je **Krzysztof Stanek** z Uniwersytetu Warszawskiego;

– Dwa stypendia w wysokości ok. 3.5 miliona złotych na dofinansowanie udziału w konferencjach naukowych. Otrzymali je **Sławomira Szutowicz** z Centrum Badań Kosmicznych i **Tadeusz Kwiatkowski** z Uniwersytetu Adama Mickiewicza.

Ponadto Fundacja przekazała jednorazowo 20 milionów złotych na potrzeby Redakcji POSTĘPÓW ASTRONOMII *). Inną formą realizacji celów statutowych jest bezpłatne przekazywanie roczników ACTA ASTRONOMICA krajowym ośrodkom astronomicznym.

W przyszłości Fundacja zamierza kontynuować te formy pomocy środowisku astronomicznemu w miarę posiadanych środków finansowych. Zasady ich rozdziału są przedstawione w ramce.

Andrzej Sołtan – Sekretarz Rady Fundacji
Marcin Kubiak – Prezes Zarządu

*) Tak, do pół naszej drukarki laserowej! Pięknie DZIĘKUJEMY!!! Przydałoby się jeszcze... pół kserografu?! (Red.)

1. Zasady przyznawania pomocy w przypadkach losowych.
Istnieje możliwość uzyskania pomocy finansowej w trudnej sytuacji materialnej będącej wynikiem zdarzenia losowego. Do otrzymania takiej pomocy uprawnione są wszystkie osoby związane ze środowiskiem astronomicznym. Z wnioskiem o przyznanie zasiłku może wystąpić każdy, bezpośrednio zainteresowany astronom. W uzasadnieniu należy przedstawić opis sytuacji i zaproponować wysokość pomocy. Decyzje o przyznaniu pomocy podejmuje na bieżąco Komisja powołana przez Radę Fundacji. Wysokość pomocy jest ograniczona możliwościami finansowymi Fundacji. Wszystkie informacje dotyczące indywidualnych spraw są poufne.

2. Zasady przyznawania dotacji do wyjazdów naukowych.
Możliwość dofinansowania dotyczy wyjazdów krótkoterminowych, takich jak konferencje, sesje obserwacyjne i staże naukowe o długości rzędu 1 miesiąca. Do otrzymania dofinansowania uprawnieni są wszyscy czynni zawodowo czynni astronomowie. Wniosek o przyznanie dotacji z krótkim uzasadnieniem merytorycznym składa osoba zainteresowana. Pracownicy naukowi bez doktoratu powinni przedstawić opinię opiekuna naukowego, natomiast osoby od stopnia doktora wzwyż – opinię dyrektora swojego Instytutu lub Obserwatorium o celowości wyjazdu. Do wniosku należy załączyć informację dyrektora o braku możliwości sfinansowania wyjazdu przez instytucję macierzystą. Przy rozpatrywaniu wniosków będzie przyjmowana zsada, że Fundacja może jedynie dofinansować wyjazd, a zasadnicze koszty pokrywane są z innych źródeł. Decyzję o przyznaniu dotacji podejmuje Komisja powołana przez Radę Fundacji.

3. Regulamin stypendium doktorskiego.

I. Fundacja Astronomii Polskiej im. Mikołaja Kopernika realizując cele statutowe, przyznaje stypendia dla pracowników naukowych przygotowujących rozprawę doktorską z dziedziny astronomii.

II. Stypendium przyznawane jest na drodze konkursu.

III. Konkurs rozpisywany jest corocznie, o ile pozwalają na to środki finansowe, na mocy uchwały Rady Fundacji, która jednocześnie w porozumieniu z Prezesem Zarządu Fundacji określa łączną wysokość stypendium.

IV. Stypendium może być przyznane tylko jeden raz, na okres od 6 do 12 miesięcy.

V. Tryb przyznawania stypendium:
1. Rada fundacji powołuje trzyosobową Komisję Stypendialną w skład której z urzędu wchodzi Sekretarz Fundacji.
2. Kandydatury do stypendium mogą być zgłaszane przez:
   a) samodzielnych pracowników naukowych,
   b) promotora,
   c) osoby zainteresowane.
3. Kandydat musi mieć otwarty przewód doktorski.
4. Zgłoszenia kandydatów powinny zawierać:
   a) imię i nazwisko, adres oraz miejsce pracy,
   b) krótki opis dorobku naukowego,
   c) zatwierdzony przez Radę Naukową Instytutu/Wydziału temat pracy z krótkim opisem merytorycznym,
   d) opinię promotora o stopniu zaawansowania pracy nad rozprawą doktorską.
5. Wnioski należy kierować do sekretarza Rady Fundacji do 30 czerwca roku, w którym ogłoszono konkurs.
6. Komisja Stypendialna rozpatruje zgłoszone wnioski i dokonuje kwalifikacji.
7. Komisja Stypendialna powinna dokonać przyznania stypendium do 30 września roku, na który konkurs został rozpisany.
8. W przypadku braku odpowiednich kandydatów Komisja Stypendialna może nie przyznać stypendium w danym roku.
9. Decyzja Komisji Stypendialnej podlega zatwierdzeniu przez Radę Fundacji.

