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

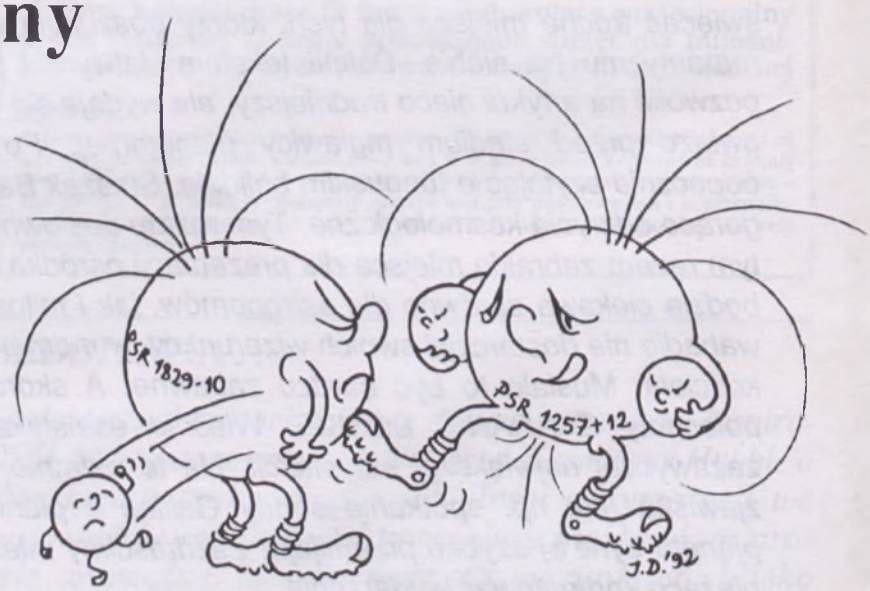
Z duszą na ramieniu podaliśmy w poprzednim numerze (PA 4/1991, str. 175) sensacyjną wiadomość o odkryciu przez polskiego astronoma, Aleksandra Wolszczana, dwóch planet krążących wokół milisekundowego pulsara. Nasz niepokój wzrósł, kiedy stało się jasne (już po wydrukowaniu zeszytu), że „odkrycie" planety 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.

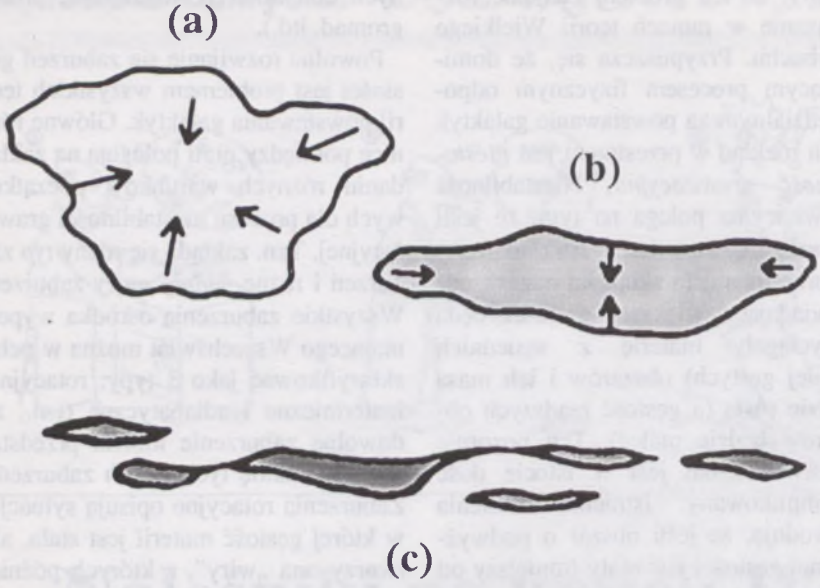
Jednym z takich fundamentalnych, a nie rozwiązanych do dziś problemów jest problem powstawania *galaktyk* i *większych struktur – gromad galaktyk* (zawierających od kilku do kilku tysięcy galaktyk) i *supergromad galaktyk* (skupisk wielu gromad galaktyk). Sądzimy, że ten problem znajdzie rozwiązanie 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).

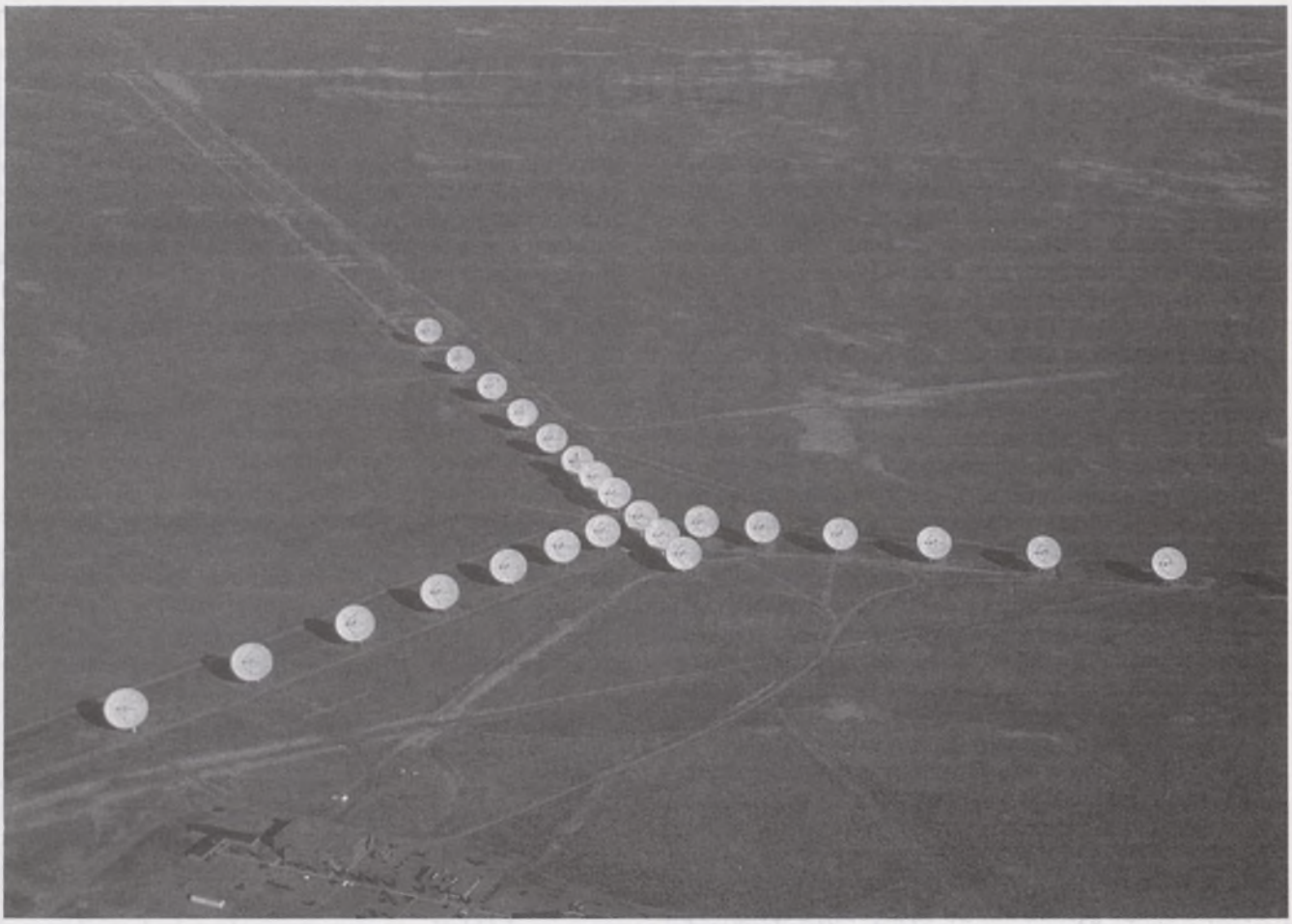
Konkurencyjnym scenariuszem jest scenariusz izotermiczny – czysto grawitacyjnego grupowania materii, w którym najpierw wyodrębniają się obiekty o najmniejszych masach – gromady kuliste, a następnie kolejno grawitacja organizuje materię w coraz większe obiekty – galaktyki, gromady, supergromady. Ten scenariusz 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).

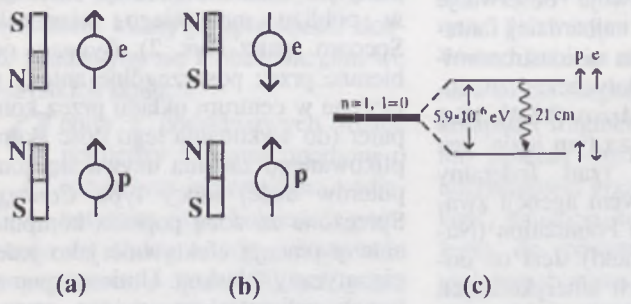
[9] Taka miara odległości we Wszechświecie jest niezależna od założonego modelu kosmologicznego; szerszą dyskusję problemu samego pojęcia odległości w rozszerzającym się i ewoluującym Wszechświecie jak i przesunięcia linii widmowych ku czerwieni można znaleźć np. w artykule autora pt. „Najdalsze i najjaśniejsze 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

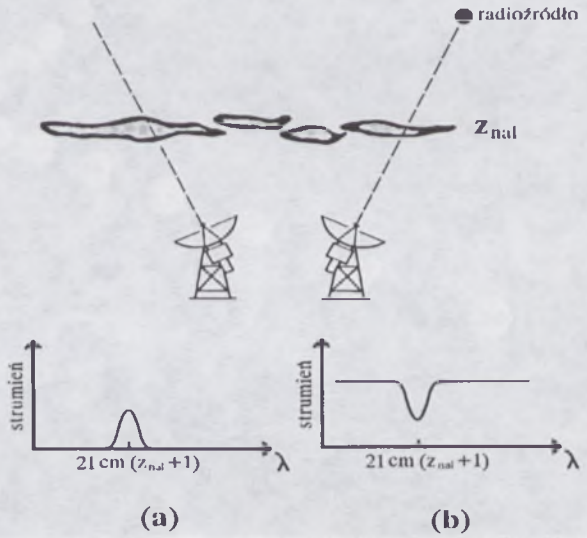
Struktura poziomów energetycznych atomu wodoru zawiera subtelny szczegół o wielkim znaczeniu dla astronomii. Podstawowy poziom energetyczny jest naprawdę rozszczepiony i składa się z dwóch, położonych bardzo blisko siebie poziomów. Różnica energii pomiędzy nimi wynosi zaledwie ~ 6×10^{-6} eV czyli mniej 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

