

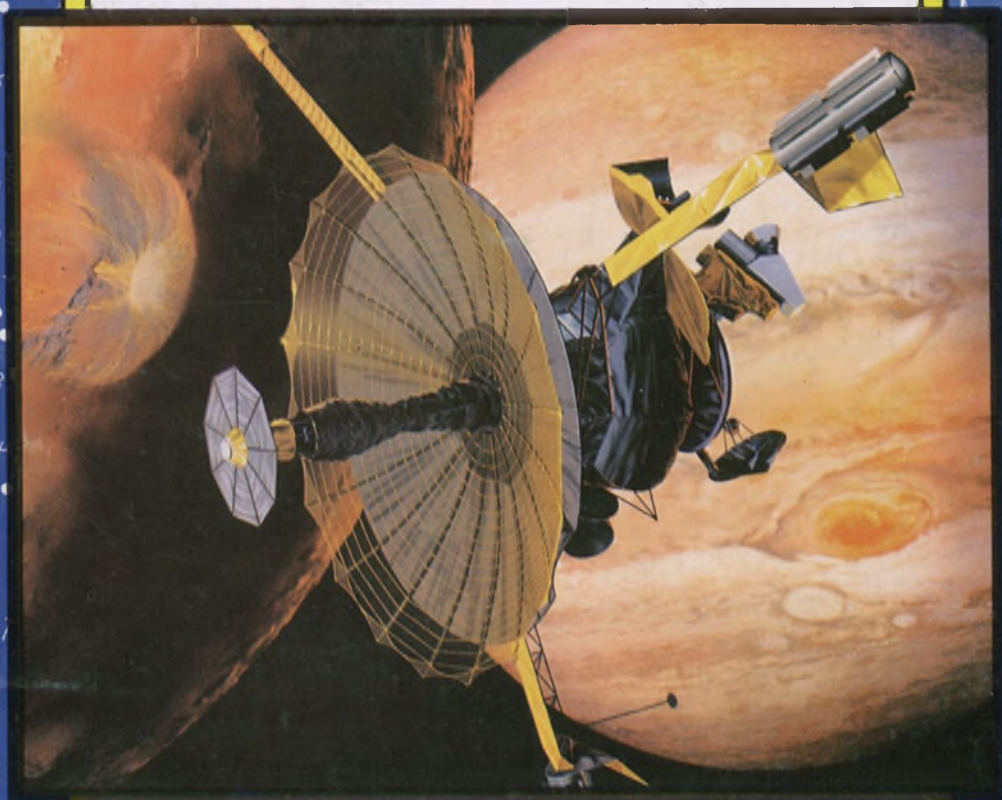
Biblioteka  
Główna  
UMK Toruń

08483/1992

08483/1992

# URANIA

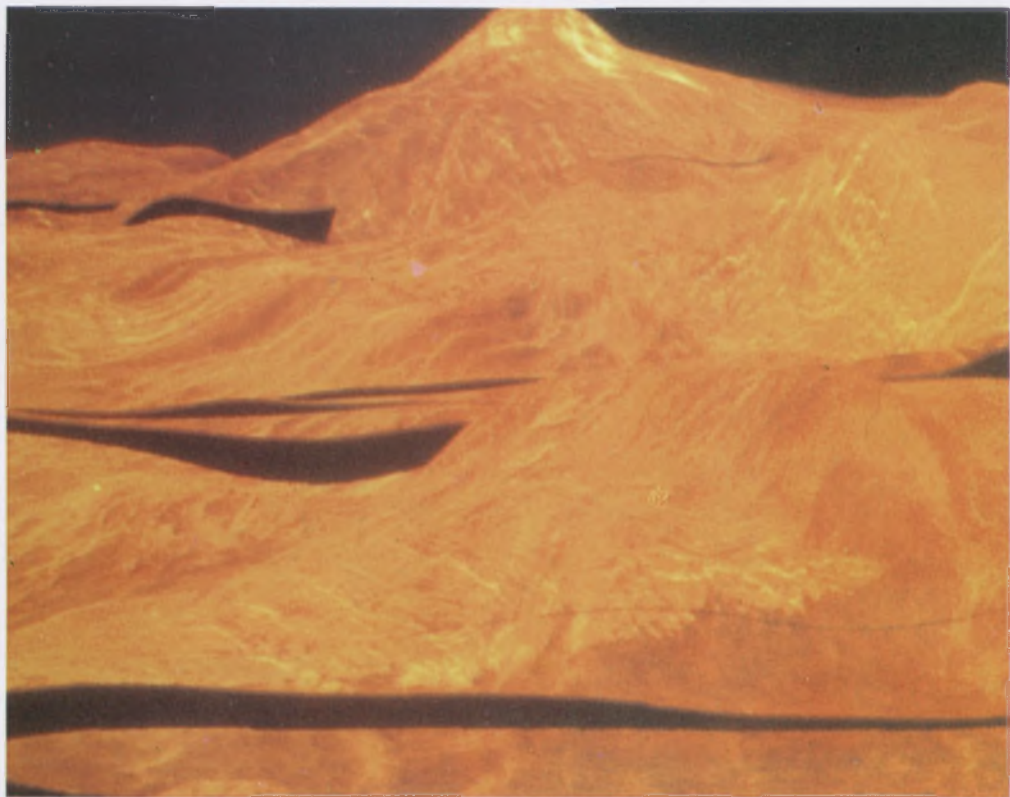
MIESIĘCZNIK  
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII



ROK LXIII

1992

NR 600



08483



WYDANIE SPECJALNE 1992  
Rok LXIII Nr 13 (600)

WYDANO Z POMOCĄ FINANSOWĄ POLSKIEJ AKADEMII  
NAUK, CZASOPISMO ZATWIERDZONE PRZEZ MINISTER-  
STWO OŚWIATY DO UŻYTKU SZKÓŁ OGÓLNOKSZTAŁCA-  
CYCH, ZAKŁADÓW KSZTAŁCENIA NAUCZYCIELI I TECH-  
NIKÓW (DZ. URZ. MIN. OŚW. nr 14 z 1966 r. W-wa, 5. 11. 1966).

## SPIS TREŚCI

### Andrzej Piłski

Wokół gromad kulistych . . . . . 2

### Roman Schreiber

Magnetosfera Neptuna . . . . . 6

### Stanisław R. Brzostkiewicz

Pierwsze wyniki misji Magellan . . . . . 9

### Kronika:

Milisekundowe pulsary  
a gromady kuliste . . . . . 13

Co świeci w Centrum Galaktyki? . . . . . 14

Planeta poza Układem Słonecznym . . . 14

Krzyż Einsteina . . . . . 15

Gdzie się kończy Układ Słoneczny? . . . 16

Niespodziewany wzrost aktywności  
komety Halleya . . . . . 17

Sukces i kłopoty sondy Galileo . . . . . 18

### Kącik Olimpijczyka:

Echo świetlne supernowej 1987 A . . . . 19

### Obserwacje:

Zaćmienie stulecia . . . . . 22

Komunikat nr 8/91 Sekcji

Obserwacji Słońca PTMA . . . . . 25

### Nowości Wydawnicze:

T. Ścieżor, Kalendarz Miłośnika  
Astronomii na rok 1992 . . . . . 26

S. W. Hawking, Krótka

Historia Czasu . . . . . 26

Kalendarzyk Astronomiczny . . . . . 30

*Sześćsetny numer Uranii, który oddajemy w ręce Czytelników, różni się od dotychczasowych. Większy format, lepszy papier, więcej kolorowych ilustracji – to zasadnicze zmiany, które od tego roku zamierzamy wprowadzić. Treści pisma, oczywiście stale – jak dotąd – doskonałe, pozostaną natomiast w niezmiennym w zasadzie kształcie. Sądzymy bowiem, że uformowana siedemdziesięcioletnią tradycją Urania spełnia i dziś zadania sprecyzowane przez jej twórców w pierwszym numerze wydanym w marcu 1922 roku. Chcemy więc nadal służyć miłośnikom astronomii rzetelnymi informacjami o najważniejszych i aktualnych problemach poznawania Wszechświata oraz wszechstronną pomocą w urzeczywistnianiu swych zamiłowań. Pragniemy wszystkim przybliżyć niebo, odsłaniać jego tajemnice, ukazywać piękno, rozbudzać zainteresowania jego niezwykłościami, uczyć rozumnego patrzenia na to, co naszą małą planetę otacza i wokół niej się dzieje, inspirować aktywne uczestnictwo w amatorskim ruchu naukowym. Ukształtowanie tych celów pisma i dochowanie im wierności zawdzięczamy przede wszystkim wybitnym postaciom polskiej nauki, które nie szczędziły trudu by zająć się – gdy pojawiała się tego potrzeba – redagowaniem Uranii. Wspomnijmy w tym miejscu przynajmniej profesorów: Felicjana Kępińskiego – pierwszego redaktora naczelnego w 1922 roku, Eugeniusza Rybkę, Stefana Piotrowskiego, Włodzimierza Zonna czy wreszcie Andrzeja Wróblewskiego – obecnego rektora Uniwersytetu Warszawskiego.*

*Niniejszy numer, wydany w znacznie większym niż zwykle nakładzie, zawiera teksty publikowane już wcześniej w Uranii. Naszym stałym Czytelnikom chcemy w ten sposób pokazać przeobrażenia jakie proponujemy ich pismu, a nowym – których mamy nadzieję pozyskać – pragniemy się przedstawić i zachęcić do przyłączenia się do stosunkowo licznej w Polsce grona miłośników astronomii.*

Andrzej Pilski — *Frombork*

## Wokół Gromad Kulistych

Miłośnikom astronomii hasło „kuliste gromady gwiazd” kojarzy się przeważnie z piękną gromadą M13 w Herkulesie. Ci zwłaszcza, którzy mogli spojrzeć na nią przez większy teleskop, pamiętają piękny, kulisty rój migoczących gwiazdek. Nieliczni astronomowie, którzy mogli zobaczyć gromady kuliste przez wielkie teleskopy, zdolne ukazać barwy poszczególnych gwiazd, wspominają z zachwytem, że centrum gromady przypominało szkatułę pełną topazów, granatów, rubinów i ametystów. Większość z nas musi jednak zadowolić się obrazem mglistego obiektu z gwiazdkami na brzegach.

Nie wydaje się, aby gromady kuliste stanowiły obecnie obiekt szczególnego zainteresowania astronomów. Można odnieść wrażenie, że są to dobrze zbadane obiekty, w których trudno znaleźć coś rewelacyjnego. Na początku 1991 roku pojawiły się jednak w *Sky & Telescope* artykuły, których autorzy dowodzą, że jest inaczej. Informacje tam zawarte wydały mi się na tyle ciekawe, że chciałbym podzielić się nimi z czytelnikami, którzy nie mogą przestudiować tych artykułów w oryginale.

Raymond E. White — astronom z Arizony, który miał szczęście oglądać gromady kuliste przez 4-metrowy teleskop w Cerro Tololo, przedstawił następujące zestawienie powszechnie spotykanych poglądów na temat gromad kulistych:

- Setki gromad kulistych w naszej Galaktyce mają wspólne własności fizyczne.
- Mają one mniejszą obfitość „metali” niż inne, znane ciała niebieskie. Przez „metale” rozumie się tu wszystkie pierwiastki cięższe niż wodór i hel.
- Są najstarszymi obiektami w Galaktyce.
- Są rozłożone sferycznie wokół naszej

Galaktyki, ale ich gęstość rośnie w kierunku jądra galaktycznego.

- Są pełne gwiazd zmiennych, szczególnie typu RR Lyrae.
- Krążą wokół Galaktyki po silnie eliptycznych orbitach nachylonych pod dużym kątem do płaszczyzny Galaktyki.
- W danej gromadzie wszystkie gwiazdy mają ten sam skład chemiczny i wiek.
- System gromad kulistych obiega jądro Galaktyki bardzo wolno w porównaniu ze Słońcem. Ponieważ my pędzimy ze Słońcem, mamy wrażenie, że gromady poruszają się szybko.

Za przedstawienie takiego zestawu informacji żaden egzaminator nie postawił studentowi dwójki. Od czasu do czasu warto jednak uświadomić sobie, jak słabe są miejscami fundamenty wspianego gmachu wiedzy astronomicznej i jak często sądzimy, że jakieś dane są prawdziwe tylko dlatego, że ciągle je słyszmy.

Raymond E. White postanowił wziąć więc pod lupę najczęściej powtarzane informacje o gromadach kulistych i sprawdzić, ile jest w nich prawdy. Nie odkrył oczywiście, że cała nasza wiedza o gromadach kulistych jest fałszywa. Niemniej niektóre twierdzenia nie są tak stuprocentowo pewne, jak się uważa. Pójdźmy więc tropem jego śledztwa.

Ile jest naprawdę gromad kulistych w naszej Galaktyce? Miłośnik astronomii, czytając popularne książki astronomiczne, szybko dojdzie do wniosku, że nie wiadomo. *Astronomia Współczesna* podaje, że około 150. *Astronomia Ogólna*, że około 140, ale trzy razy tyle może być zasłoniętych przez chmury pyłu międzygwiazdowego. *Astronomia z Astrofizyką* podaje, że odkryto ponad 130 gromad kulistych, a ich liczba w Galaktyce wynosi zapewne

200–500. Rekordy bije *Niebo na dłoni* podając, że w naszej Galaktyce znamy ponad 130 000 gromad kulistych. Wydrukowano oczywiście o trzy zera za dużo.

Faktem jest, że ostatnia lista gromad, uwzględniająca ich odkrycia dzięki obserwacjom w podczerwieni, zawiera 146 gromad kulistych uważanych powszechnie za należące do układu Drogi Mlecznej. W przypadku odległych gromad można mieć bowiem co do tego wątpliwości. Ponieważ pył międzygwiazdny w Galaktyce nie przeszkadza zbyt wiele obserwacjom w podczerwieni na falach dłuższych niż 2 mikrony, więc można przyjąć, że nie zauważono najwyżej 50 gromad. Czyli tych setek gromad kulistych w naszej Galaktyce jest najwyżej dwie. Jest to dość mało w porównaniu choćby z galaktyką w Andromedzie.

Nie ulega wątpliwości, że gromady kuliste są rzeczywiście uboższe w „metale” w porównaniu ze Słońcem i innymi gwiazdami dysku Galaktyki. Są jednak gromady biedniejsze, mające 0.001 słonecznej zawartości „metali” i mniej biedne, o zawartości „metali” zbliżonej do Słońca. Podzielono więc gromady kuliste na gromady z halo galaktycznego i gromady z dysku. W tych pierwszych gwiazdy mają stosunek żelaza do wodoru nie większy niż 16% stosunku w Słońcu. Jest ich zdecydowana większość. Ten, wydawałoby się, umowny podział został potwierdzony przez klasyfikację widmową. Okazało się, że gromady o całkowitym typie widmowym wcześniejszym niż G1, a więc gorętsze, są członkami halo, zaś o typie późniejszym, więc chłodniejsze, są członkami dysku.

Miłośnik astronomii lubiący oglądać „mgławice” przez teleskop szybko zauważy, że na letnim niebie ma duży wybór gromad kulistych do oglądania, natomiast zimą trudno zobaczyć jakąś gromadę. Ten fakt jest zgodny z obiegowym poglądem, że wszystkie gromady kuliste znajdują się w kierunku do centrum Galaktyki. Jest to

przesada, ale rzeczywiście zdecydowana większość gromad znajduje się w promieniu  $30^\circ$  wokół gwiazdozbioru Strzelca., w którym jest kierunek do centrum Galaktyki. Jak wiadomo, ten właśnie gwiazdozbiór oglądamy w letnie wieczory.

Gromady kuliste tworzą sferyczny obłok wokół środka Galaktyki, przy czym im bliżej środka, tym więcej gromad. Ponieważ jesteśmy z naszym Słońcem raczej na peryferiach Galaktyki, więc nic dziwnego, że większość gromad widzimy po jednej stronie. Naszą Galaktykę możemy podzielić na dwa elementy składowe: dysk, zbudowany z gwiazd, gromad otwartych i obłoków gazu i pyłu, oraz halo galaktyczne zawierające pojedyncze gwiazdy i większość gromad kulistych, ale bez obłoków materii. Mała zawartość „metali” jest cechą charakterystyczną wszystkich obiektów halo, a nie tylko gromad kulistych.

Astronomowie są zgodni, że gromady kuliste są najstarszymi obiektami w naszej Galaktyce i wszystkie mają prawie 15 miliardów lat z dokładnością do 3 miliardów. Pojawiają się jednak dowody, że choć gromady są rzeczywiście stare, to jednak powstawały one w różnym czasie, w przedziale kilku miliardów lat. Także twierdzenie, że gwiazdy w gromadzie powstały jednocześnie i mają ten sam skład chemiczny, jest kwestionowana. Przykładem jest gromada Omega Centauri, widoczna doskonale gołym okiem z południowej półkuli Ziemi. Sporządzony dla niej diagram Hertzsprung–Russela wskazuje, że gwiazdy tej gromady mają albo różne masy, albo różną zawartość „metali”. Oba wyjaśnienia sugerują różnice wieku. Przy różnych masach różny wiek wynika stąd, że masywniejsze gwiazdy ewoluują szybciej, niż mniej masywne. Różnice w zawartości „metali” sugerują, że gwiazdy powstawały w kolejnych generacjach wzbogacanych w cięższe pierwiastki powstające w gwiazdach poprzedniej generacji i wyrzucane do ośrodka międzygwiazdowego przez supernowe. Mogło jednak być i tak, że gwiazdy

gromady Omega Centauri powstały jednocześnie z chmury, w której pierwiastki były rozłożone nierównomiernie. Obserwuje się różnice zawartości metali w podobnych gwiazdach tej samej gromady. Problem jest więc ciągle dyskusyjny.

Pojawiło się też przypuszczenie, że gromada Omega Centauri powstała z karłowatej galaktyki eliptycznej. Sugerują to choćby zdjęcia tej gromady ukazujące jej lekko eliptyczny kształt. Bardziej istotnym argumentem jest, że karłowate galaktyki eliptyczne wykazują wiele cech podobnych do Omega Centauri i kilku innych gromad jak M3 czy M22. Są ubogie w „metale”, mają podobne diagramy Hertzsprunga–Russela i zawierają dużo gwiazd zmiennych typu RR Lyrae.

