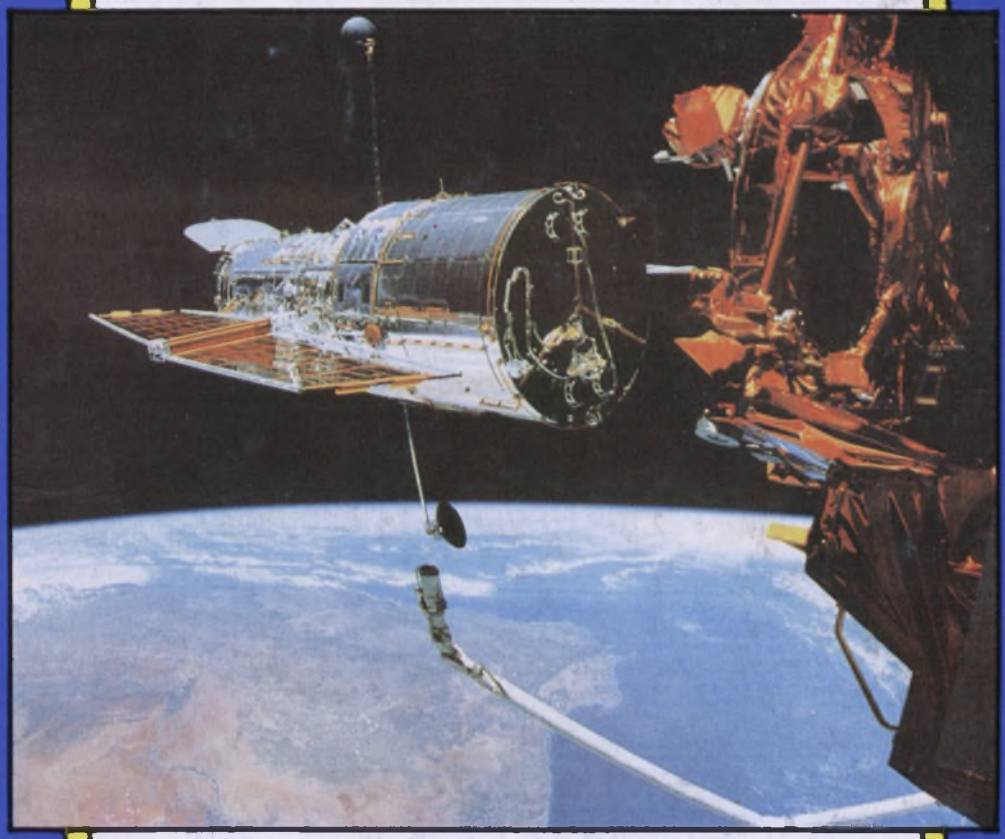
URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII



ROK LXV KWIECIEŃ 1994 Nr 4(628)

MIESIĘCZNIK
URANIA
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

PL ISSN 0042–07–94

Rok LXV Kwiecień 1994 Nr 4 (628)

WYDANO Z POMOCĄ FINANSOWĄ KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH I POLSKIEJ AKADEMII NAUK, CZASOPISMO ZATWIERDZONE PRZEZ MINISTERSTWO OŚWIATY DO UŻYTKU SZKÓŁ OGÓLNOKSZTAŁCĄCYCH, ZAKŁADÓW KSZTAŁCENIA NAUCZYCIELI I TECHNIKÓW (Dz. Urz. Min. Ośw. Nr 14 z 1966 r. W-wa, 5. 11. 1966).

SPIS TREŚCI

Stanisław R. Brzostkiewicz
Zagadek Plutona i Charona ciąg dalszy... 98
Krzysztof Ziołkowski
Pozaziemskie badania komet i planetoid 105
Kronika:
Misja Clementine 112
Idy marcowe 1994 roku 114
Rola neutrin w kosmicznej chemii – propozycja testowania nowej teorii 114
Miłośnicy – astronomii 115
Rakieta PEGASUS 115
Zaśmiecony Kosmos 116
Kronika Historyczna:
Henri Poincaré – matematyk, fizyk, astronom 117
Poradnik Obserwatora:
Wizualne obserwacje gwiazd zmiennych 119
Obserwacje:
Ogólnopolski Konkurs Fotografii Astronomicznej ASTROFOTO '93 120
Nowości Wydawnicze:
S. Hawking, Czarne dziury i wszechświaty niemowlęce 121
To i owo
Astronomiczne dane do rozmyślań przedmaturalnych 123
Kalendarzyk Astronomiczny 124

W numerze, którego okładkę zdobią zdjęcia z wykonanej w grudniu ubiegłego roku niezwykłej naprawy działającego już od czterech lat Teleskopu Kosmicznego Hubble'a, wiele miejsca poświęcamy omówieniu tego, co astronomia, a w szczególności wiedza o małych ciałach Układu Słonecznego, zawdzięcza technice rakietowej i satelitarnej. Trudno wprost uwierzyć, że za życia jednego pokolenia postęp w metodach badania Wszechświata zwielokrotnił zasób informacji o nim. Jest on dziś tak duży, że wiele zagadnień coraz bardziej domaga się wszechstronnego spojrzenia i całościowej syntezy. Do takich problemów należy np. kwestia powstania i ewolucji naszego systemu planetarnego, w której istotną rolę odgrywają komety i planetoidy. Nic więc dziwnego, że badania tych ciągle jeszcze tajemniczych ciał niebieskich stają się coraz bardziej atrakcyjne i poświęca się im coraz więcej czasu i środków. A warto wiedzieć, że obecnie obserwuje się je nie tylko w bliskich Ziemi obszarach Układu Słonecznego, ale także na jego peryferiach, czyli tam gdzie krąży Pluton, ostatnia planeta nie zbadana jeszcze przez żadną sondę kosmiczną. Z artykułu jemu poświęconego, którym rozpoczynamy ten numer, dowiemy się nie tylko o zagadkach dotyczących tego intrygującego układu podwójnego, lecz także o najnowszych odkryciach w tym rejonie. Wprawdzie dostrzeżone tam po raz pierwszy obiekty zostały zaliczone do planetoid, ale są być może wielkimi kometami, czyli takimi ciałami jak obserwowana już od wielu lat planetoida Chiron, która niedawno ujawniła oznaki aktywności kometarnej. Numer ten przynosi ponadto informacje o nowych, ciekawych technikach eksploracji kosmosu, a także o zagrożeniach naszej Ziemi i jej otoczenia, zarówno naturalnych jak i spowodowanych ręką ludzką. Mamy nadzieję, że lektura tych wszystkich materiałów ułatwi poznanie i zrozumienie choć części tego, co wokół nas się dzieje.

Stanisław R. Brzostkiewicz — *Dąbrowa Górnicza*

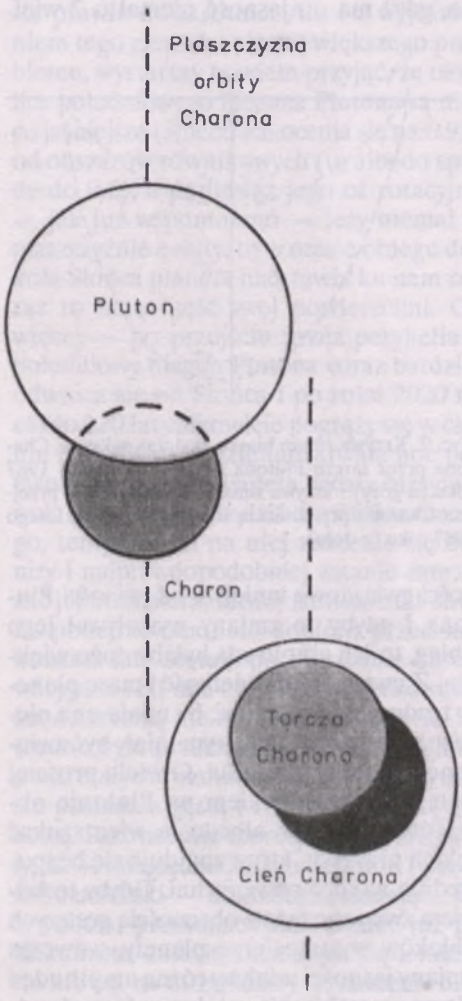
ZAGADEK PLUTONA I CHARONA CIĄG DALSZY...

Astronomowie obserwują Plutona dopiero 64 lata. Tyle bowiem czasu upłynęło od chwili, gdy Clyde W. Tombaugh po wielu godzinach spędzonych przy mikroskopie błyskowym i przejrzeniu dziesiątek klisz odkrył wreszcie obiekt, który okazał się — tak przynajmniej wówczas sądzono — poszukiwaną planetą. Znajdowała się ona bardzo blisko miejsca wskazanego przez Percivala Lowella, toteż powyższe odkrycie porównywano do odkrycia Neptuna i uważano za kolejny tryumf mechaniki nieba, a tymczasem był to — w świetle współczesnych badań — jedynie szczęśliwy zbieg okoliczności. Mimo to Pluton okazał się być obiektem niezmiernie interesującym i nie należy się dziwić, że w ostatnich czasach czasopisma astronomiczne poświęcają mu sporo miejsca na swych łamach. Co więcej — publikacje te zaprzeczają poglądowi, jakoby wielkich odkryć w dziedzinie astronomii planetarnej można było oczekiwać tylko wówczas, gdy do danej planety lub jej księżyca zbliży się jakaś sonda kosmiczna. Pluton jest bowiem planetą, o której dziś wiemy o wiele więcej niż przed kilkunastu laty i te najnowsze informacje zawdzięczamy wyłącznie naziemnym obserwacjom.

Przede wszystkim badania te wyjaśniły wreszcie wątpliwość od dawna nurtującą astronomów. Jednocześnie wykazały bowiem, że Pluton ma za małą masę na to, by wywoływać jakieś większe perturbacje w ruchach Urana i Neptuna. Astronom amerykański Myles Standish dowodzi nawet ostatnio, iż owe „niewyjaśnione odchylenia" w ruchu pierwszej z tych planet znacznie się zmniejszą, gdy przy obliczaniu jej efemerydy uwzględnimy dokładną masę drugiej z nich, którą udało się wyznaczyć dzięki sondzie Voyager–2 (według tych ocen masa Neptuna wynosi 1/19412.240 masy Słońca). Wprawdzie pozostaną jeszcze niewielkie odchylenia w ruchu Urana, ale te łatwo wyjaśnić systematycznymi błędami pomiarów, wykonanych przecież w różnych warunkach i za pomocą różnych przyrządów. Jeżeli zaś idzie o pewne rozbieżności między obliczoną efemerydą Neptuna, a jego faktycznym położeniem na niebie, to mogą się one wydawać czymś zupełnie naturalnym w przypadku ciała, które od chwili odkrycia do dziś nie dokonało jeszcze pełnego obiegu swej orbity. Na nic nie zda się tu — przynajmniej zdaniem Standisha — nawet tak „koronny" dowód, jakim dla niektórych badaczy ma być notatka Galileusza. Mamy oczywiście na myśli dziennik obserwacyjny włoskiego uczonego, a właściwie rysunek zamieszczony w nim pod datą 28 stycznia 1613 roku. Jest na nim zaznaczony Jowisz ze swymi czterema największymi księżycami i dwie tajemnicze gwiazdy, z których jedna po dokładnym zbadaniu okazała się być „normalną" gwiazdą SAO 119234 z gwiazdozbioru Panny, druga zaś planetą Neptun. Gdyby na wspomnianym rysunku odległość między tymi gwiazdami przedstawiona była dokładnie w takiej samej skali, jak odległości między wspomnianymi księżycami jowiszowymi, wówczas jednoznacznie oznaczałoby to, że Neptun w roku 1613 znajdował się w odległości około 1 minuty łuku od miejsca, gdzie powinien być położony według dzisiejszych obliczeń. Takiej pewności jednak nie ma i zresztą Standishowi — jak twierdzi — udało się dotrzeć do innej obserwacji Galileusza, a tam położenie Neptuna zgodne już jest ze współczesną efemerydą. To zdaje się ostatecznie przesądzać sprawę na rzecz przedstawionej wyżej hipotezy astronoma amerykańskiego.

Tak czy inaczej to dziś Pluton nie może

już uchodzić za ciało oczekiwane niegdyś przez Lowella i innych astronomów popierających jego poglądy. Obecnie planetolodzy (nie bez powodu zresztą) zastanawiają się nad tym, czy obiekt po raz pierwszy dostrzeżony na kliszach uzyskanych 19, 21 i 23 stycznia 1930 roku może być



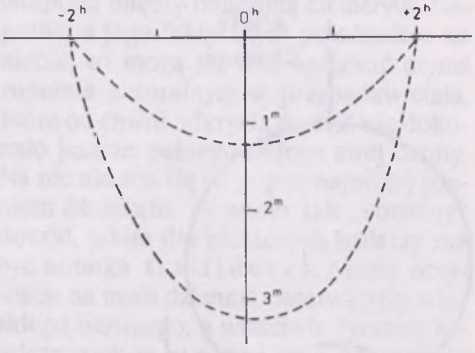
Ryc. 1. Przebieg zjawisk obserwowanych w układzie Pluton–Charon (wg D. J. Tholena i innych): zakrycie Charona przez tarczę Plutona w dniu 7 stycznia 1987 roku (u góry) i przejście Charona przed tarczą Plutona w dniu 2 lutego 1987 roku (u dołu).

zaliczony do planety, bo gdyby odpowiedź była twierdząca, wówczas musielibyśmy pogodzić się z faktem, że mamy do czynienia z bardzo nietypową planetą. Przecież już orbita Plutona różni się znacznie od orbit pozostałych planet, gdyż nie tylko jej płaszczyzna ma wyjątkowo duże nachylenie względem płaszczyzny ekliptyki, to jednocześnie charakteryzuje się ona największym mimośrodem. Dość powiedzieć, iż planeta w aphelium oddala się wprawdzie od Słońca aż o 49.3 j. a. (7375×10^6 km), ale za to w peryhelium zbliża się do niego na odległość 29.6 j. a. (4425×10^6 km), czyli bardziej niż Neptun. Tak więc nie zawsze Pluton jest najdalszą planetą Układu Słonecznego, bo – jak z powyższego wynika – mniej więcej przez okres 20 lat w ciągu trwającego blisko 248 lat obiegu porusza się wewnątrz orbity tego ostatniego i taką właśnie sytuację mamy obecnie. Po prostu 23 stycznia 1979 roku obie planety znalazły się w jednakowych odległościach od centralnego ciała naszego układu planetarnego, po czym Pluton zaczął się do niego zbliżać, przez peryhelium orbity przeszedł we wrześniu 1989 roku, a 15 marca 1999 roku ponownie odległość Plutona od Słońca zrówna się z odległością Neptuna. Od tej pory znowu przejmie on rolę najdalszej planety Układu Słonecznego.