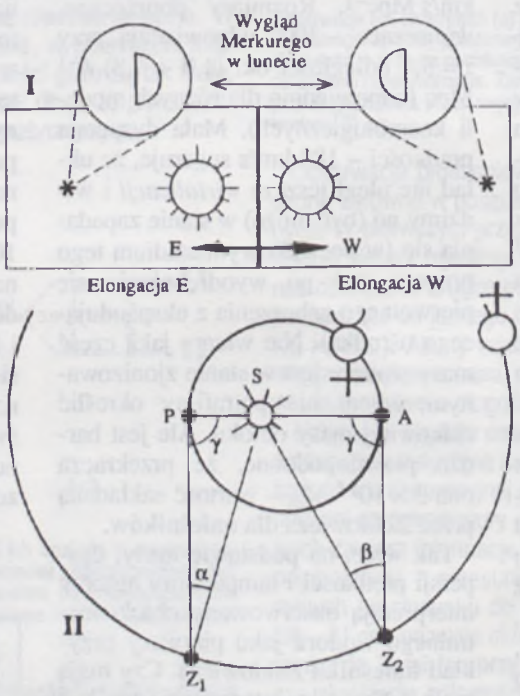
Kazimierz Schilling

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

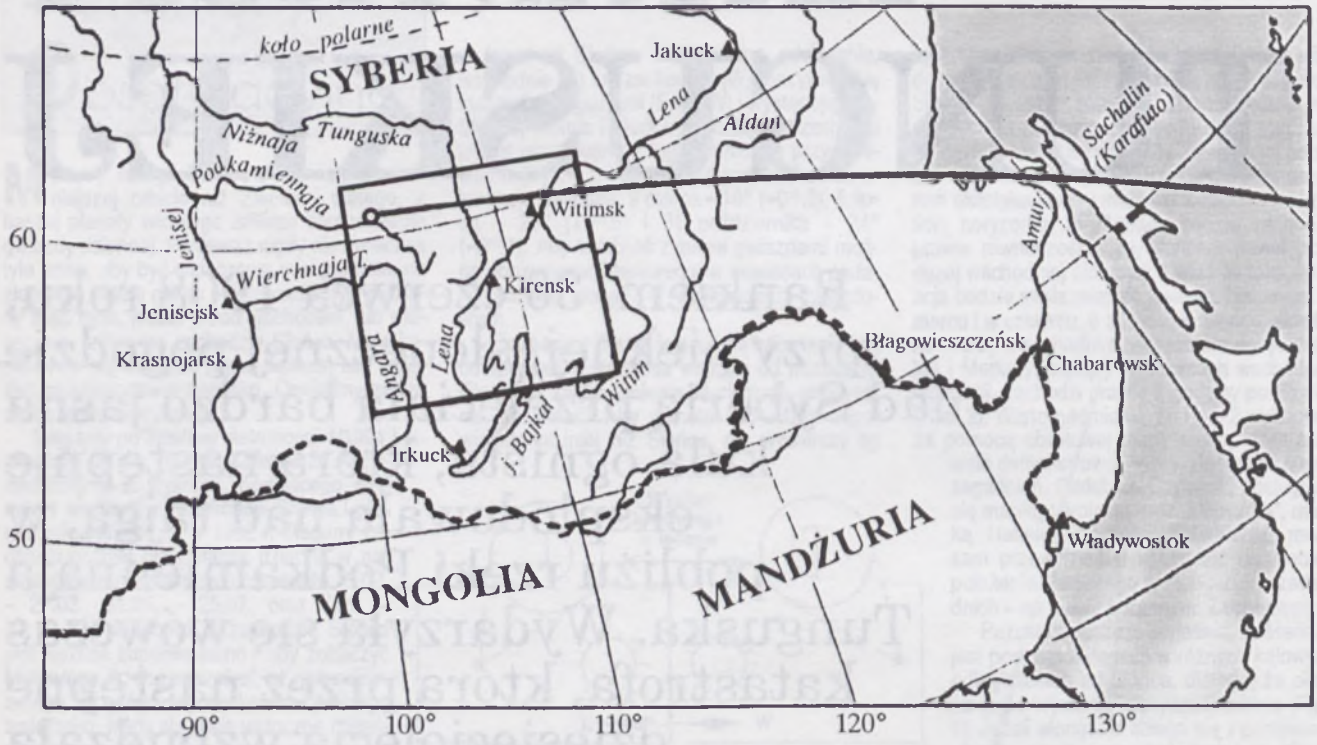
Rankiem, 30 czerwca 1908 roku, przy pięknej, słonecznej pogodzie nad Syberią przeleciała bardzo jasna kula ognista, która następnie eksplodowała nad tajgą, w pobliżu rzeki Podkamiennaja Tunguska. Wydarzyła się wówczas katastrofa, która przez następne dziesięciolecia wzbudzała zainteresowanie naukowców 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.

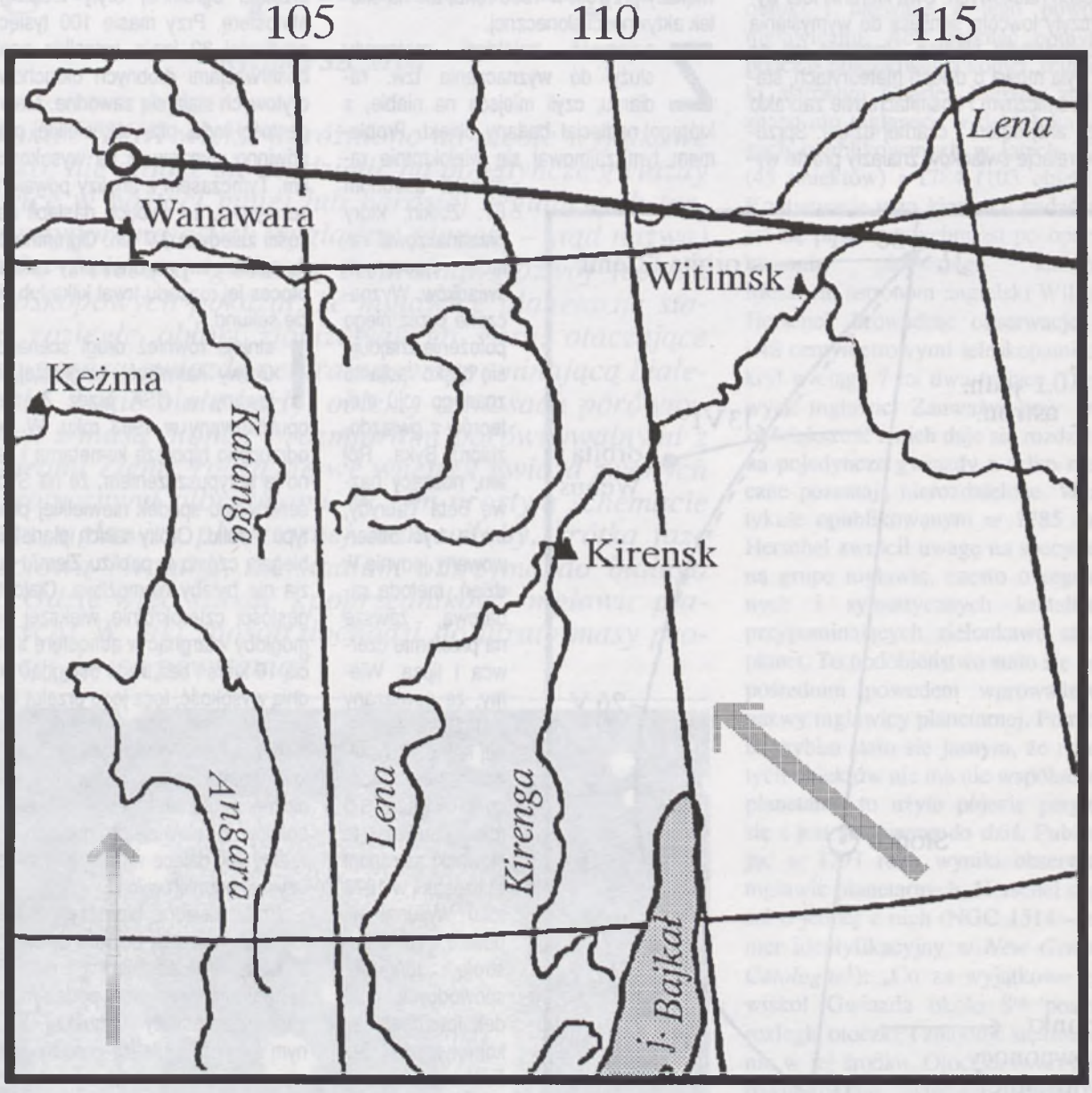
Nauka zainteresowała się tym wydarzeniem dopiero w 1921 roku, kiedy radziecki badacz meteorytów L.A. Kulik dowiedział się o nim przypadkowo z kartki starego kalendarza na rok 1910. Ten wielki entuzjasta, wkrótce potem, odbył podróż po Syberii i zebrał kolejne relacje świadków. W sześć lat później, w 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.

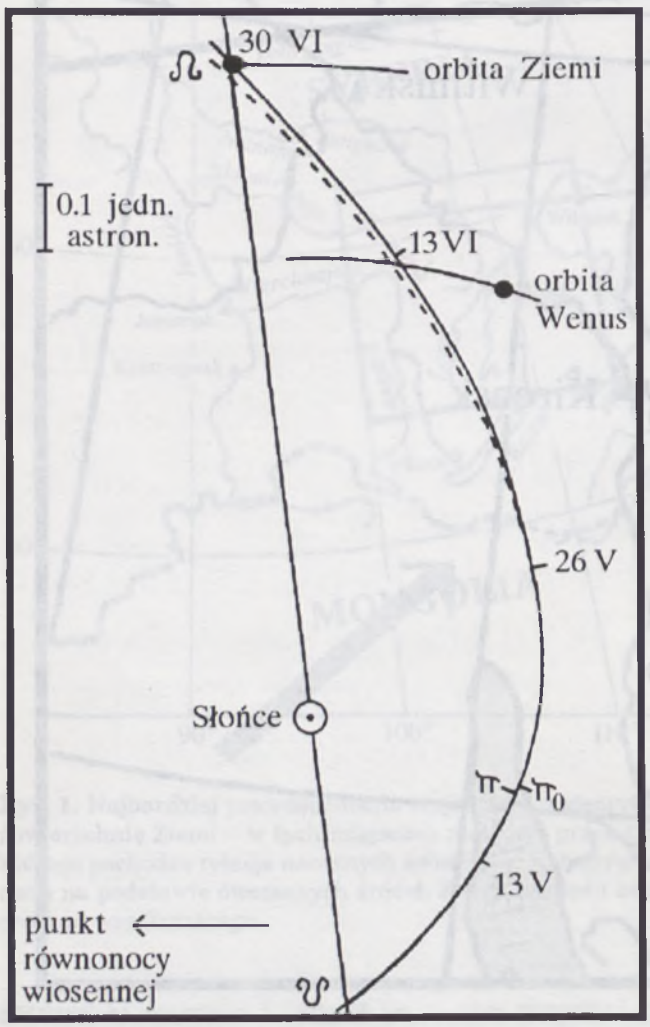
miejscu wybuchu. Pozostaje jednak problem wyznaczenia orbity tajemniczego ciała niebieskiego. A tu od początku było wiele kontrowersji i sprzeczności.

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.

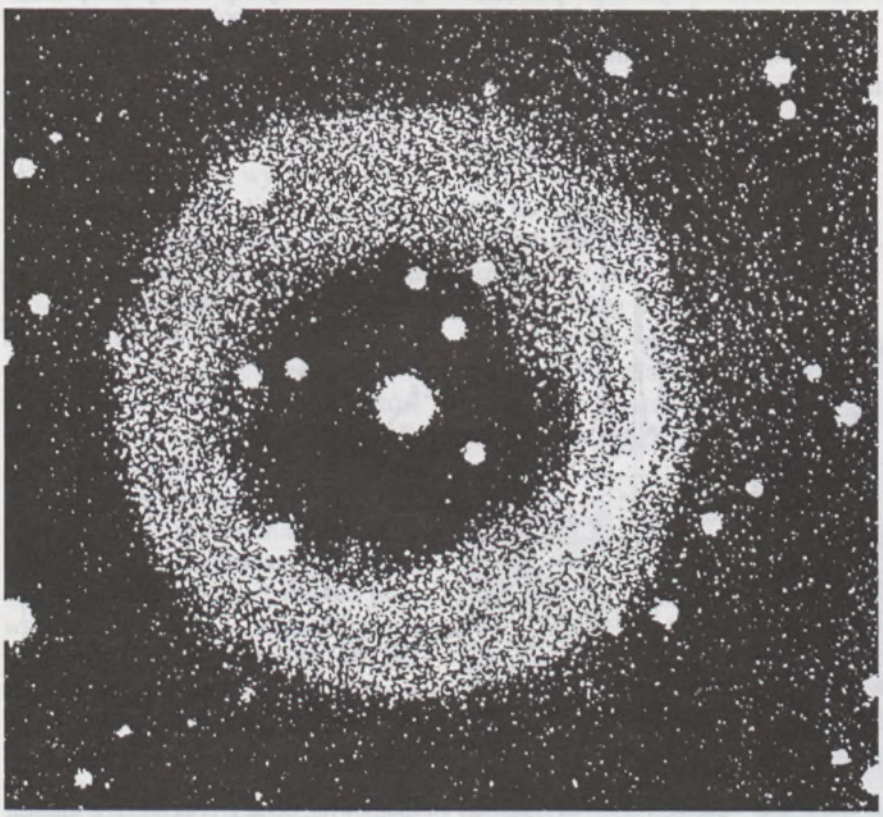
Przedstawione hipotezy znajdują swoich zwolenników i dopiero dalsze badania pozwolą wykluczyć jedną z nich. Być może, potrafimy wówczas podać rozwiązanie zagadki katastrofy tunguskiej. Zawiedzionym łowcom sensacji proponuję obejrzenie załączonych ilustracji. Na mapkach (Rys. 1 i 2) przedstawiono bliższą 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?