Obecność gwiazd zmiennych typu RR Lyrae można rzeczywiście uznać za charakterystyczną cechę gromad kulistych. Przesadą jest jednak twierdzenie, że wszystkie gromady kuliste zawierają te gwiazdy. Wystarczy wskazać tak znane gromady jak M10 i M12 w Wężowniku, gdzie nie znaleziono zmiennych RR Lyrae, o których można by powiedzieć, że z pewnością należą do tych gromad. Wyjątki zdarzają się jednak wszędzie. Kwestionuje się natomiast twierdzenie, że zmienne RR Lyrae znalezione w halo galaktycznym poza gromadami, zostały z tych gromad wyrzucone. Nie ma pewności, że RR Lyrae z gromad i z poza nich są dokładnie tego samego typu. Niektóre dowody wskazują, że nie.

Gromady kuliste krążą wokół centrum Galaktyki po orbitach eliptycznych. Wiadomo, że tak być musi. W przeciwnym razie spadłyby na centrum i problem gromad kulistych by zniknął. Trudno jednak stwierdzić, jakie to są orbity. Tylko 75 gromad kulistych, a więc mniej więcej połowa znanych, ma zmierzone prędkości radialne. 63 z nich są gromadami halo galaktycznego, a 12 to gromady dysku zgodnie ze wspomnianym wcześniej podziałem. Mimo skromnej ich liczby można wyzna-

czyć składowe ruchu Słońca względem systemu gromad. Dla wszystkich gromad łącznie są one zgodne z tymi, które wyznaczono z ruchów własnych gwiazd. Gry natomiast podzielimy gromady na podgrupę z halo i podgrupę z dysku stosując kryterium zawartości „metali” okazuje się, że ruch Słońca względem każdej podgrupy wygląda inaczej. Względem gromad z halo galaktycznego Słońce porusza się z prędkością bliską swej prędkości orbitalnej, co oznacza, że względem centrum Galaktyki ruch tych gromad jest bardzo powolny. Względem gromad z dysku galaktycznego Słońce prawie się nie porusza, czyli uczestniczą one z podobnymi do słonecznej prędkościami w ruchu wokół środka Galaktyki. Występuje natomiast ruch Słońca względem tych gromad w kierunku prostopadłym do płaszczyzny Galaktyki. Może to być skutek własnego ruchu słońca, które obiega centrum Galaktyki „podskakując” sobie przez cały czas czyli przechodząc spod płaszczyzny dysku galaktycznego ponad płaszczyznę i z powrotem w okresie ok. 65 mln lat. Jednak 12 gromad jest trochę małą próbką, aby z niej wyciągnąć przekonujące wnioski.

Po odkryciu, że część gromad kulistych emituje promieniowanie rentgenowskie, upowszechnił się pogląd, że promieniowanie to jest wysyłane przez materię spadającą do czarnej dziury wewnątrz gromady. Czarna dziura powinna jednak być w środku gromady, a źródła promieniowania rentgenowskiego są z reguły poza środkiem. Promieniowanie rentgenowskie może także pochodzić z gwiazd podwójnych, których składniki krążą blisko siebie (tzw. ciasne układy). Gdy w takiej parze karzeł lub gwiazda neutronowa ściąga zewnętrzną atmosferę drugiej gwiazdy na dysk akrecyjny wokół siebie, przepływająca materia staje się dostatecznie gorąca, by emitować promienie X. Teoretycy znaleźli kilka powodów, dla których ciasne układy podwójne mogłyby powstawać w gęstych jądrach gromad.

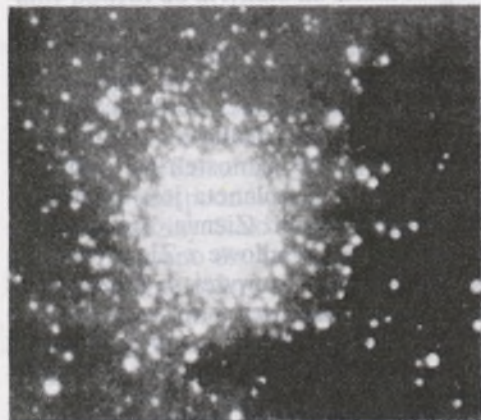


Fot. 1. Jedna z najjaśniejszych gromad kulistych na niebie — Omega Centauri (NGC 5139), którą można dostrzec nawet gołym okiem (ale w naszych szerokościach geograficznych jest niestety niewidoczna).

Chociaż trudno to sobie wyobrazić obserwatorom korzystającym z małych teleskopów i mającym problemy z zobaczeniem pojedynczych gwiazd w M13, gromady kuliste znaleziono dotąd w około 50 galaktykach różnych rozmiarów i typów. W galaktyce M31 zdołano nawet rozdzielić gromady na pojedyncze gwiazdy. Okazało się, że z reguły im większa galaktyka tym więcej ma gromad. Jednak galaktyki eliptyczne mają przeważnie więcej gromad, niż spiralne, a galaktyki w małych gromadach galaktyk mają zwykle mniej gromad kulistych niż galaktyki w dużych gromadach. Najwięcej gromad kulistych mają olbrzymie galaktyki eliptyczne znajdujące się w środku gromad galaktyk. Typowym przykładem jest galaktyka M87 w środku gromady galaktyk w Paninie, licząca 5 razy więcej gromad kulistych niż nasza Galaktyka. Przyczyna tego nie jest jeszcze znana.

Czy gromady kuliste innych galaktyk są podobne do tych wokół naszej Galak-

tyki? Wiele wskazuje, że tak. Co ciekawsze gromady kuliste są nawet bardziej do siebie podobne niż ich macierzyste galaktyki. Pod względem jasności i barwy mało różni np. gromady kuliste naszej Galaktyki spiralnej i galaktyki eliptycznej M87



Fot. 2. Zdjęcie gromady kulistej M80 wykonane za pomocą teleskopu NTT w Europejskim Obserwatorium Południowym w Chile.

w Pannie. Szereg faktów obserwacyjnych wskazuje, że są one podobnie stare. Wydaje się więc, że pierwsze procesy formowania się gwiazd przebiegały podobnie w różnych częściach Wszechświata.

Dzięki wykorzystaniu detektorów CCD udało się przebadać duże galaktyki eliptyczne w gromadzie galaktyk w Pannie, oddalonej o ok. 65 mln lat świetlnych od nas. Ponieważ te galaktyki są blisko siebie w porównaniu z odległością od nas, więc łatwo można porównywać ich systemy gromad kulistych. Zaobserwowano, że najwięcej gromad kulistych ma jasność  $24^m7$  czyli taką, jaką powinny mieć, gdyby były podobne do gromad naszej Galaktyki. Stwierdzono też, że gromady kuliste w galaktyce M87, mającej ich wyjątkowo dużo, niczym się nie różnią od gromad w przeciętnych galaktykach eliptycznych. Nawet gromady kuliste w najdalszej galaktyce, w której udało się je dostrzec, oddalonej o 450 mln lat świetlnych, są tak jasne, jak się spodziewano zakładając podobieństwo do gromad naszej Galaktyki. Gdyby udało się ustalić przyczynę tego podobień-

stwa gromad w różnych galaktykach, prawdopodobnie rozumielibyśmy znacznie lepiej, jak te galaktyki powstawały.

Badanie gromad kulistych w coraz odleglejszych galaktykach nie zmienia faktu, że są kłopoty z zupełnie bliskimi gromadami. Wśród gwiazd gromady powinny znajdować się także białe karły. W najbliższych gromadach powinny one być 23 wielkości gwiazdowej. Tymczasem przebadano w bliskich gromadach gwiazdy do 25 wielkości gwiazdowej, a karłów ani śladu. Inny kłopot, to gromady kuliste w Obłokach Magellana. W Wielkim Obłoku Magellana jest kilka starych i jasnych gromad mających około 15 mld lat i wiele młodszych niż 3 mld lat. Gromad o późnym wieku prawie nie ma. Za to są one w Małym Obłoku Magellana, który z kolei prawdopodobnie nie ma wcale starych gromad. W naszej Galaktyce trudno natomiast znaleźć gromadę młodszą niż 12 mld lat. Jak dotąd jedyną odpowiedzią na te kłopoty jest „trzeba więcej obserwacji”. Naukowcy mają nadzieję, że dostarczą ich Teleskop Kosmiczny Hubble'a.

Roman Schreiber — *Toruń*

## Magnetosfera Neptuna

Po 12 latach lotu sonda Voyager 2 dotarła w sierpniu 1989 roku do ostatniej na swojej trasie planety Układu Słonecznego — Neptuna. Odległa o 4.5 miliarda kilometrów (30 jednostek astronomicznych) od Słońca planeta jest oświetlona 900 razy słabiej niż Ziemia. Zimny, ciemny świat... Fale radiowe z Ziemi wędrują w jedną stronę powyżej 4 godzin, moc sygnałów odbieranych z Voyagera jest rzędu  $10^{-16}$  W (przykładowo moce lokalnych nadajników UKF na Ziemi mogą być rzędu kilowatów). Wysłuchany próbnik nie zawiodł jednak oczekiwań swoich konstruktorów i dostarczył kolejny już raz fascynujących materiałów. Chociaż Voyager 2

nie spotka już na swojej drodze kolejnej planety (Pluton znajduje się obecnie wewnątrz orbity Neptuna) ogniwo jądrowe może jeszcze dostarczać energii urządzeniom próbnika przez 25 lat. Być może uda się dotrzeć do heliopauzy — granicy heliosfery, czyli obszaru kontrolowanego przez wiatr słoneczny i pole magnetyczne Słońca. Inaczej mówiąc, Voyager 2 opuści olbrzymi bąbel wydmuchany przez wiatr słoneczny w materii międzygwiazdowej pogrążając się w tej ostatniej.

O sukcesie misji zdecydował przypadek... Początkowo planowano podróż do wszystkich planet zewnętrznych: tzw. „Grand Tour” — raz na 176 lat wzajemnie



Fot. 1. Sonda kosmiczna Voyager.

ustawienie Jowisza, Saturna, Urana, Neptuna i Plutona pozwala na dotarcie do każdej z planet po kolei w sumarycznym czasie 12 lat. Można to było zrobić np. w latach 1976–1978. Brak funduszy spowodował okrojenie wyprawy do odwiedzin Jowisza i Saturna. Mimo to przygotowywano obydwie próbniki do przedłużonej misji z perspektywą odwiedzin Urana i Neptuna.

20 sierpnia 1977 wystrzelono Voyagera 2, a 5 września poleciał Voyager 1 (tego dnia ustawienie planet sprzyjało jeszcze przelotowi w pobliżu Jowisza i Saturna — Uran i Neptun były już niedostępne). Zatem jedynie Voyager 2 mógł odwiedzić cztery planety zewnętrzne. Miał też trochę szczęścia — rakieta która wyniosła Voyagera 1 na orbitę okazała się słabsza (silnik pierwszej części dwuczłonowej rakiety Titan–Centaur wyłączył się za wcześnie). Wystarczyło co prawda energii na skierowanie próbnika do Jowisza i Saturna, gdyby jednak zamienić próbniki miejscami, Voyager 2 nie miałby dostate-

cznie dużej prędkości, by odbyć swoją fantastyczną podróż. Fundusze też się szczęśliwie znalazły...

Ale wróćmy w okolice Neptuna, do dużo mniejszej wnęki utworzonej w wietrze słonecznym zwanej magnetosferą Neptuna (w tym miejscu proponuję ewentualny powrót do artykułu na temat magnetosfery Urana wydrukowanego w numerze lutowym *Uranii* z 1989 roku).

Voyager napotkał falę uderzeniową w odległości ok. 860 tys. km (po stronie odslonecznej) od centrum planety. Samo przejście próbnika do wnętrza magnetosfery było nadspodziewanie długie i trwało powyżej godziny. Stało się to, czego wcześniej oczekiwano dla Urana — sonda weszła do magnetosfery od strony czapy polarnej. Dla Urana wydawało się to naturalne ze względu na małe nachylenie osi obrotu do płaszczyzny ekliptyki. Jednak oś dipola magnetycznego tworzy tam duży ( $60^\circ$ ) kąt z osią obrotu planety i oczekiwania nie spełniły się. Oś obrotu Neptuna natomiast tworzy z płaszczyzną ekliptyki kąt

61.2°, kąt między osią obrotu planety a osią dipola magnetycznego wynosi około 47°. W sumie w trakcie zbliżenia do Neptuna warunki sprzyjały wejściu do magnetosfery od strony czapy polarnej.

Po Uranie Neptun okazał się zatem drugą planetą o dużym kącie między osią obrotu planety a osią dipola magnetycznego. Sam dipol jest przesunięty względem środka planety o ok. 55% (promień Neptuna wynosi tu 100%). Dla Urana podobne przesunięcie wynosi 30%. Zmusza to do ponownego przemyślenia niektórych zagadnień związanych z teorią dynamy planetarnej. Po zbliżeniu się do planety okazało się, że pole ma dużo bardziej skomplikowaną strukturę. Wydaje się, że przynajmniej częściowo wytwarzane jest przez prądy powstające stosunkowo blisko jej powierzchni. Mierząc natężenie pola na samej powierzchni otrzymalibyśmy zależnie od miejsca pomiaru wartości od 0.06 do 2.1 gaussa. Przybliżenie dipolowego pola magnetycznego jest natomiast dobrze spełnione dla odległości 4–15  $R_N$ .

O swoim istnieniu magnetosfera Neptuna dała już znać wcześniej. Około 5 dni przed maksymalnym zbliżeniem do planety zaobserwowano sporadyczne, wąskopasmowe, silnie spolaryzowane emisje radiowe w pasmie 100–300 kHz. Dokładniejsza analiza danych pozwoliła na zidentyfikowanie podobnych emisji już na 30 dni przed przelotem w pobliżu planety. Widziano je jeszcze 22 dni w czasie oddalania się Voyagera od Neptuna. Widoczność emisji była związana z obrotem planety. Dało to możliwość bardzo dokładnej oceny okresu rotacji – przed zbliżeniem szacowano go na 17<sup>h</sup>50<sup>m</sup>, po uwzględnieniu obserwacji radiowych skrócił się do 16<sup>h</sup>7<sup>m</sup> z odchyleniem standardowym 3<sup>m</sup>. Emisje radiowe świadczą o istnieniu pola magnetycznego planety. Modulacja związana z okresem rotacji świadczy natomiast o względnym nachyleniu osi dipola i osi rotacji planety. Może to

być również wynikiem asymetrii pola magnetycznego o strukturze bardziej złożonej niż dipolowa. W przypadku Neptuna mamy do czynienia z obydwoma przyczynami. Globalne widmo emisji radiowych jest podobne do widma emisji Urana, jednak moc jest dużo niższa.

Nie zaobserwowano natomiast tak charakterystycznych dla Jowisza, Saturna czy nawet Urana wiązek jonów emitowanych przez magnetosfery w kierunku próbnika. Jest to prawdopodobnie związane ze specyficzną konfiguracją pola magnetycznego planety w stosunku do pola międzyplanetarnego (stąd wynikło m. in. wejście sondy do magnetosfery poprzez obszar czapy biegunowej).

Wewnątrz magnetosfery obserwowano fale związane ze skomplikowanymi drganiami własnymi plazmy (zwykle takie fale zwane plazmowymi nie oddalają się zbyt od obszarów generacji, choć nie są wykluczone transformacje prowadzące do powstania fal elektromagnetycznych mogących już wydostać się poza obszar źródła). Najsilniejsze emisje związane były z przecięciem płaszczyzny pierścieni planety – drobiny pyłu zderzając się z korpusem próbnika odparowywały jonizując swoje otoczenia i indukując na antenach odbiornika ładunki elektryczne. Obserwowano do 250 takich zderzeń na sekundę.

Inny rodzaj obserwowanych fal związany był z tzw. górnym rezonansem hybrydowym. Znając natężenie lokalnego pola magnetycznego (np. z pomiarów magnetometru) można na podstawie częstotliwości rezonansu obliczyć gęstość elektronów w pobliżu anten odbierających wspomniane fale. Można to zrobić i innymi metodami – posługując się np. pomiarami detektorów cząstek. Pomiaru można potem porównać... Otrzymano gęstość rzędu 0.1 cm<sup>-3</sup>. Podobnie jak w przypadku Urana (a zupełnie inaczej niż dla Jowisza i Saturna) pole magnetyczne nie różni się zbyt od pola w próżni.

Plazma nie wpływa na kształt magnetyksfery. Ciśnienie zjonizowanego gazu jest po prostu zbyt niskie.

Tak jak i w przypadku pozostałych wielkich planet i dla Neptuna mamy do czynienia z pasem radiacyjnym – cząstkami naładowanymi uwięzionymi w polu magnetycznym planety. Wewnątrz skomplikowaną (z punktu widzenia współrzędnych dipola magnetycznego) trajektorię zakreśla księżyc Neptuna Tryton. W związku z tym jego oddziaływanie z magnetyksferą jest bardziej skomplikowane niż w przypadku Jowisza, Saturna czy Urana. Nie wszystko jest tu zrozumiałe.

Bombardowane przez naładowane cząstki atmosfery Neptuna i Trytona świecą – jest to zjawisko zorzy polarnej. Nie są to zorze podobne do ziemskich, skomplikowana struktura pola powoduje pojawianie się świecenia zorzowego w różnych obszarach planety (dla Ziemi widzimy je praktycznie jedynie w okolicach podbiegunowych). Nie ma jeszcze pewności co do bilansu energetycznego tego świecenia (tzn. ile i o jakich energiach cząstek bierze udział w pobudzaniu atmosfery do świecenia). Jest to o tyle trudne zadanie, że obserwując zorze polarne z większej odległości mamy informację o ich global-

nym rozkładzie, natomiast pomiary energii cząstek odpowiedzialnych za te świecenia można przeprowadzić jedynie w punktach wzdłuż trajektorii próbnika.