To ostatnie zbliżenie Plutona do Słońca (i do Ziemi) astronomowie wykorzystali do jego obserwacji i do uzyskania o nim możliwie najwięcej informacji. Nie trzeba oczywiście nikogo przekonywać, że możliwości w tym zakresie byłyby o wiele mniejsze, gdyby James W. Christy w roku 1978 nie odkrył Charona. Odkrycie to umożliwiło bowiem poznanie zarówno dokładnych rozmiarów i mas tworzących ten przedziwny układ ciał, jak i rozwiązanie wiele innych problemów z nimi związanych. Już wkrótce po odkryciu Charona stwierdzono na przykład, że oś rotacyjna Plutona – podobnie jak oś rotacyjna Urana – leży niemal w płaszczyźnie jego orbity i że księżyc ten porusza się w płasz-

czyźnie równika planety, przy czym ich ruch wokół wspólnego środka masy (który znajduje się około 1200 km nad powierzchnią Plutona) jest już całkowicie zsynchronizowany. To zaś oznacza, iż oba ciała zwracają ku sobie stale jedne i te same półkule. Na razie jest to jedyny znany przypadek w Układzie Słonecznym, dotychczas obserwowany przez astronomów tylko w świecie gwiazd, a ściślej mówiąc — w ciasnych układach gwiazd podwójnych.* W jednym i drugim przypadku naziemnymi teleskopami ne udało się dotychczas rozdzielić takiego układu, a podstawowe informacje o nim i tworzących go składnikach dostarczają pomiary fotometryczne. Jeżeli bowiem płaszczyzny orbit gwiazd ciasnego układu podwójnego są odpowiednio usytuowane w przestrzeni, obserwator na Ziemi obserwuje ich wzajemne zakrycia i na podstawie zmian jasności układu uzyskuje o nim pewne informacje. Szczęśliwym zbiegiem okoliczności co 124 lata płaszczyzna orbity Charona ustawia się w kierunku naszej planety i wtedy dla ziemskiego obserwatora następuje cykl wzajemnych zakryć ciał tego niezwykłego układu. Tego rodzaju sytuację mieliśmy właśnie w latach 1985–1990, kiedy to obserwowano 14 zakryć Charona przez Plutona i 15 przejść księżyca przed tarczą planety. W tym drugim przypadku spadki jasności były wyraźniejsze, minima dużo głębsze, a krzywe zmian blasku nieco asymetryczne. Nie ma w tym nic dziwnego, po prostu Charon ma mniejsze albedo od Plutona i w dodatku przechodząc przed tarczą planety rzuca na nią swój cień.

Przebieg tych zjawisk był wnikliwie obserwowany i na tej podstawie udało się rozwiązać niejedną zagadkę układu Pluton–Charon. Ciekawy też materiał na ten temat uzyskano w oparciu o pomiary fotometryczne, których w latach 1954–1990 dokonywano w różnych obserwatoriach, głównie amerykańskich. Już one wykazały, że wielkość gwiazdowa Plutona zmienia się regularnie w okresie około 6.387 dnia i że amplituda tych zmian wynosi około 0.1 wielkości gwiazdowej. Od razu się domyślano, że wywołuje to rotacja planety, a nie ma z tym nic wspólnego obieg Charona, gdyż ma on jasność niemal o 2 wiel-



Ryc. 2. Krzywa zmian blasku podczas zakrycia Charona przez tarczę Plutona w dniu 7 stycznia 1987 roku (u góry) i krzywa zmian blasku podczas przejścia Charona przed tarczą Plutona w dniu 2 lutego 1987 roku (u dołu).

kości gwiazdowe mniejszą od jasności Plutona i gdyby te zmiany wywoływał jego obieg, to ich amplituda byłaby dużo większa. Z uwagi zaś na wielkość i masę planety trudno było zakładać, by miała ona nieregularny kształt i by z tym miały być związane zmiany jej jasności. O wiele prościej tłumaczyć je istnieniem na Plutonie obszarów o różnym albedo, a więc szukać takich przyczyn, które znajdują się bezpośrednio na jego powierzchni. Gdyby to bowiem związane było z obecnością gęstszych obłoków w atmosferze planety, wówczas zmiany jasności miałyby różną amplitudę i nie powtarzałyby się w tak regularnych odstępach czasu.

* Taka pełna synchronizacja w układzie Ziemia–Księżyc może nastąpić dopiero za kilkadziesiąt miliardów lat. Gdyby do tego doszło, odległość między naszą planetą a jej satelitą wynosiłaby około 556 000 km, a długość ziemskiej doby wzrosłaby do 47.4 dnia. Do tego jednak nigdy nie dojdzie, bo przecież dużo wcześniej Słońce przeobrazi się w czerwonego olbrzyma i pochłonie Ziemię wraz z obiegającym ją Księżycem.

Albedo powierzchni Plutona — jak wykazały pomiary fotometryczne — zależne też jest od szerokości planetograficznej. Średnia wizualna wielkość gwiazdowa planety (redukowana na odległość 39.5 j. a.) w roku 1954 wynosiła 14.92^m, a w roku 1972 spadła już do 15.12^m, przy czym amplituda zmian wywoływanych rotacją wzrosła prawie dwukrotnie. Ale i z wyjaśnieniem tego zjawiska nie ma większego problemu, wystarczy bowiem przyjąć, że okolice południowego bieguna Plutona są nieco jaśniejsze (albedo ich ocenia się na 0.92) od obszarów równikowych (tu albedo spada do 0.2), a ponieważ jego oś rotacyjna — jak już wspomniano — leży niemal w płaszczyźnie orbity, to w czasie obiegu dokoła Słońca planeta nadstawia ku nam coraz to inną część swej powierzchni. Co więcej — po przejściu przez peryhelium południowy biegun Plutona coraz bardziej odwraca się od Słońca i po roku 2020 na około 120 lat całkowicie pogrąży się w cieniu (tak długo będzie tam trwała noc polarna). Wtedy też planeta będzie otrzymywała dużo mniej niż dziś ciepła słonecznego, temperatura na niej znacznie się obniży i najprawdopodobniej zacznie zamarzać jej atmosfera, której istnienie od dawna podejrzewano, ale dopiero przed kilkunastu laty zostało potwierdzone obserwacyjnie. Jest ona oczywiście bardzo rzadka, co zresztą nie może nikogo dziwić, bo trudno było przecież zakładać, by planeta o tak małych rozmiarach i niewielkiej masie posiadała gęstą i rozległa otoczkę gazową. Rozważania teoretyczne wykazywały, iż — uwzględniając temperaturę i prędkość ucieczki — atmosfera składająca się z wodoru przestałaby tam istnieć już po kilkunastu dniach, składająca się z metanu lub neonu utrzymałaby się znacznie dłużej, lecz dopiero występowanie w dużej ilości azotu przedłużyłoby tę żywotność do około 10^4 lat. O ile jednak metan był na Plutonie wykryty prawie 20 lat temu, to na temat obecności tam azotu były tylko mniej lub bardziej uzasadnione przypuszczenia. Po prostu jest on dużo trudniejszy do wykrycia, nie zdradza tak łatwo swego istnienia w widmie światła słonecznego, odbitego od powierzchni planety. Nic zatem dziwnego, że mimo wysiłków długo się to astronomom nie udawało i dopiero w roku 1992 uzyskano widmo, w którym dostrzeżono wreszcie linie absorbcyjne, świadczące o obecności na Plutonie azotu. Stanowi on najprawdopodobniej główny składnik tamtejszej atmosfery.

W świetle powyższych danych Plutona z powodzeniem można uznać za bliźniaczego brata Trytona. W atmosferze największego księżyca Neptuna także stwierdzono obecność azotu, jego skorupa składa się głównie z zamarzłego azotu. Pluton ma do niego nie tylko zbliżone rozmiary, podobną masę i średnią gęstość, lecz przypuszczalnie analogiczną budowę swego wnętrza. Bo i jego skorupę tworzy głównie lód azotowy, a ponadto występują w niej — tak samo jak w skorupie Trytona — zestalony metan i tlenek węgla. Skorupa ta — jak się obecnie ocenia — ma prawdopodobnie najwyżej 1 km grubości, pod nią znajdowałby się utworzony głównie z lodu wodnego płaszcz o grubości 210–320 km, w samym zaś środku planety powinno być jądro o promieniu 830–940 km, które byłoby zbudowane z uwodnionych minerałów. Jest to zatem nie tylko mały, ale posiadający prymitywną budowę obiekt, nie przypominający zupełnie „normalnej" planety. W każdym razie Pluton to zupełnie innej klasy obiekt, nie pasujący zarówno do planet ziemskiej grupy ze względu na zbyt małą gęstość, jak i do planet grupy jowiszowej z uwagi na zbyt małe rozmiary i niewielką masę. Nie należy się przeto dziwić, że tuż po odkryciu Charona i po ustaleniu podstawowych parametrów tego niezwykłego układu do łask wróciła hipoteza Raymonda A. Lyttletona. Astronom angielski już w roku 1936 wystąpił z poglądem, że Pluton mógł być kiedyś satelitą Neptuna, lecz pod wpływem jego sił pływowych za bardzo zbliżył się do Try-

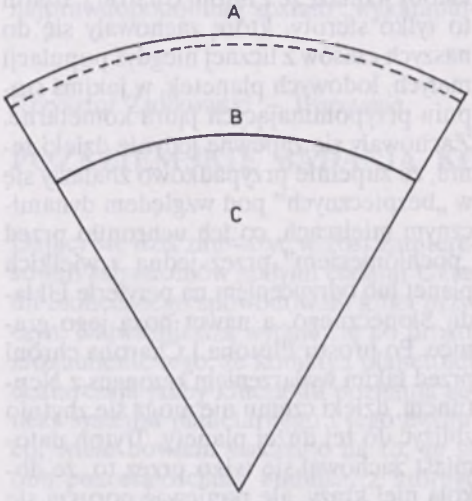
tona, co miało fatalne następstwa. Ich grawitacyjne oddziaływanie doprowadziło bowiem do przerzucenia Nereidy na wydłużoną orbitę, sam Tryton zaczął okrążać planetę po wstecznej orbicie, a Pluton został w ogóle wyrzucony z układu i stał się samodzielną planetą.

Niestety, ta nęcąca hipoteza Lyttletona ma coraz mniej zwolenników. Czyniono wprawdzie próby jej odmłodzenia, ale nieustannie przybywa faktów, które zdają się przeczyć podstawowym założeniom tego poglądu. I tak na przykład symulacja komputerowa zdaje się sugerować, że orbita Plutona względem orbity Neptuna jest dość stabilna, dzięki bowiem rezonansowi ich obiegów (okres obiegu Plutona stanowi 3/2 okresu obiegu Neptuna) nie zmienia się co najmniej przez 10^7 lat, może nawet przez cały czas istnienia Układu Słonecznego. Ale to jeszcze nie koniec podobnych niespodzianek – rozważania powyższe wykazują, że wprawdzie Pluton od czasu do czasu porusza się wewnątrz orbity Neptuna, to jednak ich orbity są tak usytuowane w przestrzeni, że odległość między tymi planetami nigdy nie może być mniejsza niż 18 j. a. Gdyby zatem jedynie w oparciu o ten fakt zastanawiano się nad tym, czy Pluton niegdyś faktycznie był satelitą jakiejś planety, to kandydatem na taką planetę odpowiedniejszy byłby – przynajmniej zdaniem niektórych planetologów – Uran, do którego może się on zbliżać nawet na odległość 10.6 j. a. A przy tym orbita tej planety też ma dość duży mimośród (prawie 5.5 razy większy od mimośrodu orbity Neptuna) i jej oś rotacyjna – podobnie jak oś rotacyjna Plutona – jest również anormalnie nachylona względem płaszczyzny orbity. Nie znaczy to jednak wcale, by powyższa hipoteza nie miała słabych punktów i by można ją było bezkrytycznie przyjmować. Tak dobrze nie jest, nie znamy na przykład ciała, które byłoby odpowiedzialne za hipotetyczną katastrofę w układzie Urana. Można wprawdzie założyć, że doprowadziło do niej już nieistniejące ciało i układ Pluton–Charon to jedynie uboczny „produkt" takiej katastrofy. To tajemnicze ciało – jak obliczono – powinno mieć masę zbliżoną do masy naszej planety, lecz podczas „kolizji" z Uranem rozpadło się na tysiące mniejszych i większych brył, krążących dziś na peryferiach Układu Słonecznego. W tym przypadku Plutona i Charona należałoby uznać za coś w rodzaju „odszczepek" powstałych w wyniku rozgrywającego się przed miliardami lat dramatu.

Tak czy inaczej układ Pluton–Charon wciąż stanowi dla planetologów intrygującą zagadkę. Nie wiadomo nawet tego, czy składa się on jedynie z tych dwóch ciał, czy też może w jego skład wchodzą jeszcze inne, drobniejsze obiekty? Takie właśnie pytanie zadał sobie niedawno astronom amerykański S. Alan Stern i chcąc uzyskać na nie odpowiedź dokonał w latach 1990–1991 odpowiednich obserwacji. Ich zadaniem było wykrycie w układzie Pluton–Charon mniejszych satelitów, które niewątpliwie mogły dostarczyć planetologom pewnych argumentów na rzecz tej lub innej hipotezy. Niestety, wynik powyższych poszukiwań jest negatywny, w promieniu 95 sekund łuku (odpowiada to 1700 promieniom Plutona) nie istnieje – jak wykazały obserwacje – żaden obiekt o promieniu większym niż 60 km.

Badania układu Pluton–Charon są bardzo trudne ze względu na dzielącą nas od niego odległość. Mimo to nasze wiadomości o tworzących go ciałach nieustannie wzbogacają się o nowe fakty i na temat pochodzenia tego przedziwnego układu wciąż rodzą się nowe, miejmy nadzieję coraz wiarygodniejsze koncepcje. Autorem jednej z nich jest astronom amerykański Bill W. McKinnon, który na podstawie wnikliwej analizy uzyskanych ostatnio materiałów doszedł do przekonania, że nie tylko Plutona z Trytonem nie łączy żadne bliższe „pokrewieństwo", ale że Pluton i Charon też niegdyś były samodzielnymi obiektami i dopiero w jakiś czas po powsta-

niu zderzyły się ze sobą. Te trzy wymienione wyżej ciała mają małe gęstości, zbudowane bowiem są głównie z lodu wodnego, co wyraźnie wskazuje na to, że powstały w chłodnych, odległych regionach Układu Słonecznego. Na uwagę zasługuje zwłaszcza fakt, iż Charon – w odróżnieniu od innych księżyców stosunkowo małych w porównaniu z wielkością macierzystych planet – ma tylko o połowę mniejszą średnicę niż Pluton, a masę równą jednej piątej jego masy. Tymczasem rozważania teoretyczne wykluczają możliwość, by w procesie akreacji mogła powstać tak przedziwna para ciał. Co więcej – nie jest również możliwe uformowanie się ciał tego układu przez oderwanie się części masy od szybko rotującego proto–Plutona.



Ryc. 3. Budowa wnętrza Plutona (wg S. A. Sterna): A – skorupa (zamarzły azot, metan i tlenek węgla), B – płaszcz (lód wodny), C – jądro (uwodnione minerały).