VI. Sposób wypłacania stypendium (miesięcznie, kwartalnie, półrocznie) każdorazowo będzie uzgadniany przez Prezesa Zarządu Fundacji z laureatem konkursu.

VII. Wszelkie zmiany w Regulaminie Konkursu o Stypendium Fundacji Astronomii Polskiej im. Mikołaja Kopernika mogą być dokonywane w oparciu o uchwałę Rady Fundacji.

Adres Fundacji:
Fundacja Astronomii Polskiej im. Mikołaja Kopernika
al. Ujazdowskie 4
00-478 WARSZAWA

postępy astronomii

1992

STYCZEŃ-MARZEC 1992, strony 1-48 ZESZYT 1
KWIECIEŃ-CZERWIEC 1992, strony 49-96 ZESZYT 2
LIPIEC-GRUDZIEŃ 1992, strony 97-188 ZESZYT 3-4

INDEKS do Tomu 40

Tytuły

Artykuły

10-metrowy Teleskop Kecka na Hawajach, *Sławomir K. Górny*, 33
200 lat historii Obserwatorium Krakowskiego, *Jan Mietelski, 101*
BBXRT–Szerokopasmowy teleskop rentgenowski, *Piotr Życki, Grzegorz Madejski*, 148
Czy kosmologia jest metafizyką?, *Konrad Rudnicki*, 131
GRO–Obserwatorium Promieniowania Gamma, *Giovanni F. Bignami*, 76
Ktastrofa Tunguska, *Krzysztof Włodarczyk*, 11
Kosmiczne zegary Aleksandra Wolszczana, *Joanna Mikołajewska, Maciej Mikołajewski*, 53
Krakowiany Banachiewicza, *Jan Mietelski*, 173
Misja Cobe–odkrycie anizotropii kosmicznego promieniowania tła, *Krzysztof M. Górski*, 69
Naleśniki na końcu Wszechświata, *Stanisław Bajtlik*, 4
Pole Jagiellońskie, *T. Zbigniew Dworak*, 127
Późne etapy ewolucji gwiazd, a powstawanie mgławic planetarnych, *Ryszard Szczerba*, 15
PSR 1957+20 Czarna Wdowa, *Ewa Kuczawska*, 168
Pyłowe Księżyce Ziemi, *Maciej Winiarski*, 153
Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego i krakowska kartoteka gwiazd zmiennych, *Marek Krośniak, Maria Kurpińska-Winiarska*, 164
Zderzenia gwiazd neutronowych, *Marek J. Sarna*, 118
Zmierzyć nieuchwytne (wszystko o czasie), *Kazimierz M. Borkowski*, 62