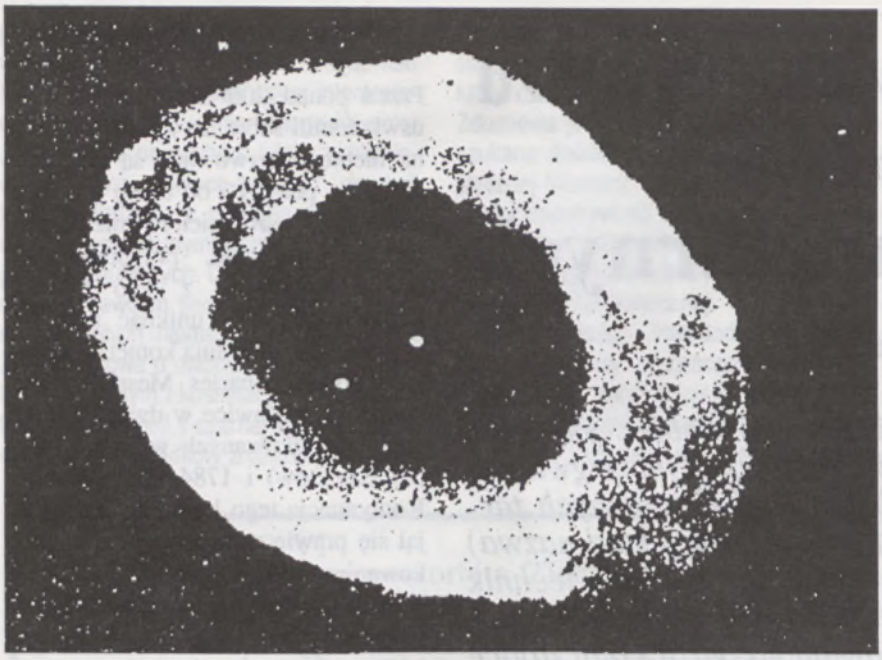
Rys. 1. Mgławica planetarna PK 329+2°1 o rozmiarze kątowym 80″ znajdująca się w odległości około 1000 parseków.

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.

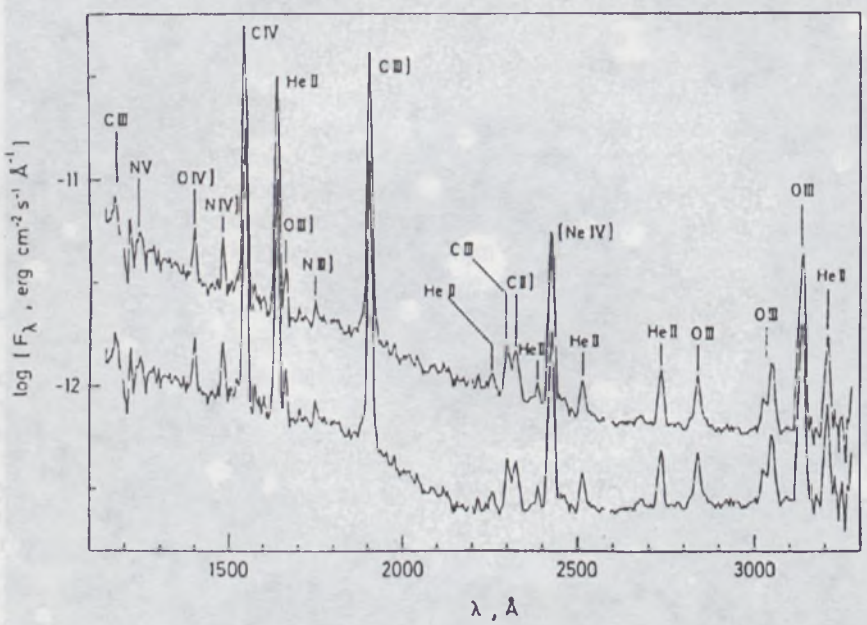
kazane są dwie współczesne fotografie mgławic planetarnych: PK 329+2°1[3] oraz NGC 6720. Co prawda nie wszystkie znane mgławice planetarne (ponad 1500 obiektów w naszej i kilkadziesiąt w najbliższych nam galaktykach) mają tak regularne kształty. Warto jednak podkreślić, że bardzo wysoki stopień symetrii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

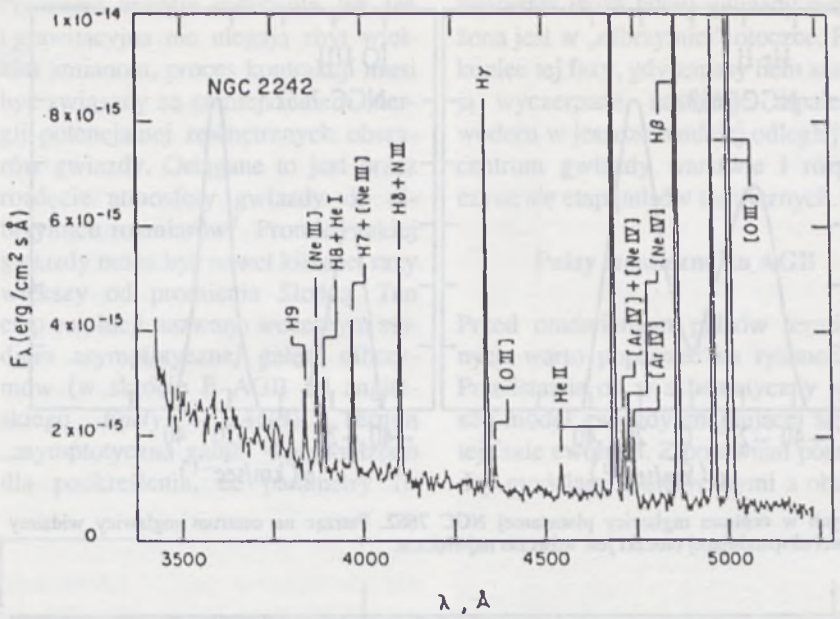
[3] PK od nazwisk Perek i Kohoutek – twórców jednego ze współczesnych katalogów mgławic planetarnych z 1967 roku. Liczby oznaczają współrzędne galaktyczne obiektu: 329 – długość a +2°1 – szerokość galaktyczną.

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.

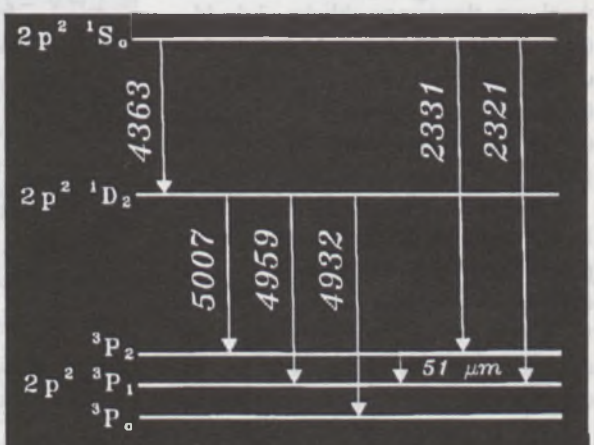


Rys. 4. Niebieska część widma optycznego mgławicy NGC 2242.

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-

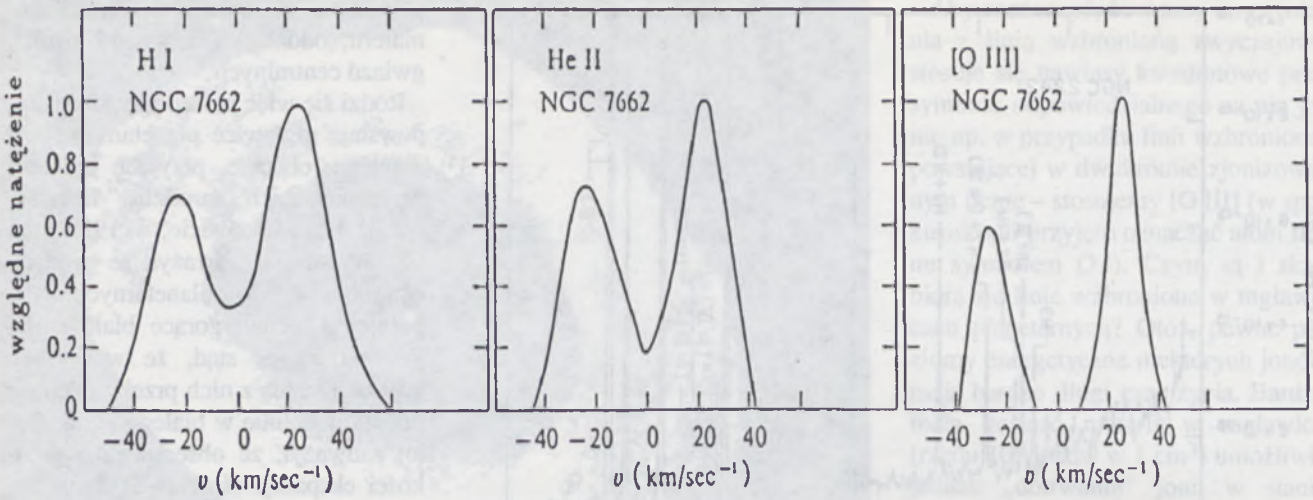


Rys. 5. Schematyczny diagram kilku, najniżej leżących poziomów energetycznych jonu O III. Każdy poziom opisano stosowanym w spektroskopii atomowej symbolem. Zaznaczone są również długości fal najczęściej obserwowanych przejść.