Wyniki powyższych rozważań teoretycznych przemawiają na rzecz hipotezy McKinnona. Wskazują one bowiem na to, że Pluton i Charon powstały jako samodzielne obiekty, ale nie cieszyły się długo samotnością, bo wkrótce potem zbliżyły się do siebie na bardzo małą odległość i utworzyły tak osobliwą parę. Przemawiają za tym i inne fakty, z którymi alternatywne hipotezy nie bardzo potrafią sobie radzić (duży kąt nachylenia płaszczyzny orbity Plutona względem płaszczyzny ekliptyki, wyjątkowo duży mimośród, leżąca prawie w płaszczyźnie orbity oś rotacyjna). Ale i tej hipotezie nie brakuje słabych punktów, przede wszystkim wydaje się prawie niemożliwe, by dwa niewielkie ciała okrążające Słońce w tak dużych odległościach mogły się ze sobą spotkać. Z symulacji komputerowej wynika, że gdyby Pluton i Charon poruszały się po dowolnych orbitach w tych odległych regionach Układu Słonecznego, to w czasie jego dotychczasowej historii prawdopodobieństwo takiej kolizji wynosi jeden do miliona. Krótko mówiąc – takie wydarzenie jest po prostu nieprawdopodobne, przynajmniej w okresie 4.5 miliarda lat. Wystarczy jednak przyjąć, że w odległości 20–30 j. a. od Słońca krążyło 1000 ciał podobnych do Plutona i Charona, a możliwość zderzeń między nimi znacznie wzrośnie. Ale na razie planetolodzy nie potrafią powiedzieć, ile takich ciał poruszało się między orbitami Urana i Neptuna w początkowym okresie istnienia Układu Słonecznego. Jedno zdaje się nie ulegać najmniejszej wątpliwości – ich oddziaływania grawitacyjne miały duży wpływ na dalsze losy tych obiektów i z obliczeń wynika, że do spotkania Plutona z Charonem mogło dojść wówczas, gdy w danej przestrzeni znajdowało się od kilkuset do dziesięciu tysięcy ciał o średnicach od 1000 do 3000 km. A taka liczba lodowych karłów planetarnych mogła niegdyś istnieć w tym rejonie Układu Słonecznego.

W okresie formowania się Urana i Neptuna znajdowało się niegdyś – jak to wykazuje symulacja komputerowa – materia o masie 100 razy większej od masy globu ziemskiego. Łączna masa tych dwóch dużych planet wynosi około 31 mas Ziemi, czyli – jak nietrudno obliczyć – po ich uformowaniu pozostało prawie 70% materii. Obiekty zaś podobne do Plutona

Tabela 1
Parametry układu Pluton–Charon (wg S. A. Stern – *Annual Rev. Astron. and Astrophys.* **30**, 1992, 185–233)

Wielka półoś orbity Charona	19 640	±320 km
Mimośród	0.0002	±0.0021
Nachylenie	98.9	±1.0°
Odległość perycentrum	210	±31°
Długość węzła wstępującego	222.407	±0.024
Średnia anomalia	259.96	±0.08°
Okres obiegu	6.387246	±0.000011 dnia*
Epoka	1986 czerwiec 19.0	
Promień Plutona	1151	±6 km
Promień Charona	593	±13 km
Geometryczne albedo Plutona	0.61 (0.44–0.61)	
Geometryczne albedo Chirona	0.378	±0.015
Średnia gęstość Plutona	2029	±0.031 kg/m^3

* Wartość powyższa odnosi się do obiegu Plutona i Charona wokół środka masy.

miałyby bardzo małe masy i przynajmniej tysiąc byłoby ich potrzeba, aby utworzyły dwie planety wielkości globu ziemskiego. Wynika z tego, że wystarczyłoby zaledwie kilka procent materii znajdującej się w tym obszarze Układu Słonecznego, by powstała z niej ogromna liczba lodowych karłów planetarnych. Przemawia to na korzyść hipotezy McKinnona, w jakimś stopniu potwierdza ją również Tryton, który jest niewiele większy od Plutona, a który – jak wspomniano – obiega Neptuna po wstecznej orbicie. Świadczy to, że został on przechwycony przez planetę, chociaż – mówią o tym rozważania teoretyczne – mogło do tego dojść tylko wówczas, gdy w odległości około 30 j. a. od Słońca krążyło co najmniej kilkaset „Trytonów". Za ich istnieniem przemawia też oś rotacyjna Urana, nachylona względem płaszczyzny orbity tak, że oba jej bieguny prawie leżą w tej płaszczyźnie. Rozważania teoretyczne wykazują, iż do „podcięcia" tej planety mogło dojść pod koniec jej akreacji w wyniku kolizji z jakimś innym, odpowiednio dużym ciałem. Intruz ten – w zależności od swej prędkości i kierunku ruchu – musiał mieć 0.2–5.0 mas Ziemi.

A zatem na początku istnienia Układu Słonecznego między orbitami Urana i Neptuna musiało krążyć setki lub tysiące drobnych ciał. Z powyższego scenariusza wynikałoby jednak, że Pluton, Charon i Tryton to tylko sieroty, które zachowały się do naszych czasów z licznej niegdyś populacji małych, lodowych planetek, w jakimś stopniu przypominających jądra kometarne. Zachowały się zapewne jedynie dzięki temu, że zupełnie przypadkowo znalazły się w „bezpiecznych" pod względem dynamicznym miejscach, co ich uchroniło przed „pochłonięciem" przez jedną z wielkich planet lub odrzuceniem na peryferie Układu Słonecznego, a nawet poza jego granice. Po prostu Plutona i Charona chroni przed takim wydarzeniem rezonans z Neptunem, dzięki czemu nie mogą się zbytnio zbliżyć do tej dużej planety. Tryton natomiast zachował się tylko przez to, że dokoła niej krąży, ale ponieważ porusza się po wstecznej orbicie, to za parę miliardów lat zostanie pochłonięty przez jej atmosferę i nie będzie po nim najmniejszego śladu.

Tabela 2
Dane o obiektach odkrytych za orbitą Saturna

I	II	III	IV	V	VI	VII
1991 DA	5335 Damocles	9	11.880	0.8670	61.89	40.95
1977 UB	2060 Chiron	245	13.695	0.3786	6.92	50.68
1992 AD	5145 Pholus	126	20.464	0.5755	24.68	92.58
1993 HA2		52	24.866	0.5234	15.57	124.00
1993 RO		105	32.323		2.53	183.78
1993 SB		105	33.149		2.28	190.86
1993 SC		166	34.451		5.58	202.22
1993 RP		52	35.374		2.79	210.40
1992 QB1		132	43.829	0.0876	2.21	290.18
1993 FW		166	43.931	0.0407	7.74	291.19

W pierwszej kolumnie znajduje się oznaczenie prowizoryczne obiektu, w drugiej – oznaczenie definitywne i nazwa, w trzeciej – przypuszczalna średnica obiektu (w km), w czwartej – średnia odległość od Słońca (w j. a.), w piątej – mimośród orbity, w szóstej – nachylenie płaszczyzny orbity względem płaszczyzny ekliptyki (w stopniach), w siódmej – okres obiegu wokół Słońca (w latach).

Pozostałością tej populacji jest być może hipotetyczny pierścień „lodowych planetoid", rozpościerający się w odległych regionach Układu Słonecznego, zwany pasem Keplera. Nazwa ta pochodzi od Gerarda P. K u i p e r a, zmarłego przed laty wybitnego astronoma holenderskiego, który już w roku 1951 przewidywał jego ist-

nienie. Miał jak się zdaje rację, choć na razie znamy tylko dziewięć tego rodzaju ciał, bo o ile powyższa hipoteza się potwierdzi – należą do nich zarówno (5335) Damocles, (2060) Chiron, (5145) Pholus, jak i sześć odkrytych niedawno obiektów (1993 HA_2, 1993 RO, 1993 SB, 1993 SC, 1993 RP, 1992 QB_1 i 1993 FW*). W każdym razie są podstawy przypuszczać, że powstały one właśnie z tej materii, która pozostała w tym obszarze Układu Słonecznego po uformowaniu się Urana i Neptuna. Oddziaływanie grawitacyjne tych dwóch głównie planet sprawiło, że tylko część z licznej niegdyś populacji lodowych karłów planetarnych znalazło schronienie w pasie Kuipera, część zaś – jak sądzą Wiktor S. Safronow i Julio Fernandez – najprawdopodobniej zostało „wykatapultowanych" poza granice Układu Słonecznego, a część – zdaniem wymienionych badaczy – mogło być zdeponowanych w obłoku Oorta i od czasu do czasu niektóre z nich pojawiają się na ziemskim niebie w postaci komet. Bo przecież Pluton i Charon – biorąc pod uwagę ich prymitywne budowy i skład chemiczny – to jakby nadmiernie „wyrośnięte" jądra kometarne.

Czy i ewentualnie kiedy uczeni uzyskają jakieś bardziej konkretne argumenty na rzecz przedstawionych powyżej hipotez? Tego oczywiście nie można przewidzieć, ale znacznie przybliżymy się do tego celu, gdy zostaną odkryte dalsze obiekty z hipotetycznego na razie pasa Kuipera. O ile on faktycznie istnieje, to w najbliższych latach należy oczekiwać dalszych tego rodzaju odkryć.

Krzysztof Ziołkowski – *Warszawa*

POZAZIEMSKIE BADANIA KOMET I PLANETOID

Dający się dziś zauważyć wzrost zainteresowań astronomów małymi ciałami Układu Słonecznego spowodowało kilka przyczyn. Najważniejszą wydaje się po prostu zrozumienie tego, że komety i planetoidy dostarczają jakby klucza do poznania genezy systemu planetarnego i jego ewolucji; wiele bowiem wskazuje na to, że są one pozostałościami budulca, z którego prawdopodobnie 4.5 miliarda lat temu powstał Układ Słoneczny. Równie istotną jest pojawienie się nowych możliwości badawczych, jakich od kilku już dziesięcioleci dostarczają techniki astronautyczne. Chcąc więc wniknąć we współczesne problemy kosmogoniczne należy uzmysłowić sobie rolę badań kosmicznych w obecnym postępie wiedzy o tych ciągle jeszcze tajemniczych obiektach. Trzeba pamiętać, że nie tylko zwiększyły one możliwości obserwacji wizualnych komet i planetoid ale także, a może nawet przede wszystkim, rozszerzyły zakres odbieranego promieniowania na częstotliwości niedostępne do obserwacji z powierzchni Ziemi (nadfiolet i podczerwień), oraz stworzyły zupełnie nowe szanse badań in situ.

Nie jest łatwo ustalić kiedy po raz pierwszy dokonano obserwacji komety lub planetoidy z pokładu sztucznego satelity Ziemi czy też sondy międzyplanetarnej. Nie ulega jednak wątpliwości, że pierwszymi obiektami, które można zaliczyć do małych ciał Układu Słonecznego, szczególnie intensywnie badanymi metodami technik kosmicznych, były księżyce Marsa Phobos i Deimos. Ponieważ są one prawdopodobnie przechwyconymi planetoidami, więc

* Na szczególną uwagę zasługuje obiekt 1993 RO. W chwili odkrycia był on w położony w pobliżu punktu libracyjnego Neptuna, co zdaje się sugerować, że może to być „planetoida trojańska" tej planety.

uzasadnione jest rozpoczęcie tego przeglądu od przypomnienia dotychczasowej ich eksploracji.

Phobos i Deimos

Pierwsze obrazy Phobosa przekazała na Ziemię sonda Mariner 7, która przeleciała koło Marsa 5 sierpnia 1969 roku. Wywnioskowano z nich, że satelita ma rozmiary około 18×22 km, a albedo jego powierzchni wynosi prawdopodobnie 0.065. W końcu roku 1971 Mariner 9 dostarczył już ponad 100 znacznie lepszych obrazów obu satelitów. Najciekawszym wynikiem ich opracowania było odkrycie synchronicznej rotacji księżyców Marsa. Podobnie jak w przypadku ziemskiego Księżyca okresy ich obrotów okazały się równe okresom odpowiednich obiegów wokół planety. Stan taki mógł nastąpić po okresie 10^4–10^6 lat dla Phobosa i 10^6–10^8 lat w przypadku Deimosa. Oszacowano ponadto, że wiekowe przyspieszenie w ruchu Phobosa wynosi około 0.001 stopnia na rok. Pozwoliło to stwierdzić, że górna granica czasu życia Phobosa jako satelity Marsa jest rzędu 100 mln lat, co uwiarygodniło przypuszczenie o jego przechwycie. Znacznie dokładniej oceniono też rozmiary nieregularnej bryły Phobosa na (13.5±0.5)×(10.8±0.7)×(9.4±0.7) km. Na jego powierzchni dostrzeżono liczne kratery, z których największy, o średnicy około 10 km, wyraźnie wskazuje na kolizję Phobosa z jakimś sporym obiektem w przeszłości. Gęstość kraterów wydaje się wskazywać, że wiek tego satelity jest porównywalny z wiekiem Układu Słonecznego. Potwierdzono bardzo małe albedo powierzchni obu satelitów. Obserwacje polarymetryczne i widmowe pokazały, że powierzchnia Phobosa pokryta jest regolitem, podobnym pod względem składu do chondrytów węglistych.

Kolejnych informacji o księżycach Marsa dostarczyły dwie sondy Viking, które w latach 1976–1980 przeprowadziły wszechstronne badania powierzchni planety i jej otoczenia. Zbliżenie się sondy Viking Orbiter 1 do Phobosa na odległość zaledwie 80 km w lutym 1977 roku umożliwiło wyznaczenie masy tego księżyca ($1.27\pm0.11\times10^{19}$ g). Udokładnienie natomiast znajomości rozmiarów jego bryły pozwoliło na określenie jej objętości (5751 ± 460 km^3) i w rezultacie na znalezienie średniej gęstości Phobosa, która okazała się być równa 2.2 ± 0.3 g/cm^3. Odpowiada to z grubsza gęstości materiału, z którego zbudowane są chondryty węgliste. Jego obecność na powierzchni satelity potwierdza małe albedo, które według najnowszych pomiarów wynosi 0.05 ± 0.01. Przelot sondy Viking Orbiter 2 zaledwie 26 km nad powierzchnią Deimosa w październiku 1977 roku też doprowadził do wyznaczenia średniej gęstości mniejszego księżyca Marsa (o rozmiarach 7.5×6.2×5.4 km, i objętości 1052 ± 250 km^3). Wynosi ona 1.7 ± 0.4 g/cm^3, a więc jest podobna do gęstości Phobosa, co może świadczyć o podobnym składzie obu satelitów. Kilkaset zdjęć księżyców Marsa wykonanych przez sondy Viking umożliwiło poznanie topografii ich powierzchni. Oprócz licznych kraterów występują na nich także inne charakterystyczne utwory. Na Phobosie szczególne zainteresowanie wzbudza intensywna sieć liniowych wyżłobień o długościach dochodzących do 20 km, a także występowanie samodzielnych brył o rozmiarach do 30 m. Na powierzchni Deimosa kratery są mniejsze i nie obserwuje się na niej żadnych struktur liniowych.

Wnikliwym badaniom, głównie księżyców Marsa, miała być poświęcona misja kosmiczna Fobos w 1988 roku, w której — co trzeba podkreślić — uczestniczyła także Polska. Skończyła się ona niestety fiaskiem z powodu utraty przez radzieckie służby naziemne łączności z obu sondami Fobos. Podobny los spotkał też amerykańską sondę Mars Observer, która w 1993 roku miała stać się sztucznym satelitą Marsa i przez dłuższy czas prowadzić badania m. in. Phobosa i Deimosa. Z początko-

wych, prawidłowo przebiegających etapów misji Fobos udało się jednak uzyskać kilka serii zdjęć Phobosa o zdolności rozdzielczej 30 m, wyznaczyć albedo tego satelity w promieniowaniu widzialnym (0.080±0.008) i – po raz pierwszy – w podczerwieni (0.061±0.013), a także jego masę (1.08 $\pm 0.01 \times 10^{19}$ g) i gęstość (1.95±0.1 g/cm^3). Zakłócenia pola magnetycznego zaobserwowane w pobliżu Phobosa nasunęły przypuszczenie o istnieniu pierścienia wzdłuż orbity tego satelity (patrz *Urania* nr 3/1994).