Pozostałe

Astronomia w KBN, *Janusz Ziółkowski*, 41
Astronomia w KBN, *Janusz Ziółkowski*, 93
Beta Pictoris–badań ciąg dalszy, *Andrzej Woszczyk*, 177
Błękitni maruderzy w centrum gromay kulistej 47 Tuc, *Andrzej Strobel*, 25
Czy warto korzystać z książek szkolnych, *Andrzej Sołtan*, 30
Dżety radiogalaktyk PKS 0521-36 i 3C 66B, *Michał Różyczka*, 25
Fundacja Astronomii Polskiej, *Andrzej Sołtan, Marcin Kubiak*, 186
Galaktyka osobliwa Arp 220 na obrazach kamery planetarnej Teleskopu Kosmicznego Hubble'a, *Sławomir Górny*, 144
HD 140283 i skład chemiczny wczesnego Wszechświata, 74
Jak ewoluują obłoki międzygwiazdowe?, *Jacek Krełowski*, 29
Jak spadać, aby mimo to nie spaść... , *Juliusz Domański*, 75
Jedna z najgorętszych gwiazd na fotografii z Teleskopu Hubble'a, *Sławomir Górny*, 144
Jowisz raz jeszcze, *Roman Schreiber*, 143
Kosmiczna ruletka, 100
Kulawy Teleskop Hubble'a, 143
Mgławica N 66 w Wielkim Obłoku Magellana , 135
Miesiąc w 32 dni!, *Krzysztof Rumiński*, 31
Mira=o Ceti AB, 136
Młode gromady kuliste w galaktyce NGC 1275, 73
Model Wszechświata „Duże Bum", *Mirosław Panek*, 184
Nagroda Heinemana dla Bohdana Paczyńskiego, 42
Niezwykła gwiazda M, 24
Obraz Drogi Mlecznej w bliskiej podczerwieni, 24
Obserwacje Astronomiczne w podczerwieni, *Bogdan Wszołek*, 24
Obserwacje komety Faye'a w Obserwatorium na Suhorze, *Krzysztof Włodarczyk*, 182
Obserwację pozycyjne w Chorzowie, *Ireneusz Włodarczyk*, 91
Obserwatorium Astronomiczne na Suhorze, *Jerzy M. Kreiner*, 178
Odkryjmy to raz jeszcze, 136
„Ogień i woda, woda i ogień", 177
Olimpiady Astronomiczne, *Henryk Chrupała*, 124
O niektórych zastosowaniach krakowianów w astronomii, *Karol Kozieł*, 174
Ostrowik zaprasza, 146
Pierwszy pozasłoneczny układ planetarny, *Aleksander Wolszczan*, 2
Planetka Toutatis–nasz niezwykły sąsiad, *Andrzej Woszczyk*, 177
Planetarium Śląskie, *Henryk Chrupała*, 89
Planety na letnim niebie 1992, *Kazimierz Schilling*, 52
Planety tak ,56
Podrożnik, 136
Polskie Towarzystwo Astronomiczne, *Andrzej Sołtan*, 96
Post Mortem dla Gingi, *Grzegorz Madejski, Andrzej Zdziarski*, 24
Precesja tak, planety nie, *Janusz Gil*, 55
Precesja tak, planety nie, *Tomasz Stępiński*, 58
Pulsar fabryka antymaterii, 169
Skaranie boskie, *Andrzej J. Maciejewski*, 44
Szukamy Merkurego, *Kazimierz Schilling*, 10
Śmierć Oorta, 136
Tam gdzie rodzą się gwiazdy... (Orion), *Ewa Janaszak, Bogdan Kulesza*, 138
Teleskop Globalny w akcji: GW Virginis rozszyfrowana!, *Paweł Moskalik*, 166
Teleskop z lejcami, *Marcin Filipek, Janusz Pleszka*, 122
Trojaczki, *Kazimierz Schilling*, 142
Układ Słoneczny, *Juliusz Domański*, 32
Wahadło Foucaulta w Krakowie, *Adam Michalec, Maciej Mazur*, 40
Wejście w lukę, 39
Wielka wpadka, *Bożena Czerny*, 145
Zmienna powierzchnia Betelgeuse, *Thomas Bührke*, 137
Znów w Koninkach, *Bożena Czerny*, 145
η Carinae, *Tomasz Chlebowski*, 28

Autorzy

Bajtlik Stanisław, Naleśniki na końcu Wszechświata, 4
Bignami Giovanni F., GRO–Obserwatorium Promieniowania Gamma, 76
Borkowski Kazimierz F., Zmierzyć nieuchwytne (wszystko o czasie), 62
Bührke Thomas, Zmienna powierzchnia Betelgeuse, 137
Chlebowski Tomasz, η Carinae, 28
Chrupała Chenryk, Olimpiady Astronomiczne, 124
Planetarium Śląskie, 89
Czerny Bożena, Wielka wpadka, 94
Znów w Koninkach, 145
Domański Juliusz, Jak spadać, aby mimo to nie wpaść, 75
Układ Słoneczny, 32
Dworak T. Zbigniew, Pole Jagiellońskie, 127
Filipek Marcin, Teleskop z lejcami, 122
Gil Janusz, Precesja tak, planety nie, 55
Górny Sławomir K., 10–metrowy Teleskop Kecka, 33
Galaktyka spiralna Arp 220 na obrazach kamery planetarnej Teleskopu Hubble'a, 144
Jedna z najgorętszych gwiazd na foto-