Bombardowanie przez cząstki naładowane powierzchni księżyców jak i okoliczów materii, z której zbudowane są pierścienie, może zmieniać ich albedo (tak samo jak w przypadku Urana). Powierzchnie stają się ciemne po upływie stosunkowo krótkiego czasu ( $10^5$  –  $10^6$  lat).

Część materii jest przy spotkaniu z energetycznymi cząstkami wyrzucana w otaczającą przestrzeń. Wydaje się, że plazma wypełniająca magnetyksferę Neptuna jest właśnie przede wszystkim lokalnego pochodzenia. Nie ma praktycznie plazmy pochodzącej z wiatru słonecznego.

Niniejszy artykuł mówi jedynie o wstępnych wynikach badań magnetyksfery Neptuna przez Voyagera 2. Na definitywne wnioski jest jeszcze za wcześnie, w niektórych sprawach nie uda się ich być może osiągnąć. Jest natomiast pewne, że misje Voyagerów zmieniły dogłębnie naszą wiedzę o wielkich planetach. Może lepiej byłoby powiedzieć, że jej większość udało się zdobyć właśnie podczas tej fantastycznej podróży.

Stanisław R. Brzostkiewicz – *Dąbrowa Górnicza*

## Pierwsze wyniki misji Magellan

Współczesny popularyzator astronomii ma o wiele łatwiejsze zadanie od swych poprzedników sprzed wieku. W każdym razie na brak interesujących tematów nie może narzekać, gdyż te pojawiają się niczym „grzyby po deszczu”, w czym szczególnie dużą zasługę ma astronautyka. Dotyczy to zwłaszcza astronomii Układu Słonecznego, bo to głównie dzięki badaniom astronautycznym coraz więcej wiemy o naturze bliższych i dalszych planet, o obiegających je księżycach i o ich rze-

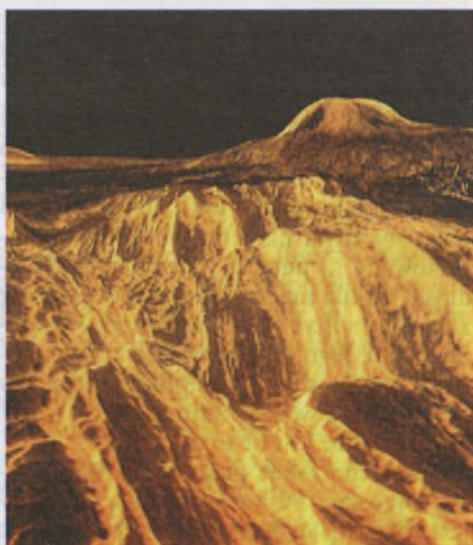
czywistej liczbie. Niedawno na przykład wielu nadzwyczaj ciekawych informacji o odległym układzie Neptuna dostarczyła nam aparatura zainstalowana na pokładzie sondy Voyager-2, obecnie zaś możemy podziwiać rewelacyjne obrazy radarowe różnych utworów topograficznych Wenus, dokoła której od 10 sierpnia 1990 roku krąży amerykańska sonda kosmiczna Magellan. Obrazy te mają posłużyć do opracowania dokładnej mapy planety.

Nowe obrazy radarowe niektórych



Fot. 1. Wizja malarska sondy kosmicznej Magellan (fot. NASA).

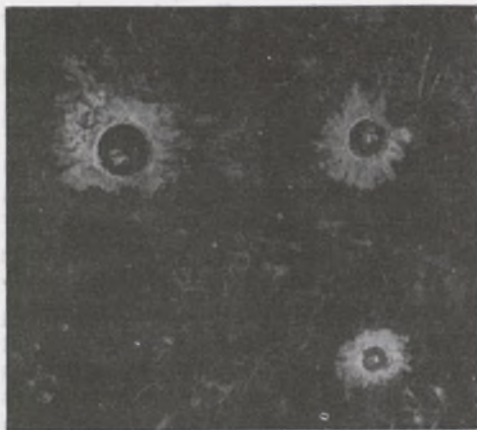
utworów topograficznych Wenus zostały po raz pierwszy zaprezentowane 25 września 1990 roku na konferencji prasowej zorganizowanej przez kierownictwo Laboratorium Napędu Odrzutowego (Jet Propulsion Laboratory) w Pasadenie. Na obrazach tych widać szczegóły o średnicy 120 metrów. Dla porównania warto przypomnieć, że za najlepsze dotąd uchodziły obrazy radarowe otrzymane zarówno za pomocą olbrzymiego radioteleskopu w Arecibo (Puerto Rico), jak też przekazane przez radzieckie sondy kosmiczne Wenera-15 i Wenera-16. Są one jednak dużo gorszej jakości i przede wszystkim mają prawie dziesięciokrotnie mniejszą zdolność rozdzielczą. Doskonale ilustruje to zaprezentowany na wspomnianej konferencji „fotomontaż”, na którym przedstawiono wenusjański krater Golubkiny (nosi on nazwisko żyjącej w latach 1864–1927 rosyjskiej rzeźbiarki Anny Golubkiny). Dolna, lewa część owego fotomontażu przedstawia obraz uzyskany w roku 1980 za pomocą sondy Wenera, natomiast górną, prawą jego część tworzy obraz przekazany w roku 1990 przez



Fot. 2. Typowy rejon wulkaniczny na powierzchni Wenus (fot. NASA).

aparaturę sondy Magellan. Ta część zawiera całe bogactwo szczegółów i jednocześnie definitywnie przekonuje nas o tym, iż leżący w podbiegunowych okolicach Wenus krater Golubkiny (współrzędne afrodytograficzne: 60,5° szerokości północnej i 286,5° długości wschodniej) jest tworem uderzeniowym, powstałym w wyniku upadku olbrzymiego meteorytu. Wyraźnie widać to zwłaszcza na wytworzonym za pomocą komputera „trójwymiarowym”, perspektywicznym obrazie krateru, przypominającego do złudzenia krater Ciołkowskiego na odwrotnej stronie Księżyca. Wprawdzie krater Golubkiny ma tylko 34 km średnicy (średnica wymienionego krateru księżycowego wynosi aż 240 km), to jednak on także posiada wyraźnie tarasowaty wał górski, otaczający ciemniejsze i gładkie dno, pośrodku którego wznosi się okazały masyw górski. To także przemawia za meteorytowym pochodzeniem opisanego struktury topograficznej Wenus.

Podobne, wielokilometrowe kraterki meteorytowe nie należą na Wenus do rzadkości. Dowodzi tego chociażby przekazany



Fot. 3. Fragment Równiny Lawinii z trzema dużymi kraterami meteorytowymi obejmujący obszar o wymiarach 550x500 km (fot. NASA).

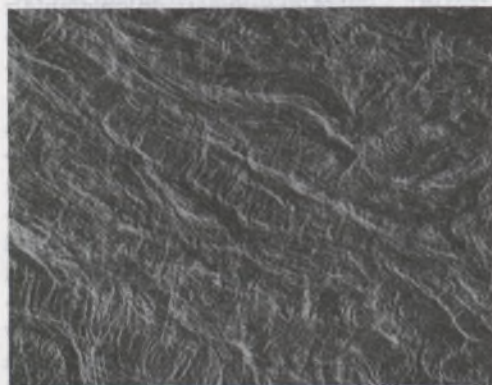
przez aparaturę radarową Magellana obraz Równiny Lawinii (Lavinia Planitia), a ściślej mówiąc – północna część tej krainy (współrzędne afrodytograficzne środka omawianego obrazu: 27° szerokości południowej i 339° długości wschodniej (fot. 3) gdzie znajdują się trzy okazałe, bezimiennie na razie kraterzy meteorytowe (ich średnice mierzą od 37 do 50 km). Brak tu natomiast – podobnie jak i w innych rejonach planety – mniejszych utworów tego typu, gdyż – jak się przynajmniej dziś tłumaczy – małe meteoryty nie mają tyle siły, aby przebić grubą i gęstą atmosferę Wenus. Atmosfera ta – zdaniem niektórych uczonych – powstała około 400–800 milionów lat temu w następstwie wzmożonej aktywności wulkanicznej, która być może jeszcze nie wygasła i przypuszczalnie do dziś utrzymuje się na dość wysokim poziomie. Zdają się o tym świadczyć liczne struktury topograficzne odkryte na powierzchni Wenus zarówno przez dawniejsze sondy kosmiczne, jak i przez aparaturę Magellana. Wystarczy dokładniej przyjrzeć się opisanemu wyżej obrazowi Równiny Lawinii, by w południowo-wschodniej części tej krainy (prawy, dolny róg obrazu) dostrzec

liczne kopuły, z wyglądu do złudzenia przypominające ziemskie wulkany tarczowe. Te wenusjańskie mają od 1 do 12 km średnicy i typowe dla takich struktur „jamki” centralne.

Podobne struktury topograficzne odkryto na pograniczu Równiny Guinewry (Guinevere Planitia) a Krainą Eistly (Eistla Regio). Otrzymany za pomocą sondy Magellana obraz pokrywa obszar o rozmiarach 75x45 km (współrzędne afrodytograficzne środka obrazu: 25° szerokości północnej i 330,6° długości wschodniej), na którym znajduje się co najmniej tuzin tego typu struktur topograficznych (fot. 2). Ta okolica Wenus jest interesująca i z tego powodu, że pokrywa ją zawiła sieć „nitkowych” struktur, z „lotu ptaka” wyglądających niczym ogromna sieć pajęczka. O naturze tych przedziwnych tworów topograficznych na razie nie potrafimy nic pewnego powiedzieć nie mówiąc już o mechanizmie ich powstawania. Można jednak przyjąć, że mamy tu do czynienia z wylewem dużej ilości magmy, która po zastygnięciu popękała na skutek zapadnięcia się terenu. W tym przypadku tajemniczą „sieć pajęczką” tworzyłyby urwiska skalne, jaśniejsze od strony południowo-zachodniej, gdyż przypuszczalnie te ich fragmenty – podobnie jak południowo-zachodnie zbocza występujących tu kopuł wulkanicznych – nie są pokryte pyłem wulkanicznym, by mógł on zostać „zdmuchnięty” przez wiatr wiejący od strony północno-wschodniej. Dziś oczywiście za wcześniej jeszcze na to, aby zdecydowanie opowiadać się za powyższą hipotezą. Po wnikliwej analizie obrazów otrzymanych za pomocą sondy Magellana może się przecież okazać, że zupełnie inny proces jest odpowiedzialny za powstanie tak interesujących tworów topograficznych. Ale zapewne dużo więcej trudności przysporzy planetologom faktura powierzchni krainy leżącej na południe od Płaskowyżu Lakshmi (Lakshmi Planum), ściślej zaś mówiąc – pomiędzy Równiną Guinewry a



Fot. 4. Fragment Płaskowyżu Lakshmi obejmujący obszar 37x80 km (fot. NASA).



Fot. 5. Kraina Alfa w rejonie Lawinii (współrzędne afrodytograficzne środka obrazu: 24° szer. południowej, 2° dł. wschodniej), obraz obejmuje obszar około 125x150 km (fot. NASA).

Równiną Sedny (współrzędne afrodytograficzne środka obrazu omawianej tu krainy: 30° szerokości północnej i 333,3° długości wschodniej (fot. 4)). Widać tu dwie serie równoległych względem siebie tworów liniowych, przecinających się niemal dokładnie pod prostymi kątami. Szczególnie

gólnie intrygujące są linie słabsze i przez to samo ledwo widoczne na obrazie przekazanym przez aparaturę sondy Magellan. Leżą one mniej więcej w jednakowych od siebie odstępach (około 1 km) i rozciągają się poza granicę obrazu, który pokrywa obszar mający 37 km szerokości i 80 km długości. Jaśniejsze, lepiej widoczne struktury zdają się być młodszymi tworami i jakby pokrywają linie słabsze, odstępy między nimi są mniejsze, nie wykazują przy tym takiej regularności, mają też różną długość. Na pierwszy rzut oka otrzymany za pomocą Magellana obraz może się komuś kojarzyć z fotografią porzaskanej płyty zbrojonego betonu, ukazującej sieć starannie ułożonych prętów stalowych. Ludzie obdarzeni nadmiarem fantazji (a takich nie brakuje) gotowi są wątpić w naturalne pochodzenie rzeźby terenu tej krainy i zapewne uznają owe tajemnicze struktury za twory sztuczne, pozostawione przez wymarłą cywilizację wenusjańską. W każdym razie zwolennicy poglądów Ericha von Dänikena zyskują nowy argument...

Niewątpliwie również ciekawy jest obraz powierzchni okolicy leżącej na pograniczu Krainy Asterii (Asteria Regio) i Krainy Feby (Phoebe Regio). Na powyższym obrazie, pokrywającym obszar mający około 40 km szerokości i około 600 km długości, widzimy cały kompleks zawiłych kanionów. Biegną one głównie z północnego wschodu na północny zachód (owe kaniony w przybliżeniu mają łukowate kształty), ich szerokość wynosi od 5 do 10 km, długość od 50 do 100 km, a otaczające je wały górskie wznoszą się o około 100 metrów ponad przyległy teren. Mechanizm powstawania tych niezwykłych formacji topograficznych Wenus też nie jest jeszcze znany, choć niektórzy dopatrują się w nich pęknięć skorupy planety, powstałych na skutek jej gwałtownego rozciągania. Być może i w tym przypadku, pewną rolę odegrała aktywność wulkaniczna, ślady takiej działalności tu także

występują, świadczą o niej chociażby potoki świeżo, zdaje się, zastygłej lawy. Nie byłoby w tym nic nadzwyczajnego, twory pochodzenia wulkanicznego nie należą na Wenus do rzadkości, spotykamy się z nimi właściwie na każdym kroku. Na przykład na południowy wschód od Krainy Feby (współrzędne afrodytograficzne: 24° szerokości północnej i 292° długości wschodniej) odkryto dwie depresje nieregularnego kształtu, z których większa ma rozmiary 8 x 3,6 km i przypomina ziemską kalderę wulkaniczną (podobne twory występują w wulkanach tarczowych typu hawajskiego). Już to samo mówi, że pod wieloma względami Wenus mimo wszystko podobna jest do Ziemi, a w każdym razie ma powierzchnię bardziej urozmaiconą niż dotąd sądzono. Jednakże coś więcej na ten temat będzie można powiedzieć dopiero po zakończeniu misji sondy Magellan i po wnikliwej analizie uzyskanego za jej pomocą materiału.

Pomocne w tych badaniach mogą okazać się materiały uzyskane za pomocą wystanej 18 X 1989 roku ku Jowiszowi sondy Galileo. Bo chociaż jej głównym celem jest największa planeta Układu Słonecznego, to jednak porusza się ona po skomplikowanej trajektorii, zwanej w skrócie VEEGA (Venus–Earth–Earth Gravity Assist). Po prostu celem nadania sondzie odpowiedniej prędkości pomknęła ona najpierw ku Wenus (w dniu 10 lutego 1990 roku minęła planetę w odległości 14 700 km), następnie dwukrotnie przeleci obok Ziemi (8 grudnia 1990 roku w odległości 950 km oraz 8 grudnia 1992 roku w odległości 310 km) i dopiero po tym wyczynie uda się w kierunku docelowej planety, którą ma osiągnąć 7 grudnia 1995 roku. Tak więc niejako przy okazji sonda Galileo przyjrzała się Wenus i uzyskane wtedy materiały mogą wzbogacić dane przekazane przez sondę Magellan (patrz Kronika).

## KRONIKA

### Milisekundowe pulsary a gromady kuliste

Kilka ostatnich lat przyniosło odkrycie 13 milisekundowych pulsarów w (12 różnych) gromadach kulistych. Łatwo to zrozumieć – milisekundowe pulsary to najprawdopodobniej stare gwiazdy neutronowe w układach podwójnych. Taki zaś układ najłatwiej się tworzy w masywnym i gęstym jądrze gromady kulistej: albo pojedyncza gwiazda „przechwytuje” przepływowo gwiazdę neutronową, albo w wyniku „zderzenia” jedna ze zwykłych gwiazd w układzie podwójnym zostaje zamieniona neutronową. Poszukiwania dalszych milisekundowych pulsarów należało więc prowadzić w gromadach kulistych. Wybrano gromadę 47 Tucanae, bo jest ona jak na gromadę kulistą wyjątkowo bliska (tylko 4,1 kps, tzn. dwa razy mniej niż średnia odległość galaktycznych gromad kulistych), a poza tym ma wyjątkowo gęste jądro. 80 obserwacji 47 Tuc (wykonanych australijskim radioteleskopem Parkesa na długości fali 50 cm, a

przeprowadzonych między czerwcem 1989 r. a lutym 1991 r. w 11 sesjach trwających od 50 do 75 min.) pozwoliło odkryć aż 10 nowych pulsarów milisekundowych! Razem w tej gromadzie znamy dziś ich 11, z czego 6 jest na pewno członkami układu podwójnego. Okresy pulsacji zawierają się między 1.7858 a 5.7567 ms. Przy tak szybkich obrotach można się spodziewać, że pulsary będą tracić znaczącą ilość energii w postaci relatywistycznego wiatru. A może to mieć ciekawe konsekwencje.

Od dawna zastanawiano się, dlaczego w gromadach kulistych nie obserwuje się znaczącej ilości gazu międzygwiazdowego. Na pewno bywa on wymiatany podczas przejścia gromady przez płaszczyznę dysku galaktycznego, ale takie zdarzenie ma miejsce (dla typowej gromady) średnio co sto milionów lat. Przez tak długi czas powinno się w gromadzie zbierać bardzo dużo gazu – znając ilość gwiazd i tempo tracenia przez nie masy na różnych etapach ewolucji można masę gazu oszacować na kilkaset mas Słońca. A tymczasem bywa, że w

gromadzie w postaci gazu mamy niespełna 1 masę Słońca. Co więc wydmuchuje całą resztę? Odkrycie „masowości” pulsarów milisekundowych przynosi chyba na to pytanie odpowiedź. Gdyby bowiem nawet bardzo mały ułamek energii, promieniowanej przez dziesiątki milisekundowych pulsarów w gromadzie kulistej, mógł być przekazany do materii międzygwiazdowej, to proces ten bardzo skutecznie czyściłby gromadę, wymiatał z niej materię. Energia z pulsara wypływa w postaci relatywistycznego wiatru i oddziałuje z materią traconą przez gwiazdy podczas ewolucji. Pozostaje tylko obserwacyjne wyznaczenie efektywności tego procesu — na szczęście znamy już taki obiekt, którego szczegółowe obserwacje pozwolą to zrobić. Mgławica planetarna K 648 w M 15 (jedna z najbardziej odległych gromad kulistych Galaktyki) jest wyraźnie asymetryczna, wydmuchana od pulsara, który jest w centrum gromady. Tempo zmian tego obiektu pomoże astronom oszacować oddziaływanie relatywistycznego wiatru z materią międzygwiazdową.