Obserwacje w nadfiolecie

Pierwszych pozaziemskich badań komet dokonano za pomocą orbitalnego obserwatorium astronomicznego OAO–2 w 1970 roku. Obserwując kometę Tago–Sato–Kosaka (1969 IX) stwierdzono silne promieniowanie w linii widmowej wodoru Lyman–alfa odkrywając w ten sposób ogromne obłoki wodorowe otaczające komety. Ich istnienie było przewidywane już w 1964 roku przez L. Biermanna i E. Trefftza. Jeszcze w tym samym roku odkrycie to zostało ugruntowane obserwacjami jasnej komety Bennetta (1970 II) oraz znanej komety krótkookresowej Enckego wykonanymi przez orbitalne obserwatorium geofizyczne OGO–5. W przypadku komety Bennetta po raz pierwszy zmierzono tempo wyrzutu atomów wodoru uzyskując wartość 7×10^{28} atomów/steradian/sekundę w odległości 0.81 j. a. od Słońca i stwierdzono, że maleje ono z kwadratem odległości komety od Słońca. Prędkość wyrzutu oszacowano na 8±2 km/sek. W przypadku „starej" komety Enckego tempo produkcji otoczki wodorowej jest sto razy mniejsze.

Za pomocą satelity OAO–2 dokonano też pierwszych obserwacji w nadfiolecie najjaśniejszych planetoid: Ceres, Pallas i Westy. Dzięki nim stwierdzono, że znane z obserwacji naziemnych zjawisko malenia zdolności odbijania promieniowania przez powierzchnie planetoid w miarę zmniejszania się długości fali obowiązuje również w nadfiolecie. Znaleziono mianowicie, że dla fal o długościach 433 nm i 259 nm albedo Ceres wynosi odpowiednio 0.031 i 0.023, Pallas – 0.045 i 0.016, a Westy – 0.138 i 0.049.

Widma w ultrafiolecie uzyskano ponadto za pomocą rakiet wysokościowych dla wspomnianej już komety Tago–Sato–Kosaka oraz dla słynnych komet Kohoutka (1973 XII) i Westa (1976 VI). Oprócz emisji w linii Lyman–alfa stwierdzono ponadto silne emisje w linii OH, a także CO, CS, CO^+ i S. Kometa Kohoutka była także intensywnie obserwowana z pokładu stacji orbitalnej Skylab w grudniu 1973 roku.

Istotnym krokiem w badaniach fizyki małych planet i komet było umieszczenie na orbicie okołoziemskiej w 1978 roku i do dziś jeszcze funkcjonującego satelity IUE (International Ultraviolet Explorer). Do połowy 1991 roku uzyskano nim 155 widm 43 planetoid oraz niemal 1000 widm około 50 komet w tym 325 widm słynnej komety Halleya. Szczególnie wartościowy jest materiał obserwacyjny dotyczący komety Halleya z lat 1985–86 dokumentujący zmiany widma komety w ultrafiolecie w zależności od jej odległości od Słońca. Pasmo UV jest bogate w linie i dlatego widma IUE pozwalają mierzyć tempo produkcji wielu cząsteczek gazu kometarnego podobnie jak o obfitości pyłu można wnosić z pomiaru intensywności widma ciągłego w tym paśmie. Jednym z najważniejszych odkryć zawdzięczanych satelicie IUE była detekcja dwuatomowej molekuły siarki (S_2) w komecie IRAS–Araki–Alcock (1983 VII), która w maju 1983 roku przeleciała bardzo blisko Ziemi. Molekuła S_2 jest nietrwała: w odległości 1 j. a. od Słońca pod wpływem jego promieniowania ulega rozpadowi już w ciągu 10 minut i dlatego bardzo trudno jest ją zaobserwować. Odkrycie jej obecności w komecie świadczy o tym, że komety musiały powstać w bardzo niskiej temperaturze (poniżej 30 K), a to

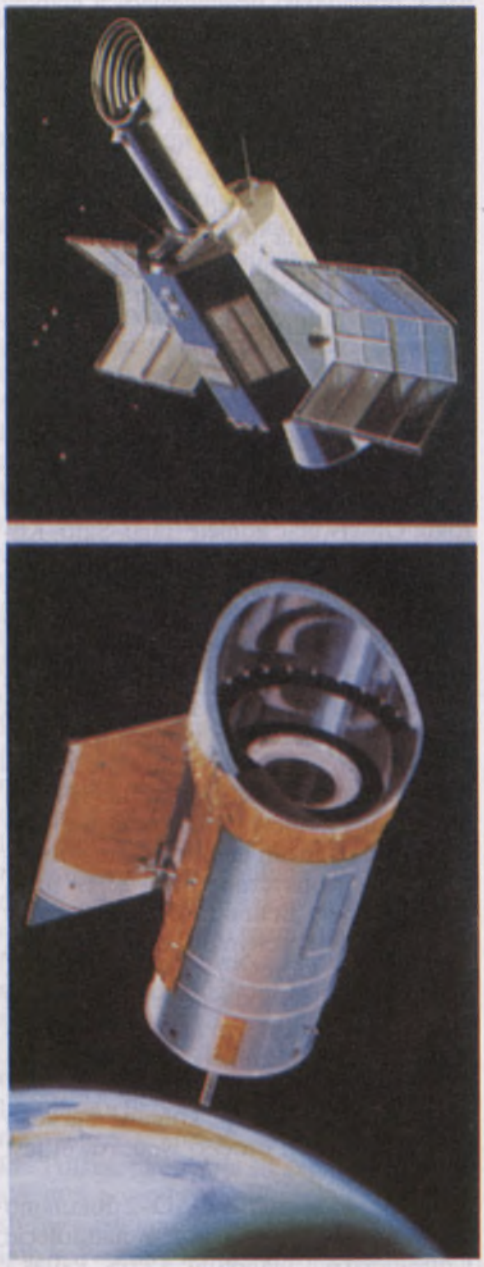
ma oczywiście ważne implikacje kosmogoniczne.

Widma w nadfiolecie otrzymano też dla komet Levyego (1990 V) i Austina (1990 XX) w grudniu 1990 roku za pomocą Teleskopu Ultrafioletowego Hopkinsa (HUT) podczas lotu jednego z amerykańskich wahadłowców. Przyrząd ten budowany był głównie dla badań komety Halleya planowanych na marzec 1986 roku, ale z powodu katastrofy Challengera w styczniu 1986 roku jego lot przesunął się o kilka lat.

Obserwacje w podczerwieni

Pomiary fotometryczne planetoid i komet w dalekiej podczerwieni zawdzięczamy satelicie IRAS (Infrared Astronomical Satellite) pracującemu na orbicie okołoziemskiej w 1983 roku. Satelita ten dokonał rejestracji w czterech zakresach częstotliwości promieniowania odbitego od około 1800 planetoid, w tym około 500 szybko poruszających się po niebie, czyli szczególnie interesujących obiektów przelatujących blisko Ziemi. Z obserwacji tych wyznaczono albeda i średnice zaobserwowanych asteroid. Wśród planetoid odkrytych przez IRASa najciekawszą okazał się 1983 TB = (3200) Phaeton będący obiektem macierzystym roju meteorowego Geminidów.

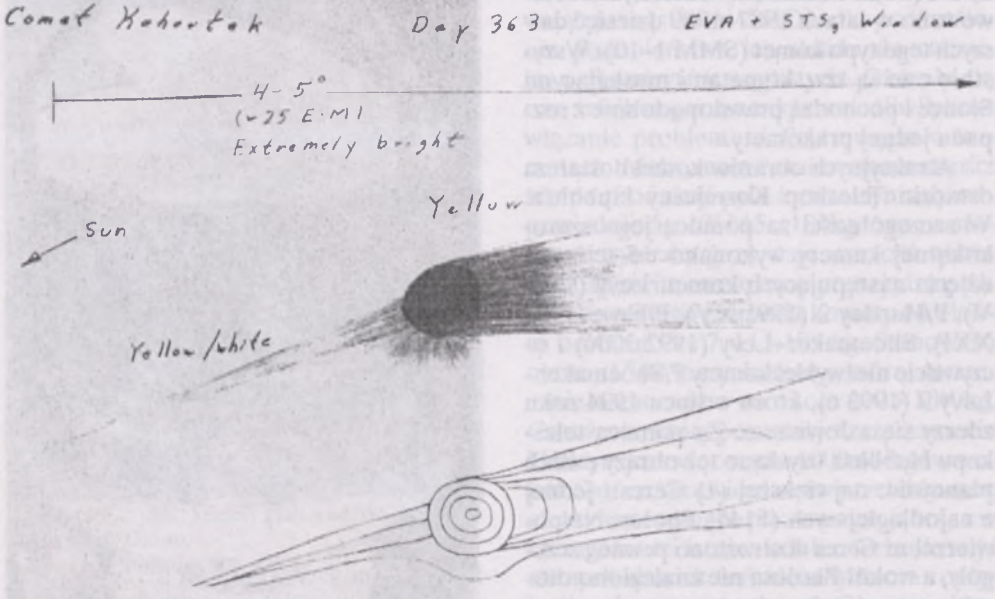
IRAS zmierzył emisję w podczerwieni gorącego pyłu w głowach 11 komet, z których – co warto podkreślić – 6 zostało odkrytych dzięki obserwacjom tego satelity. Pierwszą i – jak się okazało – najciekawszą kometą odkrytą przez niego była wspomniana już kometa IRAS–Araki–Alcock (1983 VII), która wkrótce po jej dostrzeżeniu zbliżyła się do Ziemi na odległość zaledwie 0.0313 j. a., dzięki czemu mogła być intensywnie badana z Ziemi i z kosmosu. Trzy inne były także kometami jednopojawieniowymi (komety IRAS 1983 I, 1983 VI i 1983 XVI), a dwie pozostałe krótkookresowymi: P/IRAS (1983 XIV) i P/Hartley–IRAS (1984 III). Ostatnia z wymienionych ma najkrótszy okres obiegu



Fot. 1. Sztuczne satelity Ziemi szczególnie zasłużone w badaniach komet i planetoid: u góry IUE (International Ultraviolet Explorer) wystrzelony w 1978 roku, u dołu IRAS (Infrared Astronomical Satellite) działający w 1983 roku.

wokół Słońca (21.5 roku) wśród komet poruszających się ruchem wstecznym. IRAS obserwował komety bogate w pył, gdyż charakteryzują się one szczególnie silną emisją w podczerwieni.

Satelicie IRAS zawdzięcza się odkrycie niewidocznych z powierzchni Ziemi tzw. śladów kometarnych czyli materii pyłowej rozproszonej wzdłuż orbity komety. Ogółem zaobserwowano je u 8 komet krótkookresowych (nie dostrzeżono ich natomiast u komet długookresowych). W 9 przypadkach nie udało się zidentyfikować obiektu



Rys. 1. Jeden z rysunków komety Kohoutka wykonany przez E. Gibsona z pokładu stacji orbitalnej Skylab w grudniu 1973 roku.

odpowiedzialnego za pozostawienie śladu. Najbardziej okazałą strukturą tego typu szczyci się kometa P/Tempel 2, która zbliżyła się do Ziemi w 1983 roku na odległość 0.4 j. a. Szczegółowa analiza tych śladów wskazuje, że tworzą je głównie cząstki milimetrowych rozmiarów wyrzucone z jąder komet z małymi prędkościami (rzędu m/s) w okresie ostatnich kilkuset lat. Odkrycie to wskazuje na większe niż dotychczas sądzono tempo utraty masy przez komety, a co za tym idzie krótszy czas życia komet okresowych.

Obserwacje wizualne

Przegląd pozaziemskich obserwacji wizualnych małych ciał Układu Słonecznego rozpocznijmy od zwrócenia uwagi na rysunki słynnej komety Kohoutka (1973 XII) wykonane przez amerykańskiego astronautę Edwarda Gibsona z pokładu stacji orbitalnej Skylab w grudniu 1973 roku (rys. 1). Mogło się wydawać, że dziś już takie obserwacje nie mają żadnego znaczenia naukowego, a tymczasem okazały się one cenną dokumentacją rozwoju przeciwwarkocza tej komety, który był bardzo trudny do zaobserwowania z Ziemi w czasie, gdy kometa ta znajdowała się blisko swego peryhelium.

Pozaziemskie obserwacje wizualne okazały się szczególnie istotne w przypadku komet przelatujących blisko Słońca. Obiektów takich nie da się z Ziemi dostrzec z wyjątkiem rzadkich okazji, jakie stwarzają

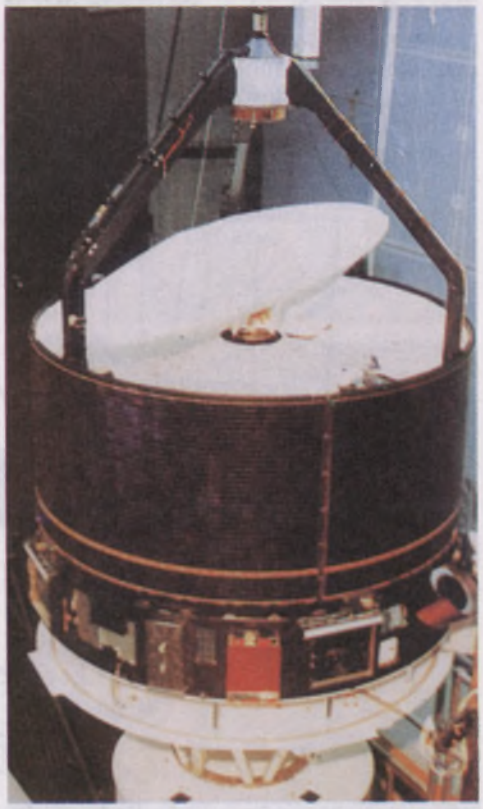
całkowite zaćmienia Słońca. W sierpniu 1979 roku za pomocą koronografu SOLWIND pracującego na amerykańskim satelicie wojskowym P–78 okryto przypadkowo kometę, która trafiła w Słońce. Początkowo nazwano ją kometą Howarda–Koomena–Michelsa od nazwisk specjalistów zajmujących się aparaturą SOLWIND. Później jednak, gdy w ten sam sposób odkryto pięć następnych komet, uzyskała ona oficjalną nazwę SOLWIND 1 (1979 XI). Oprócz odkrytych w latach 1979–1984 komet SOLWIND 1–6, za pomocą satelity SMM (Solar Maximum Mission) zaobserwowano w latach 1987–1989 dziesięć dalszych tego typu komet (SMM 1–10). Wszystkie one są tzw. kometami muskającymi Słońce i pochodzą prawdopodobnie z rozpadu jednej prakomety.