grafii z Teleskopu Hubble'a, 144
Górski Krzysztof M., Misja Cobe–odkrycie anizotropii kosmicznego promieniowania tła, 69
Janaszak Ewa, Tam gdzie rodzą się gwiazdy (Orion), 138
Kozieł Karol, O niektórych zastosowaniach krakowianów w astronomii, 174
Kreiner Jerzy M., Obserwatorium Astronomiczne na Suhorze, 178
Krełowski Jacek, Jak ewoluują obłoki międzygwiazdowe, 29
Krośniak Marek, Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego i krakowska kartoreka gwiazd zmiennych, 164
Kubiak Marcin, patrz *Sołtan Andrzej*
Kuczawska Ewa, PSR 1957+20 Czarna Wdowa, 168
Kulesza Bogdan, patrz *Janaszak Ewa*
Kurpińska-Winiarska Maria, patrz *Krośniak Marek*
Maciejewski Andrzej J., Skaranie boskie, 44
Madejski Grzegorz, Post Mortem dla Gingi, 24
patrz *Życki Piotr*
Michalec Adam, Wahadło Foucaulta w Krakowie, 40
Mietelski Jan, 200 lat historii Obserwatorium Krakowskiego, 101
Krakowiany Banachiewicza, 173
Mikołajewska Joanna, Kosmiczne zegary Aleksandra Wolszczana, 53
Mikołajewski Maciej, patrz *Mikołajewska Joanna*
Moskalik Paweł, Teleskop Globalny w akcji: GW Virginis rozszyfrowana, 166
Mazur Maciej, patrz *Michalec Adam*
Panek Mirosław, Model Wszechświata „Duże Bum", 184
Pleszka Janusz, patrz *Filipek Marcin*
Różyczka Michał, Dżety radiogalaktyk PKS 0521-36 i 3C 66B, 25
Rudnicki Konrad, Czy kosmologia jest metafizyką, 131
Rumiński Krzysztof, Miesiąc w 32 dni!, 31
Sarna Marek J., Zderzenia gwiazd neutronowych, 118
Schilling Kazimierz, Planety na letnim niebie 1992, 52
Szukamy Merkurego, 10
Trojaczki, 142
Schreiber Roman, Jowisz raz jeszcze, 143
Sołtan Andrzej, Czy warto korzystać z książek szkolnych?, 30
Fundacja Astronomii Polskiej , 186
Polskie Towarzystwo Astronomiczne, 96
Stępiński Tomasz, Precesja tak, planety nie, 58
Strobel Andrzej, Błękitni maruderzy w centrum gromady kulistej 47 Tuc, 25
Szczerba Ryszard, Późne etapy ewolucji gwiazd, a powstawanie mgławic planetarnych, 15
Włodarczyk Ireneusz, Obserwacje pozycyjne w Chorzowie, 91
Włodarczyk Krzysztof, Katastrofa Tunguska, 11
Obserwacje komety Faye'a w Obserwatorium na Suhorze, 182
Wolszczan Aleksander, Pierwszy pozasłoneczny układ planetarny, 2
Woszczyk Andrzej, Beta Pictoris–badań ciąg dalszy, 177
Planetka Toutatis–nasz niezwykły sąsiad, 177
Wszołek Bogdan, Obserwacje astronomiczne w podczerwieni, 24
Zdziarski Andrzej, patrz *Madejski Grzgorz*
Ziółkowski Janusz, Astronomia w KBN, 41
Astronomia w KBN, 93
Życki Piotr, BBXRT–szerokopasmowy teleskop rentgenowski, 148

Polowanie na planety

Kalendarz Astronomiczny 1993

Zdajemy sobie sprawę, że obok astronomów i miłośników astronomii czytają nas uczniowie oraz początkujący obserwatorzy nieba. To właśnie do nich adresujemy skróconą wersję KALENDARZA ASTRONOMICZNEGO na 1993 rok. Skróconą, bo nie ma w niej superdokładnych efemeryd (czyli przewidywanych na konkretne momenty położeń ciał niebieskich), nie ma także wielu innych, istotnych danych niezbędnych do prowadzenia profesjonalnych obserwacji. Jeśli jednak nasza wersja kalendarza ułatwi komuś przeprowadzenie pierwszej samodzielnej obserwacji, to jej główny cel zostanie osiągnięty.

Posługiwanie się zamieszczonymi materiałami najlepiej prześledzić na przykładzie. Przypuśćmy, że chcemy przygotować plan obserwacji na dowolną noc 1993 roku. Oczywiście plan będzie dotyczył ciał Układu Słonecznego, a ściślej – Księżyca i pięciu najjaśniejszych planet, bo tylko o nich posiadamy informacje. Niech wybrana noc przypada w okresie wakacyjnym i niech to będzie np. 31 lipca na 1 sierpnia. Do dyspozycji, mamy: mapkę pasa równikowego nieba, tabelkę wydarzeń astronomicznych i wykres wschodów i zachodów, przypominający swym kształtem „klepsydrę".