Wg *Nature*, 1991, 352, 219 i 221.

*Magdalena Sroczynska-Kożuchowska*

### Co świeci w Centrum Galaktyki?

Od jakiegoś czasu do astronomicznej społeczności napływają sprzeczne informacje o naturze świecącego jądra naszej Galaktyki. Chodzi tu o obszar o rozmiarach kilku lat świetlnych w samym Centrum. Duża ilość gazów i pyłów tak skutecznie przesłania te rejony, że można je badać tylko na falach radiowych i w podczerwieni. I tu właśnie zaczyna się problem. Według astronomów obserwujących w podczerwieni zarówno ruchy (gwiazd i gazu) w Centrum jak i emitowany strumień energii dadzą się wytłumaczyć za pomocą bardzo gęstej gromady gwiazd (źródło podczerwone IRS 16) oraz osobliwej gwiazdy IRS 7 (czerwony, bardzo stary nadolbrzym podobny do obserwowanych w Obłokach Magellana). Natomiast radioastronomowie od bardzo dawna woleliby widzieć kandydata na „centralny silnik” w radioźródle Sgr A. Leży ono w odległości 0,15 lat świetlnych od IRS 16, a ma własności (wyjątkowe w naszej Galaktyce) takie jak jądra galaktyk Seyferta i innych galaktyk aktywnych. Świeci nietermicznie (temperatura jasnościowa ponad  $7 \times 10^8$  na długości fali 1,3 cm), widmo zmienia się jak częstość w potęgze 1/3,

jasność radiowa ( $2 \times 10^{24}$  erga/sek) waha się z czasem w granicach 20%. W jądrach galaktyk aktywnych spodziewamy się obecności czarnych dziur oraz świecących dysków — interferometryczne dane o rozmiarach najintensywniej świecącego radiowo obszaru naszej Galaktyki (średnica rzędu 20 jednostek astronomicznych) dobrze zgadzają się z rozmiarami typowych dysków akrecyjnych wokół takiej czarnej dziury. Ostatnio grupa amerykańsko-australijskich astronomów dokonała odkrycia, które prawdopodobnie pozwoli rozstrzygnąć spory: radiowe obserwacje jądra Galaktyki ze zdolnością rozdzielczą lepszą niż 0,2 sek luku (za pomocą VLA) wykryły obecność co najmniej czterech obłoków w odległościach tygodni świetlnych od siebie (co może tłumaczyć zmienność strumienia). Są to bąble termicznej plazmy o rozmiarach około 1700 jednostek astronomicznych, a wiele wskazuje na to, że są one fizycznie związane z Sgr A (są wyrzucane z niego lub nań wpadają). Ponadto zaobserwowano rodzaj warkocza wydmuchiwanego z IRS 7 w kierunku od Sgr A, a nie IRS 16! Kto wie, może widzimy podmuchy z dysku akrecyjnego? Na szczęście odpowiedź na to pytanie mogą dać w miarę szybko dalsze obserwacje:

- jeśli Sgr A jest miniaturą aktywnego jądra galaktycznego, to obłoki poruszać się będą z relatywistycznymi prędkościami a ich jasność i położenie zmieniać się będą w skali czasowej rzędu tygodni,
- jeśli są to obłoki gazu „zanurzone” w wiatrach gwiazdowych — zmiany ich położenia powinno się dać zauważyć po dziesiątkach lat,
- jeśli są to obłoki na orbitach wokół Centrum Galaktyki, zmian należy oczekiwać po około 100 latach. Chyba, że Sgr A ukrywa czarną dziurę, wtedy może się zdarzyć, że przechodząca zbyt blisko gwiazda wpadając do środka spowoduje wzrost jasności jądra o czynnik ponad 1000.

Tak więc otoczenie Sgr A może liczyć na nasilone zainteresowanie obserwatorów.

Wg *Nature*, 1990, 348, 45.

*Magdalena Sroczynska-Kożuchowska*

### Planeta poza Układem Słonecznym

Astronomiczną sensacją lata 1991 było odkrycie planety krążącej wokół pulsara PSR 1829-10. Fakt ten stwierdzili M. Bailes, A. G.

Lyne i S.L. Shemar z Jordell Bank po opracowaniu danych z pięciu lat obserwacji radiopulsów tej gwiazdy neutronowej. Zaczęło się od tego, że w 1985 roku 76-cio metrowy teleskop Lovella w Jordell Bank (podczas przeglądu nieba na częstościach 1400 i 1660 MHz) znalazł pulsar nazwany PSR 1829-10 o okresie 0,330353559543 sek. Od tamtej pory badano dochodzące do Ziemi pulsy, by zobaczyć jak zmienia się okres rotacji gwiazdy neutronowej (chodziło głównie o sprawdzenie tempa spowalniania obrotu na skutek straty energii przez promieniowanie grawitacyjne). Oczywiście odbierane sygnały są zaburzone ruchami Ziemi (ich częstość ulega dopplerowskiemu przesunięciu). Po uwzględnieniu jednak wszystkich poprawek okazało się, że częstości pulsara PSR 1829-10 (jako jedyne z kilkuset opracowywanych dokładnie tą samą metodą, a jednego z czterdziestu leżących w tym samym rejonie nieba) wykazują sinusoidalne zmiany z okresem około pół roku. Najprostszym wytłumaczeniem tego zjawiska jest przyjęcie, że pulsująca gwiazda znajduje się w układzie podwójnym — żadna inna możliwość (a rozważano precesję pulsara i oscylacje jego wnętrza) nie dają stabilnych rozwiązań przez dłuższy niż dwa-trzy cykle (a dotychczasowe obserwacje już pokrywają sześć). Autorzy odkrycia obliczyli, że obserwowane zmiany mogą być wywołane przez ciało:

- o masie rzędu 10 mas Ziemi (prawdopodobieństwo, że masa jest mniejsza niż 12 mas Ziemi wynosi 1/2, a że jest większa od masy Jowisza — tylko 0,0005),
- krążące w odległości około 100 milionów km od pulsara,
- po prawie kołowej orbicie.

Inaczej mówiąc — dla rozsądnego nachylenia płaszczyzny orbity pulsara i jego towarzysza — ten ostatni będzie miał masę rzędu masy planety i będzie obiegał gwiazdę w podobnej odległości jak Wenus Słońce. Wynik ten jest bardzo ekscytujący, bowiem konwencjonalne metody poszukiwania planet wokół innych gwiazd są prawie skazane na niepowodzenie. Po pierwszej jasności gwiazdy i planety różnić się będzie o wiele rzędów wielkości, po drugie będą to obiekty bardzo blisko siebie leżące, więc wymagać będą instrumentów o znakomitej zdolności rozdzielczej, po trzecie planety jako względnie lekkie nie będą wywoływać znaczącego przesunięcia dopplerowskiego linii atmos-

fer gwiazd. Tak więc obiekt planetopodobny znaleziony przy pulsarze wywołał zrozumiałe emocje.

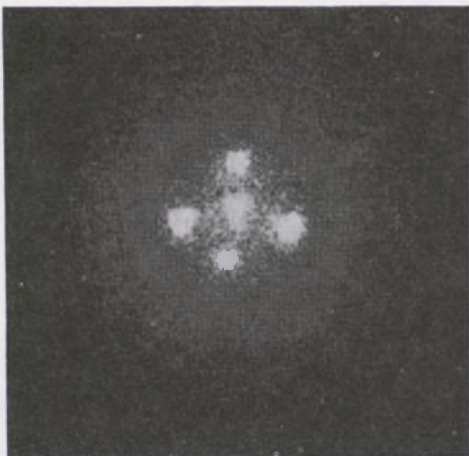
Nie ma jednak róży bez kolców — jeśli odkrycie planety zostanie potwierdzone (o czym potem), to trzeba będzie odpowiedzieć na pojawiające się kłopotliwe pytania. Pulsary bowiem powstają w wyniku zapadania się jąder masywnych gwiazd — czemu towarzyszy wybuch supernowej i gwałtowny (5000 km/sek) wyrzut otoczki. Jak planeta mogła taki proces przetrwać? W dodatku na prawie kołowej orbicie? Jeśli zaś planeta powstała po wybuchu — trzeba wyjaśnić jej małą odległość od pulsara. Przede wszystkim jednak trzeba czekać na dalsze obserwacje. Mogą one potwierdzić odkrycie (a nawet „dorzucić” pulsarowi PSR 1829-10 jeszcze jedną planetę), ale może się też okazać, że zupełnie inny efekt wywołał zmiany częstości pulsów. Było już tyle błędnych interpretacji danych obserwacyjnych (zwłaszcza, gdy z odkryciem związane były duże emocje — jak w tym przypadku). Fanatykom cywilizacji pozaziemskich i lotów międzygwiazdnych warto tu jeszcze uświadomić, że gwiazda neutronowa PSR 1829-10 (a więc i jej domniemana planeta) znajduje się około 10 kps od Słońca, czyli nawet światło biegnie do niej aż 30 tysięcy lat. Pozostaje mieć nadzieję, że czas szybko pokaże, czy odkrycie planety nie było wyłącznie rozdmuchaną w sezonie ogórkowym dziennikarską kaczką.

Wg *Nature* 1991, 352, 278 i 311

Magdalena Sroczyńska-Koźuchowska

## Krzyż Einsteina

Mimo swej niedoskonałości Teleskop Kosmiczny Hubble'a stale przynosi nieoczekiwane, miłe niespodzianki. Za pomocą kamery przystosowanej do obserwacji słabych obiektów (FOC — Faint Object Camera) udało się rozdzielić cztery obrazy kwazara leżące prawie idealnie symetrycznie w odległości 0.75" od jądra galaktyki. Ten tzw. krzyż Einsteina jest wynikiem soczewkowania grawitacyjnego przewidzianego przez teorię względności. Światło biegnące od odległego ( $z = 1.7$ ) kwazara prawie dokładnie „schowanego” za bliższą nam ( $z = 0.04$ ) galaktyką spiralną, przechodząc obok niej ugina się. Obserwator będzie widział obraz na przedłużeniu docierających do niego promieni. Szczególny przypadek sprawił, że kwazar leży bliżej



Krzyż Einsteina

niż 0.1" od uginającej światło galaktyki, co daje aż cztery obrazy. W zasadzie powinien też być widoczny „prawdziwy” kwazar, ale jego obrazu nie udało się oddzielić od obrazu galaktyki mimo, że świeci ona głównie w innej dziedzinie widma. Nie jest jednak wykluczone, że oznaczony symbolem 2237 + 0305 krzyż Einsteina doczeka się wkrótce piątego, kwazarowego składnika.

Wg *STSI Newsletter*, 1990, Vol. 7, No. 3.

Magdalena Sroczynska-Kozuchowska

### Gdzie się kończy Układ Słoneczny?

Na pytanie postawione w tytule na ogół pada jednoznaczna odpowiedź: wiadomo, na orbicie Plutona. Jednakże zajmujący się badaniami materii międzyplanetarnej uczeni już dawno doszli do wniosku, że odpowiedź ta jest nieprecyzyjna. Jako granicę Układu Słonecznego przyjmują trójwymiarową powierzchnię, na której kończy się dominacja wiatru słonecznego nad materią międzygwiazdową. Dokładny kształt i położenie tej powierzchni nie są znane. Wiadomo jednak, iż wskutek wzajemnego ruchu Słońca w przestrzeni międzygwiazdowej i wypełniającego tę przestrzeń częściowo zjonizowanego gazu owa powierzchnia rozgraniczająca zwana heliopauzą ma kształt zbliżony do owalu, którego najbliższej Słońca położony punkt powinien znajdować się w odległości 50–200 jednostek astronomicznych. Do niedawna większość badaczy skłaniała się do poglądu, że bliższy prawdy jest odległy koniec tego przedziału.

Stan fizyczny plazmy międzyplanetarnej (właściwie bardziej poprawnie jest mówić o plazmie heliosferycznej) w okolicach heliopauzy powinien dość istotnie różnić się od stanu tego gazu tam, gdzie nie ma jeszcze „śladów” oddziaływania plazmy heliosferycznej i międzygwiazdowej, a zatem odpowiedni zestaw przyrządów umieszczony na sondzie międzyplanetarnej powinien wykryć zarówno fakt bliskości heliopauzy, jak również ewentualnego przejścia przez nią. Nie należy oczywiście spodziewać się istnienia jakiejś materialnej bariery — po prostu heliopauza jest to dość szczególna fala w plazmie, podobna może do fali czołowej płynącego statku.

Wprawdzie obecnie mamy sondy kosmiczne w odległości kilkudziesięciu jednostek astronomicznych od Słońca — są to amerykańskie *Pioneery* i *Voyagery* — ale nawet jeżeli heliopauza znajduje się w odległości ok. 50 jednostek astronomicznych, to umieszczone na nich przyrządy do badania plazmy nie powinny jeszcze wykryć jej bliskości.

Jednakże wiosną tego roku ukazała się w angielskim prestiżowym czasopiśmie *Nature* praca dwóch naukowców z Centrum Badań Kosmicznych PAN, dra Andrzeja Czechowskiego i prof. Stanisława Grzędzińskiego, którzy twierdzą, że być może *Voyagery* już teraz odbierają sygnały świadczące o ich zbliżaniu się do heliopauzy.

Ołóż sondy te wykryły promieniowanie radiowe o częstotliwości ok. 3 kHz, stopniowo narastającej w czasie. Jego źródło było nieznanne. Obaj uczeni sugerują, iż być może mamy do czynienia z promieniowaniem radiowym uwięzionym we wnęce rezonansowej, której jednym brzegiem jest heliopauza właśnie, a drugim pewne fluktuacje gęstości wiatru słonecznego. Aby fala radiowa odbiła się od plazmy, plazma musi mieć odpowiednio dużą gęstość, zależną od długości fali. Obliczenia wykazują, że gęstość plazmy na heliopauzie, obecnie znana jedynie w przybliżeniu, jest odpowiednia, aby promieniowanie kilohercowe odbijało się od niej. Odbite od heliopauzy promieniowanie propaguje się przez wiatr słoneczny „pod prąd” w kierunku Słońca tak długo, aż dojdzie do obszaru o dostatecznie dużej gęstości, aby się odbić. Gęstość w wietrze słonecznym rośnie w miarę zbliżania się do Słońca i występują w niej fluktuacje — są to pewne zagęszczenia, które płyną wraz z nim. Tak więc

promieniowanie napotykać takie fluktuacje odbija się od nich, a ponieważ się poruszają — zwiększa swoją częstotliwość wskutek efektu Dopplera; rośnie ona też wskutek tego, że owe struktury gęstości podlegają drganiom. Na podstawie szybkości zmian częstości oraz znajomości gęstości wiatru słonecznego można oszacować odległość heliopauzy. Dr Czechowski i prof. Grzędzielski zrobili to i wtedy okazało się, że heliopauza powinna być w odległości zaledwie ok. 60 jednostek astronomicznych od Słońca. Jest to bardzo ekscytujący wynik, gdyż jeśli jest prawdziwy, to wymienione sondy amerykańskie już za kilka lat — przed końcem tego stulecia — powinny osiągnąć prawdziwe krańce Układu Słonecznego i znaleźć się w przestrzeni międzygwiazdowej.

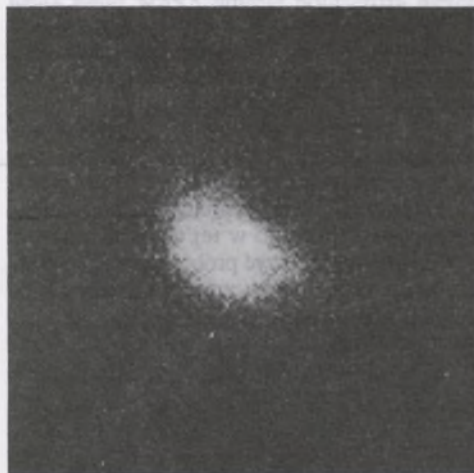
Wg *Nature*, 1990, 344, 640.

Maciej Bzowski

### Niespodziewany wzrost aktywności komety Halleya

Do niedawna sądzono, że kometa Halleya zakończyła już okres swej aktywności związany z ostatnim jej powrotem do Słońca w 1986 roku. Obserwacje komety wykonane w maju 1989 roku, gdy znajdowała się ona w odległości 10.1 j.a. od Słońca, wskazywały na istnienie jeszcze wokół jej jądra słabej otoczki pyłowej. Całkowitą jasność komety oceniono wtedy na 18.4 mag. Następne obserwacje, które wykonano w lutym 1990 roku, gdy kometa znajdowała się w odległości 12.5 j.a. od Słońca, ukazywały już jej punktowy obraz o jasności 24.4 mag. i brak jakichkolwiek śladów komy. Doprowadziło to do wniosku, że zanik aktywności komety nastąpił w odległości od Słońca większej niż 10.1 j.a. ale mniejszej niż 12.5 j.a. Uznano tym samym, że kometa Halleya rozpoczęła długi okres jakby hibernacji, który będzie trwał aż do następnego jej powrotu do Słońca w 2061 roku.