Atrakcyjnych obrazów komet dostarcza ostatnio Teleskop Kosmiczny Hubble'a. W szczególności za pomocą jego szerokokątnej kamery wykonano do tej pory zdjęcia następujących komet: Levy (1990 V), P/Hartley 2 (1991 XV), P/Faye (1991 XXI), Shoemaker–Levy (1992 XIX) i oczywiście niezwykłej komety P/Shoemaker–Levy 9 (1993 e), która w lipcu 1994 roku zderzy się z Jowiszem. Za pomocą teleskopu Hubble'a uzyskano też obrazy dwóch planetoid: największej (1) Ceres i jednej z najodleglejszych (5145) Pholus. Na powierzchni Ceres dostrzeżono pewne szczegóły, a wokół Pholusa nie znaleziono otoczki gazowo–pyłowej.

Warto też w tym miejscu wspomnieć, że za pomocą działającego w latach 1989–1993 satelity astrometrycznego Hipparcos wykonano obserwacje pozycyjne 48 planetoid.

Obserwacje i pomiary in–situ

Pierwszych bezpośrednich badań materii kometarnej dokonała sonda ICE (International Cometary Explorer) przelatując 11 września 1985 roku przez warkocz komety P/Giacobini–Zinner (1985 XX) w odległości około 800 km od jądra. Przypomnijmy, że ICE to wystrzelony z Ziemi w 1978 roku satelita ISEE–3 (International Sun–Earth Explorer) przeznaczony głównie do badań pasów radiacyjnych Ziemi, który po serii bezprecedensowych manewrów wykorzystujących oddziaływanie grawitacyjne Księżyca stał się sondą między-



Fot. 2. Sonda kosmiczna Giotto, która w 1986 roku przeleciała najbliżej jądra komety Halleya, a w 1992 roku zbliżyła się do jądra komety Grigga–Skjellerupa.

planetarną. Oprócz zbliżenia do wspomnianej komety przeleciała ona w 1986 roku w odległości około 0.2 j. a. od komety Halleya. Zasadniczym wynikiem jej działań było potwierdzenie modelu warkocza plazmowego komety.

Dotychczas najważniejszym i najbardziej spektakularnym przedsięwzięciem w pozaziemskich badaniach komet było son-

dowanie komety Halleya (1986 III) w 1986 roku. Zbliżyło się wtedy do niej sześć statków kosmicznych (w nawiasie podano datę zbliżenia i minimalną odległość od jądra komety): Vega–1 (6 marca, 8890 km), Suisei (8 marca 150 tys. km), Vega–2 (9 marca, 8030 km), Sakigake (11 marca, 7 mln km), Giotto (14 marca, 600 km) i ICE

Fot. 3. Obraz jądra komety Halleya uzyskany za pomocą sondy Giotto.

(28 marca, 28 mln km). Wykonane przez nie obserwacje promieniowania komety objęły wszystkie częstotliwości od linii Lyman–alfa na długości fali 120 nm do linii molekuły OH odpowiadającej długości fali 18 cm. Wszystkie te obserwacje i pomiary in situ, wsparte wszechstronnymi i licznymi obserwacjami naziemnymi, potwierdziły w zasadzie model komety zaproponowany jeszcze w 1950 roku przez Freda Whipple'a i następnie systematycznie udoskonalany.

Po raz pierwszy uzyskano obraz jądra komety (fot. 3). Okazało się ono trochę większe (15×8 km) i ciemniejsze (albedo około 0.04) niż sądzono. Na jego powierzchni dostrzeżono typowe struktury jak kratery, wzniesienia i rysy, oraz zlokalizowano dyskretne źródła emisji gazu i pyłu. Badania in situ materii w głowie komety potwierdziły, że głównym składnikiem gazu jest H_2O stanowiące około 85% masy, a pył zdominowany przez bardzo małe cząstki (o masach mniejszych od 10^{-19} kg) ma typowy skład meteorytowy. Odkryto nieznane dotychczas drobiny o znacznej zawartości pierwiastków o małej liczbie atomowej, a w szczególności węgla (C), wodoru (H), tlenu (O) i azotu (N), nazywając je cząstkami CHON dla podkreślenia podobieństwa ich składu do chemizmu chondrytów węglistych. Okazały się one źródłem gazu, a także umożliwiły rozwiązanie problemu deficytu węgla w kometach. Maksymalne zmierzone wartości tempa produkcji pyłu i gazu wyniosły odpowiednio 5×10^3 i 15×10^3 kg/s, co na stosunek pyłu do gazu daje wartość około 0.3. Całkowitą utratę masy przez jądro podczas ostatniego zbliżenia komety do Słońca oceniono na $7–11\times10^{11}$ kg. Stanowi to około 0.5% masy komety, którą ostatecznie oszacowano na około $1–3\times10^{14}$ kg. Czas życia, który pozostał jeszcze komecie Halleya, jest więc rzędu 1000 obiegów wokół Słońca. Potwierdzono przewidywane efekty w otoczeniu plazmowym jądra, a w szczególności istnienie fali uderzeniowej i różnych zjawisk turbulentnych oraz oscylacji pola magnetycznego. Obszar o promieniu około 5000 km od jądra okazał się tzw. jamą magnetyczną.

Trzecim i ostatnim jak dotąd spotkaniem sondy kosmicznej z kometą był przelot ponownie uruchomionego aparatu Giotto w odległości około 200 km od jądra komety okresowej P/Grigg–Skjellerup (1992 XVIII) w dniu 10 lipca 1992 roku. Sonda minęła kometę po przeciwsłonecznej stronie ze względną prędkością 14 km/s (czyli pięciokrotnie mniejszą niż w przypadku komety Halleya). Nie udało się niestety uruchomić uszkodzonej wcześniej ka-

mery i wobec tego uzyskane tym razem wyniki nie są już tak spektakularne. Niemniej jednak uzyskano ciekawe rezultaty dotyczące emisji gazu i pyłu z jądra komety oraz struktury jego otoczenia plazmowego.

Do planetoid zbliżyła się dotychczas jedynie sonda Galileo podczas swego długiego lotu w pobliże Jowisza (start z Ziemi – 18 października 1989 roku, osiągnięcie Jowisza – grudzień 1995 roku). Planetoidę (951) Gaspra minęła 29 października 1991 roku w odległości około 1600 km ze względną prędkością 8 km/s, a planetoidę (243) Ida 28 sierpnia 1993 roku w odległości około 2400 km ze względną prędkością 12.4 km/s. Galileo dostarczył pierwszych obrazów planetoid uzyskanych ze stosunkowo niewielkiej odległości. Obie są nieregularnymi bryłami, których powierzchnie pokryte są kraterami. Rozmiary Gaspry oceniono na 18.2×10.5×8.9 km, a Ida okazała się prawie trzy razy większa. Widmo promieniowania podczerwonego odbitego od Gaspry wskazuje, że skład jej powierzchni jest zdominowany prze bogate w metale krzemiany. Albedo oszacowano na 0.23. W otoczeniu Gaspry nie znaleziono pyłu, stwierdzono natomiast, że ma ona własne pole magnetyczne. Pierwsze analizy przekazywanego właśnie na Ziemię materiału obserwacyjnego dotyczącego Idy wskazują, że planetoida ta ma prawdopodobnie naturalnego satelitę.

Następną planetoidą, która wkrótce zostanie z bliska sfotografowana, będzie najprawdopodobniej (1620) Geografos, do której zbliży się wystrzelony z Ziemi 25 stycznia 1994 roku obiekt zwany Clementine (patrz **Kronika**).

Plany na przyszłość

Nie zapominając o trudnej do przecenienia roli teleskopu kosmicznego Hubble'a w dalszych badaniach komet i planetoid przypomnijmy jeszcze, że najbliższym w czasie obiektem, którego program przewiduje obserwacje wielu małych ciał Układu Słonecznego, jest kosmiczne obserwatorium w podczerwieni ISO (Infrared Space Observatory). Ma ono być umieszczone na orbicie wokółziemskiej we wrześniu 1995 roku. W porównaniu ze swym poprzednikiem (satelitą IRAS) będzie mogło odbierać promieniowanie termiczne znacznie słabszych obiektów. Odkryje pewnie wiele nowych komet i planetoid. W programie misji Cassini, której start jest planowany w październiku 1997 roku, w drodze do Saturna znajdzie się najprawdopodobniej zbliżenie do jakiejś planetoidy. Ale najbardziej obiecującym projektem wydaje się Rosetta (Comet–Nucleus Sample–Return). Obecne plany tej misji przewidują wystrzelenie w 2002 roku sondy kosmicznej, która zbliży się do jakiejś komety krótkookresowej w okolicy jej aphelium w odległości od Słońca około 5 j. a. Przez około 100 dni sonda będzie się poruszać w bliskim sąsiedztwie komety aby znaleźć optymalne możliwości podbrania próbek materii jej jądra oraz pyłu i gazu otaczającego jądro. Pobrane próbki materii kometarnej mają być następnie sprowadzone na Ziemię. Cała operacja potrwa około 8 lat. Jeśli się uda to w laboratoriach ziemskich znajdzie się pierwotna materia, z której najprawdopodobniej powstał Układ Słoneczny. Przed badaczami komet i planetoid rysują się więc trudne wprost do wyobrażenia perspektywy.

KRONIKA

Misja Clementine

Współpraca Departamentu Obrony USA (który nadzorował program Gwiezdnych Wojen) z NASA zaowocowała ostatnio wystrzeleniem sondy Clementine. Jest to wyjątkowo mały, lekki, tani i szybko zrealizowany projekt. Clementine waży zaledwie 225 kg, kosztowała 80 milionów

dolarów — około 10 razy mniej niż typowa misja NASA (z tego tylko 50 to koszty sondy, a reszta — koszty samego wyniesienia na orbitę). A od pomysłu do jego realizacji upłynęło niespełna 2 lata! Było to możliwe dzięki wykorzystaniu produkowanych masowo elementów elektronicznych i standardowego oprogramowania. Tak więc 25 stycznia br. rakieta Tytan IIG wyniosła z bazy Vanderberg w Kalifornii maleńką, ale wyjątkowo ambitnie zaprogramowaną Clementine. Jej celem jest zrobienie dokładnych map całego Księżyca, przekazanie obrazu planetoidy (1620) Geographos i zarejestrowanie... zderzenia komety z Jowiszem! Po kolei zatem. Clementine zaopatrzona jest w kamery CCD czułe na promieniowanie podczerwone, widzialne i nadfioletowe (razem 11 pasm odbioru!) oraz w laserowy altimetr. Pozwoli to rozróżnić na Księżycu szczegóły o rozmiarach od 125 do 325 m (w zależności od pasma obserwacji), a na planetoidzie — nawet 25 m! Co więcej specjalna kamera o bardzo dużej rozdzielczości (LIDAR) może niektóre obrazy pokazać jeszcze dokładniej — widoczne będą detale o rozmiarach nawet 10 m na Księżycu i 5 m na Geographosie.

Obecnie Clementine krąży wokół Księżyca — po raz pierwszy od 1970 roku odwiedzamy naszego sąsiada. Można to potraktować jako uczczenie przypadającej w tym roku 25 rocznicy lądowania człowieka na Srebrnym Globie. Przez 57 dni ziemskich (około dwie księżycowe doby) zbiera dane o morfologii powierzchni, jej topografii, składzie chemicznym itp. Przekazała już wiele dobrze znanych obrazów — np. miejsca lądowania astronautów Apolla 16.

Na 3 maja zaplanowany jest odlot Clementine od Księżyca do planetoidy (1620) Geographos. Geographos jest jedną z planetoid, która nie porusza się w tzw. pasie planetoid między orbitami Marsa i Jowisza, ale krąży stosunkowo blisko Ziemi — między 0.8 a 1.6 jednostki astronomicznej, dwukrotnie przecinając orbitę Ziemi podczas swojego obiegu wokół Słońca. Ma około 4 km długości i 1.5 km szerokości, kształtem przypomina cygaro. Z analizy krzywych zmian blasku tej planetoidy wynika, że jedna jej strona jest przynajmniej 6 razy jaśniejsza od drugiej. Poza tym nie bardzo wiadomo jak się obraca (znany jest tylko przybliżony okres obrotu — 5 godzin), czy składa się z jednej bryły, czy jest „zlepkiem" wielu. A badania planetoid mogą wiele wnieść do zrozumienia procesów tworzenia się planet.

Po opuszczeniu orbity wokółksiężycowej sonda będzie robić pomiary strumieni jonów i elektronów napotykanych po drodze. A sama Geographos to trudny cel dla sondy — Clementine jest wszak sterowana przez „wojskowe" czujniki naprowadzające na pociski. Planetoida jest tysiące razy większa od np. pocisków międzykontynentalnych, ale śledzona będzie początkowo ze znacznie większej odległości (1–2 miliony km). Poza tym pociski są gorące — planetoida jest bardzo chłodna. Spotkanie z nią będzie więc również rodzajem... testu wojskowych urządzeń. Niestety przykro jest czytać takie doniesienia! Clementine testować też będzie odporność aparatury na intensywne promieniowanie kosmiczne (między innymi w pasach Van Allena) — warunki kosmiczne często są zbliżone do tego czego oczekuje się w przypadku wybuchu wojny jądrowej.

Należy się spodziewać, że obrazy Geographos będą przebojem roku 1994. Do tej pory udało się uzyskać „zdjęcia" tylko dwu innych planetoid. W drodze do Jowisza sonda Galileo przekazała w październiku 1991 r. z odległości 1600 km obraz Gaspry (patrz *Urania* 3/93), i prawie dwa lata później z odległości 2400 km obraz Idy (patrz *Urania* 11/93). Clementine zbliży się do Geographos na odległość 100 km! Względna prędkość obu ciał w momencie maksymalnego zbliżenia to 10.7 km/s. Oblicza się, że w tym czasie zrobionych zostanie około 2000 „zdjęć"; sonda rejestrować będzie kilka obrazów na sekundę co pozwoli potem zmontować „film" o spotkaniu. Powinno to umożliwić odtworzenie morfologii powierzchni tej planetoidy, poznanie kształtu i objętości, a także składu chemicznego i jego ewentualnych niejednorodności.

Złośliwi mówią, że Clementine to nie projekt naukowy, ale inżynieryjny. Inni, że ma dwojakie znaczenie — naukowe i militarne. Jeszcze inni, że jest tak tani iż nawet jego kompletne fiasko nie będzie katastrofą. Astronomom pozostaje cieszyć się z tego, co sonda już zrobiła i liczyć na dalsze szczęście. Planuje się też Clementine 2 — miałaby ona polecieć do dwu planetoid i do komety. Wszystko wskazuje na to, że wielu osobom „Oh, my darling Clementine!" niekoniecznie będzie się kojarzyć z piosenką.

Magdalena Sroczyńska–Kożuchowska

Idy marcowe 1994 roku

Idy w kalendarzu starorzymskim to 13 dzień każdego miesiąca z wyjątkiem marca, maja, lipca i października kiedy jest to dzień 15. Idy marcowe są szczególnie pamiętne od roku 44 p. n. e., w którym tego właśnie dnia zamordowano Juliusza Cezara. W szekspirowskiej tragedii *Juliusz Cezar* należy chyba szukać genezy słynnego określenia, że w Idy marcowe strzec się trzeba wielkiego niebezpieczeństwa.