Najpierw zbieramy fakty. Zacznijmy od „klepsydry" – w jej dolnej części jest kalendarz, znajdujemy na nim wybraną datę, a następnie w myśli prowadzimy pionową linię (w naszym przypadku linia ta jest narysowana). Jej przecięcia z innymi liniami informują nas o wydarzeniach danej nocy. Wiemy więc, że zachód Słońca nastąpi około godziny 20:40, około 21:20 Słońce znajdzie się 6 stopni pod horyzontem, kończąc cywilny zmierzch. O tej samej godzinie wzejdzie Saturn. Zachód Jowisza nastąpi około 22:30. Koniec zmierzchu astronomicznego przypadnie o 23:30, Słońce będzie wtedy 18 stopni pod horyzontem rozpoczynając tzw. astronomiczną noc, która przetrwa do godziny drugiej. Zauważmy, że w okresie od połowy maja do połowy lipca występują u nas białe noce astronomiczne (lecz nie cywilne, jak np. w Leningradzie, pardon, w Sankt Petersburgu). Kolejnymi napotkanymi liniami są północ średnia i północ prawdziwa (różnica tych momentów jest tzw. „równaniem czasu"). Tuż przed drugą wschodzi Wenus, a 20 minut później góruje Mars, świecąc wysoko nad południowym horyzontem. W drugiej części nocy zapewne dostrzeżemy meteory z roju Delta Akwaryd, a być może również z roju Perseid. O godzinie 3:30 wzejdzie Merkury, o 4:30 zakończy się cywilna noc, zaś kolka minut po piątej wschód Słońca rozpocznie kolejny wakacyjny dzień.

Teraz czas na krótką analizę zebranych faktów. Jest szansa zobaczenia wszystkich pięciu planet, lecz czy warunki ich obserwacji będą korzystne? Niestety nie. Noc będzie jasna, bo nisko nad południowym horyzontem będzie przetaczał się Księżyc (z tabelki wydarzeń wiemy, iż 2 sierpnia nastąpi pełnia). Marsa i Jowisza musimy szukać nisko nad horyzontem w łunie zachodzącego Słońca, a Merkurego tuż przed wschodem Słońca. Trudna sprawa. Z odnalezieniem Wenus nie powinno być kłopotu. Będzie po Księżycu najjaśniejszym obiektem na niebie, a z mapki dowiadujemy się, że świeci na granicy gwiazdozbiorów Bliźniąt i Byka. Saturn przebywa pomiędzy Koziorożcem i Wodnikiem, a to oznacza, że podobnie jak Księżyc będzie on wędrował nisko nad południowym horyzontem. Polowanie na planety będzie więc tej nocy trudne.

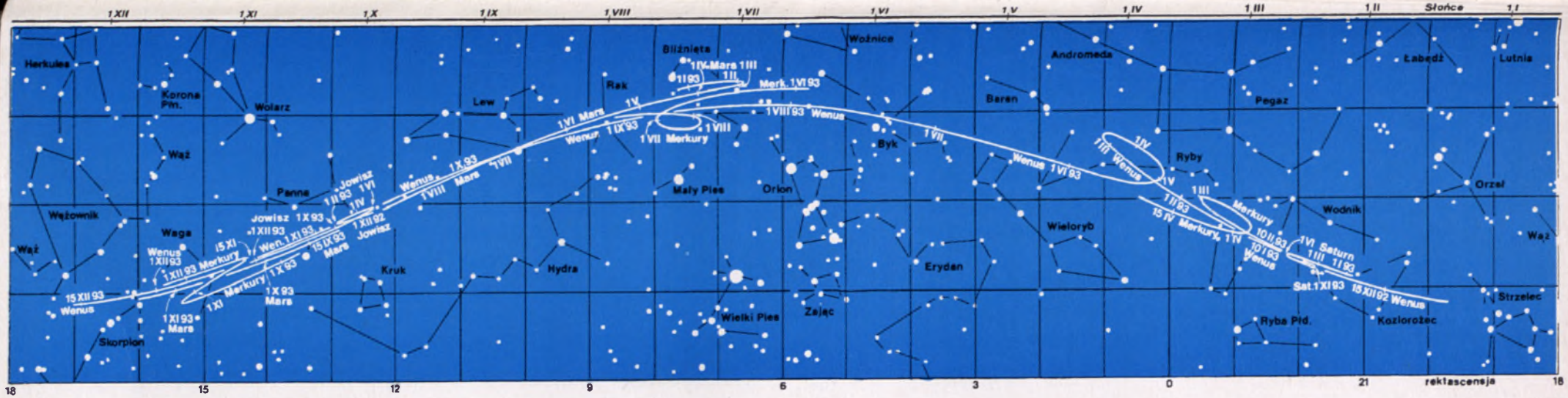
Na zakończenie kilka uwag praktycznych. Wszystkie momenty podane są w czasie urzędowym, tzn. w okresie zimowym w czasie środkowoeuropejskim, a w okresie letnim – wschodnioeuropejskim. Dokładność odczytu z „klepsydry" wynosi około 5 minut, lecz należy pamiętać, że wykres ten został sporządzony dla centrum naszego kraju. Dalej od centrum błędy będą większe i mogą sięgać nawet kilkudziesięciu minut. Identyfikację planet powinny ułatwić, podane w tabelce wydarzeń, ich złączenia z Księżycem i jaśniejszymi gwiazdami. Obok momentów złączeń podano odległość kątową ze wskazaniem północnego (N) lub południowego (S) kierunku wzajemnego położenia.