Kometa Halleya zrobiła jednak niespodziankę. Gdy 12 lutego 1991 roku Olivier Hainaut i Alain Smette, astronomowie belgijscy z Europejskiego Obserwatorium Południowego w La Silla (Chile), skierowali na nią 1.54 m teleskop duński z kamerą CCD okazało się, że kometa jest dużo jaśniejsza niż się spodziewano (przewidywana jasność miała wynosić 25.3 mag.) i co więcej, jej jądro jest otoczone komą o kształcie eliptycznym, której



Obraz komety Halleya uzyskany za pomocą detektora CCD podczas w sumie siedmiogodzinnej ekspozycji, na który złożyły się obserwacje wykonane w dniach 12–14 kwietnia 1991 roku 1.54 m teleskopem w Europejskim Obserwatorium Południowym w La Silla (Chile).

wielka oś ma kierunek z północnego wschodu na południowy zachód. Rozmiary otoczki oceniono na co najmniej 30" czyli w projekcji około 300 tys. km. Całkowitą jasność komety oceniono na około 21.4 mag. W momencie obserwacji kometa znajdowała się w odległości 14.3 j.a. (2140 mln km) od Słońca i 13.4 j.a. (2002 mln km) od Ziemi. Obserwacje powtórzone tym samym teleskopem w czasie następných dwóch nocy oraz 15 lutego teleskopem NTT (New Technology Telescope) potwierdziły to odkrycie i nie wykazały jakichś dostrzegalnych zmian w obrazie komety.

Po ukazaniu się sensacyjnej wiadomości na ten temat w *Cyркуlarzu* Międzynarodowej Unii Astronomicznej nr 5189 datowanym 15 lutego 1991 roku na komętę Halleya skierowano swe teleskopy wielu obserwatorów. Karen J. Meech za pomocą 2.2 m teleskopu na Hawajach już 15 lutego zbadała morfologię komy szacując jej średnicę na co najmniej 260 tys. km. 18 i 19 lutego obserwowali komętę C. Buil, C. Calvet, E. Thouvenot i J. F. Touillaud 0.61 m teleskopem w Obserwatorium Pic du Midi we Francji oceniając jej jasność wizualną na 21.6 mag. E. Giraud za pomocą 2.2 m teleskopu niemieckiego w Europejskim Obserwatorium Południowym w La Silla stwierdził, że 17 lutego kometa miała jasność 19.9 mag. Odkrywcy „ożycia” komety

Halleya obserwowali ją jeszcze 22 lutego i 6 marca donosząc, że koma ma widmo typu słonecznego bez wyraźnych linii emisyjnych. Nie stwierdzono też zmiany kształtu komy.

Tyle pierwszy obserwacji niespodziewanego zjawiska. Jak je zinterpretować? Co mogło być przyczyną nie oczekiwanego już wzrostu aktywności komety Halleya? Zadowolającej odpowiedzi trudno w tej chwili oczekiwać. Warto jednak przytoczyć próbę wyjaśnienia podjętą przez astronomów amerykańskich: D. S. Intriligatora i M. Dryera. Zbadali oni mianowicie, czy wielkie wybuchy na Słońcu, które stosunkowo często występują podczas obecnego maksimum 22 cyklu aktywności słonecznej i będące ich następstwem fale uderzeniowe przemieszczające się poprzez przestrzeń międzyplanetarną, byłyby w stanie doprowadzić do pęknięć warstwy lodu na powierzchni jądra komety. Wstępna analiza 9 najsilniejszych wybuchów na Słońcu, które zarejestrowano w okresie od 24 listopada 1990 roku do 31 stycznia 1991 roku wydaje się potwierdzać taką możliwość. W szczególności okazało się, że fala uderzeniowa wybuchu, który nastąpił 31 stycznia dotarła do komety Halleya 12 lutego i była na tyle silna, że mogła spowodować pęknięcie lodowej skorupy jej jądra, które z kolei mogło umożliwić powstanie zaobserwowanej otoczki gazowo-pyłowej.

*Krzysztof Ziolkowski*

### Sukces i kłopoty sondy Galileo

Już dwa lata trwa lot sondy kosmicznej Galileo przeznaczonej do badań Jowisza i jego satelitów. Wystrzelona 18 października 1989 r. za pomocą promu kosmicznego Atlantis dotrze do celu swej wyprawy dopiero w grudniu 1995 r. 10 lutego 1990 r. przeleciała w odległości 14 700 km nad powierzchnią Wenus wykonując różne badania tej planety i jej otoczenia. Ich wyniki nie zostały jednak przekazane na Ziemię gdyż główna antena sondy, przypominająca kształtem i konstrukcją parasol o średnicy 4,8 m, nie została rozwinięta aby nie narazić jej na ewentualne uszkodzenie intensywnym promieniowaniem słonecznym. Uruchowienie anteny miało nastąpić podczas przelotu sondy w pobliżu Ziemi w grudniu 1990 r. Niestety pierwsza próba otwarcenia parasola anteny wykonana 13 grudnia 1990 r. nie powiodła się. Ponowiono ją 11 kwietnia 1991 r. ale



Przypuszczalny stan głównej anteny sondy Galileo po dotychczasowych próbach jej rozwinięcia: unieruchomione trzy lub cztery żebra parasola uniemożliwiają jego pełne rozłożenie.



Pierwsze zdjęcie planetoidy (951) Gaspra wykonane przez sondę Galileo z odległości około 16 tys. km.

znowu „parasol zaciął się"! Tymczasem 29 października 1991 r. Galileo przeleciał koło planetoidy (951) Gaspra mijając ją o 22<sup>h</sup>39<sup>m</sup> UT w odległości około 1500 km. Było to pierwsze zbliżenie sondy kosmicznej do planetoidy. Wyniki zrobionych przez nią pomiarów i obserwacji zostały zarejestrowane w urządzeniach pamięciowych sondy i będą przekazane na Ziemię prawdopodobnie dopiero w końcu 1992 roku podczas kolejnego jej przelotu koło Ziemi. Wtedy bowiem nastąpi ostateczna próba rozwinięcia parasola głównej anteny sondy. Wykorzystując jednak dwie mniejsze anteny, dzięki którym Galileo utrzymuje stały kontakt z Ziemią, 14 listopada 1991 roku zakończono odbiór pierwszego zdjęcia Gaspra. Trwał on wiele dni bowiem szybkość przekazu danych za pomocą tych anten wynosi zaledwie 10 bitów

na sekundę, podczas gdy w przypadku głównej anteny wynosi ona 134 tys. bitów na sekundę. Transmisja jednego zdjęcia przy użyciu głównej anteny trwać będzie 1 minutę. Opubliko-

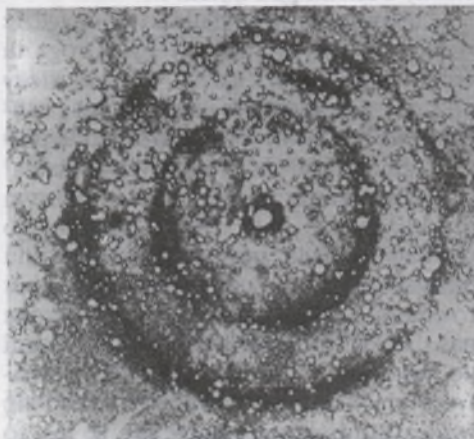
wane przez NASA zdjęcie potwierdza wcześniejsze przypuszczenia o nieregularnym kształcie planetoidy.

*Krzysztof Ziolkowski*

## KĄCIK OLIMPIJCZYKA

### Echo świetlne supernowej 1987 A

23 lutego 1987 roku w Wielkim Obłoku Magellana wybuchła słynna supernowa 1987 A, osiągając maksimum blasku ok. 10 maja. Na początku 1988 roku zaobserwowano wokół niej dwa koncentryczne, ekspandujące pierścienie. 13 lutego 1988 r. promienie pierścieni wynosiły 32 i 52 sekundy luku, 20 marca wzrosły do 33 i 55 sekund luku, zaś 12 listopada osiągnęły odpowiednio 43 i 72 sekundy luku.



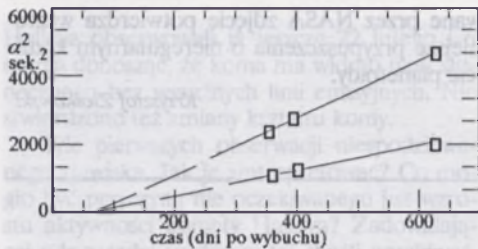
Negatywowy obraz echa świetlnego rozbłysku supernowej 1987 A, czyli światła rozproszonego na dwóch obłokach pyłu znajdujących się między supernową a obserwatorem. Obraz powstał ze złożenia zdjęć tego samego obszaru nieba wykonanych przed wybuchem i po wybuchu supernowej i usunięciu następnie wszystkiego co było na nich wspólne.

Pierścieni tych z całą pewnością nie można wiązać z materią wyrzuconą podczas wybuchu supernowej; trzeba by wówczas uwierzyć, że wyrzut nastąpił z prędkością wysoce nadświetlną. Oszacujmy to — drogą, którą pokonałaby w ciągu roku

(od lutego 1987 do lutego 1988) materia tworząca zewnętrzny pierścień wyniosłaby:  $d \times 52'' \times \pi / (180 \times 60 \times 60'')$ , gdzie  $d$  to odległość do supernowej, wynosząca około 160 000 lat świetlnych,  $52''$  to promień zewnętrznego pierścienia w lutym 1988, zaś  $180 \times 60 \times 60'' / \pi$  to liczba sekund luku przypadająca na jeden radian. Otrzymujemy wartość 20 lat świetlnych. Oznaczałoby to, że materia musiałaby poruszać się w ciągu tego roku ze średnią prędkością 20 razy przekraczającą prędkość światła, co jest nie do przyjęcia.

Efekt ten wyjaśnia się natomiast bardzo prosto jako tzw. echo świetlne. Zaobserwowane pierścienie to światło supernowej, wysłane nie bezpośrednio w naszym kierunku, lecz pod pewnym (nie-wielkim) kątem w stosunku do Ziemi, rozproszone następnie przez pył znajdujący się w dwu obłokach materii międzygwiazdowej, położonych pomiędzy supernową a nami. Światło to pokonało większą drogę, niż wysłane bezpośrednio w naszym kierunku, więc dociera do nas z opóźnieniem. O tym, że jest to światło supernowej rozproszone przez pył, świadczy widmo pierścieni (udało się je zarejestrować) — do złudzenia przypominające widmo supernowej w okresie maksimum blasku!

Dodatkowym argumentem świadczącym o tym, że pierścienie to echo świetlne, jest ewolucja ich rozmiarów w czasie. Rosną wolniej, niż liniowo, a ściślej w ten sposób, że kwadraty rozmiarów rosną liniowo w czasie. Jest to zależność charakterystyczna dla echa świetlnego. Ilustruje



Rys. 1. Zależność od czasu rozmiarów pierścieni echa świetlnego supernowej 1987 A.

ją wykres na rys. 1, na którym zaznaczono podane powyżej dane o promieniach pierścieni. Na osi poziomej rysunku odłożono czas (liczony w dniach, od momentu wybuchu supernowej) zaś na osi pionowej kwadrat promienia pierścienia (sekundy łuku w kwadracie). Ciekawe, że wsteczna ekstrapolacja rozmiarów pierścieni (linie przerywane) pokazuje, że powstały one w okresie maksimum blasku supernowej (ok. 80 dni po wybuchu).

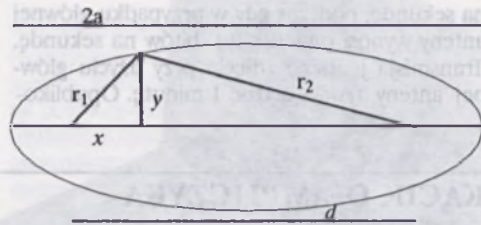
Geometria zjawiska echa świetlnego jest na tyle prosta, że zachęcamy czytelników *Uranii* do rozwiązania następującego zadania.

**Zadanie.** W oparciu o powyższe dane dotyczące pierścieni obliczyć, w jakich odległościach od supernowej znajdują się obłoki, które spowodowały efekt echa świetlnego. Odległość do supernowej przyjmujemy jako 160 000 lat świetlnych. Należy przyjąć następujące uproszczenia:

- bierzemy pod uwagę tylko światło wysłane w maksimum blasku supernowej, czyli ok. 10 maja 1987 r. (75 dni po wybuchu).
- traktujemy obłok tak jak cienką, matową szybę, ustawioną pomiędzy supernową a nami, prostopadle do kierunku widzenia.

Dodatkowo należy wykazać, że rozmiary pierścieni rosną z czasem w ten sposób, iż kwadraty ich promieni są proporcjonalne do czasu.

**Rozwiązanie.** Bieg promienia świetlnego



Rys. 2. Geometria efektu echa świetlnego (objaśnienie oznaczeń w tekście).

jest przedstawiony na rys. 2. Wprowadzono na nim następujące oznaczenia, które wykorzystamy przy rozwiązywaniu zadania:  $d$  to odległość pomiędzy supernową a Ziemią,  $x$  to szukana odległość pomiędzy obłokiem a supernową,  $y$  to poprzeczny promień oświetlonej części obłoku (w naszym zadaniu: matowej szyby), widziany z Ziemi pod kątem  $\alpha$ .

Całkowita droga światła to  $r_1 + r_2$  (gdzie  $r_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$ , zaś  $r_2 = \sqrt{(d-x)^2 + y^2}$ ). Droga ta wynosi:  $r_1 + r_2 = d + ct$ , gdzie  $t$  to czas, który upłynął od momentu maksimum blasku supernowej do chwili, w której zmierzono promień pierścienia, zaś  $c$  to prędkość światła.

Jeśli zauważymy, że z bardzo dobrym przybliżeniem  $y = d\alpha$ , to z powyższego równania można wyznaczyć  $x$ , w oparciu o znane  $\alpha$ ,  $t$ ,  $d$ ,  $c$ . Przy rozwiązywaniu równania w bezpośredni sposób czeka nas dwukrotne podnoszenie go stronami do kwadratu i potem porcja mało sympatycznych rachunków. Zamiast wikłać się w nie, postaramy się zauważyć, że jest to równanie elipsy(!) – suma odległości punktu o współrzędnych  $(x, y)$  od pewnych dwu punktów płaszczyzny jest stała (w naszym przypadku zależna od czasu, ale niezależna od  $x$  i  $y$ ); jest to właściwość elipsy i tylko elipsy. Te szczególne punkty nazywamy ogniskami elipsy – w naszym przypadku stanowią je odpowiednio supernowa i Ziemia. Krzywa zaznaczona na rysunku to szkic tej właśnie elipsy.

Nasze równanie zastąpmy więc równaniem elipsy wyrażonym w układzie bie-

gunowym, o początku umieszczonym w ognisku odpowiadającym położeniu Ziemi:

$$r_2 = \frac{a(1-e^2)}{1-ec\cos\alpha}$$

Parametr  $a$  to wielka półosć elipsy, wynosząca w danej chwili czasu  $t$ :

$$a = \frac{d+ct}{2}$$

zaś  $e$  to jej mimośród, wynoszący w danym momencie  $t$ :

$$e = \frac{d}{2a} = \frac{d}{d+ct}$$

Z rysunku widać, że szukana odległość  $x$  pomiędzy obłokiem a supernową wynosi:

$$x = d - r_2 \cos\alpha,$$

czyli:

$$x = d - \frac{a(1-e^2)\cos\alpha}{1-ec\cos\alpha}$$

Wyraźmy ją względem odległości pomiędzy Ziemią a supernową:

$$\frac{x}{d} = 1 - \frac{a(1-e^2)\cos\alpha}{d(1-ec\cos\alpha)}$$

Jako jednostkę czasu przyjmijmy teraz czas, jaki potrzebuje światło, aby dotrzeć do nas od supernowej. Czas wyrażony w tych jednostkach oznaczmy przez  $\tau$ :

$$\tau = \frac{ct}{d}$$

Dla daty 12 listopada 1988 r. (627 dni po wybuchu, 552 dni po maksimum blasku supernowej) czas  $\tau$  wynosi:

$$\tau = 552 \text{ dni} / 365 \text{ dni} / 160\,000 \text{ lat} = 9.5 \times 10^{-6} \approx 10^{-5}$$

Uwzględniając, że:

$$\frac{a}{d} = \frac{(1+\tau)}{2}, \quad e = \frac{1}{(1+\tau)},$$

otrzymujemy:

$$\frac{x}{d} = 1 - \frac{(\tau + \tau^2/2)\cos\alpha}{1 + \tau - \cos\alpha}$$

Po sprowadzeniu prawej strony do wspólnego mianownika otrzymujemy:

$$\frac{x}{d} = \frac{1 + \tau - (1 + \tau + \tau^2/2)\cos\alpha}{1 + \tau - \cos\alpha}$$

Jest to ostateczny wynik. Otrzymaliśmy go nie stosując żadnych przybliżeń matematycznych. Podstawiając tu np. dane z

12 listopada 1988 r. dla zewnętrznego pierścienia:

$$\tau = 9.5 \times 10^{-6},$$

$$\alpha = 72'' \times \pi / (180 \times 60 \times 60'') = 3.5 \times 10^{-4},$$

otrzymujemy:

$$\frac{x}{d} = 0.0064,$$

$$x = 160\,000 \times 0.0064 \approx 1000 \text{ lat świetlnych.}$$

Przy wykonywaniu obliczeń wystąpił pewien kłopot – trzeba było je prowadzić z dokładnością przynajmniej 8 cyfr dziesiętnych. Wystąpiło odejmowanie wielkości bardzo bliskich sobie, np.  $1 - \cos(3.5 \times 10^{-4})$ . Jest to typowa sytuacja, w której można poczynić pewne przybliżenia, prowadzące do uproszczenia wzoru. Uproszczeni tych możemy zresztą oczekiwać zważywszy, że nasza elipsa jest silnie wydłużona – jej mimośród przy  $\tau = 10^{-5}$  wynosi  $e \approx 1 - 10^{-5}$ , a więc w zakresie interesujących nas parametrów jest to prawie parabola!

Pokuśmy się o przybliżenia, zauważając, że  $\alpha \ll 1$  i  $\tau \ll 1$ .