W tegoroczne Idy marcowe Ziemi zagroziła planetoida, którą dzień wcześniej odkryli astronomowie amerykańscy D. Rabinowitz i J. V. Scotti w Obserwatorium Stewarda na Kitt Peak w Arizonie za pomocą specjalnej aparatury przeznaczonej do poszukiwania na niebie słabych i szybko poruszających się obiektów (tzw. Spacewatch Telescope). Pierwszą pozycję nowej planetoidy, oznaczonej 1994 ES 1, zarejestrowali 14 marca około godziny 6 UT. Jeszcze tej samej nocy wykonali kilka dalszych obserwacji, aby na ich podstawie wyznaczyć orbitę ciekawie zapowiadającego się obiektu. Okazało się, że niespełna półtorej doby po odkryciu, czyli 15 marca około godziny 17 UT, planetoida przeleci w odległości zaledwie 0.001 j. a. (czyli około 150 tys. km) od Ziemi. Natychmiast więc przekazano jej prowizoryczną efemerydę czterem wytrawnym obserwatorom małych ciał Układu Słonecznego w Nowej Zelandii, Australii i Japonii skąd można byłoby jej przelot obserwować. Dostrzeżenie tego obiektu nie było jednak łatwe zważywszy na jego szybki ruch po niebie oraz małą jasność, którą oceniono na około 16–17 mag. podczas największego zbliżenia do Ziemi. Ale nie te trudności uniemożliwiły zaobserwowanie przelotu w pobliżu Ziemi niezwykłej planetoidy. W Nowej Zelandii niebo było zachmurzone. Do Japonii informacja nadeszła za późno. A obserwatorzy w Australii dowiedzieli już po fakcie, że otrzymali efemerydę topocentryczną i niepotrzebnie poprawili ją na wpływ paralaksy. 15 marca planetoidę obserwowali więc bez trudu jedynie jej odkrywcy, ale ostatnią obserwację zdołali wykonać na około 7 godzin przed największym zbliżeniem do Ziemi. Jeszcze tego samego dnia około godziny 23 UT Centrum Małych Planet Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Cambridge (USA) rozesłało pocztą komputerową do zainteresowanych na całym świecie specjalny cyrkularz (Minor Planet Electronic Circurar No 1994–E 05) z pierwszymi 13 obserwacjami planetoidy 1994 ES 1 wykonanymi od 14.27^d do 15.43^d UT, jej elementami orbity obliczonymi na podstawie tych obserwacji i geocentryczną efemerydą do 16 marca. Z tych pierwszych, prowizorycznych danych wynika, że niezwykła planetoida obiega Słońce w okresie 1.6 roku po orbicie położonej niemal w płaszczyźnie ekliptyki o mimośrodzie 0.6 i odległości peryhelium 0.6 j. a. Ziemię minęła 15.7^d UT w odległości 0.0011 j. a. (około 165 tys. km), a Księżyc 15.9^d UT w odległości 0.0009 j. a. (około 135 tys. km).

Dyrektor Centrum Małych Planet B. G. Marsden opatrzył powyższe informacje komentarzem, że egzamin ze sprawności reagowania na realne jak widać niebezpieczeństwo trafienia w Ziemię komety lub planetoidy nie wypadł pomyślnie. Dodajmy jednak do tego dwie uwagi. Po pierwsze, wielkim osiągnięciem wydaje się już sam fakt umiejętności odkrywania obiektów, które mogą zagrozić naszej planecie; przypomnijmy, że poprzednio tak bliski Ziemi przelot zaobserwowano tym samym instrumentem 21 maja 1993 roku (patrz *Urania* 9/1993). I po drugie, nie zapominajmy, że prawdopodobieństwo uderzenia w Ziemię komety lub planetoidy jest jednak bardzo, bardzo małe (patrz *Urania* 2, 3, 4/1993).

Krzysztof Ziołkowski

Rola neutrin w kosmicznej chemii — propozycja testowania nowej teorii

Amerykańsko–francuska grupa astronomów (Keith Olive i Sean Scully z Uniwersytetu Minneasota oraz Nikos Prantzos i Elisabeth Vangioni–Flam z Instytutu Astrofizycznego w Paryżu) zaproponowała ostatnio sposób na sprawdzenie teorii dotyczącej nowego modelu chemicznej ewolucji Galaktyki. Do tej pory przyjmowano, że beryl (liczba atomowa 4) i bor (liczba atomowa 5) tworzą się wówczas, gdy wysokoenergetyczne cząstki promieniowania kosmicznego uderzają w jądra ciężkich atomów i rozbijają je.

Tymczasem w 1990 roku Stan Woosley z Uniwersytetu Santa Cruz zauważył, że w czasie wybuchu supernowej uwalnia się aż 10^{58} neutrin. Oznacza to, że nawet gdyby bardzo drobna ich część mogła oddziaływać z węglem (liczba atomowa 6) wybijając z niego proton — także można by uzyskać bor. O ile taki pro-

ces jest realny to w młodości Galaktyki stosunek liczby atomów boru do atomów berylu powinien być bardzo duży (około 50). Bor bowiem byłby produkowany od samego początku w pobliżu wybuchających gwiazd (a najmasywniejsze osiągały stadium wybuchu już po kilku milionach lat), a beryl mógłby powstać dopiero wtedy, gdy ciężkie pierwiastki z wnętrza gwiazd zostałyby rozproszone w materii międzygwiazdowej, a następnie zbombardowane przez cząstki promieniowania kosmicznego.

Wspomniana grupa astronomów planuje zbadanie widm bardzo starych gwiazd; takich, które mają niesłychanie mało żelaza – często mniej niż 0.001 zawartości słonecznej). O ile bor i beryl tworzą się tylko w oddziaływaniach z promieniowaniem kosmicznym to stosunek ich obfitości będzie około 10, w przeciwnym wypadku będzie około pięciokrotnie większy. Testowanie opisanej teorii nie będzie łatwe gdyż gwiazdy stare mają mało zarówno boru jak berylu, a linie obu tych pierwiastków leżą w ultrafiolecie więc trzeba będzie korzystać z danych satelitarnych. Może satelita EUVE będzie tu pomocny?

Wg *New Scientist*, 1993, **1902**, 16

MSK

Miłośnicy – astronomii

Niejednokrotnie na łamach *Uranii* pisaliśmy o owocnej współpracy miłośników astronomii i astronomów zawodowych. Kolejny przykład to odkrycie bardzo dziwnej gwiazdy przez sześciu amerykańskich uczestników obozu szkoleniowego w obserwatorium Mount Wilson. We wrześniu ubiegłego roku obserwowali oni linie wapnia w widmach bliskich gwiazd. Na ogół linie wapnia są słabsze, gdy pole magnetyczne gwiazdy jest słabsze, a im słabsze jest pole tym gwiazda jest starsza. Obserwując jednak gwiazdę HD 202537, odległą o zaledwie około 100 lat świetlnych, odkryto linie wapnia o 30–50% słabsze niż kiedykolwiek „zawodowcy" widzieli. Według dotychczasowych oszacowań oznaczałoby to, że gwiazda ta ma 19×10^9 lat podczas gdy przyjmuje się iż sam Wszechświat ma około 15×10^9 lat. Oczywiście powyższa niezgodność może być wytłumaczona złą klasyfikacją gwiazdy (np. nie jest to, jak się przyjęło karzeł ale np. czerwony olbrzym) – dopiero dokładniejsze badanie widma wyjaśni zagadkę. Bez względu jednak na wynik można już dziś powiedzieć, że miłośnicy po raz kolejny wnieśli swój wkład w rozwój astronomii.

Wg *New Scientist*, 1993, **1903**, 20

MSK

Rakieta PEGASUS

Jeśli projekt CESAR, o którym donosiliśmy w numerze styczniowym, pomyślnie doczeka się realizacji, to satelita budowany przez Włochy i grupę krajów środkowoeuropejskich przy znacznym udziale Polski zostanie wysłany w kosmos przy użyciu amerykańskiej rakiety PEGA-

Samolot NASA B 52 z umieszczoną pod skrzydłem rakietą PEGASUS.

SUS. Sposób wynoszenia satelitów za pomocą tej rakiety jest na tyle oryginalny, że warto poświęcić mu parę słów. Rakietę PEGASUS zbudowały dla celów komercyjnych dwie firmy: Orbital Sciences Corporation oraz Hercules Aerospace. Nie stanowi ona specjalnego novum w technice rakietowej — jest to typowa trzystopniowa rakieta na paliwo stałe posiadająca skrzydło typu delta i stateczniki ogonowe. Jej długość wynosi 15 m, a średnica 1.27 m, rozpiętość skrzydła 6.7 m, a masa 18.1 t. Korpus rakiety i elementy uskrzydlenia wykonano z lekkich materiałów kompozytowych. Novum stanowi natomiast sposób jej startu. Rakieta wynoszona jest pod skrzydłem bombowca strategicznego B 52 na wysokość 12.2 km, gdzie przy prędkości 225 m/s (M = 0.82) zostaje odłączona. Pięć sekund później w odległości 90 m od samolotu odpalony zostaje pierwszy stopień, który wynosi rakietę na wysokość 63 km. Drugi stopień pracuje do wysokości 168 km, po czym rakieta wznosi się lotem balistycznym na wysokość 460 km, na tym ostatnim odcinku silniki nie pracują, odrzucana jest natomiast osłona aerodynamiczna. Po osiągnięciu maksimum wysokości uruchamiany jest trzeci stopień, który wprowadza satelitę na orbitę o pożądanych parametrach.

Wynoszenie rakiety przez samolot ma liczne zalety. Po pierwsze nie wymaga naziemnych urządzeń startowych. Po drugie, start odbywa się w znacznie rozrzedzonym powietrzu (na wysokości 12 km ciśnienie atmosferyczne stanowi 1/4 ciśnienia na poziomie morza), więc opór atmosfery jest odpowiednio mniejszy. Po trzecie, dzięki manewrom samolotu wynoszącego rakieta może osiągać orbity o dowolnym kącie nachylenia do równika. I wreszcie — nie stwarza żadnego zagrożenia w przypadku awarii rakiety, bowiem starty odbywają się nad oceanem lub terenami niezamieszkałymi.

Udźwig rakiety PEGASUS zależy od nachylenia i wysokości żądanej orbity. Na orbity okołorównikowe wysokości 460 km może wynieść 408 kg ładunku, na orbitę biegunową (90°) o tej samej wysokości — 272 kg. Przypomnijmy, że satelita CESAR ma mieć masę ok. 300 kg i osiągnąć orbitę bliską biegunowej (70°).

Budowa rakiety trwała od 1987 do 1989 roku, wykorzystano przy tym doświadczenia uzyskane w lotach samolotów rakietowych X–15 z lat 1959–1968. Co więcej, dla PEGASUSA wykorzystano ten sam słynny samolot B 52 z numerem 0008, który wynosił pilotowane samoloty rakietowe (m. in. z Neilem Armstrongiem).

Pierwszy start orbitalny PEGASUSA odbył się 5 kwietnia 1990. Podczas czwartego startu 25 kwietnia 1993 roku wyniesiony został mały satelita rentgenowski ALEXIS (Array of Low Energy X–Ray Imaging Sensor).

Prace nad doskonaleniem systemu trwają. Wkrótce wejdzie do użytku doskonalszy wariant rakiety — PEGASUS XL o udźwigu zwiększonym o 30%, a także nowy samolot wynoszący Tristar. Rakieta będzie wynoszona nie pod skrzydłem, lecz pod kadłubem samolotu. Warto na koniec dodać, że o podobnym systemie wynoszenia myślą zarówno kraje europejskie, jak i Rosja. Europejczycy opracowali projekt rakiety Diana wynoszonej przez naddźwiękowy odrzutowiec Concorde. Samolot ten ma przewagę zarówno nad B 52, jak i Tristarem, gdyż osiąga pułap 18 km i prędkość M = 2.05. Natomiast rosyjski projekt rakiety Burłak zakłada użycie samolotu Tu–160.

Jacek Kruk

Zaśmiecony Kosmos

Wokół Ziemi krąży obecnie ponad 10 000 zarejestrowanych sztucznych satelitów o rozmiarach większych niż 10 cm, czyli takich, że można je swobodnie dostrzegać przez przeznaczone do tego przyrządy optyczne. (Do katalogu tego wliczone są także przykrywki kamer obserwacyjnych, rękawica kosmonauty, elementy rakiet nośnych i wiele innych tego rodzaju obiektów).

Oprócz tego jest jednak wiele milionów mniejszych fragmentów, na przykład takich jak odpryski farby odpadłej od urządzeń kosmicznych, strzępki folii plastikowej. (Stosowano też procedurę rozsadzania materiałem wybuchowym satelitów wojskowych po zakończeniu ich użytecznego działania!) Stanowi to nowe, specyficzne zagrożenie. Wszakże każda z tych cząstek pędzi z szybkością prawie prawie 8 km/s toteż jest w stanie uszkadzać urządzenia kosmiczne. Stanowi też groźne niebezpieczeństwo dla wychodzących na zewnątrz kabiny astronautów...

Niestety nie jest to już zagrożenie teoretyczne. W literaturze przedmiotu powszechnie cytuje się uszkodzenie przedniej szyby kabiny pilotów wahadłowca Challenger w 1983 roku. Badania naziemne wykazały, że spowodował je

milimetrowy odprysk lakieru, który uderzył w szybę z „kosmiczną" prędkością. Szybę trzeba było wymienić... Niestety podobnych wypadków wydarzyło się już więcej i jest tylko kwestią czasu wywołana tym katastrofa...

Obecnie sytuacja stała się już groźna, gdyż liczba tych cząstek szybko rośnie. Dzieje się tak dlatego, że w wyniku wzajemnych zderzeń cząstki same się „rozmnażają". Gdy było ich niewiele, proces ten nie miał istotnego znaczenia, po przekroczeniu jednak pewnej liczby „progowej" zjawisko przybrało charakter lawinowy. Według obliczeń astrofizyków niemieckich, dzieje się to właśnie w chwili obecnej...

Wyrażane są więc obawy, że w niezbyt odległej przyszłości loty satelitarne blisko Ziemi mogą się stać... niemożliwe (!). Już obecnie ocenia się, że amerykańska stacja satelitarna Freedom — o ile będzie budowana — będzie musiała mieć „pancerz przeciwśmieciowy" o masie przynajmniej 5000 kg!

Niestety zjawisko to jest nie tylko groźne dla astronautyki, ale też szkodliwe dla astronomii. W wielkich teleskopach obserwuje się refleksy światła słonecznego na cząstkach tych śmieci. Biorąc zaś pod uwagę czułość obecnych detektorów promieniowania, zjawisko to zaczyna zakłócać obserwacje słabo świecących ciał niebieskich. Nie jest ono też obojętne dla obserwacji radioastronomicznych. Obserwacje radioastronomiczne są także zakłócane przez nadajniki radiowe aparatów kosmicznych. Dodać tu można, że w początkowym okresie rozwoju astronautyki nie pomyślano o tym, aby instalować na satelitach wyłączniki aparatury radiowej. W związku z tym wokół Ziemi krąży pewna liczba satelitów z dawno już wyeksploatowanymi urządzeniami użytkowymi, ale ciągle jeszcze działającymi nadajnikami radiowymi!

Jaka jest na to wszystko rada?

Gdy te śmieci krążą wokół Ziemi na względnie małych wysokościach (powiedzmy poniżej 200 km), to stosunkowo szybko opadają do atmosfery. Gdy jednak krążą wysoko, to istnieć będą... miliony lat.