Pozostaje tylko życzyć owocnych łowów.

Opracowano na podstawie plakatowej wersji Kalendarza wydanego przez Astro–Hobby.

Marek T. Szczepański
Jan Desselberger (grafika)

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA W TORUNIU



Kalendarz Astronomiczny 1993

konfiguracje Słońca Księżyca i planet

styczeń data CSE

01^{d}05^h PIERWSZA KWADRA
04^{d}04^h Ziemia w perihelium
08^{d}00^h Mars w opozycji
08^{d}14^h PEŁNIA
08^{d}14^h Mars 6° N od Księżyca
14^{d}15^h Jowisz 7° N od Księżyca
15^{d}05^h OSTATNIA KWADRA
19^{d}17^h Wenus w maks. elongacji wschodniej (47°)
20^{d}02^h Słońce wstępuje w znak Wodnika
22^{d}19^h NÓW
23^{d}17^h Merkury w złączeniu górnym ze Słońcem
27^{d}06^h Wenus 5° S od Księżyca
31^{d}00^h PIERWSZA KWADRA

luty data CSE

04^{d}11^h Mars 6° N od Księżyca
07^{d}01^h PEŁNIA
09^{d}17^h Saturn w złączeniu ze Słońcem
10^{d}23^h Jowisz 6° N od Księżyca
13^{d}16^h OSTATNIA KWADRA
18^{d}17^h Słońce wstępuje w znak Ryb
21^{d}10^h Merkury w maks. elongacji wschodniej (18°)
21^{d}14^h NÓW
23^{d}08^h Merkury 3° S od Księżyca
24^{d}11^h maksimum jasności Wenus
25^{d}05^h Wenus 0°5 N od Słońca

marzec data CSE/CWE

01^{d}17^h PIERWSZA KWADRA
03^{d}22^h Mars 5° N od Księżyca
08^{d}11^h PEŁNIA
09^{d}05^h Merkury w złączeniu dolnym ze Słońcem
10^{d}05^h Jowisz 6° N od Księżyca
15^{d}05^h OSTATNIA KWADRA
20^{d}09^h Saturn 6° S od Księżyca
20^{d}16^h **równonoc wiosenna**
21^{d}14^h Merkury 4° N od Księżyca
23^{d}08^h NÓW
24^{d}09^h Wenus 4° N od Księżyca
30^{d}14^h Jowisz w opozycji
31^{d}06^h PIERWSZA KWADRA
31^{d}21^h Mars 5° N od Księżyca

kwiecień data CWE

01^{d}15^h Wenus w złączeniu dolnym ze Słońcem
05^{d}20^h Merkury w maks. elongacji zachodniej (28°)
06^{d}12^h Jowisz 7° N od Księżyca
06^{d}21^h PEŁNIA
13^{d}22^h OSTATNIA KWADRA
14^{d}17^h Mars 5° S od Polluksa
16^{d}22^h Saturn 7° S od Księżyca
19^{d}19^h Wenus 0°5 S od Księżyca
20^{d}04^h Słońce wstępuje w znak Byka
22^{d}02^h NÓW
29^{d}02^h Mars 6° N od Księżyca
29^{d}15^h PIERWSZA KWADRA

maj data CWE

03^{d}17^h Jowisz 7° N od Księżyca
06^{d}06^h PEŁNIA
07^{d}06^h maksimum jasności Wenus
13^{d}14^h OSTATNIA KWADRA
14^{d}09^h Saturn 7° S od Księżyca
16^{d}05^h Merkury w złączeniu górnym ze Słońcem
18^{d}02^h Wenus 6° S od Księżyca
21^{d}03^h Słońce wstępuje w znak Bliźniąt
21^{d}16^h NÓW – częściowe zaćmienie Słońca (u nas niewidoczne)
27^{d}09^h Mars 7° N od Księżyca
28^{d}20^h PIERWSZA KWADRA
30^{d}23^h Jowisz 7° N od Księżyca