[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

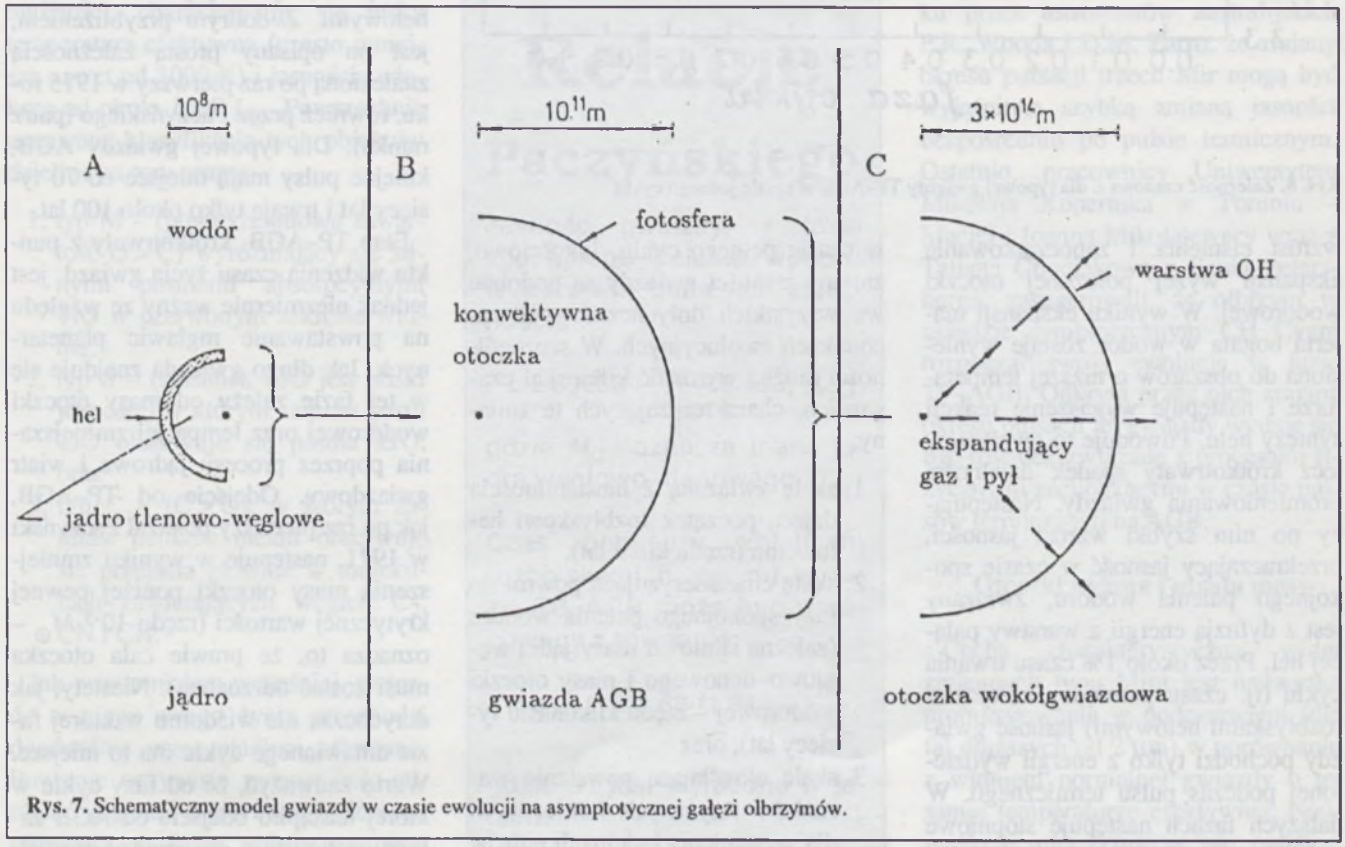
[6] Ze względu na ogromne gęstości w jądrze, gaz elektronowy przestaje podlegać prawom gazu doskonałego. Do głosu dochodzi mechanika kwantowa ze słynnym zakazem Pauli'ego, który nie dopuszcza aby w danym stanie energetycznym znajdowały się więcej niż dwa elektrony o przeciwnych spinach – mówimy wówczas, 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

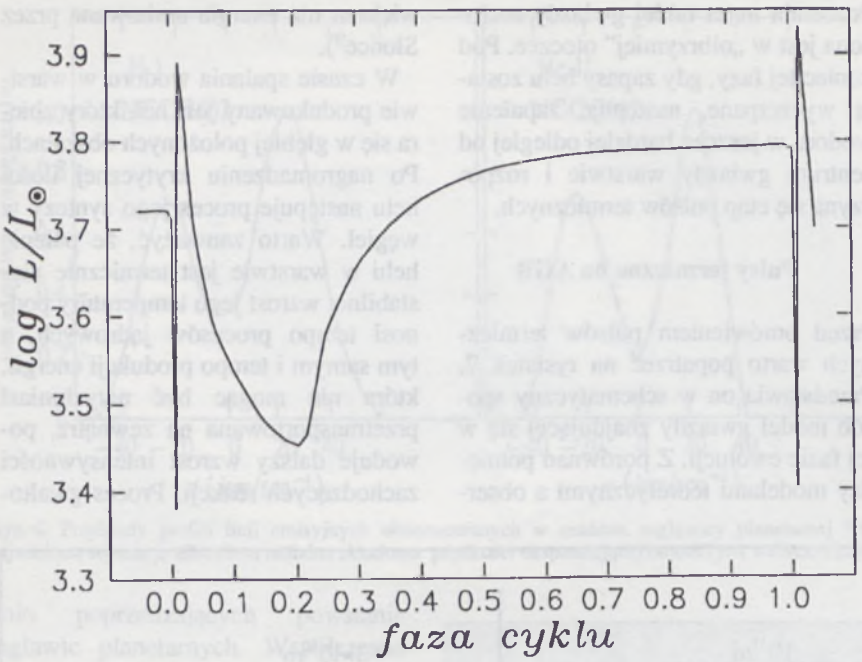


Rys. 7. Schematyczny model gwiazdy w czasie ewolucji na asymptotycznej gałęzi olbrzymów.

[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.

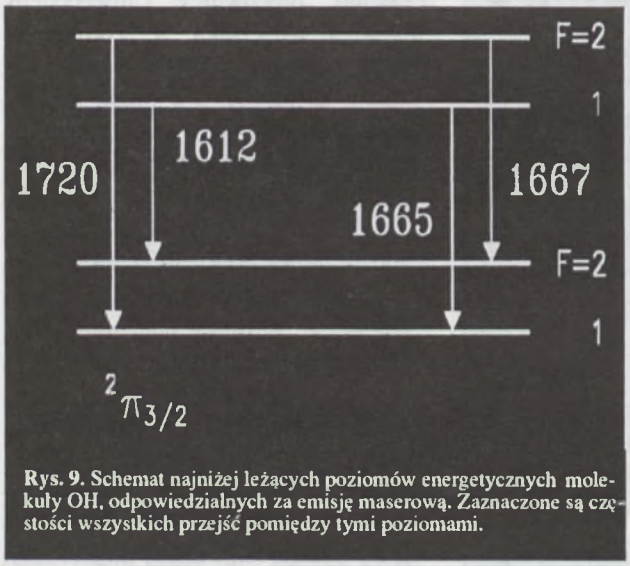
Otoczki pyłowe i utrata masy

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...

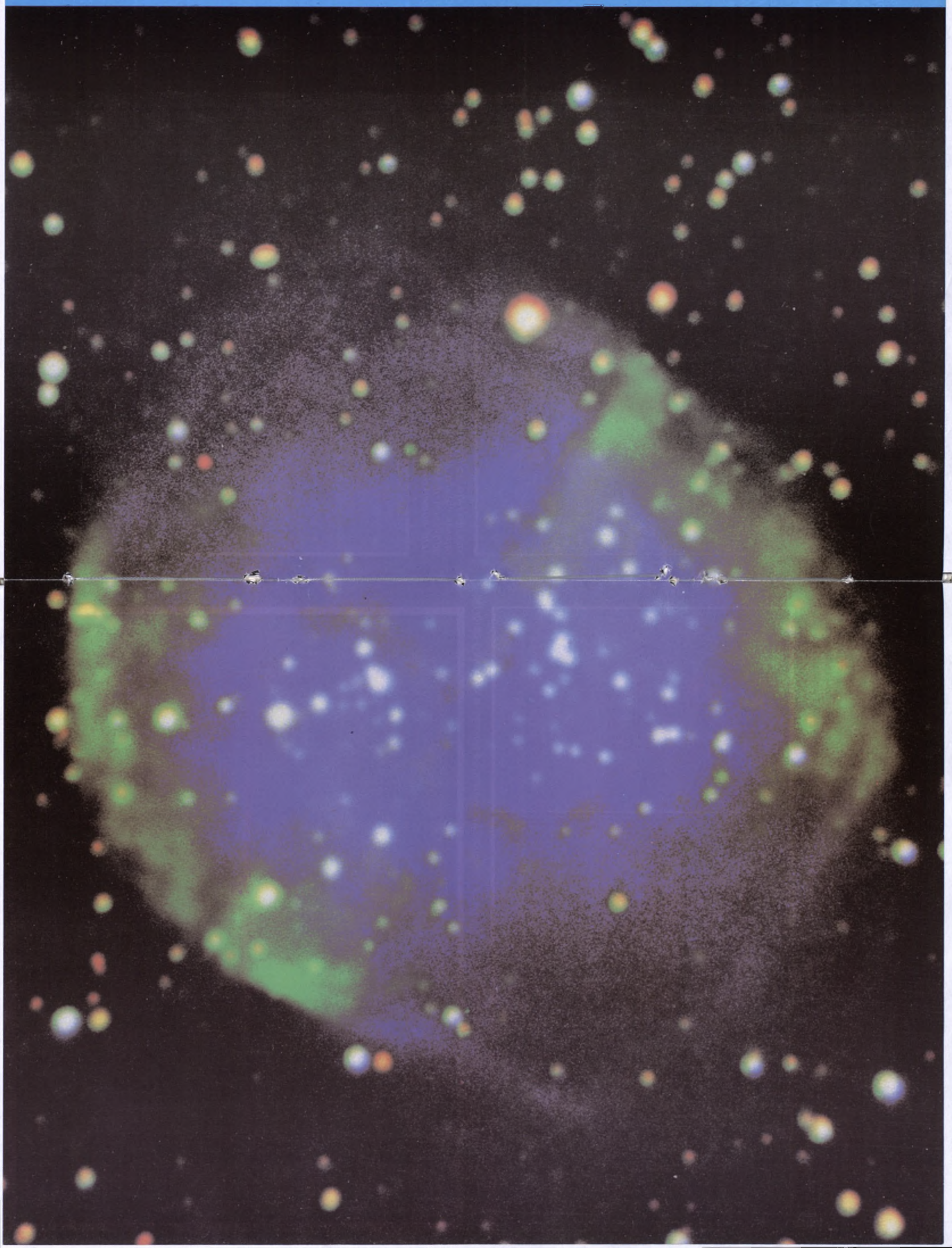
...piękny, uzyskany przez H. Schilda, obraz mgławicy planetarnej „Hantle" (Dumbbell – M27) w gwiazdozbiorze Lisa. Nie wszystkie mgławice planetarne mają kształt regularnych pierścieni, a obserwowany tu obraz dwubiegunowego wypływu na tle słabej, kolistej tarczki, wydaje się nawet bardziej typowy. Zielonkawy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

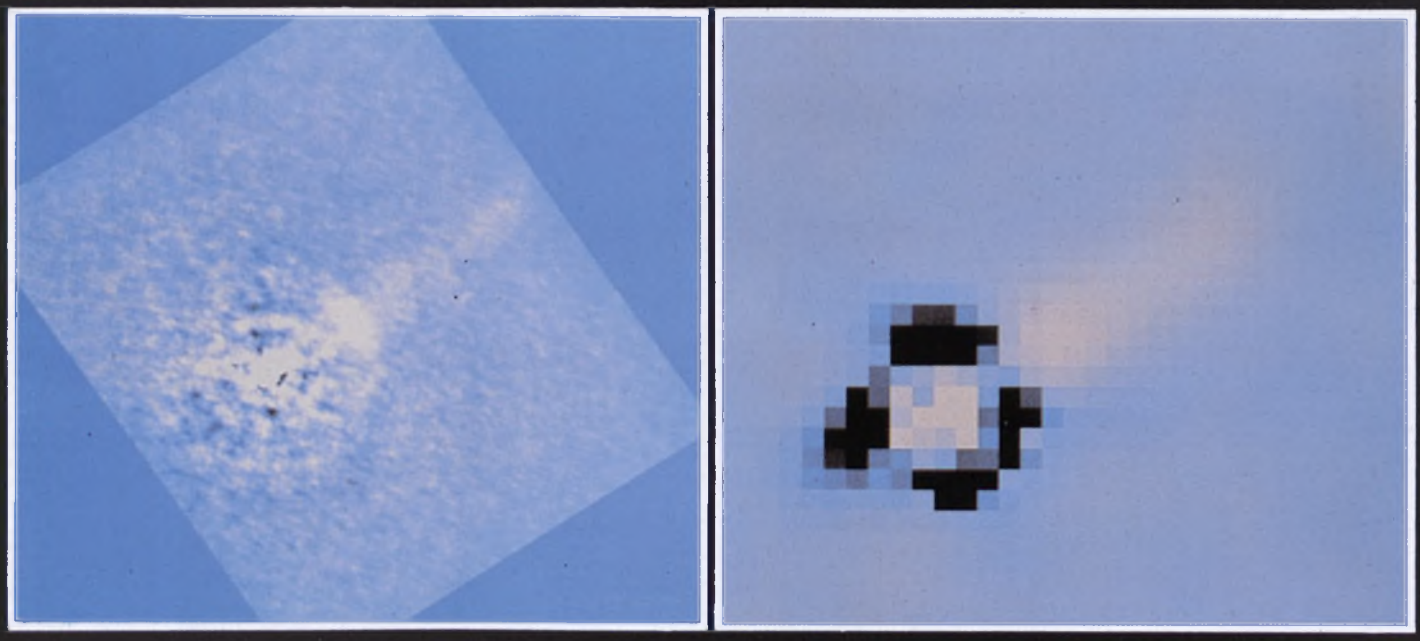
Obraz Galaktyki w bliskiej podczerwieni uzyskany z satelity COBE (patrz notka obok, str. 24).