Wobec tego rada jest tylko jedna...

Przestać śmiecić!

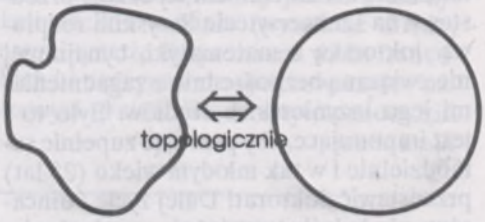
Andrzej Marks

KRONIKA HISTORYCZNA

Henri Poincaré matematyk, fizyk, astronom

29 kwietnia 1994 roku mija 140–ta rocznica urodzin Henri Poincarégo — wybitnego francuskiego uczonego o wielkim dorobku naukowym, także i w astronomii. Lista publikacji Poincarégo obejmuje blisko 500 publikacji naukowych!, co jest imponującą liczbą nawet i w dzisiejszych czasach.

Henri Poincaré był przede wszystkim genialnym matematykiem. Bardzo słaby wzrok był przyczyną tego, że nie potrafił on rysować, lecz (o ironio losu) to z kolei zaowocowało zainteresowaniem się tzw. własnościami topologicznymi figur, czyli takimi, które nie zmieniają się przy ciągłych deformacjach (można je ściskać, rozciągać byle nie przeciąć). Jeżeli zatem Poincaré próbował narysować okrąg, a wyszła mu krzywa np. taka jak przedstawiona na rysunku:



to traktował ją jako krzywą zamkniętą topologicznie równoważną okręgowi. Oczywiście dla nauczyciela rysunku te dwie krzywe to coś zupełnie innego, dlatego też Poincaré na egzaminie wstępnym na politechnikę otrzymał z rysunku ocenę 0 (a został przyjęty tylko dzięki wyjątkowym zdolnościom matematycznym).

Ten sposób patrzenia na krzywe i figury poprzez ich własności topologiczne zaowocował rozwinięciem się nowej dziedziny w matematyce — topologii algebraicznej oraz powiązaniem teorii równań róż-

niczkowych i topologii, w czym właśnie Poincaré miał niemały udział. Poincaré zajmował się także analizą zespoloną, gdzie miał wiele ciekawych wyników, m. in. znalazł nową klasę funkcji – funkcje Fuchsa i Kleina (z wielkiej skromności nie nazwał ich swoim imieniem, lecz niemieckich matematyków, którzy wskazali tylko na możliwość istnienia takich funkcji).

Poincaré był praktycznie matematykiem – samoukiem. Ze względu na bardzo słabe zdrowie mały Henri pobierał nauki w domu. Gdy zdrowie pozwoliło mu uczęszczać do szkoły to przechodził z klasy do klasy z nagrodami. Zainteresowania miał wszechstronne – obok matematyki także historia i geografia. Z matematyką oczywiście nie było problemów, może poza tym, że Poincaré miał od razu swój niezależny sposób patrzenia na matematykę. Nie robił w szkole notatek, a także nigdy nie lubił przytaczać dowodów twierdzeń, ale konstruować je zawsze po swojemu.

Poincaré zaczął studiować na Politechnice, potem zaś w Szkole Górniczej, gdzie uzyskał tytuł inżyniera mając 25 lat. Jednocześnie z ukończeniem tej Szkoły przedstawił na Uniwersytecie Paryskim rozprawę doktorską z matematyki, bynajmniej nie związaną bezpośrednio z zagadnieniami jego inżynierskich studiów. Było to i jest imponujące, aby pracując zupełnie samodzielnie i w tak młodym wieku (25 lat) przedstawić doktorat! Dalej życie Poincarégo nie było już uzależnione od górnictwa, gdyż mając 27 lat miał już tak duży dorobek i wkład do matematyki, że został najmłodszym profesorem Uniwersytetu Paryskiego. Pozycja ta wiązała się również z obowiązkiem pracy dydaktycznej. Nie było to jednak wcale dla dla Poincarégo ciężarem. Wręcz przeciwnie – okazał się wspaniałym dydaktykiem. Zaś wnikliwe i solidne przygotowanie wykładów stało się dla niego okazją do rozszerzenia swojej wiedzy na różne działy matematyki, fizyki i astronomii. Z notatek do tych wykładów powstały świetne podręczniki akademickie (m. in. o termodynamice, elektrycznych oscylacjach, elektryczności, optyce, falach elektromagnetycznych, mechanice nieba i o rachunku prawdopodobieństwa).

Poincaré cieszył się ogromnym autorytetem w środowisku naukowym, głównie dzięki swojej wszechstronności. Renesansowi uczeni mogli zajmować się jeszcze wszystkim – od astronomii po medycynę. Lecz już u schyłku XIX wieku i aparat matematyczny i technika badań naukowych uległy tak szybkiemu rozwojowi, że naukowcy już wtedy zaczęli koncentrować się w swoich wąskich dziedzinach. Metoda badań i język publikacji naukowych już wtedy stawały się abstrakcyjne dla naukowców zajmujących się różnymi dziedzinami. Poincarému jako jednemu z nielicznych udało się nadążyć za rozwojem i matematyki, i fizyki, i astronomii. I tak na przykład chociaż nie pracował bezpośrednio nad radioaktywnością, to właśnie dzięki jego bardzo inspirującej radzie Becquerelowi udało się wkrótce odkryć radioaktywność.

Również bardzo abstrakcyjne i awangardowe, jak na tamte czasy, zagadnienia

rodzącej się dopiero teorii względności nie były mu obce. Znając i rozumiejąc znaczenie wyników doświadczenia Michelsona–Morleya (prędkość światła jest taka sama we wszystkich kierunkach i względem dowolnego układu współrzędnych), Poincaré przyjął słusznie za podstawowy postulat stałość prędkości światła. Porównując wskazania zegarów w różnych układach odniesienia poprzez wymianę sygnałów świetlnych Poincaré otrzymał związki na tzw. skrócenie Lorentza (skrócenie długości w układzie poruszającym się z prędkością porównywalną z prędkością światła), oraz związki na zmianę masy z prędkością. Podejście to dzięki swojej prostocie (wcale nie jest potrzebny skomplikowany aparat matematyczny) szeroko wykorzystywane jest w dydaktyce fizyki. Niestety Poincaré był zbyt konserwatywny aby odrzucić stare pojęcie eteru i prawa ruchu Newtona. Stąd też nie udało się mu sformułować konsystentnej teorii względności, czego dokonał dopiero A. Einstein.

Poincaré wniósł również duży wkład do astronomii. Stąd też nie bez powodu pełnił funkcję dyrektora Paryskiego Obserwatorium. Mając świetnie opanowany aparat matematyczny Poincaré mógł „przymierzyć" się do różnych nie rozwiązanych zagadnień (pamiętajmy, że nie było jeszcze wtedy komputerów, ale za to nowe metody rozwiązywania równań mogły dużo pomóc). Między innymi zajmował się modnym wtedy problemem stabilności Układu Słonecznego i tzw. problemem trzech ciał, w którym udało mu się znaleźć rodzinę rozwiązań periodycznych. Poincaré zajmował się także pływami i rotującymi samograwitującymi cieczami (rozważał je jako proste modele powstawania gwiazd i planet), gdzie znalazł bardzo ciekawe rozwiązania, które jednak okazały się niestabilne.

Poincaré był nietypową osobowością. Z jednej strony naukowiec pochłonięty swoją pracą, a z drugiej człowiek wrażliwy na sztukę i naturę. Natura była dla Poincarégo „niezrównaną sztuką, której piękno wynika z kontrastu między różnorodnością zjawisk, a jednością praw leżących u podstawy tych zjawisk...". Poincaré to także wielki patriota, wychowywany w szacownej rodzinie francuskiej inteligencji z Nancy. Mając 16 lat asystował ojcu (profesorowi medycyny) przy opatrywaniu rannych w wojnie francusko–pruskiej.

Poincaré jest jednym z niewielu wybitnych naukowców, którzy już za życia zyskali wielkie uznanie (wyrażone między innymi tym, że był prezesem wielu francuskich i międzynarodowych towarzystw naukowych) i cieszą się autorytetem do dziś.

Maria Łysik

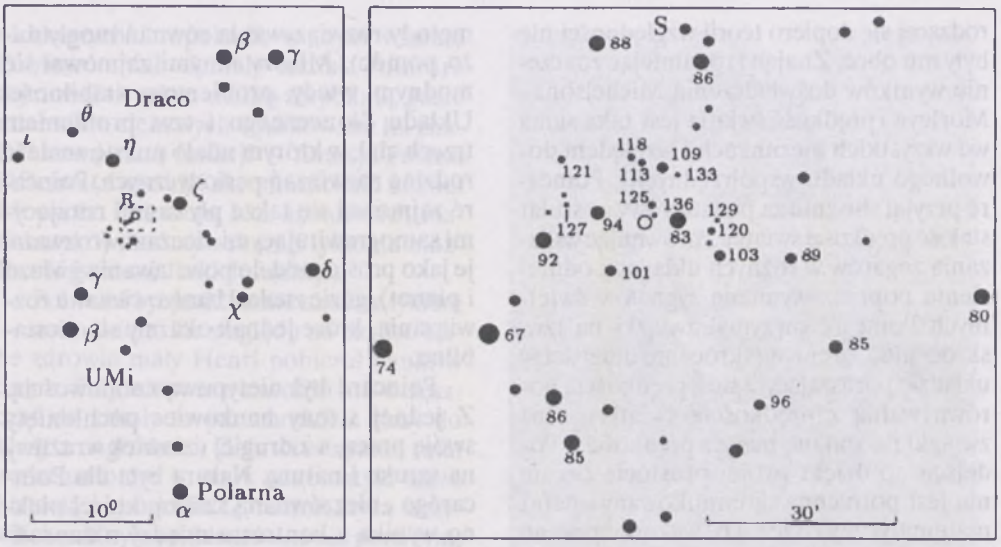
PORADNIK OBSERWATORA

Wizualne obserwacje gwiazd zmiennych

R Draconis

$\alpha = 16^h32.7^m \quad \delta = +66°45'$ (J.2000)
A: 6.7^m–13.0^m v Max: 2442059 + 245.47^d
Typ M M–m = 0.45 Sp. M5e–M9e

W gwiazdozbiorze Smoka w odległości 4° na zachód od ζ Draconis leży jedna z jaśniejszych miryd — R Draconis. Zmienna została odkryta w 1876 roku przez norweskiego astronoma C. T. H. Geelmuydena w obserwatorium w Oslo. Mimo, że czasami osiąga w maksimum szóstą wielkość gwiazdową to jej średnia jasność w maksimum wynosi 7.6^m, a w minimum średnio 12.4^m. Ponieważ gwiazda leży tylko niecałe 24° od bieguna, zatem jest dogodna do obserwacji przez cały rok, co umożliwia wykreślenie pełnej krzywej zmian blasku. Oznaczenie jasności gwiazd porównania: 85 = 8.5^m.



R Draconis

OBSERWACJE

Ogólnopolski Konkurs Fotografii Astronomicznej ASTROFOTO '93

Ubiegłoroczna edycja konkursu fotografii astronomicznej zainaugurowała tego typu rywalizację w olsztyńskim obserwatorium. Do tej pory fotografie astronomiczne eksponowane w obserwatorium były dziełem amatorów zrzeszonych w kołach zainteresowań i olsztyńskim oddziale Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Były to wystawy prac o charakterze wewnętrznym. W 1993 roku postanowiliśmy rozpisać konkurs o wymiarze ogólnopolskim. Na konkurs napłynęło 35 prac z różnych stron Polski. Poziom pod względem tematycznym i techniki był zróżnicowany. Przeważały tematy związane z popularnymi w obserwacji i fotografii obiektami, różniące się jednak techniką wykonania i użytym sprzętem fotograficznym. Ciekawe prace nadesłano z Krakowa. Znalazły się wśród nich prace typowo astronomiczne, wykonywane na profesjonalnym sprzęcie, jak i prace zawierające elementy astronomiczne. Formuła konkursu dawała autorom wolną rękę w zakresie tematyki, sprzętu i techniki w wykonywanych pracach, zatem każda nadesłana praca była przez jurorów brana pod uwagę i oceniana. Na szczególne wyrazy uznania zasługują prace wykonane za pomocą teleobiektywów z dużą liczbą telekonwerterów, na dodatek z ręcznym prowadzeniem. Prace te wymagały od autorów dużej precyzji i samozaparcia. Jury miało więc ciężkie zadanie, by wyłonić zwycięzcę. Pierwsze miejsce uzyskała praca autorstwa Janusza Płeszki z Krakowa, przedstawiająca mgławice M–42 i M–4 E 3 w gwiazdozbiorze Oriona. Temat mógłby uchodzić za dość popularny, gdyby na zdjęciu tym, wykonanym oryginalną techniką i przy użyciu, na skalę astronomiczną, niewielkiego teleobiektywu o ogniskowej 135 mm, nie była widoczna mgławica oznaczona w NGC numerem 2024, będąca w pobliżu gwiazdy Alnitax. Drugie miejsce zajęło zdjęcie przedstawiające ten sam obiekt (mgławice M–42 i M–43), autorstwa Leszka Marcinka z Lublina. Praca ta zasłużyła na uznanie jury za ręczne prowadzenie podczas prawie półgo-

dzinnej ekspozycji. Trzecie miejsce otrzymała praca wykonana przez Artura Janika z Krakowa. Obiektem nagrodzonym była również mgławica M–42 i M–43. Wszystkim nagrodzonym gratuluję sukcesu, a pozostałym uczestnikom dziękuję za udział w konkursie i zapraszam na tegoroczną edycję konkursu, licząc też na udział większej liczby uczestników. Wszystkich odwiedzających olsztyńskie obserwatorium astronomiczne zapraszam, aby przystanęli chwilę na parterze i zapoznali się z pracami uczestników konkursu.

Maciej Grzemski

NOWOŚCI WYDAWNICZE

Stephen Hawking, **Czarne dziury i wszechświaty niemowlęce**, Wydawnictwo Alkazar, Warszawa 1993, stron 229, cena 84 000 zł, tłum. *Anna Minczewska-Przeczek*

Poprzednia książka Stephena Hawkinga *Krótka historia czas* cieszyła się ogromną poczytnością na całym świecie. Świadczy o tym chociażby fakt, że wydano ją co najmniej w trzydziestu trzech językach. Ponadto znalazła się w *Księdze Rekordów Guinnesa* jako tytuł, który najdłużej utrzymywał się na listach bestsellerów. Czy nowa książka pod tytułem *Czarne dziury i wszechświaty niemowlęce* będzie miała równie wielkie grono czytelników? Sądzę, że tak się może stać. Chociażby z powodu niemal legendarnej postaci samego autora, jak również wielu kontrowersji wokół niego narosłych. Tytuł książki również będzie przyciągał ludzi, ponieważ występują w nim *modne hasła*.

Czarne dziury i wszechświaty niemowlęce nie jest książką jednolitą tematycznie. Jest bowiem zbiorem artykułów i przemówień napisanych przez Hawkinga w latach 1976–1992.