Pierwsze przybliżenie:

$$\cos\alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2},$$

$$\frac{x}{d} = \frac{\alpha^2/2(\sqrt{1+1+\tau/2}) - \tau/2}{1 + \alpha^2/(2\tau)}$$

Drugie przybliżenie wykonamy zauważając że  $\alpha^2/(2\tau) \ll 1$ , co pozwala nam przyjąć, że

$$\frac{1}{1 + \alpha^2/(2\tau)} \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2\tau}$$

Zatem:

$$\begin{aligned} \frac{x}{d} &\approx \left\{ \frac{\alpha^2}{2} \left( \frac{1}{\tau} + 1 + \frac{\tau}{2} \right) - \frac{\tau}{2} \right\} \left( 1 - \frac{\alpha^2}{2\tau} \right) = \\ &= \frac{\alpha^2}{2\tau} - \frac{\tau}{2} + \frac{3\alpha^2}{4} - \frac{\alpha^4}{4\tau^2} + \frac{\alpha^2\tau}{4} - \frac{\alpha^4}{8} \end{aligned}$$

Trzecie przybliżenie: prosty szacunek pokazuje, że w powyższym wzorze wszystkie człony, poczynając od drugiego, dają znacznie mniejszy wkład do wyniku (kilkaset razy lub jeszcze mniej), niż pierwszy, a więc można je pominąć. Otrzymujemy wówczas piękny w swojej prostocie wzór:

$$\frac{x}{d} \approx \frac{\alpha^2}{2\tau}$$

Podstawiając tak jak poprzednio:

$\tau = 9.5 \times 10^6$ ,  $\alpha = 3.5 \times 10^{-4}$ ,  
otrzymujemy ten sam wynik:

$$\frac{x}{d} = 0.0064,$$

$x = 160\,000 \times 0.0064 \approx 1000$  lat świetlnych.

Przy obliczaniu odległości między supernową, a obłokiem odpowiedzialnym za wewnętrzny pierścień, również oprzyjmy się na pomiarze z 12 XI 1988 roku. Przy  $\tau = 9.5 \times 10^6$ ,  $\alpha = 43'' \times \pi / (180 \times 60 \times 60'')$  =  $2.1 \times 10^{-4}$ , otrzymujemy:

$$\frac{x}{d} = 0.0023, \quad x \approx 370 \text{ lat świetlnych.}$$

Nasz przybliżony wzór ma pewną wyższość nad wzorem ścisłym. Po małym przekształceniu otrzymujemy bowiem z niego:

$$\alpha^2 = \frac{x}{d} \tau,$$

co stanowi odpowiedź na dodatkowe pytanie postawione w naszym zadaniu, czyli pokazuje, że kwadrat rozmiaru pierścienia rośnie wprost proporcjonalnie do upływu czasu.

Nasz przybliżony wzór okazał się bardzo prosty, jednak droga, którą do niego doszliśmy, była dość pracochłonna. Jest to konsekwencją przyjętej przez nas metody: zadanie dało się rozwiązać w sposób ścisły, a więc zrobiliśmy to, a dopiero potem poczyniliśmy uproszczenia. Czy nie dałoby się czegoś uprościć już na początku? Owszem, można przyjąć, że:

$$r_1 \approx x + ct, \quad y \approx d\alpha.$$

Wtedy, z twierdzenia Pitagorasa mamy:

$$(x + ct)^2 = x^2 + (d\alpha)^2,$$

skąd:

$$(d\alpha)^2 = x^2 + 2xct + (ct)^2 - x^2,$$

$$x = \frac{(d\alpha)^2}{2ct} - \frac{ct}{2}.$$

Przy  $ct/d = \tau$  otrzymujemy:

$$\frac{x}{d} = \frac{\alpha^2}{2\tau} - \frac{\tau}{2}.$$

Drugi człon po prawej stronie pomijamy jako mały wobec pierwszego (już raz to uczyniliśmy — patrz trzecie przybliżenie), by otrzymać to co należy:

$$\frac{x}{d} \approx \frac{\alpha^2}{2\tau}.$$

Maciej Kozłowski

## OBSERWACJE

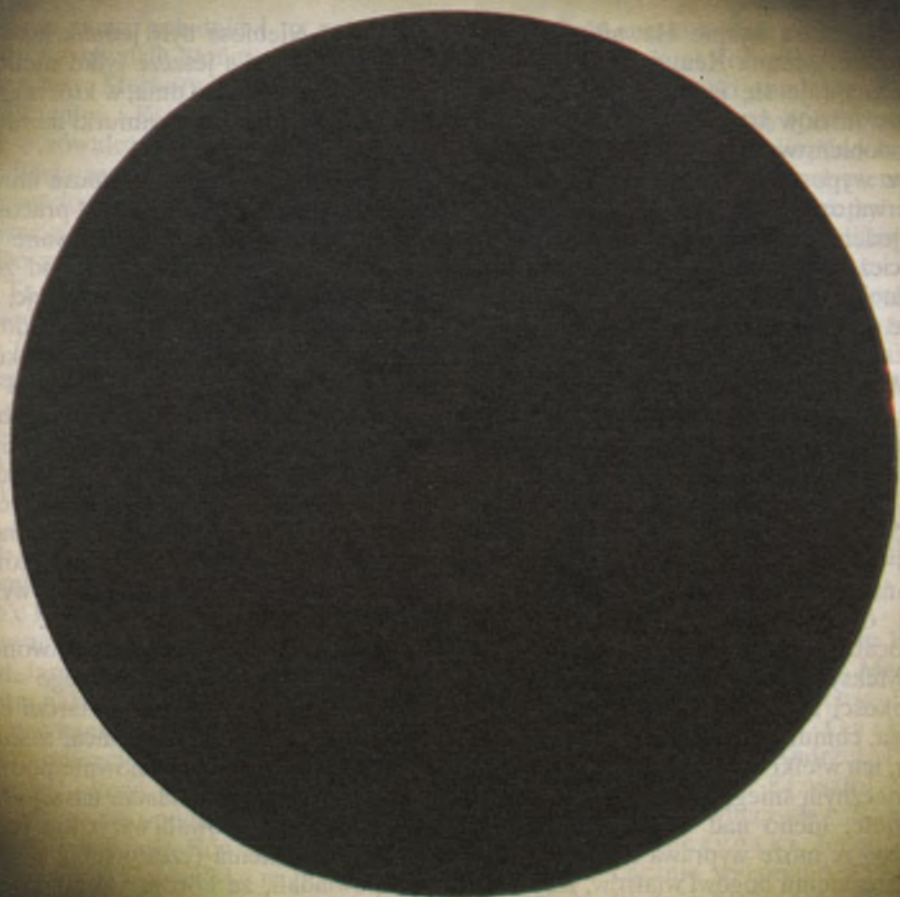
### Zaćmienie stulecia

**Od redakcji:** Poniżej zamieszczamy fragmenty dwóch opisów całkowitego zaćmienia Słońca z 11 lipca 1991 roku: prof. Tadeusza Jarzębowskiego (pełny tekst ukazał się w nr 12/1991) i Witolda Piskorza, który relacjonuje wyprawę do Meksyku młodych miłośników astronomii, zorganizowaną przez Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach i Centrum Młodzieży w Krakowie (pełny tekst sprawozdania i zdjęcia z wyprawy ukazały się w nr 11/1991).

Całkowite zaćmienie Słońca to rzad-

kie i wspaniałe zjawisko. W dniu, w którym Księżyc przesłania naszą gwiazdę, świt następuje dwukrotnie. Wydarzenie to, które kiedyś budziło lęk, przyciąga dziś rzesze turystów i miłośników astronomii. mobilizuje naukowców. Ale zaćmienie z 11 lipca 1991 roku utrwali się w pamięci jako to, które chyba pobilo wszelkie dotychczasowe rekordy. A w artykule tym nazywamy je zaćmieniem stulecia, jakkolwiek Meksykanie — ci główni „gospodarze zjawiska” — używali określenia *ecclipse de milenio*.

I rzeczywiście, już sam czas trwania



Zdjęcie całkowitego zaćmienia Słońca w dniu 11 lipca 1991 roku wykonane przez Janusza Ślusarczyka z Niepołomic. Warto zwrócić uwagę na piękne protuberancje.

fazy całkowitej, blisko siedem minut\* mówi za siebie. Poprzednie zaćmienie o podobnej długości trwania to było to sprzed okresu saros, czyli sprzed 18 lat i 11 dni, tj. z 30 czerwca 1973 roku; ale na następne trwające tak długo trzeba będzie

począkać aż do roku 2132. Na podkreślenie zasługuje też fakt, że pas zaćmienia przechodził w dużej mierze przez łądy, że obejmował stolice czterech państw, w tym ponad dwudziestomilionową metropolię Meksyk. Słońce zaćmiło się też nad

\* Z prostego rozumowania wynika, że zaćmienie trwać będzie najdłużej, gdy Ziemia jest w aphelium a Księżyc w perygeum. Otóż perygeum Księżycza przypadało na sam dzień zaćmienia, a co do położenia Ziemi na orbicie to wiemy, że najdalej Słońca znajdujemy się rokrocznie około 4 lipca. Sytuacja była więc bliska optymalnej. W rocznikach astronomicznych podawane są rozmiary tarcz Słońca oraz Księżycza. Pod datą 11 lipca 1991 znajdziemy: średnica kąтова Słońca —  $31'31''$ , średnica kąтова Księżycza —  $33'24''$ . Tarcza Słońca była więc tego dnia mniejsza od tarczy Księżycza o  $1'53''$ .

położonym na wyspie Hawaïi wygasłym wulkanem Mauna Kea, na szczycie którego znajduje się jedno z największych obserwatoriów astronomicznych; a prawdopodobieństwo przejścia pasa zaćmienia przez wyposażone w duże instrumenty obserwatorium jest niewielkie. No i jeszcze jeden, jakże istotny szczegół: był to przecież okres maksimum aktywności słonecznej, a w tym okresie Słońce jest znacznie ciekawsze, stanowi bardziej wdzięczny obiekt badawczy. (...)

W centralnych częściach krainy Azteków z pogodą było różnie; tam bowiem pora letnia jest porą deszczów, tereny pustyńne w tym okresie zazieleniają się. Aby zobaczyć zaćmione Słońce, trzeba by mieć trochę szczęścia. Dość brzydkiego figla spletała aura tym meksykańskim i japońskim astronomom, którzy prowadzili obserwacje ze szczytu wulkanu Popocatepetl (70 km na wschód od miasta Meksyk). Zdawałoby się, że tam, na wysokości 5450 metrów nad poziomem morza, chmur na pewno nie będzie. Niestety, ich wielki wysiłek zdobycia pokrytego wiecznym śniegiem wulkanu przyniósł niewiele; niebo nad wulkanem pokryły cirrusy. A może wyprawa nie spodobała się azteckiemu bogowi wiatrów, Kecalcoatlowi?

Ani jedna chmurka nie zamąciła natomiast błękitu nieba w La Paz na Półwyspie Kalifornijskim. Zresztą, cały ten półwysep to właściwie wyłącznie tereny pustyńne — a tam, gdzie pustynnie, tam z reguły i pogodnie. Prawdopodobieństwo bezchmurnego nieba było tam największe, tam więc skierowała się większość ekspedycji naukowych, tam udawali się masowo turyści. (...)

Data zaćmienia zbliżała się, ciągle pogodnie i upalnie, wskazania termometru dochodziły w ciągu dnia do +40°C. I oto konsternacja. Na dwa dni przed zaćmieniem i to w czasie, kiedy na uniwersytecie odbywała się poświęcona zaćmieniu konferencja prasowa, niebo pokryło się chmu-

rami. (...) Niebiosa były jednak łaskawe; następnego ranka jeszcze tylko nieliczne kumulusy, a od świtu dnia, w którym miało świtać dwa razy, ani chmurki na nieboskłonie.

Na rozległym terenie kampusu uniwersytetu przez ponad sześć minut pracowały dziesiątki teleskopów. Realizowane były najróżniejsze prace badawcze, od zdjęć korony i protuberancji poczynając, poprzez pomiary stopnia polaryzacji do badań spektroskopowych. Nikt nie wykonywał już natomiast tej tak aktualnej od czasów Einsteina tematyki badania odchylenia promieni w polu grawitacyjnym Słońca; od kiedy rozwinęła się radioastronomia, zaćmienie Słońca nie jest już do tego celu potrzebne. Na placu obserwacyjnym nie zabrakło też zwierząt, których zachowanie się badali biologowie; wyróżniał się wśród nich dorodny kogut.

*Questo era maravilloso, how wonderful it was, to było coś wspaniałego* — odpowiadali wszyscy, gdy czarna tarcza Księżycy zsuwała się już ze Słońca, a słupek rtęci w termometrach ponownie podnosił się. Nawet wytrawni badacze naszej gwiazdy, którzy obserwowali wszystkie prawie ostatnie zaćmienia (często też z samolotu) powiadali, że korona Anno Domini 1991 była niezwykle wspaniała. To nie była kolistą poświata wokół tarczy Księżycy, to były prześliczne promienie, rozbiegające się na dużą odległość. Rozmiary tych promieni, obserwowane gołym okiem, oceniano na około trzy średnice Słońca. (...)

*Tadeusz Jarzębowski*

(...) Nazajutrz wyruszyliśmy na stanowiska, które uzyskaliśmy na terenie uniwersytetu. Byliśmy na miejscu zaledwie kwadrans przed pierwszym kontaktem, ale rozkładanie sprzętu poszło sprawnie i już po dłuższej chwili dumnie stały: teleskop, mała lunetka, kamera video i teleobiektywy. Pogoda przez cały pobyt była idealna o czym świadczy fakt, że po kilku dniach ze zdziwieniem obserwowaliśmy

Wenus w samo południe i to gołym okiem! O zachodzie Słońca wspaniale widoczne były: Merkury, Wenus, Mars, Jowisz, Regulus i Księżyc z ciemnym brzołem — również gołym okiem.

Zdjęcia zaczęliśmy robić na początku fazy częściowej, wszystkie aparaty „ruszyły” wraz z pojawieniem się pereł Baily’ego. Do zadań naszego szefa — Aleksandra Trębacza należało poszukiwanie komety, która miała być widoczna w pobliżu Słońca oraz wykonanie zdjęć — reportażu z obserwacji w czasie całkowitej fazy zaćmienia. Przez Meniscasa 18 cm. zdjęcia na materiałne Fujicolor 400 ASA robił Janusz Ślusarczyk, przez teleobiektyw 5,6/500 mm na filmie Ilford 125 ASA z filtrami fotograficznymi — Witold Piskorz, teleobiektyw 4,5/300 mm z filtrami polaryzacyjnymi użył Bogdan Zemanek (błona Kodak TMax 100 ASA), obserwacje wizualne, (rysunki korony) wykonał Jarosław Nirski lunetką AT-1, zaś film nakręcił Grzegorz Pałkowski używając kamery Hitachi S-VHS.

W momencie zapadania ciemności dał się słyszeć okrzyk radości dochodzący ze znajdującego się opodal zatłoczonego placu uniwersyteckiego. Równie wielki wpływ miało to niezwykle zjawisko na ptaki, które — normalnie ukryte w koronach palm przed upałem — teraz wyleciały i hałasując krążyły nad zaroślami. Nawiasem mówiąc, było znacznie jaśniej niż przewidywaliśmy, co było spowodowane świeceniem niezwykle rozbudowanej korony. Można było bez trudności czytać, ku radości Jarka Nirskiego, który wcześniej martwił się, że nie wziął ze sobą latarki którą uważaliśmy za konieczną przy wykonywaniu rysunku.

Po ponad 6 minutach ciemność przysła tak szybko jak wcześniej nastąpiła i znowu uderzył nas upał ronący z każdą chwilą. Tuż po trzecim kontakcie zaobserwowaliśmy tzw. latające cienie, trwało to — trudno ocenić — kilkanaście sekund. Jakiś czas później ktoś zauważył inne niezwykle zja-

wisko. Otóż często widuje się pod drzewami okrągłe plamki obrazów Słońca w projekcji przez otworki pomiędzy liśćmi. My widzieliśmy wtedy rzędy (podłużne liście palm tworzyły siatkę) sierpów, zupełnie jak rzędy Księżyców przed pierwszą lub po trzeciej kwadrze! Widok był rzeczywiście wspaniały! Sprzęt składaliśmy już w pełnym zwrotnikowym upale.

Pozostałe dni spędziliśmy na zajęciach bardziej prozaicznych: zwiedzaniu plaż nad Zatoką Kalifornijską i Pacyfikiem oraz na dogłębnych studiach walorów kąpielowych wód tych akwenów. (..)

*Witold Piskorz*

#### **Komunikat nr 8/91 Sekcji Obserwacji Słońca PTMA**

Wyniki obserwacji Słońca w sierpniu 1991 roku przysłało 12 obserwatorów: Marcin Betlej, Grzegorz Czepiczek, Bartosz Dąbrowski, Longin Garkul, Janusz W. Kosinski, Andrzej Pilski, Piotr Sadowski, Krzysztof Socha, Robert Szaj, Mieczysław Szulc, Stanisław Świerczyński, Jerzy Zagrodnik. Łącznie wykonano 157 obserwacji w 30 dniach. Średnie dzienne względne liczby Wolfa w sierpniu 1991 roku wynoszą:

1. 119, 2. 142, 3. 156, 4. 139, 5. 100, 6. 102, 7. 102, 8. 97, 9. 89, 10. 70, 11. 69, 12. 76, 13. 126, 14. 127, 15. 150, 16. 209, 17. 242, 18. —, 19. 276, 20. 301, 21. 275, 22. 325, 23. 295, 24. 270, 25. 208, 26. 164, 27. 146, 28. 137, 29. 164, 30. 159, 31. 179.

Średnia miesięczna względna liczba Wolfa w sierpniu 1991 roku wynosi 170,1 (167,8). Średnia względna liczba Wolfa z jednego obrotu Słońca wynosi 154,1 (150,8). W nawiasach podano średnie liczone bez współczynników obserwatorów.

*Andrzej Pilski*

## Nowości Wydawnicze

**Tomasz Ścieżor:** *Kalendarz Miłośnika Astronomii na rok 1992*. Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Biblioteka „Uranii” nr 4, Kraków 1991.