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

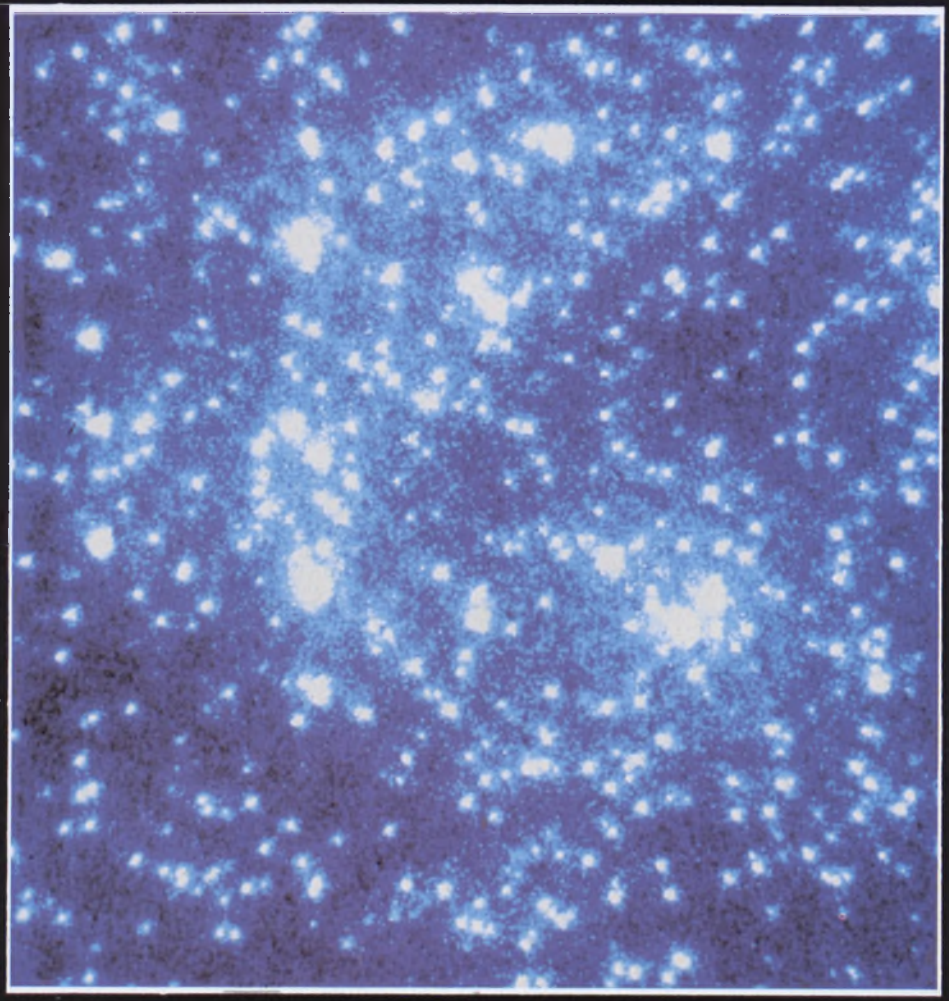
Mgławica planetarna „DUMBBELL" (M 27) w gwiazdozbiorze Lisa (Vulpecula)





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

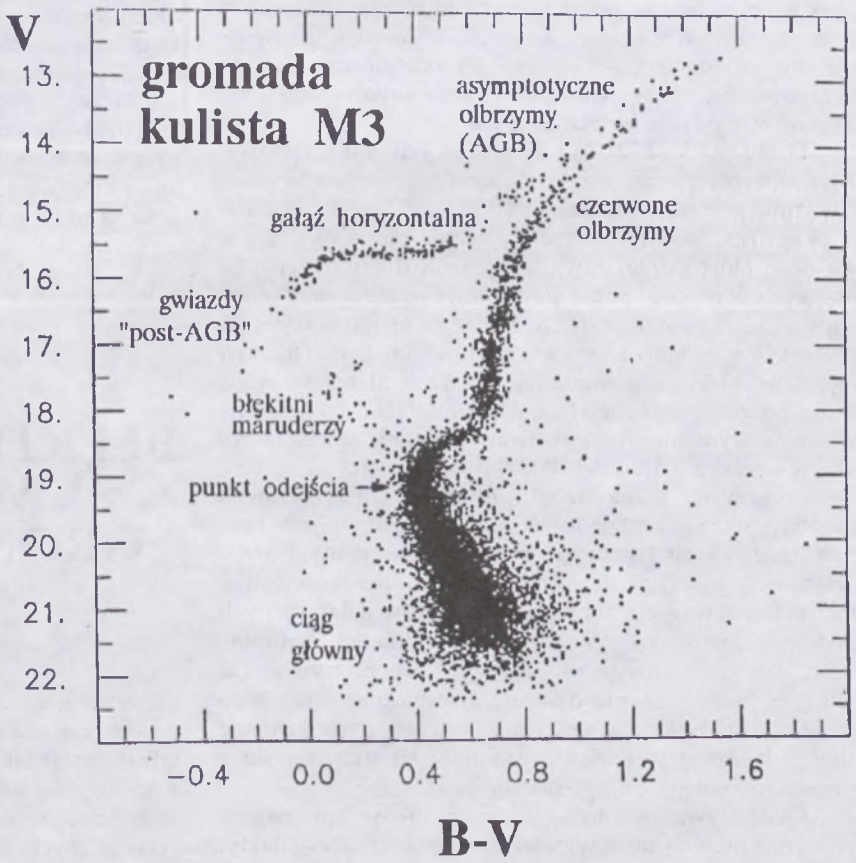
Obserwacje gromad gwiazd – skupisk kilkuset do kilkuset tysięcy gwiazd w stosunkowo niewielkich (o rozmiarach kilkadziesiąt lat świetlnych) obszarach – dostarczają ważnych danych astronomicznych i astrofizycznych. Rozkładem przestrzennym i zróżnicowaniem cech fizycznych i chemicznych dobrze reprezentują 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)

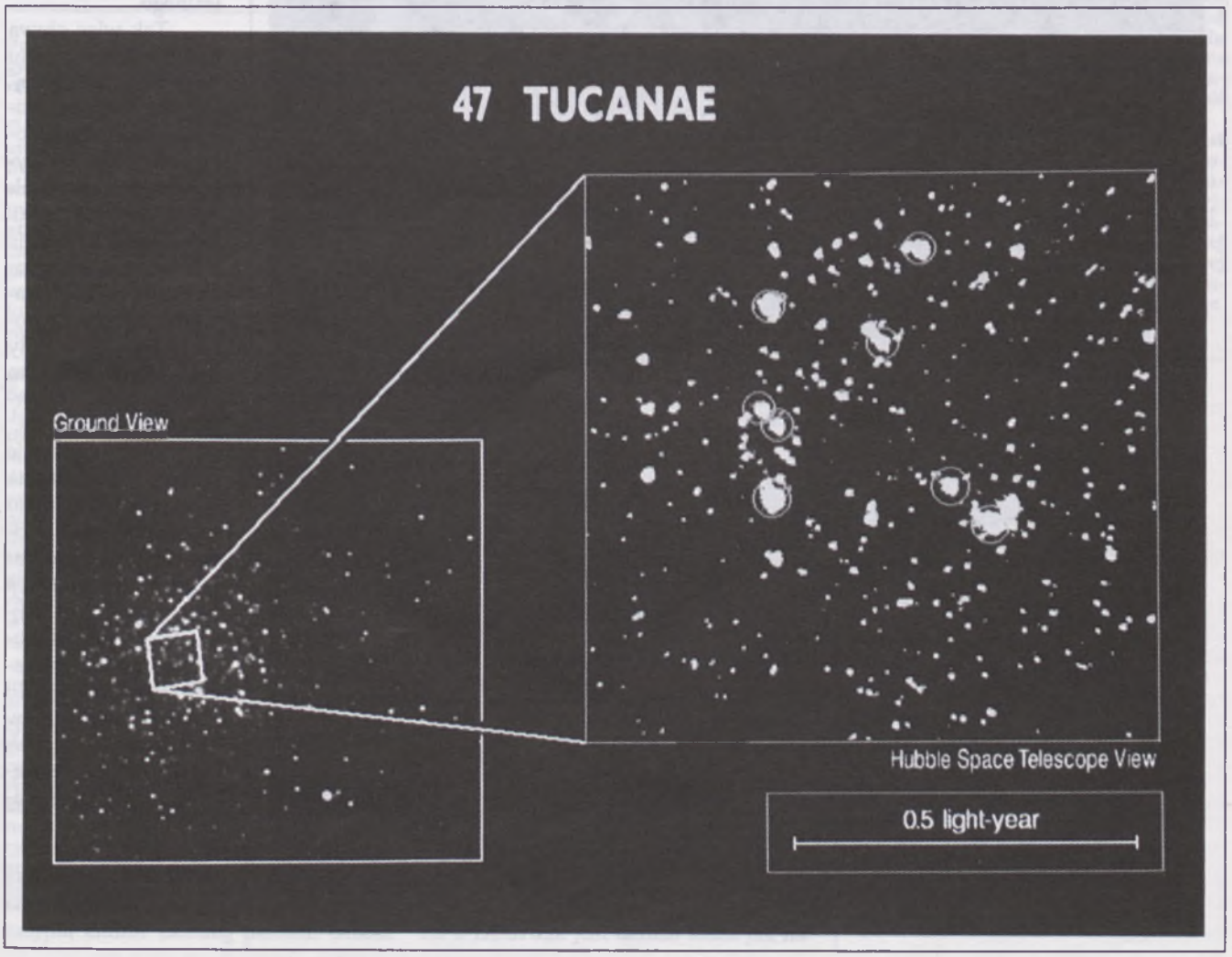
cel analizy obrazu tej stosunkowo bliskiej gromady, otrzymanego „Kamerą do Obserwacji Słabych Objektów" (*Faint Object Camera* – w skrócie FOC) umieszczoną na Kosmicznym Teleskopie Hubble'a (HST).