czerwiec data CWE

04^{d}15^h PEŁNIA – całkowite zaćmienie Księżyca (u nas niewidoczne)
10^{d}15^h Wenus w maks. elongacji zachodniej (46°)
10^{d}19^h Saturn 7° S od Księżyca
12^{d}08^h OSTATNIA KWADRA
16^{d}12^h Wenus 6° S od Księżyca
17^{d}19^h Merkury w maks. elongacji wschodniej (25°)
20^{d}04^h NÓW
21^{d}11^h **przesilenie letnie**
22^{d}03^h Merkury 4° N od Księżyca
22^{d}12^h Mars 0°8 N od Regulusa
24^{d}19^h Mars 7° N od Księżyca
27^{d}01^h PIERWSZA KWADRA
27^{d}06^h Jowisz 7° N od Księżyca

lipiec data CWE

04^{d}02^h PEŁNIA
05^{d}00^h Ziemia w aphelium
08^{d}01^h Saturn 7° S od Księżyca
12^{d}01^h OSTATNIA KWADRA
15^{d}03^h Merkury w złączeniu dolnym ze Słońcem
15^{d}09^h Wenus 3° N od Aldebarana
16^{d}05^h Wenus 2° S od Księżyca
19^{d}13^h NÓW
22^{d}22^h Słońce wstępuje w znak Lwa
23^{d}05^h Mars 6° N od Księżyca
24^{d}16^h Jowisz 6° N od Księżyca
26^{d}05^h PIERWSZA KWADRA

sierpień data CWE

02^{d}14^h PEŁNIA
04^{d}04^h Merkury w maks. elongacji zachodniej (19°)
04^{d}06^h Saturn 7° S od Księżyca
06^{d}04^h Merkury 8° od Polluksa
10^{d}17^h OSTATNIA KWADRA
15^{d}04^h Wenus 2° N od Księżyca
17^{d}21^h NÓW
20^{d}01^h Saturn w opozycji
20^{d}18^h Mars 5° N od Księżyca
21^{d}06^h Jowisz 6° N od Księżyca
23^{d}05^h Słońce wst. znak Panny
24^{d}12^h PIERWSZA KWADRA
29^{d}10^h Merkury w złączeniu górnym ze Słońcem
31^{d}08^h Saturn 7° S od Księżyca

wrzesień data CWE/CSE

01^{d}05^h PEŁNIA
07^{d}02^h Mars 0°9 od Jowisza
09^{d}08^h OSTATNIA KWADRA
14^{d}05^h Wenus 6° N od Księżyca
16^{d}05^h NÓW
16^{d}12^h Mars 2° N od Spiki
18^{d}00^h Jowisz 5° N od Księżyca
18^{d}08^h Mars 4° N od Księżyca
21^{d}08^h Wenus 0°4 N od Regulusa
22^{d}22^h PIERWSZA KWADRA
23^{d}02^h **równonoc jesienna**
27^{d}10^h Saturn 7° S od Księżyca
30^{d}20^h PEŁNIA