Nareszcie miłośnicy astronomii w Polsce mają własny, całoroczny kalendarz podający efemerydy i zjawiska niebieskie na 1992 rok. Układ tabel *Kalendarza* jest tradycyjny — trudno zresztą oczekiwać w tej mierze jakichś rewelacji, nadal przecież mieszkamy na Ziemi obiegającej Słońce, zaś Ziemię obiega Księżyc. Podane są zatem najpierw efemerydy Słońca, następnie Księżyca. Potem znów mamy efemerydy do obserwacji miłośniczych Słońca, w szczególności — plam słonecznych. Kolejne tabele zawierają efemerydy położenia planet, do których dołożono mapkę pozycji Urana i Neptuna, a także wykaz konfiguracji planet. Również obserwatorzy meteorów znajdą szczegółowe informacje o głównych strumieniach „gwiazd spadających” — wykaz zawiera aż 45 strumieni, które można dostrzec z terenu Polski. Oddzielnie zamieszczono dane o zaćmieniach Słońca i Księżyca. Niestety, w 1992 roku będzie można zaobserwować tylko jedno całkowite zaćmienie Księżyca w nocy z 9 na 10 grudnia, i jeśli warunki meteorologiczne dopiszą, będzie to najlepiej widoczne w Polsce zaćmienie do końca tego wieku. Na dwunastu stronach przedstawiono w postaci graficznej konfigurację czterech galileuszowych księżyców Jowisza względem dysku planety. Cennym uzupełnieniem są efemerydy jasnych gwiazd zmiennych: ceheid, układów zaćmieniowych i miryd. Co prawda każdorazowo obserwator będzie musiał sobie obliczyć przewidywany moment maksimum lub minimum, lecz nie powinno mu to sprawić większych trudności. Autor postarał się również o zamieszczenie stałych astronomicznych — podstawowych i pochodnych, a także da-

nych o planetach i księżycach Układu Słonecznego. Tak zestawione dane stanowią duże ułatwienie przy różnego rodzaju obserwacjach, opracowaniach, czy pisaniu artykułu. Szkoda tylko, że zakradły się do nich różne drobne pomyłki i błędy (być może drukarskie). Nie umniejsza to znaczenia tego *Kalendarza*, zaś sam Autor apeluje o powiadomienie go o dostrzeżonych uchybieniach. Zamyka pozycję sekwencja barwnych zdjęć ciał Układu Słonecznego, przekazanych przeważnie przez statki kosmiczne (Apollo, Viking, Voyager).

Przedstawiony *Kalendarz* winien bezsprzecznie znaleźć się w bibliotece każdego miłośnika astronomii. I właściwie już teraz miłośnicy i obserwatorzy powinni składać zamówienia na następne kalendarze przedstawiając zarazem swoje sugestie.

T. Zbigniew Dworak

**Stephen W. Hawking:** *Krótką Historia Czasu*, Wydawnictwa „Alfa”, Warszawa 1990 (tłumaczył Piotr Amsterdamski).

Są książki, które długo pozostają w pamięci, o których się dyskutuje, czasem potępia, a bywało, wręcz pali na stosie. Są to książki wybitne lub, co nie zawsze na jedno wychodzi, pisane przez ludzi wybitnych. Te pierwsze mają moc czynienia przełomu, niekiedy o wymiarze cywilizacyjnym, by za przykład przywołać *De Revolutionibus*. W najgorszym zaś przypadku powodują zgorzenie publiczności. Po te drugie sięga się ze względu na osobę autora, którego klasa w danej dziedzinie lub autorytet moralny w ogóle zdają się zapowiadać interesującą lekturę.

*Krótką Historia Czasu*, nosząca również podtytuł *Od Wielkiego Wybuchu do Czarnych Dziur*, należy do tej drugiej grupy. Jej autor — Stephen W. Hawking, następca Newtona i Diraca na Katedrze w Cambridge, godny kontynuator myśli

Einsteina zalicza się do najwybitniejszych fizyków–teoretyków XX wieku. Prace Hawkinga, poczynając od najwcześniejszych, udowadniających istnienie osobliwości w strukturze czasoprzestrzeni, jeśli studiować ją w ramach ogólnej teorii względności, poprzez badania kwantowej natury czarnych dziur, a na kosmologii wczesnego Wszechświata skończywszy, zyskały już trwałe miejsce we współczesnej fizyce i zostały szeroko spopularyzowane, również na łamach *Uranii*, przynosząc ich twórcy rozgłos i uznanie nie tylko w kręgu specjalistów.

Znajdują one też szczegółowe omówienie na kartach *Krótkiej Historii Czasu*. Można więc na książkę Hawkinga patrzeć jak na rodzaj autobiografii naukowej. Łatwiej wtedy zrozumieć, dlaczego tak często używa on pierwszej osoby liczby pojedynczej, mimo iż w dziełach o takim charakterze spotyka się raczej zwrot „my” niż „ja”, nie mówiąc już o formie bezosobowej, wszechobecnej przecież w języku angielskim. Jest przez to *Krótką Historią Czasu* opowieścią bardzo osobistą, w której pewne wydarzenia z życia Hawkinga przeplatają się z faktami o znaczeniu fundamentalnym dla losów Wszechświata. Momentami można wręcz odnieść wrażenie, że te pierwsze ważne są na równi z tymi drugimi. (Na przykład, opis perypetii, z jakimi przyszło Hawkingowi odbierać medal Instytutu Franklina w Filadelfii i chociaż pisze o tym na stronach poświęconych modelowi inflacyjnemu, niewiele pomaga to w jego zrozumieniu). Wypada pozostawić to bez komentarza, aczkolwiek żałować należy, że Hawking nie miał okazji napisać swych pamiętników w innym, bardziej stosownym miejscu. Nie wątpię, że byłyby one pasjonujące i niezwykle, tak jak niezwykle jest życie tego wybitnego człowieka, od młodości walczącego z ciężką chorobą, która nieubłaganie paraliżuje jego ciało, nie zezwalając na normalną komunikację z otoczeniem.

Byłoby to też z niewątpliwą korzyścią

dla stylu książki, która natychmiast po ukazaniu się w 1988 roku stała się światowym bestsellerem. Są też wszakże i pewne plusy tego niezwykle osobistego stylu. Jest nim w pierwszym rzędzie prostota, wręcz lapidarność języka oraz klarowność wypowiedzi, które nadają książce niemalże gawędziarski charakter. Hawking z dużym talentem i całą mocą swej wyobraźni używa porównań, znakomicie ilustrujących nawet najtrudniejsze partie książki. Majstersztykiem jest odwołanie się do analogii z obracającym się kołem ruletki przy omawianiu zjawiska łamania symetrii, świetnie również tłumaczy naturę spinu. Łatwość z jaką się ją czyta, nieporównywalna do tej, z jaką studiuje się *Pierwsze Trzy Minuty* S. Weinberga, może odegrać również rolę negatywną: łatwiej jest się dać przekonać komuś, kto mówi „ładko”, nawet jeśli to co mówi nie jest prawdziwe do końca.

Wiele bowiem akapitów *Krótkiej Historii Czasu* świadczy, że jej autor ma dość bezkrytyczny stosunek do własnych osiągnięć, z których zwłaszcza te najnowsze, dotyczące kosmologii kwantowej, nie mają jeszcze na tyle ugruntowanej pozycji by stawiać je w jednym rzędzie z np. ogólną teorią względności. Szereg, wcale nie taki mały, wypowiedzi Hawkinga, które z pewnością wywołają co najmniej zdziwienie specjalistów, czytelnik nie zaznajomiony dokładniej z tą problematyką, a może to być nawet astronom lub fizyk nie parający się tą dziedziną, weźmie za dobrą monetę.

Mimo, że jest to celem niniejszej recenzji, to jednak źle się stało, iż *Krótką Historią Czasu*, którą polski czytelnik zawdzięcza Wydawnictwom „Alfa”, nie została poprzedzona przedmową pozwalającą oddzielić wartościowe teorie od zwyczajnych spekulacji, niekiedy dość kontrowersyjnych. Jeśli można było to zrobić w przypadku znakomitej książki Weinberga, która zresztą wcale takiej przedmowy nie wymagała, tym bardziej należało to uczynić w przypadku książki Hawkinga.

Żeby nie być gołosłownym przejdźmy do meritum. Z kronikarskiego obowiązku wypada zauważyć, że książka została podzielona na jedenaste rozdziałów, stanowiących zasadniczą lekturę. Ponadto, oprócz podziękowań i wprowadzenia pióra znanego astrofizyka amerykańskiego Carla Sagana, słownika i indeksu znajdujemy w niej także trzy krótkie eseje poświęcone Einsteinowi, Galileuszowi i Newtonowi. (Dziwnym trafem słownik i indeks, jeśli zawierzyć spisowi treści, zawierają się na tej samej stronie).

Można się zastanawiać, dlaczego Hawking postanowił pod koniec książki przypomnieć sylwetki tych trzech tytanów myśli ludzkiej. Właśnie przypomnieć, a nie przybliżyć, gdyż każdy z esejów koncentruje się z reguły na jednym temacie, których dobór jest także dość arbitralny, żeby nie powiedzieć: kontrowersyjny — przedstawienie Newtona jako pospolitego pieniącza być może sprawia, że odkrywca prawa powszechnego ciężenia przestaje być postacią laurkową, ale czy jest to rzetelna z historycznego punktu widzenia prezentacja? Śmiem wątpić.

W sprawach historycznych Hawking zresztą ekspertem nie jest i chociaż książka nosi w tytule słowo „historia”, to tylko pierwszy z rozdziałów może aspirować do tej nazwy. Pozostałe, aczkolwiek osadzone w tle historycznym, nawiązują do współczesności, prawdziwym bowiem zamierzeniem autora *Krótkiej Historii Czasu* było wyłożenie aktualnego, można wręcz powiedzieć: „jeszcze ciepłego” poglądu fizyki teoretycznej na naturę czasu i przestrzeni, mikro- i makroświata, poglądu konstytuującego fundamenty naszej wiedzy o świecie. A że pogląd ten jest wynikiem długiego procesu poszukiwań, ujęcie nie mogło być inne niż historyczne.

Przebija z książki Hawkinga głęboka wiara, że proces poznania doprowadzi do stworzenia jednolitej, tzn. obejmującej wszystkie aspekty fizyczne, ostatecznej teorii. Historia fizyki, będąca w istocie his-

torią jej unifikacji, zdaje się ów sąd potwierdzać. Historia ta poucza wszakże, że już parę razy triumfalnie obwieszczano finał tego procesu. Za każdym razem przedwcześnie. Niepomny na te nauki Hawking widzi powstanie jednolitej fizyki w dającej się przewidzieć przyszłości. Jego przekonanie w dużej mierze opiera się na teorii superstrun, niezwykle obiecującej jeszcze parę lat temu teorii, unifikującej w konsyistentny sposób wszystkie oddziaływania, teraz jednak przeżywającej wyraźny impas. Tak więc i ta wizja końca fizyki należy już do przeszłości.

Niemal od początku *Krótkiej Historii Czasu* splatają się na jej kartach dwa główne wątki współczesnej nauki fizycznej: ogólna teoria względności, czyli udoskonalona przez Einsteina teoria grawitacji, z którą czytelnik zostaje zapoznany w rozdziale pt. *Czas i przestrzeń* oraz teoria kwantów, której przystępne i dość rzetelne przedstawienie zawiera rozdział pt. *Zasada nieoznaczoności*. Obie wielce zasłużone w tłumaczeniu zjawisk fizycznych paradoksalnie nie pasują do siebie w najbardziej czułym punkcie fizyki teoretycznej, tam gdzie nieuniknione jest zastosowanie ich obu dla wytłumaczenia natury kwantowej grawitacji. Świat kwantowej grawitacji to świat bardzo małych odległości i gigantycznych gęstości, które mogą mieć miejsce tylko w stanach bliskich osobliwości, gdzieś we wnętrzach gwiazd zapadających się w czarne dziury lub na początku istnienia Wszechświata. Droga do kwantowej grawitacji wiedzie więc przez czeluście czarnych dziur albo piekło gorącego pierwotnego Kosmosu. Niewielu, nie tylko w przenośni, wróciło stamtąd z tarczą. Hawking był jednym z pierwszych i jego nazwisko, skojarzone z efektem popularnie zwanym „parowaniem” czarnych dziur, w najbardziej intymny sposób związało się z tymi ciągle jeszcze tajemniczymi obiektami.

Nic więc dziwnego, że poświęca im aż dwa rozdziały. Są to zarazem najlepsze

fragmenty całej książki, napisane rzeczowo, odpowiedzialnie, bez uciekania się do taniej sensacji, o jaką nietrudno przy omawianiu tego typu zagadnień. Znakomity jest zwłaszcza rozdział pt. *Czarne dziury nie są czarne*, w którym Hawking przedstawia kwantowo-mechaniczne podejście do procesów przebiegających na „tle” horyzontu czarnej dziury. Mowa jest w nim o termodynamice czarnych dziur i kreacji cząstek w pobliżu horyzontu (efekcie Hawkinga), o możliwościach i sposobach obserwacyjnego potwierdzenia zjawiska, które geniusz Hawkinga dostrzegł w skomplikowanym gąszczu równań fizyki teoretycznej.

Zachęcony tym błyskotliwym wynikiem, Hawking odważnie zaproponował opis całego Wszechświata w kategoriach kwantowo-mechanicznych, adaptując do tego celu w szczególności pojęcie funkcji falowej, zawierającej, zgodnie z założeniami mechaniki kwantowej, pełną informację o układzie, który opisuje. Pod warunkiem, że zadamy warunki brzegowe, czyli określmy stan układu-Wszechświata w chwili stworzenia. Hawking czyni to w lapidarnym sformułowaniu: „warunkiem brzegowym dla Wszechświata jest brak brzegów”.

Godna podziwu jest odwaga Hawkinga, bez zahamowań wkraczającego na obszar przez wielu poprzednio traktowany jako będący w gestii Stwórcy raczej niż należący do fizyki. Wypada jednak zwrócić uwagę na kilka spraw, nad którymi autor *Krótkiej Historii Czasu* przemyka się chyłkiem, jak gdyby obawiając się, że ich roztrząsanie mogłoby podważyć solidność proponowanej konstrukcji.

W istocie propozycja Hawkinga ma czysto matematyczny charakter i o ile w przypadku ciągle jeszcze tylko „na papierze” istniejącego zjawiska „parowania” czarnych dziur można dopatrzeć się jądra fizycznej racjonalności, o tyle kosmologia kwantowa à la Hawking z fizyką ma mniej więcej tyle wspólnego co twierdzenie Pitagorasa. Ogłędnie rzecz biorąc, sugero-

wanie, że jest ona wynikiem połączenia mechaniki kwantowej i teorii grawitacji, co autor podkreśla aż w dwóch miejscach, jest nad wyraz grubą przesadą. U jej podłoża leży bowiem tylko pewien trick matematyczny, zwany rotacją Wicka, umożliwiający przejście do tzw. czasu urojonego, który z kolei, znów wbrew temu, co chciałby w nim widzieć Hawking, nie ma, jak na razie, sensu fizycznego. Nie wyklucza to, rzecz jasna, że wizja Hawkinga, który w czasie urojonym dopatruje się wielkości bardziej fundamentalnej niż czas „zwykły”, okaże się proroczą. Na razie jednak jest to czysta spekulacja, zaś rotacja Wicka przez większość poważnych badaczy traktowana jest li tylko jako zabieg pomocniczy przy wykonywaniu rachunków.

Znacznie bardziej oryginalnym pomysłem Hawkinga jest warunek brzegowy dla funkcji falowej Wszechświata. Sposób, w jaki Hawking go przedstawia, pozbawiony jest elementarnej obiektywności: nie pada ani jedno słowo, że istnieją również inne, konkurencyjne warunki brzegowe. Czytelnik może więc odnieść wrażenie, że koncepcja autora jest jedyną i ostateczną. W rzeczywistości jest być może najciekawszą, na pewno zaś jest najbardziej, chociażby dzięki tej książce, rozreklamowaną.

Hawking zdaje się jednak mieć świadomość, że jego modelowi brak uzasadnienia fizycznego. Usiłuje więc je znaleźć, podpierając się zasadą antropiczną. Zasada antropiczna stanowi dość przewrotne sformułowanie zadziwiającego faktu, że Wszechświat jest na swój sposób wyjątkowy. Otóż gdyby był tylko trochę inny, tzn. gdyby np. stałe przyrody, masy cząstek elementarnych, etc. były nieznacznie różne od rzeczywistych, to życie rozumne, przynajmniej w postaci, w jakiej je znamy, nie mogłoby powstać. Przewrotnie więc powiada się: „Wszechświat jest taki, jaki jest, ponieważ my w nim istniejemy”. Pomijając już fakt, że przypomina to odwracanie kota do góry ogonem, podkreślenia wymaga okoliczność, iż zasada antropiczna

sama potrzebuje wytłumaczenia. Czynnione w tym kierunku próby najczęściej odwołują się do bardzo radykalnych rozwiązań w rodzaju postulatów istnienia nieskończenie wielu wszechświatów o różnej liczbie wymiarów, z różnymi prawami fizycznymi. Hawking bez większego zażenowania epatuje czytelnika podobnymi pomysłami. Nic, że z oddali dolatuje zawołanie starego Ockhama: „Nie mnoż bytów ponad ich potrzebę”. Brzytwa, za którą chwytą Hawking nie jest brzytwą Ockhama, jest to raczej brzytwa, za którą chwytają tonący. Szczególnie dramatycznie przedstawia się to w rozdziale omawiającym strzałkę czasu, chyba najbardziej kontrowersyjnym i spekulatywnym. Tu bez zasady antropicznej ani rusz. Ani słowem nie wspomina też Hawking, że inaczej tłumaczy ten fenomen niegdyś bliski jego współpracownik, Roger Penrose.

Zaś czytelnik przyzwyczajony do tego cudownego „wytrychu”, jakim okazuje się być zasada antropiczna, łatwo może ulec wrażeniu, że jej znaczenie w kosmologii jest nie mniejsze niż np. ogólnej teorii względności. Zwłaszcza, iż autor nie robi nic, by go z tego błędu wyprowadzić.