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

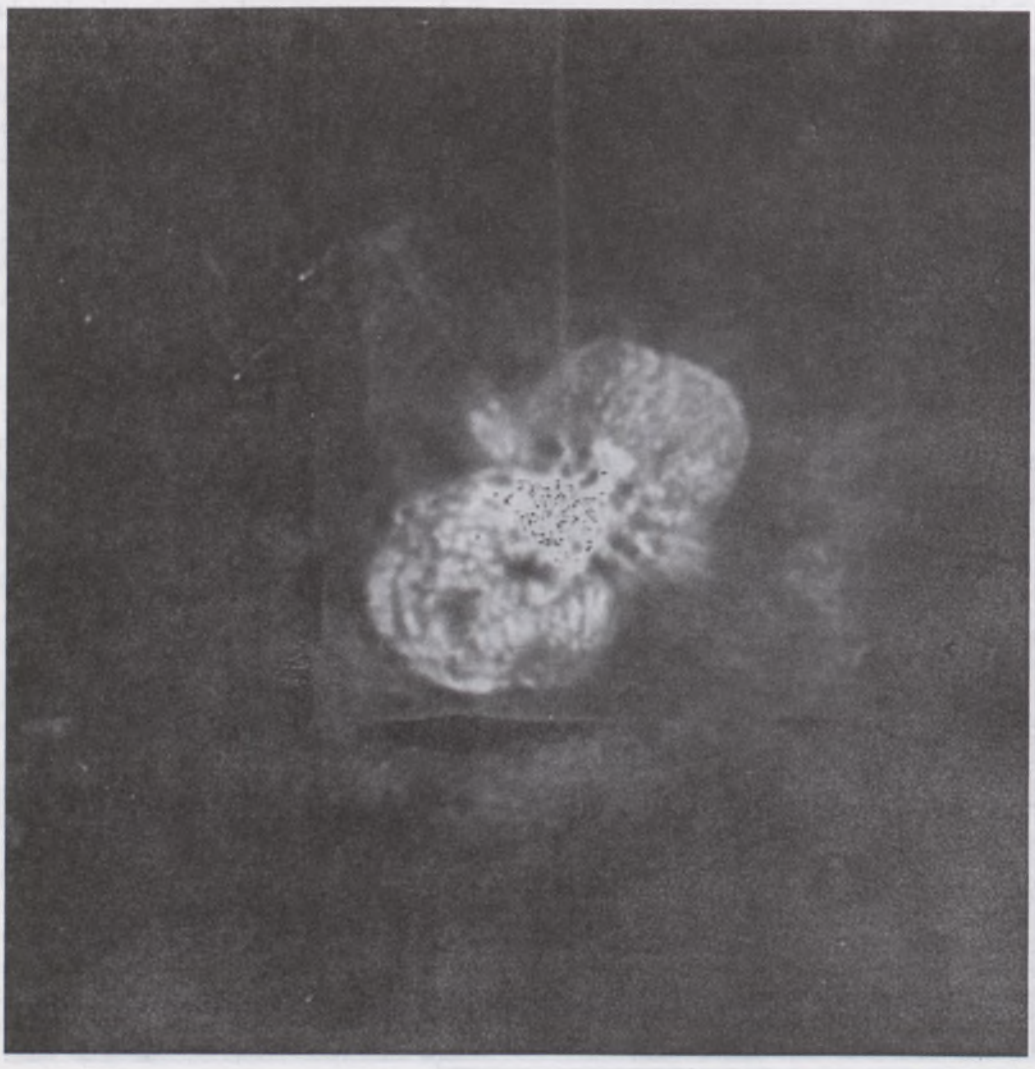
Jednym z kolejnych celów Teleskopu Kosmicznego Hubble'a była η Carinae, ledwo dostrzegalna gołym okiem gwiazdka w gwiazdozbiorze Kila, na południowej półkuli nieba.

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.

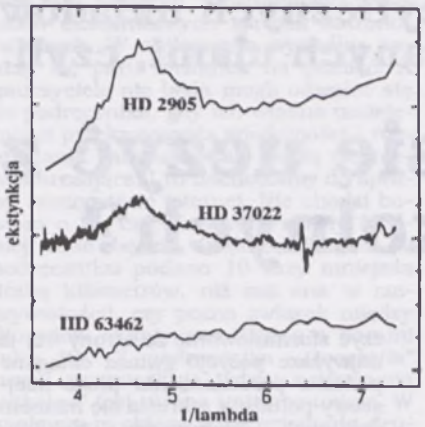
Uważano dotychczas, że jest duże prawdopodobieństwo, że „głowa" i „nogi" homunkulusa są takimi właśnie obłokami, z czego wynikałoby, że płaszczyzną domniemanego układu podwójnego była talia człowieczka. I tu właśnie nastąpiło zupełne zaskoczenie, gdy odebrano obraz z teleskopu Hubble'a. Otóż okazało 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.

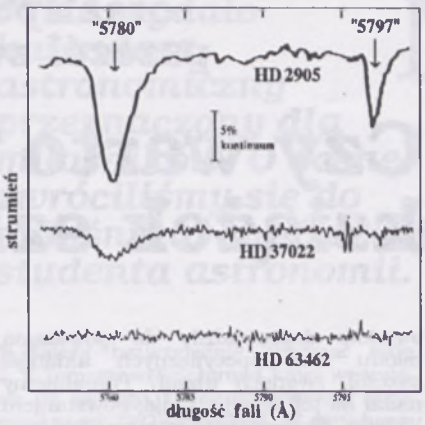


Tak więc głowa i nogi człowieczka to najprawdopodobniej wielki wokółrównikowy torus wyrzucony w wyniku niewyjaśnionej niestabilności w 1843 roku. Obserwacja ta będzie z pewnością ważnym elementem odtwarzania stanu ewolucyjnego gwiazdy η Carinae, ponadto skieruje dalsze obserwacje na lepszy trop.

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.

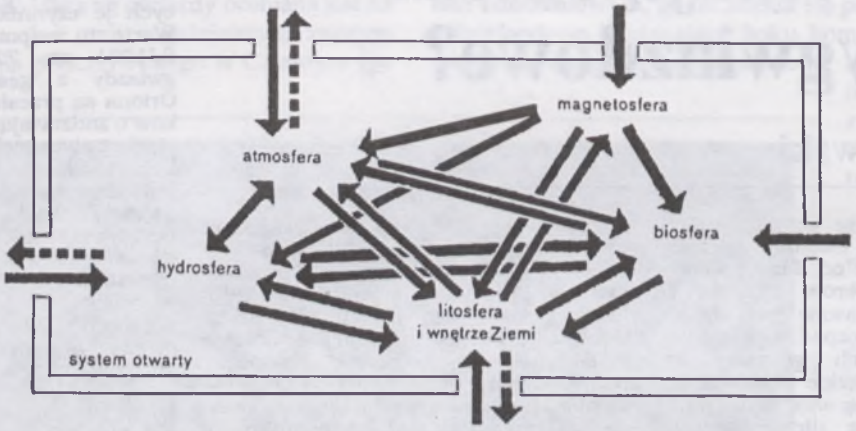
Przemiany ewolucyjne pszczół doprowadziły do powstania miodu oraz specyficznych układów pszczół zwanych ulami, czyli:

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

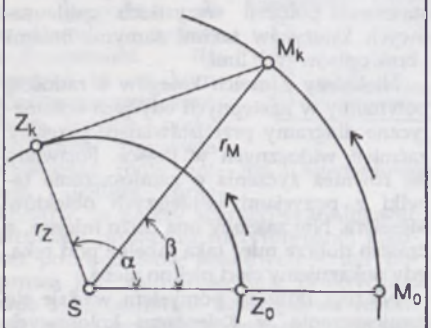
Układ Słoneczny

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:

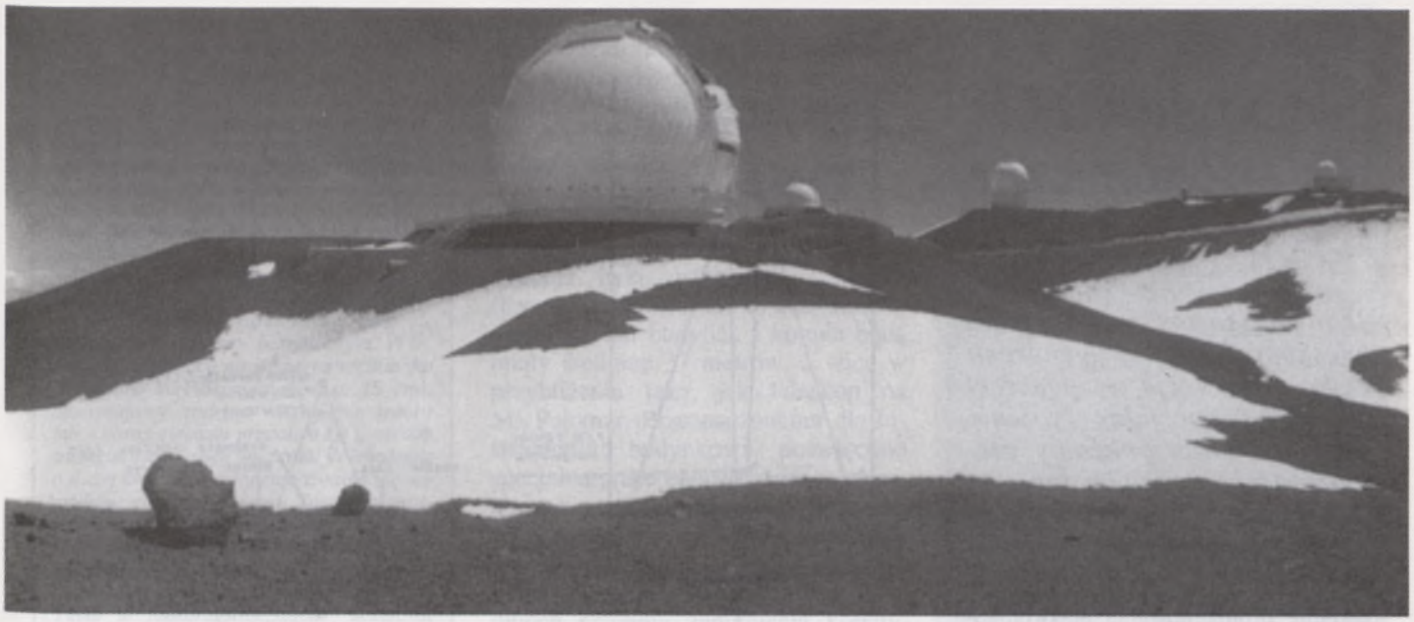
- wszystkie planety obiegają Słońce w tym samym kierunku;
- wszystkie planety poruszają się w przybliżeniu w tej samej płaszczyźnie;
- orbity wszystkich planet są co prawda eliptyczne, ale niewiele różniące się od okręgów;
- większość planet (wyjątki: Wenus i Uran) dokonuje obrotu wokół osi w tym samym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

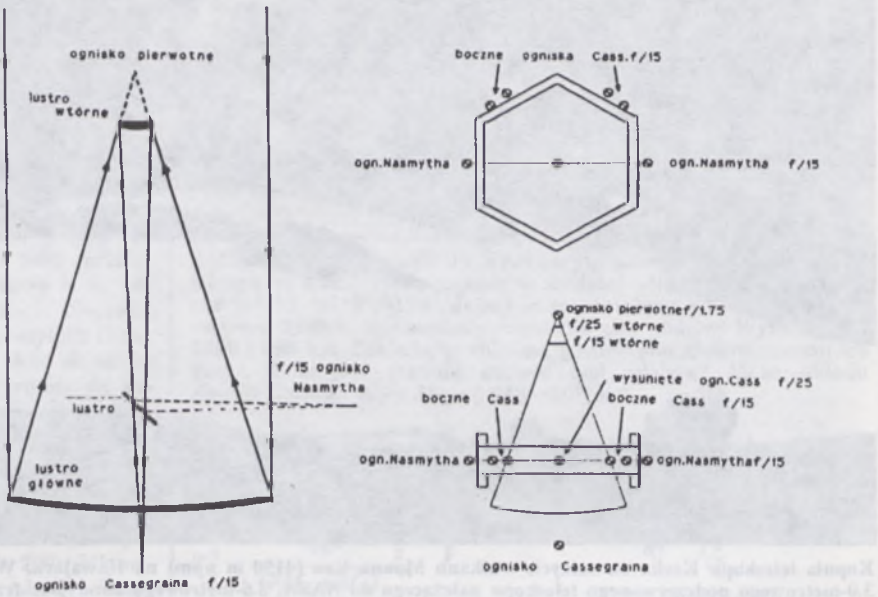
Do głównych źródeł promieniowania podczerwonego zalicza się emisję zimnych obiektów jak np. planety, emisję pyłu, kosmiczne promieniowanie tła, emisję (ciągłą i w liniach) gazu, nietermiczną emisję energetycznych cząstek.

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.