październik data CSE

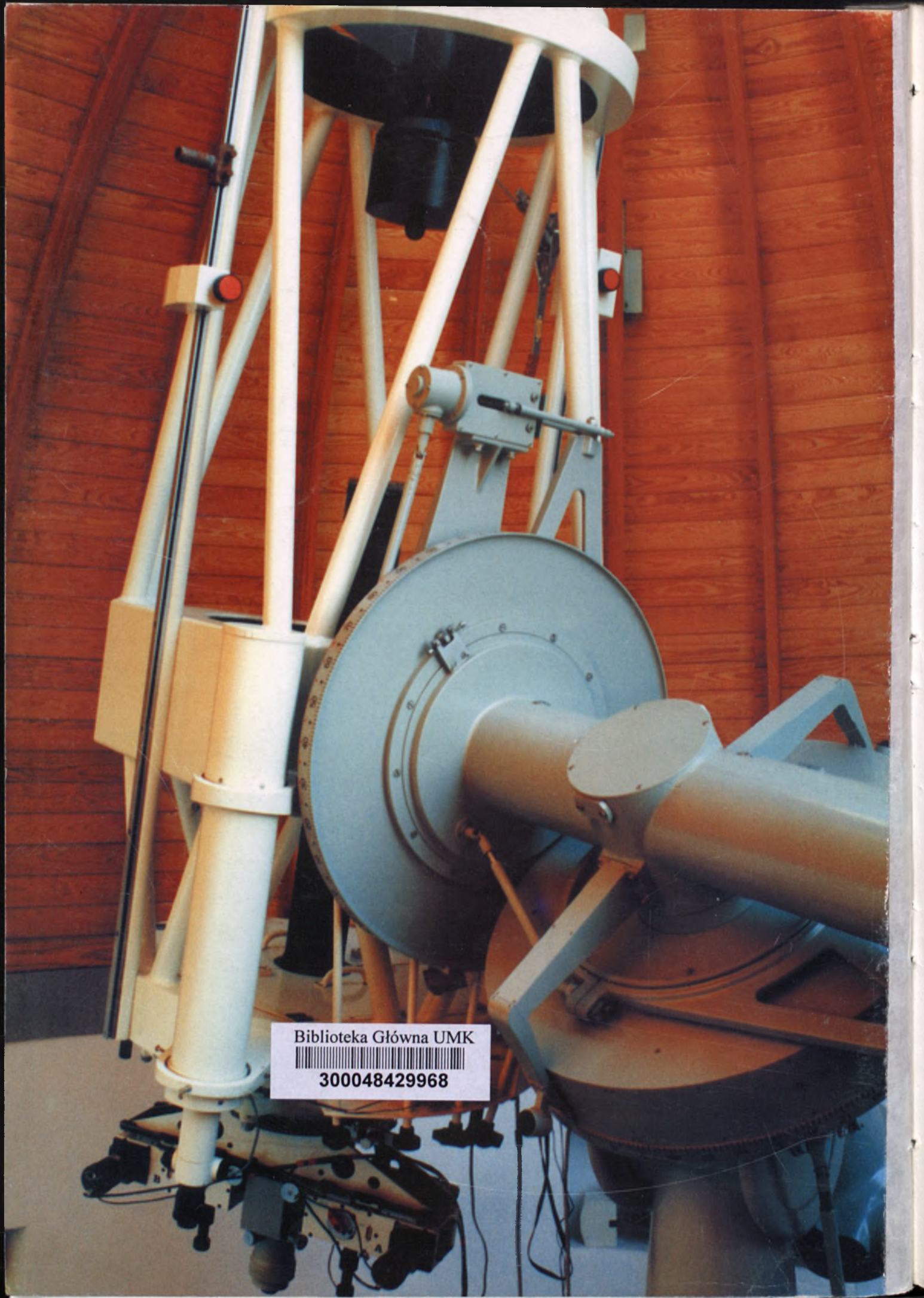
08^{d}21^h OSTATNIA KWADRA
14^{d}02^h Wenus 7° N od Księżyca
14^{d}05^h Merkury w maks. elongacji wschodniej (25°)
15^{d}13^h NÓW
18^{d}11^h Jowisz w złączeniu ze Słońcem
22^{d}10^h PIERWSZA KWADRA
23^{d}11^h Słońce wstępuje w znak Skorpiona
24^{d}14^h Saturn 7° S od Księżyca
30^{d}14^h PEŁNIA

listopad data CSE

03^{d}00^h Wenus 4° N od Spiki
06^{d}05^h Merkury w złączeniu dolnym (przejście przed tarczą Słońca)
07^{d}08^h OSTATNIA KWADRA
08^{d}18^h Wenus 0°4 N od Jowisza
12^{d}15^h Jowisz 4° N od Księżyca
12^{d}22^h Wenus 4° N od Księżyca
13^{d}23^h NÓW – częściowe zaćmienie Słońca (u nas niewidoczne)
14^{d}14^h Merkury 0°7 N od Wenus
20^{d}23^h Saturn 7° S od Księżyca
21^{d}03^h PIERWSZA KWADRA
22^{d}08^h Słońce wstępuje w znak Strzelca
22^{d}17^h Merkury w maksymalne elongacji zachodniej (20°)
29^{d}08^h PEŁNIA – całkowite zaćmienie Księżyca (początek u nas widoczny)

grudzień data CSE

06^{d}17^h OSTATNIA KWADRA
10^{d}09^h Jowisz 4° N od Księżyca
13^{d}10^h NÓW
18^{d}11^h Saturn 7° S od Księżyca
20^{d}23^h PIERWSZA KWADRA
21^{d}21^h **przesilenie zimowe**
27^{d}03^h Mars w złączeniu ze Słońcem
29^{d}00^h PEŁNIA



Biblioteka Główna UMK
300048429968