*Krótką Historią Czasu* może być czytana do poduszki. Nie tylko dlatego, że miejscami autor z lubością oddaje się rozważaniom z pogranicza science-fiction. Nad horyzontem tej książki nadmiernie jednak zaciążył pomysł Hawkinga warunku brzegowego dla Wszechświata. Niech te parę tylko, głównie z braku miejsca, uwag krytycznych będzie ostrzeżeniem przed popadaniem w nieuzasadnioną euforię: Wszechświat również jutro będzie miał swoje tajemnice.

Waldemar Puszkarz

## KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Styczeń 1992 r.

Rok 1992 jest rokiem przestępnym. Zdarzą się w nim trzy zaćmienia Słońca i dwa zaćmienia Księżyca. Z nich tylko całkowite zaćmienie Księżyca widoczne będzie u nas w nocy z 9/10 grudnia. W ciągu tego roku tarcza Księżyca będzie wielokrotnie zakrywać planety: raz Merkurego i Urana, dwa razy Wenus i Marsa i aż 10 razy Neptuna!

**Słońce:** Ziemia w swym ruchu po orbicie okołosłonecznej znajdzie się 3 stycznia najbliżej

Słońca, a zatem Słońce będzie wówczas w perigeum w odległości około 147 mln km; 4/5 stycznia zdarzy się obrączkowe zaćmienie Słońca, u nas niewidoczne.

Dni stają się już coraz dłuższe. W Warszawie 1 stycznia Słońce wschodzi o 7<sup>h</sup>46<sup>m</sup>, zachodzi o 15<sup>h</sup>33<sup>m</sup>, a 31 stycznia wschodzi o 7<sup>h</sup>21<sup>m</sup>, zachodzi o 16<sup>h</sup>19<sup>m</sup>. W styczniu Słońce wstępuje w znak Wodnika.

**Księżyc:** W pierwszej połowie miesiąca

Dane dla obserwatorów Słońca (na 13<sup>h</sup> czasu środk.-europ.)

Data 1992	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	Data 1992	P	B <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>
I 1	+ 2 <sup>o</sup> 14	-3 <sup>o</sup> 01	48 <sup>o</sup> 32	I 17	-5 <sup>o</sup> 52	-4 <sup>o</sup> 74	197 <sup>o</sup> 32
3	+ 1.16	-3.24	21.98	19	-6.44	-4.92	171.29
5	+ 0.20	-3.47	355.64	21	-7.36	-5.11	144.96
7	-0.77	-3.70	329.30	23	-8.25	-5.28	118.62
9	-1.74	-3.92	302.97	25	-9.14	-5.46	92.29
11	-2.69	-4.12	276.64	27	-10.00	-5.63	65.96
13	-3.64	-4.34	250.30	29	-10.86	-5.78	39.62
15	-4.58	-4.54	223.96	31	-11.70	-5.94	13.29

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

B<sub>0</sub>, L<sub>0</sub> — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

5<sup>h</sup>4<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0<sup>o</sup>.

będziemy mieli bezksiężycowe noce, bowiem kolejność faz Księżyca jest w styczniu następująca: nów 4<sup>d</sup>24<sup>h</sup>, pierwsza kwadra 13<sup>d</sup>4<sup>h</sup>, pełnia 19<sup>d</sup>22<sup>h</sup> i ostatnia kwadra 26<sup>d</sup>16<sup>h</sup>. W apogeum Księżyc znajdzie się 6, a w perygeum 19 stycznia. W styczniu tarcza Księżyca zakryje Marsa i Wenus, zjawiska u nas niewidoczne.

**Planety i planetoidy:** Rankiem nad wschodnim horyzontem świeci pięknym blaskiem *Wenus* jako gwiazda -4 wielkości. Rankiem też bardzo nisko nad horyzontem możemy obserwować *Merkurego* jako gwiazdę ok. -0.3 wielkości, a także wschodzi już *Mars*, ale słabszy od tamtych dwóch planet (+ 1,4 wielk. gwiazd.). *Jowisz* widoczny jest w drugiej połowie nocy, gdzie świeci w gwiazdozbiornie Lwa jak jasna gwiazda -2,4 wielkości. *Saturn* widoczny jest jeszcze w pierwszej dekadzie miesiąca, kiedy zachodzi wieczorem wraz z gwiazdozbiorem Koziorożca (+ 0.6 wielk. gwiazd.). *Uran* i *Neptun* są niewidoczne. *Pluton* wschodzi nad ranem, ale widoczny jest tylko przez duże teleskopy (14 wielk. gwiazd.).

Z jaśniejszych planetoid dostępna jest tylko 7 wielk. *Westa* widoczna nad ranem. Podajemy równikowe współrzędne planetoidy dla kilku dat: 1<sup>d</sup>: rekt. 11<sup>h</sup>47<sup>m</sup>.4, dekl. +8°23'; 11<sup>d</sup>: rekt. 11<sup>h</sup>53<sup>m</sup>.6, dekl. +8°31'; 21<sup>d</sup>: rekt. 11<sup>h</sup>57<sup>m</sup>.4, dekl. +8°57'; 31<sup>d</sup>: rekt. 11<sup>h</sup>58<sup>m</sup>.5, dekl. +9°44'.

**Meteory:** Od 1 do 6 stycznia promieniają meteory z roju *Kwadrantydów* (maksimum aktywności przypada 4 stycznia). Radian meteorów leży w gwiazdozbiornie Wolarza i ma współrzędne: rekt. 15<sup>h</sup>28<sup>m</sup>, dekl. +50°. Rój jest jednym z bogatszych, a warunki obserwacji są w tym roku bardzo dobre.

\* \* \*

1<sup>d</sup> 13<sup>h</sup> Złączenie *Wenus* z Księżycem w odl. 5°.

2<sup>d</sup> Od 2<sup>h</sup>8<sup>m</sup> na tarczy *Jowisza* widoczny jest cień jego 2 księżycy. Księżyc 2 rozpocznie przejście na tle tarczy planety o 4<sup>h</sup>24<sup>m</sup>, jego cień widoczny będzie do 4<sup>h</sup>56<sup>m</sup>. Koniec przejścia księżycy nastąpi o 7<sup>h</sup>7<sup>m</sup>.

3<sup>d</sup> O 2<sup>h</sup> złączenie *Merkurego* z Księżycem w odl. 3°. Księżyc 3 *Jowisza* przechodzi przez strefę cienia planety: początek zaćmienia o 3<sup>h</sup>42<sup>m</sup>, a koniec zaćmienia (tuż przy brzegu tarczy) o 7<sup>h</sup>16<sup>m</sup>. O 11<sup>h</sup> bliskie złączenie *Marsa* z Księżycem; zakrycie planety przez tarczę Księżyca widoczne będzie w Ameryce Połud-

niowej i na Antarktydzie. O 16<sup>h</sup> *Ziemia* znajdzie się w peryhelium na swej okółosłonecznej orbicie.

4<sup>d</sup> Nad ranem obserwujemy początek przejścia cienia (o 5<sup>h</sup>42<sup>m</sup>) księżycy 1 na tle tarczy *Jowisza* i samego księżycy 1 (o 6<sup>h</sup>47<sup>m</sup>).

4/5<sup>d</sup> Obrączkowe zaćmienie Słońca widoczne na Filipinach, w Japonii, w północnej Australii i na zachodnim wybrzeżu Ameryki Północnej.

5<sup>d</sup> O 2<sup>h</sup> złączenie *Urana* ze Słońcem. Księżyc 1 przechodzi przez strefę cienia i za tarczą *Jowisza*; o 2<sup>h</sup>49<sup>m</sup> obserwujemy początek zaćmienia, a o 6<sup>h</sup>11<sup>m</sup> koniec zakrycia.

6<sup>d</sup> Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy *Jowisza*. Obserwujemy koniec przejścia: cienia o 2<sup>h</sup>26<sup>m</sup> i księżycy o 3<sup>h</sup>29<sup>m</sup>. O 24<sup>h</sup> *Saturn* znajdzie się w złączeniu z Księżycem w odl. 3°.

7<sup>d</sup> O 14<sup>h</sup> *Neptun* w złączeniu ze Słońcem. O 20<sup>h</sup> *Wenus* w złączeniu z *Antaresem* (w odl. 7°), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiornie Skorpiona.

9<sup>d</sup> Księżyc 2 i jego cień przechodzą na tle tarczy *Jowisza*. Obserwujemy początek przejścia: cienia o 4<sup>h</sup>43<sup>m</sup>, a księżycy dopiero o 6<sup>h</sup>49<sup>m</sup>.

10<sup>d</sup> Rankiem nad wschodnim horyzontem odnajdziemy blisko siebie *Marsa* i *Merkurego* (czerwony *Mars* jest słabszy od *Merkurego*); o 21<sup>h</sup> nastąpi złączenie *Marsa* z *Merkurem* w odl. 0°6'.

11<sup>d</sup> Księżyc 2 ukryty jest za tarczą *Jowisza*; o 4<sup>h</sup>35<sup>m</sup> obserwujemy koniec zakrycia.

12<sup>d</sup> O 4<sup>h</sup>42<sup>m</sup> obserwujemy początek zaćmienia 1 księżycy *Jowisza*.

13<sup>d</sup> Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy *Jowisza*. Cień pojawi się na tarczy planety o 2<sup>h</sup>4<sup>m</sup>, a księżyc rozpocznie przejście o 3<sup>h</sup>2<sup>m</sup>. Koniec przejścia cienia o 4<sup>h</sup>20<sup>m</sup>, a księżycy 1 o 5<sup>h</sup>17<sup>m</sup>.

14<sup>d</sup> W pobliżu *Jowisza* brak jest jego dwóch najjaśniejszych księżyców: księżyc 1 przechodzi za tarczą planety (koniec zakrycia o 2<sup>h</sup>26<sup>m</sup>), a księżyc 3 przechodzi na tle tarczy (koniec przejścia o 4<sup>h</sup>55<sup>m</sup>).

15<sup>d</sup> Księżyc 4 widoczny bardzo blisko brzegu tarczy *Jowisza* o 5<sup>h</sup>8<sup>m</sup> rozpocznie przejście na jej tle.

18<sup>d</sup> Księżyc 2 przechodzi przez strefę cienia i za tarczą *Jowisza*; początek zaćmienia o 2<sup>h</sup>23<sup>m</sup>, koniec zakrycia o 6<sup>h</sup>56<sup>m</sup>.

20<sup>d</sup> O 4<sup>h</sup> *Merkury* w złączeniu z *Uranem* w odl. 0°6'. O 3<sup>h</sup>57<sup>m</sup> na tarczy *Jowisza* pojawi

się cień jego 1 księżycy, a sam księżyc 1 rozpocznie przejście na tle tarczy o  $4^{\text{h}}48^{\text{m}}$ . O  $20^{\text{h}}33^{\text{m}}$  Słońce wstępuje w znak Wodnika, jego długość ekliptyczna wynosi  $300^{\circ}$ .

21<sup>d</sup> Księżyc 1 ukryty jest za tarczą Jowisza, księżyc 3 widoczny jest blisko brzegu tarczy planety, a na tle tarczy przesuwa się cień tego księżycy. O  $4^{\text{h}}14^{\text{m}}$  obserwujemy koniec zakrycia księżycy 1, o  $5^{\text{h}}2^{\text{m}}$  początek przejścia księżycy 3, a o  $5^{\text{h}}4^{\text{m}}$  koniec przejścia cienia księżycy 3 na tle tarczy planety. O  $12^{\text{h}}$  Merkury w złączeniu z Neptunem w odł.  $2^{\circ}$ .

23<sup>d</sup> O  $2^{\text{h}}$  Jowisz w złączeniu z Księżycem w odł.  $7^{\circ}$ . O  $4^{\text{h}}30^{\text{m}}$  obserwujemy początek zaćmienia księżycy 4, który zniknie w cieniu planety w odległości prawie dwóch średnic tarczy od jej lewego brzegu (patrząc przez lunetę odwracającą).

25<sup>d</sup> O  $4^{\text{h}}57^{\text{m}}$  obserwujemy początek zaćmienia 2 księżycy Jowisza.

27<sup>d</sup> Obserwujemy koniec przejścia cienia i księżycy 2 oraz początek przejścia cienia i księżycy 1 na tle tarczy Jowisza. Cień księżycy 2

kończy przejście o  $1^{\text{h}}59^{\text{m}}$ , a sam księżyc 2 o  $3^{\text{h}}27^{\text{m}}$ . Cień księżycy 1 pojawi się na tarczy planety o  $5^{\text{h}}50^{\text{m}}$ , a sam księżyc 1 rozpocznie przejście na tle tarczy o  $6^{\text{h}}34^{\text{m}}$ .

28<sup>d</sup> Dwa księżycy zbliżają się do brzegu tarczy Jowisza. O  $2^{\text{h}}58^{\text{m}}$  obserwujemy początek zaćmienia księżycy 1, a o  $5^{\text{h}}30^{\text{m}}$  na tarczy planety pojawi się cień księżycy 3; o  $5^{\text{h}}59^{\text{m}}$  nastąpi koniec zakrycia księżycy 1.

29<sup>d</sup> Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza; obserwujemy koniec przejścia: cienia o  $2^{\text{h}}34^{\text{m}}$ , a księżycy 1 o  $3^{\text{h}}16^{\text{m}}$ . O  $21^{\text{h}}$  planetoida Westa nieruchoma w rektascensji (zakreśla pętlę na tle gwiazd). O  $22^{\text{h}}$  Mars w złączeniu z Uranem w odł.  $0^{\circ}.4$ . O  $23^{\text{h}}$  złączenie Saturna ze Słońcem.

31<sup>d</sup>  $18^{\text{h}}$  Bliskie złączenie Wenus z Księżycem. Niestety, zakrycie planety przez tarczę Księżycy widoczne będzie tylko na Antarktydzie.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie środkowo-europejskim.

Opracował G. Sitarski

## CONTENTS

A. Pilski, Around Globular Clusters  
 R. Schreiber,  
 A Magnetosphere of Neptune  
 S. R. Brzostkiewicz, The First  
 Results of the Magellan Mission  
 Chronicle:  
 Millisecond Pulsars and  
 Globular Clusters  
 What Is Shining in the Center  
 of Our Galaxy?  
 A Planet outside the Solar System  
 Einstein Cross  
 Where Is the End of the Solar System  
 An Unexpected Growth of the Activity  
 of Halley's Comet  
 A Success and Troubles  
 of the Galileo Probe  
 Corner of an Astronomical  
 Olympian  
 Observations  
 New Books  
 Astronomical Calendar

## СОДЕРЖАНИЕ

А. Пильски, Вокруг шаровых  
 скоплений  
 Р. Шрайбер, Магнетосфера Нептуна  
 С. Р. Бжосткевич, Первые  
 результаты полета зонда Магеллан  
 Хроника:  
 Миллисекундный пульсар и шаровые  
 скопления  
 Что светит в Центре  
 Галактики  
 Планета вне Солнечной системы  
 Крест Эйнштейна  
 Где кончается Солнечный систем?  
 Неожиданный рост активности  
 кометы Галлея  
 Успех и проблемы зонда  
 Галилео  
 Уголок астрономического  
 олимпийца  
 Наблюдения  
 Новые книги  
 Астрономический календарь

URANIA — Miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Redaguje kolegium: Krzysztof Ziołkowski — redaktor naczelny, Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska — sekretarz redakcji. Adres redakcji: ul Bartycka 18, 00-716 Warszawa. Adres administracji: Zarząd Główny PTMA, ul. św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków, tel. 22 38 92; nr konta PKO I OM Kraków 35510-16391-132. Roczna prenumerata *Uranii* w PTMA 100.000 zł. Cena pojedynczego zeszytu 9.000 zł, koszty przesyłki 2.000 zł. Ponadto do nabycia w kioskach Ruchu.

Druk: Zakład Poligraficzny Wydawnictwa PLATAN, Kryspinów 189, 32-060 Liszki



Pierwsza strona okładki: Wizja malarska przelotu sondy kosmicznej Galileo w grudniu 1995 r. obok księżycą Jowisza Io, na którym w 1979 r. — dzięki misji Voyager — odkryto czynne wulkany. W głębi widoczny jest Jowisz z Wielką Czerwoną Plamą na powierzchni. Średnica anteny w kształcie parasola, której do tej pory nie udało się rozwinąć (o czym donosimy w Kronice), jest równa 4.8 m, a długość sondy wynosi 6.3 m (fot. NASA/JPL).

Druga strona okładki: Uzyskany za pomocą sondy kosmicznej Magellan obraz górzystego fragmentu Płaskowyżu Lakszmi na powierzchni Wenus. Ciemne smugi oznaczają te części obrazu, których dotychczas Magellan nie zdołał wyśledzić (fot. NASA/JPL).

Trzecia strona okładki: Obraz fragmentu globu Neptuna przekazany przez sondę kosmiczną Voyager 2, która 25 sierpnia 1989 r. przeleciała w odległości około 4900 km nad północnym biegunem planety. Niebieski kolor Neptuna jest wynikiem dużej obfitości metanu w jego atmosferze, który absorbuje czerwoną część widma padającego na nią promieniowania słonecznego. Trzy twory powierzchniowe zdominowały ten obraz (licząc od góry): „Wielka Ciemna Plama”, której towarzyszą jasne obłoki szybko zmieniające swą postać; jasna plama, którą żartobliwie nazwano „Skuter” gdyż rotuje wokół globu planety znacznie szybciej niż pozostałe twory jej powierzchni i „Ciemna Plama 2” z jasnym jądrem (fot. NASA/JPL).  
Czwarta strona okładki: Sztucznie barwiony obraz Neptuna utworzony z trzech zdjęć wykonanych za pomocą sondy Voyager 2 przez filtry: niebieski, zielony i przepuszczający promieniowanie absorbowane przez metan. Taka kompozycja umożliwiła wykazanie istnienia nad metanową atmosferą planety warstwy obłoków przepuszczających częściowo promieniowanie słoneczne (fot. NASA/JPL).