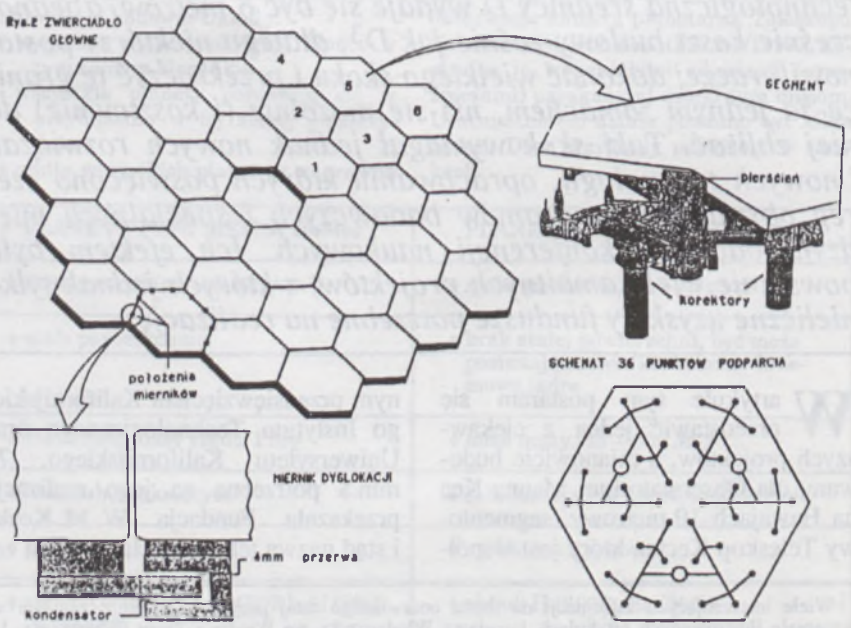
Pierwszej demonstracji istnienia promieniowania podczerwonego dokonał Sir William Herschel w 1800 roku. Światło słoneczne po przejściu przez szklany pryzmat skierował on na zestaw czułych termometrów rozstawionych tak, by różne składowe promieniowania padały na różne termometry. Wskazanie termometru 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.

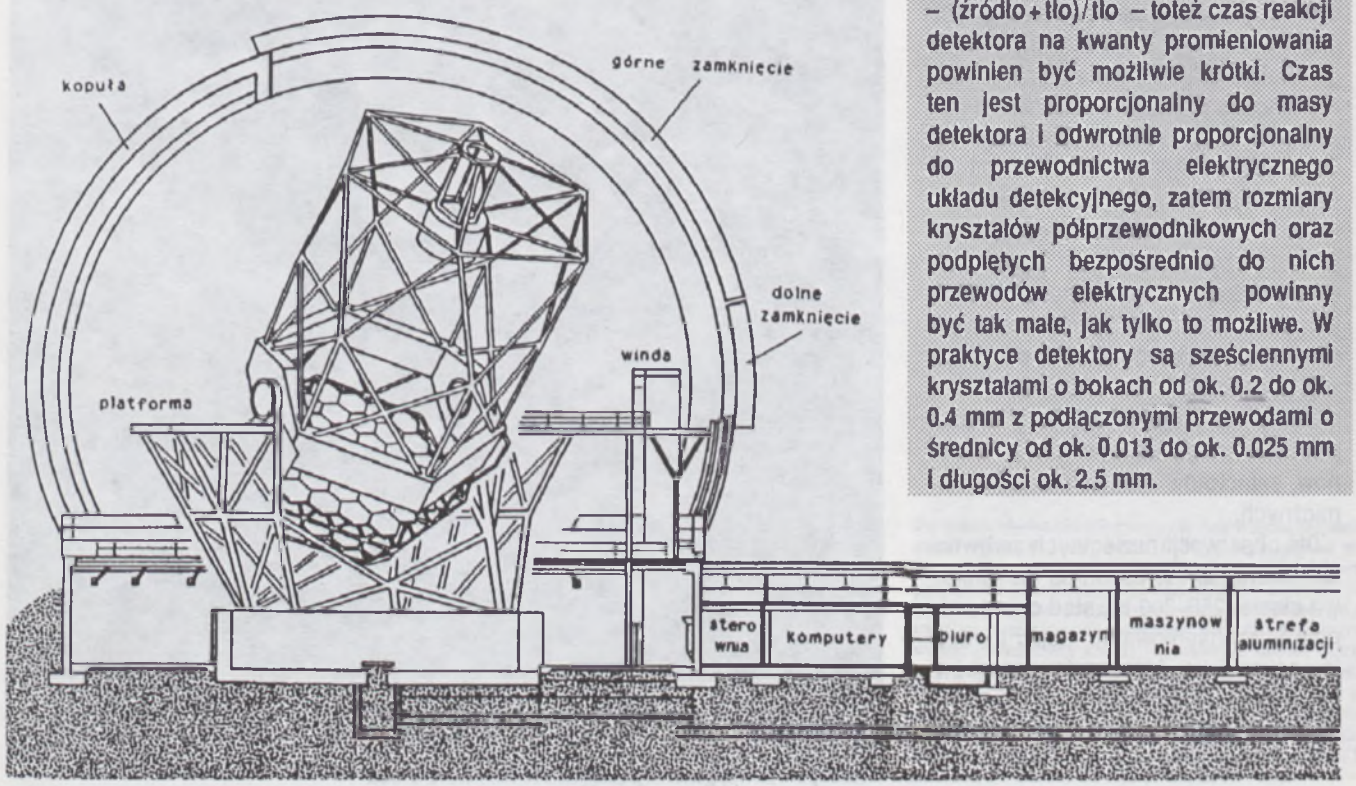
Do powstania seeingu dochodzi, gdy płaski dotąd front fali promieniowania obiektu, po przejściu strefy turbulentnej staje się frontem zaburzonym – pofalowanym. W teleskopie o średnicy mniejszej od rozmiarów elementów turbulencyjnych (np. 15 cm), obserwujemy zmienne nachylenie frontu fali – obraz gwiazdy 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.

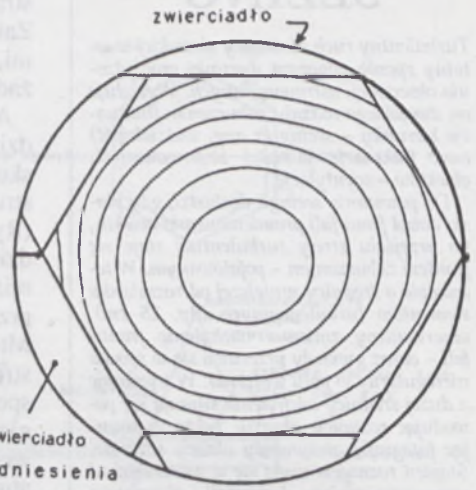
Obecny poziom światowej technologii ciała stałego pozwala już na rozpoczęcie produkcji dwuwymiarowych układów detektorów podczerwonych w systemach 32x32, 64x64 i 128x128 komórek (pikseli) na wzór optycznych CCD.

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.

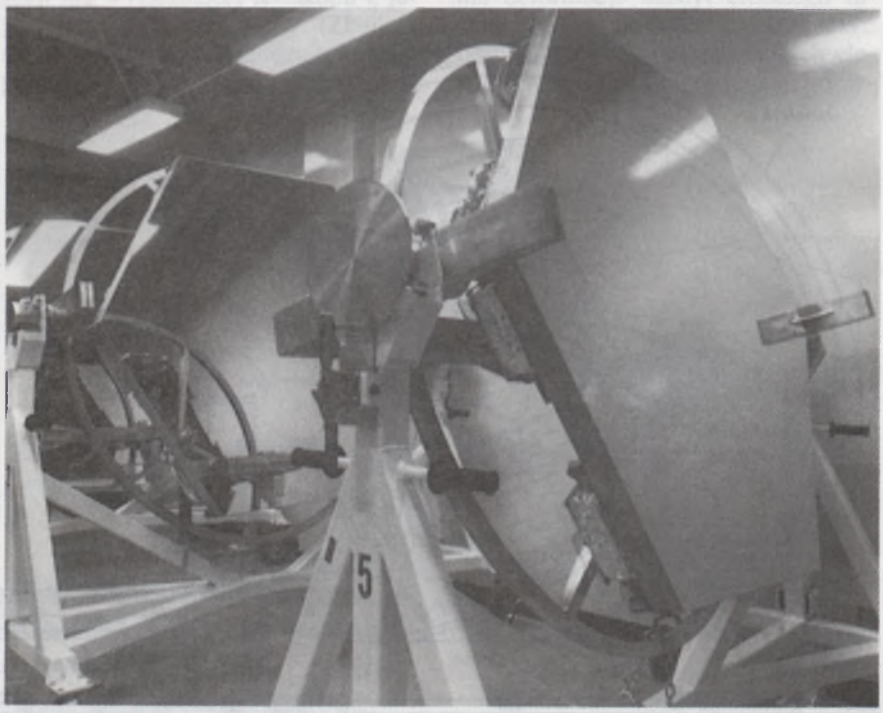
Zwierciadła teleskopów podczerwonych są tymi elementami, które nie nastręczają specjalnych kłopotów gdyż mogą one być identyczne z tymi, które pracują w teleskopach optycznych. Niełatwą natomiast rzeczą jest sytuowanie teleskopów podczerwonych. Tutaj problemów dostarcza atmosfera ziemska, a ściślej zawarte 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 temperatury. Wybór miejsca 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.

Rys.4 SCHEMAT SZLIFOWANIA I PRZYCIĘCIA



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.



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.

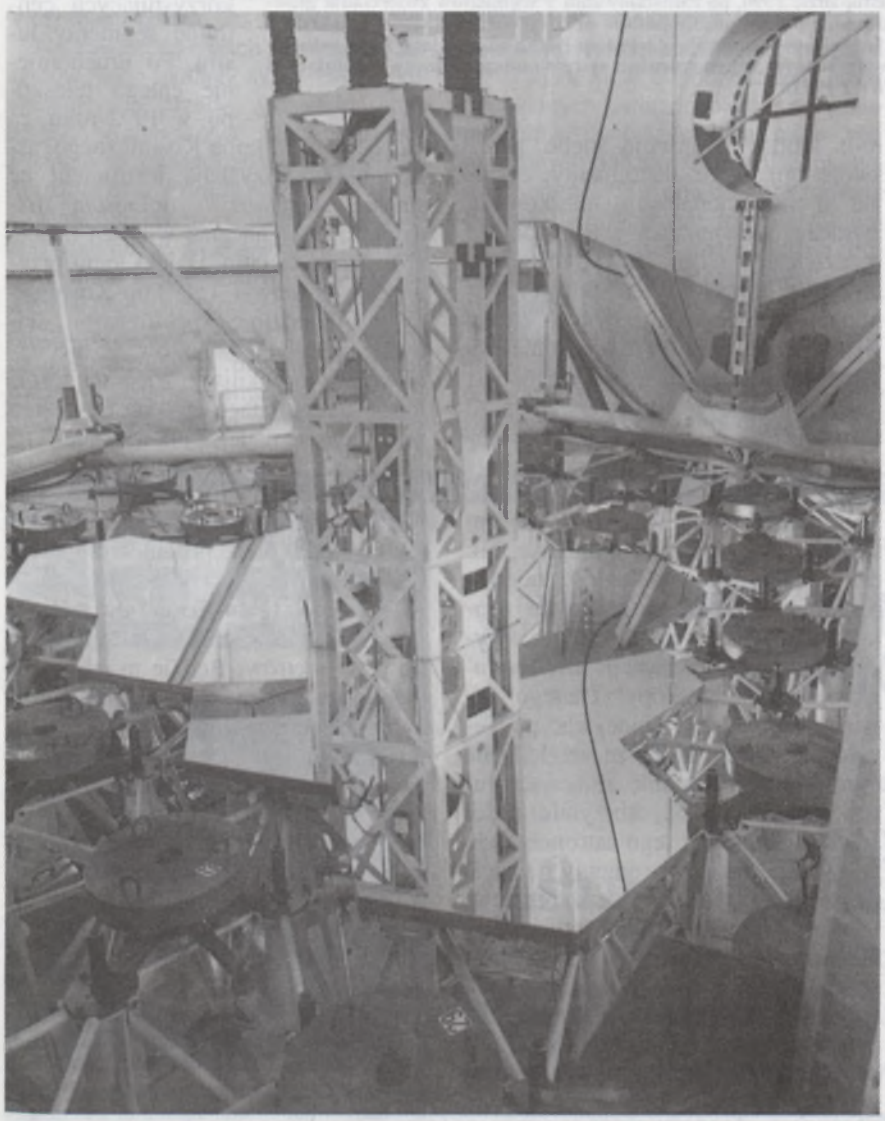
Konstruktorzy założyli, że zdolność rozdzielcza nowego teleskopu ograniczona będzie jedynie warunkami atmosferycznymi oraz dyfrakcją. Ma to zapewnić system pasywnego i aktywnego podtrzymywania elementów zwierciadła, eliminujący różnorodne deformacje. Część pasywna tego systemu ograniczy przesunięcia 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.

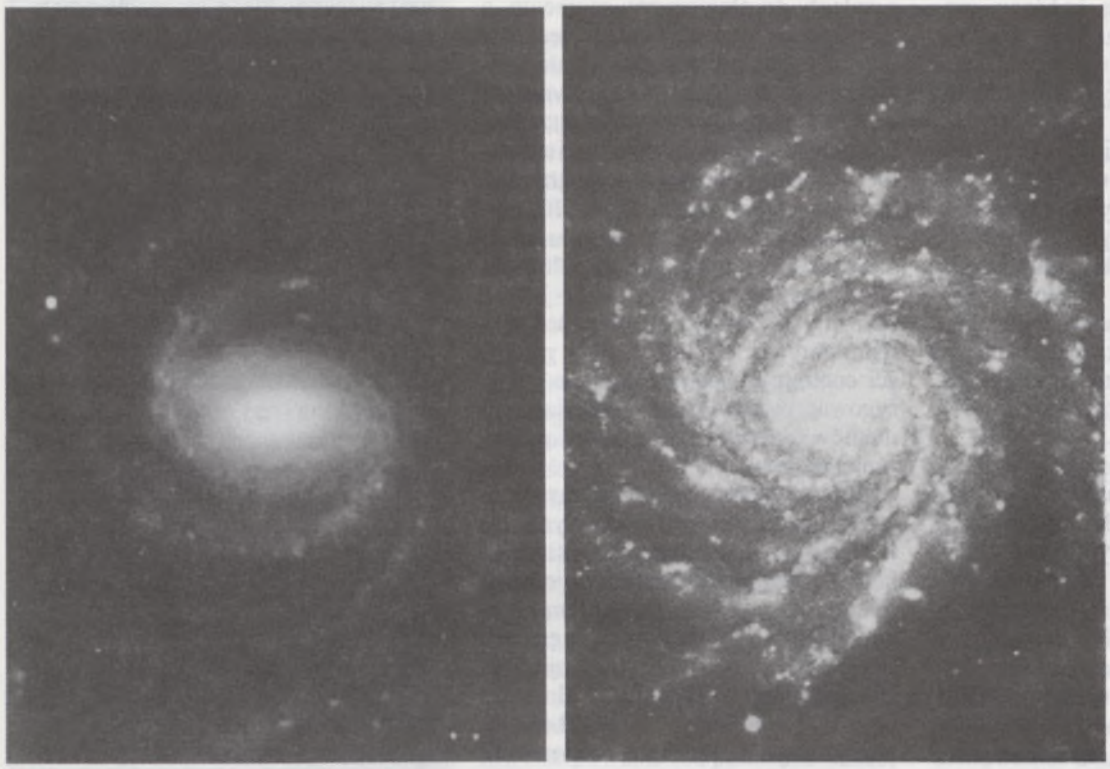
Po udanej misji obserwacyjnej satelitarnego teleskopu podczerwonego IRAS planuje się na najbliższe lata uruchomienie dalszych orbitalnych teleskopów podczerwonych: 60-centymetrowego ISO (ang. *Infrared Astronomy Satellite*), 80-centymetrowego SIRTF (ang. *Space InfraRed Telescope Facility*) i innych.

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

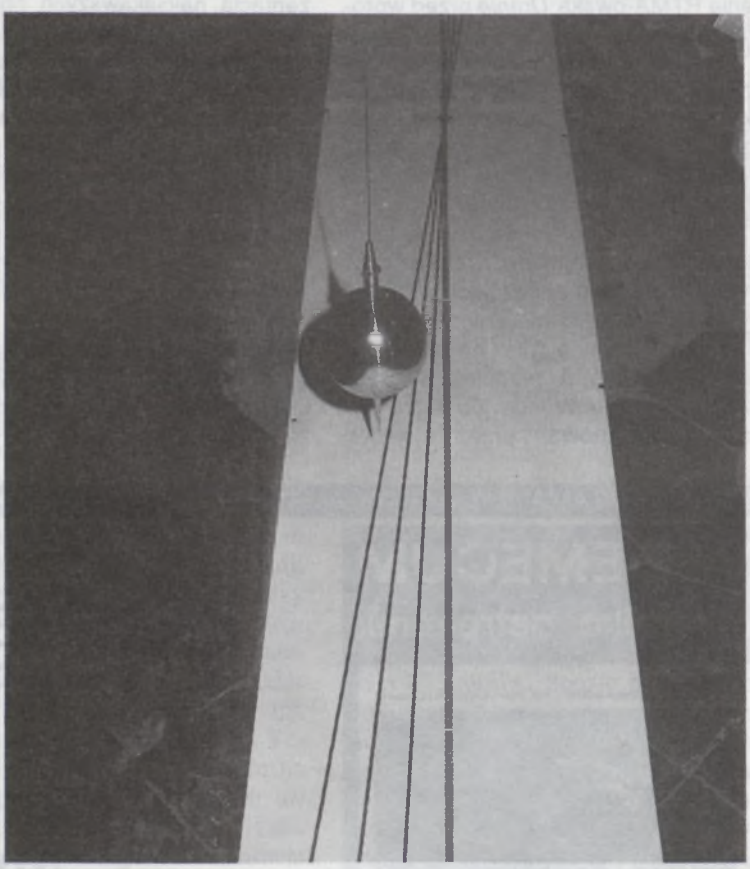
$\dot{\delta} = 15° \sin \phi$ / 1 godzinę gwiazdową
(godzina gwiazdowa jest około 10 sekund krótsza od godziny słonecznej).

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.

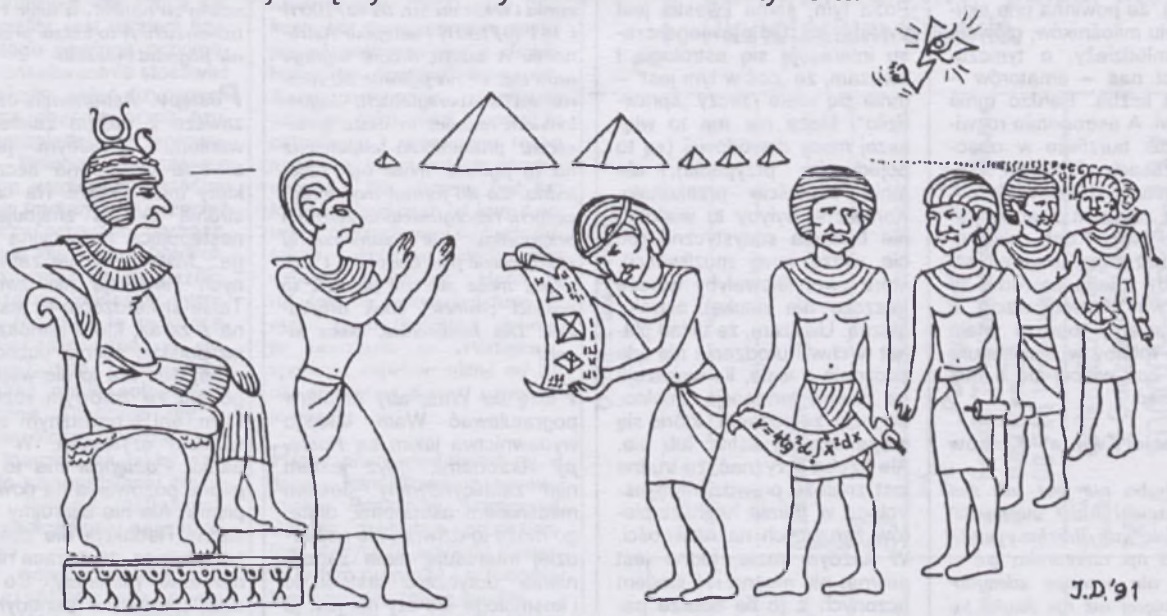
Nienawistny czas biegnie szybko i wszystko się zmienia (tak twierdzi Poeta, więc musi to być prawda). Gwiazdy okazały się ciekawsze. Rzeczywiście, jak długo można się zajmować jakimiś dziesiątymi poprawkami w piętnastym rzędzie rachunku zaburzeń? Tak, gwiazdy, gwiazdy über alles... Była jeszcze maleńka 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

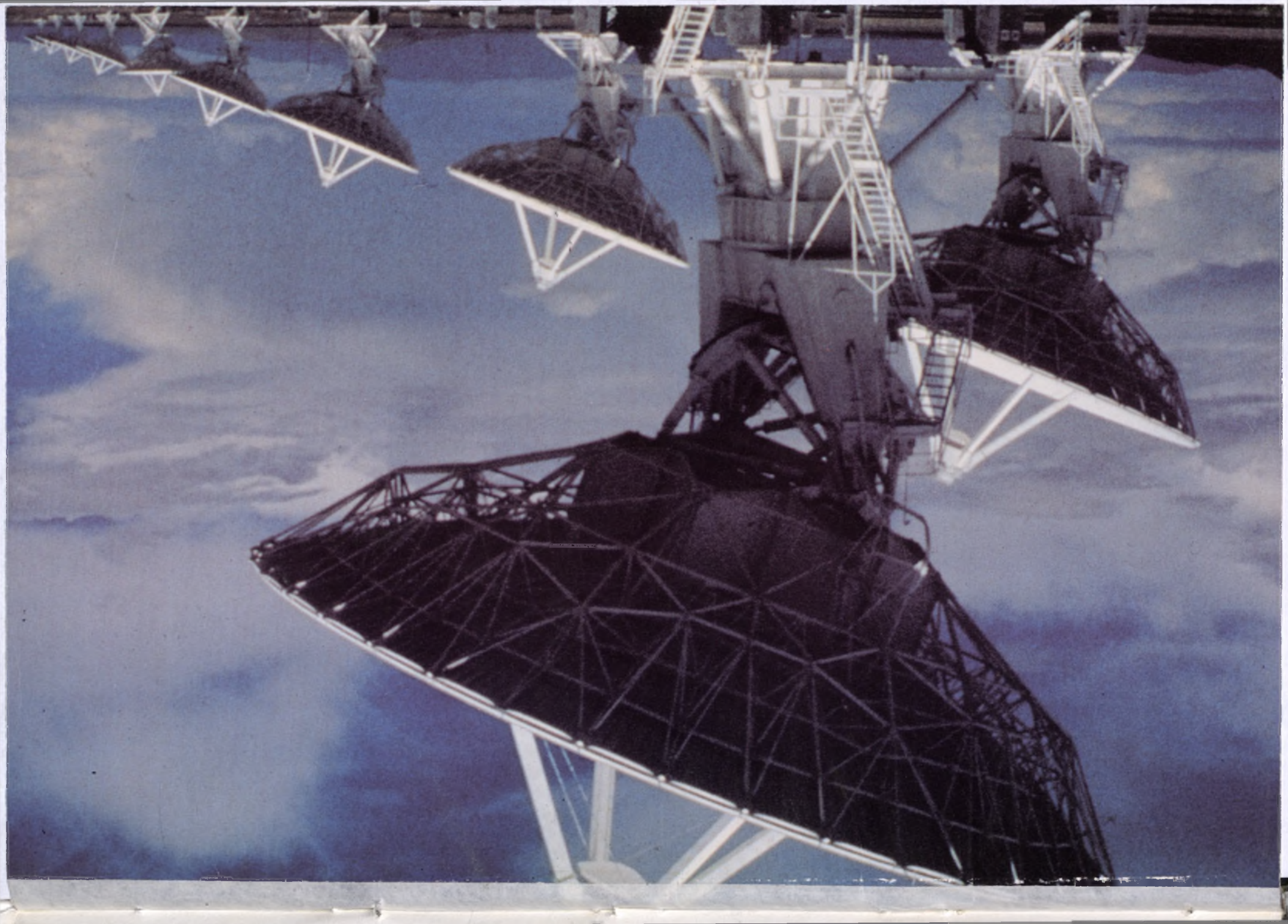
7 – 12 września 1992

❒ **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.).