Pierwsze dwa eseje oparte są na przemówieniu, które autor wygłosił w Międzynarodowym Towarzystwie Chorób Neuromotorycznych. Stanowią one zgrabną autobiografię. Dla Czytelników nie znających postaci Stephena Hawkinga w tym miejscu w skrócie podam najważniejsze fakty dotyczące jego życia. Urodził się dokładnie trzysta lat po śmierci Galileusza, 8 stycznia 1942 roku w Oxfordzie. W szkole średniej nie zajmował nigdy pozycji lepszej niż w środku klasy, ale jego koledzy nazywali go „Einstein". Od trzynastego czy czternastego roku życia wiedział, że chce prowadzić badania naukowe w dziedzinie fizyki. Mając 17 lat zdał egzamin kwalifikacyjny do stypendium na Uniwersytecie Oxfordzkim. Po trzech latach studiów przeniósł się do Cambridge na Studia doktoranckie. Jego promotorem był Denis Sciama. W tym czasie wykryto u niego chorobę neuromotoryczną ALS – stwardnienie zanikowe boczne. Gdyby wtedy nie poznał przyszłej swojej żony, prawdopodobnie załamałby się całkowicie i nie znalazł już celu w życiu... A został przecież następcą Newtona i Diraca na Katedrze w Cambridge.

Cały jeden artykuł poświęcony jest własnym doświadczeniom z ALS. Do roku 1974 Hawking mógł sam jeść i samodzielnie kłaść się i wstawać z łóżka. W 1985 roku zachorował na zapalenie płuc i po operacji tchawicy utracił całkowicie i tak już niewyraźną mowę. Korzysta teraz z syntezatora mowy, który pozwala mu wypowiedzieć do 15 słów na minutę. Stephen Hawking podkreśla, że wpływ, jaki ALS wywiera na jego życie jest niewielki i stara się nie myśleć o swoim kalectwie. W końcu posiada wspaniałą rodzinę (trójkę dzieci), sukcesy w nauce i uznanie wśród naukowców. „Dowodzi to, że nigdy nie wolno tracić nadziei" – mówi Hawking.

W rozdziale zatytułowanym „Postawa społeczna wobec nauki" twierdzi – moim zdaniem słusznie – że postęp wiedzy i

techniki jest nieunikniony. Nawet gdyby się przestało płacić za badania naukowe, dociekliwy człowiek z uporem będzie zgłębiał tajniki nauki. Taka jest jego natura. Najważniejszą kwestią jest wykorzystanie tego postępu w sposób właściwy. Aby tego dokonać, społeczeństwo musi przynajmniej w podstawowym zakresie rozumieć nauki przyrodnicze. Największe pole do popisu ma w tym względzie szkoła. Jednak programy nauczania są na razie do tego nieprzystosowane. Równania, których tak dużo na lekcjach fizyki, są niepotrzebne; wystarczy jakościowe rozumienie pojęć naukowych – twierdzi Hawking. Uczula również czytelnika na punkcie broni nuklearnej i wojny atomowej. W tej kwestii decyzje podejmowane przez społeczeństwa mogą okazać się najbardziej znamienne.

Następny w kolejności artykuł opowiada o dość pouczającej historii powstania pierwszej popularnonaukowej książki Hawkinga *Krótka historia czasu*. Był on opublikowany w brytyjskim dzienniku *The Independent* w grudniu 1988 roku.

Pogląd autora na kwestię rozumienia Wszechświata jest przedstawiony w rozdziale „Moje stanowisko". Przy próbie odpowiedzi na pytanie: „Jaki jest status i znaczenie wielkiej jednolitej teorii?", siłą rzeczy napotykamy trudne i nierozwiązane zagadnienia filozoficzne. Odnoszę wrażenie, że Hawking w tym miejscu odpłaca się filozofom za to, że – jak sam stwierdza – potraktowali go nieprzyjemnie. Mówi wprost, że filozofowie nauki są niedorobionymi fizykami, którzy nie mają kontaktu ze współczesnymi horyzontami fizyki i z tego powodu nie powinni zabierać w tych sprawach głosu...

W kolejnym, siódmym już artykule, rozważa możliwość otrzymania jednolitej teorii oddziaływań fizycznych w niezbyt odległej przyszłości. Stephen Hawking jest optymistą. Twierdzi bowiem, że pełną teorię ujrzymy jeszcze za życia niektórych czytelników swojej książki. Osobiście boję się, że się to nie ziści. Ale każdy może mieć własne odczucia w tej sprawie.

Artykuł pt. „Sen Einsteina" próbuje wyjaśnić, dlaczego twórca ogólnej teorii względności był taki nieszczęśliwy z powodu mechaniki kwantowej. Einstein swoje odczucia na temat tejże podsumował stwierdzeniem, że „Bóg nie gra w kości". Ale wszystko wskazuje na to, że Bóg jest zagorzałym hazardzistą i rzuca kostką przy każdej możliwej okazji. I to tam, gdzie nie można jej zobaczyć.

W książce Hawkinga znajdują się również dwa szkice historyczne, jeden opisujący teorię powstania Wszechświata, a drugi wyobrażenia ludzi dotyczące szeroko rozumianej przyszłości. Są to raczej płytkie ujęcia tych zagadnień. Więcej się można z nich dowiedzieć o cechach, jakie powinna mieć kwantowa teoria grawitacji, jak również o ciemnej materii, niż o historii.

„Mechanika kwantowa czarnych dziur" jest artykułem opublikowanym w *Scientific American* w styczniu 1977 roku. Ma już więc 17 lat i na pewno większość Czytelników słyszała już o odkryciu Stephena Hawkinga dotyczącym promieniowania czarnych dziur. Artykuł ten opisuje dość dokładnie to zjawisko.

Co to są wszechświaty niemowlęce? Nie odbiorę Czytelnikom przyjemności dowiedzenia się tego z tytułowego artykułu książki. Wspomnę tylko, że stały się one bardzo ekscytującym tematem badań naukowych i są związane z promieniowaniem czarnych dziur.

Problem determinizmu był i jest wciąż szeroko dyskutowany. Autor w rozdziale „Czy wszystko jest zdeterminowane?" dorzuca własne zdanie na ten trudny i nierozwiązany temat. Próbuje mianowicie odpowiedzieć na trzy ważne pytania: Jak wszystkie szczegóły Wszechświata (na przykład to, że drzewo się przewróciło w Cieszynie) mogą być zdeterminowane przez prosty układ równań jednolitej teorii? Jeśli wszystko jest zdeterminowane przez jakąś podstawową teorię – dlaczego więc ta teoria

miałaby spowodować, że dochodzimy do prawidłowych wniosków co do Wszechświata, a nie do mylnych? I trzeci problem: Czy mamy wolną wolę? A jeśli tak, to czy możemy odpowiadać za nasze czyny? Czy autorowi udaje się znaleźć na te pytania zadowalające odpowiedzi? Zacytujmy jedno zdanie: „Nie twierdzę, że moje przemyślenia na ten temat są szczególnie oryginalne czy głębokie, ale na nic lepszego na razie mnie nie stać". Wynika stąd, że Hawking nie jest przekonany do tego, co sam mówi. Świadczy o tym również jego pokrętna odpowiedź na pytanie tytułowe: „Tak. Ale równie dobrze mogłoby nie być, ponieważ nigdy nie będziemy wiedzieć, co jest zdeterminowane".

Ostatni, czternasty rozdział stanowi ciekawy wywiad z Hawkingiem nadany przez radio BBC w Boże Narodzenie 1992 roku.

Podsumowując jednym zdaniem: książka Stephena Hawkinga *Czarne dziury i wszechświaty niemowlęce* jest książką dla myślących i chcących poznać tajemnice obszernego Wszechświata. Każdy człowiek jest istotą myślącą i — mam nadzieję — chcącą dowiedzieć się, jak on sam powstał w wyniku ewolucji Wszechświata.

Wielkie brawa dla Wydawnictwa Alkazar. Książka została wydana w tym samym roku, co oryginał amerykański. Pod względem technicznym wydanie perfekcyjne — w twardych okładkach, piękna obwoluta. Jednak z recenzenckiego obowiązku muszę wytknąć dwa błędy merytoryczne, których nie można wybaczyć. Mianowicie na stronie 120 stwierdzono, że ze zjawiska rozszerzania się Wszechświata wynika, że gdzieś między dziesięcioma a dwudziestoma milionami lat wszystkie galaktyki leżały jedna na drugiej. Chodzi oczywiście o miliardy. Ponadto dowiadujemy się, że gwiazda wytwarza ciepło, zmieniając tlen w hel (str. 137). Energia pochodzi przecież z syntezy wodoru w hel. Mimo tego książka *Czarne dziury i wszechświaty niemowlęce* jest bardzo wartościowa. Szkoda, że wydano tylko 5000 egzemplarzy.

Lech Jaszowski

TO I OWO

Astronomiczne dane do rozmyślań przedmaturalnych

Często mam do czynienia z młodymi ludźmi, którzy zaczynają się interesować astronomią. Zafascynowani widokiem gwiaździstego nieba (w 90% takie są początki) sięgają po nieliczne (niestety) astronomiczne książki, piszą do obserwatoriów, planetariów, instytutów, prenumerują *Uranię*. Część z zapałem rzuca się na zadania z astrofizyki, na astro–konkursy, olimpiady i obozy, część gorączkowo wprowadza w liczne komputery mniej lub bardziej udane astronomiczne algorytmy obliczając zaćmienia, zakrycia gwiazd, pozycje planet itp, itd. Wielu układa programy edukacyjne np. demonstrujące prawa Keplera. Jednym słowem — bractwo kipi pomysłami i je cierpliwie realizuje. Nawet budując czasochłonne instrumenty. I ten entuzjazm bardzo cieszy — zwłaszcza w dzisiejszym zblazowanym i zmaterializowanym świecie. Ale potem, gdy nadchodzi matura ci bardzo liczni zapaleńcy astronomiczni wybierają... informatykę, fizykę, politechnikę. Na astronomię decyduje się niewielu. Nie jest to oczywiście tragedią, po prostu nie potrzeba zbyt wielu astronomów (w całej Polsce pracuje ich zawodowo około 100, w Polskim Towarzystwie Astronomicznym zrzeszonych jest około 250 osób). Ale jestem prawie pewna, że decyzja o wyborze kierunku studiów tych niedoszłych astronomów wynika często nie ze świadomego wyboru, ale z braku wiadomości o studiach astronomicznych. Bo nie wszystko da się wyczytać z informatora. Tak więc daję pod rozwagę różnym wahającym się:

- przez pierwsze dwa–trzy lata (zależy od uczelni) astronomowie mają WSZYSTKO to, co fizycy plus astronomię. Zawsze więc na fizykę można się przerzucić,
- zajęcia informatyczne zaczynają się na astronomii wcześnie (początek drugiego roku; najpierw trzeba poznać algebrę, analizę i oczywiście fizykę) i jest ich bardzo dużo. W końcu większość współczesnej astronomii polskiej to teoria (na wiele obserwacji Polska ma zbyt marną pogodę i zbyt skromny sprzęt) – komputer jest najczęściej używanym narzędziem pracy. Zawsze więc po studiach można się zaczepić jako informatyk,
- część (mała) absolwentów ląduje w szkołach jako nauczyciele. Uczą fizyki, matematyki, astronomii, informatyki. I na ogół to lubią!
- najlepsi zostają zatrudnieni w placówkach astronomicznych. I wtedy pomyślcie – czy nie lepiej jako astronom samodzielnie wybrać sobie problem do rozwiązania (zachód chętnie udostępnia dane obserwacyjne z satelitów), samemu wybierać metodę rozwiązania i pisać swój program w wybranym przez siebie języku niż działać dla osób trzecich i siódmych, usługowo, jako programista np. po informatyce? Bardzo wiele młodych wyjeżdża na zachód, wyjazd po doktoracie jest prawie regułą. Mamy na świecie dobrą opinię i warto o nią dbać.

Ludzkość degeneruje florę i faunę, zanieczyszcza środowisko, może nawet rozsadzić nasz glob. Praktycznie wszystko mamy skażone, brudne. Z wyjątkiem nieba! Tam Przyroda jest sobą, jest czysta i piękna „jak ją Pan Bóg stworzył". Pamiętajcie – dla astronoma zarówno fizyka jak i matematyka są tylko narzędziem do poznawania Wszechświata! Czy to nie jest wspaniałe?

Reasumując – nie bójcie się studiować tego, co lubicie. Jeśli nie macie kłopotów z przedmiotami ścisłymi – wybierając studia weźcie pod rozwagę także astronomię (w Krakowie specjalizują się w astronomii obserwacyjnej i kosmologii, w Toruniu – w radioastronomii, astronomii obserwacyjnej i mechanice nieba, w Warszawie – astrofizyce teoretycznej, we Wrocławiu – w heliofizyce). Macie pytania – piszcie! Oto adresy:

Obserwatorium Astronomiczne UJ
Orla 171 Fort Skała
30 244 Kraków

Instytut Astronomiczny UMK
Chopina 12/18
87 100 Toruń

Obserwatorium Astronomiczne UW
al. Ujazdowskie 4
00 478 Warszawa

Obserwatorium Astronomiczne U. Wrocł.
Kopernika 11
51 622 Wrocław

No i adres mój:

Magda Kożuchowska
Centrum Astronomiczne
Bartycka 18
00 716 Warszawa

Zawsze chętnie służę!

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY — Lipiec 1994 r.

Słońce: W swym ruchu rocznym po ekliptyce obniża się w kierunku równika niebieskiego, w związku z czym dni stają się już coraz krótsze (w ciągu miesiąca dnia ubywa o ponad godzinę). W Warszawie 1 lipca Słońce wschodzi o 4^h18^m, zachodzi o 21^h1^m, a 31 lipca wschodzi o 4^h54^m, zachodzi o 20^h29^m. W lipcu Słońce wstępuje w znak Lwa.

Księżyc: Bezksiężycowe noce będziemy

Dane dla obserwatorów Słońca (na 14^h czasu wschod.–europ.)

Data 1994	P	B_0	L_0	Data 1994	P	B_0	L_0
VII 1	–2°58	+2°92	251°21	VII 17	+4°62	+4°56	39°46
3	–1.68	+3.50	224.74	19	+5.49	+4.74	13.00
5	–0.76	+3.34	198.27	21	+6.36	+4.92	346.54
7	+0.14	+3.56	171.80	23	+7.21	+5.10	320.08
9	+1.04	+3.77	145.33	25	+8.06	+5.26	293.62
11	+1.94	+3.97	118.86	27	+8.89	+5.43	267.16
13	+2.84	+4.17	92.40	29	+9.71	+5.58	240.70
15	+3.73	+4.36	65.93	31	+10.52	+5.74	214.26

P – kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 – heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
$20^d13^h36^m$ – heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

mieli w pierwszej połowie lipca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: nów 8^d24^h, pierwsza kwadra 16^d3^h, pełnia 22^d22^h i ostatnia kwadra 30^d15^h. W apogeum Księżyc znajdzie się dwukrotnie, 3 i 31 lipca, a w perygeum 18 lipca.

W lipcu tarcza Księżyca zakryje Marsa oraz Spikę (Kłos Panny), najjaśniejszą gwiazdę w gwiazdozbiorze Panny, ale zjawiska te nie będą u nas widoczne.

Planety i planetoidy: Od połowy miesiąca rankiem nad wschodnim horyzontem możemy poszukiwać Merkurego jako gwiazdę około zerowej wielkości. Wieczorem, coraz niżej nad zachodnim horyzontem świeci pięknym blaskiem Wenus jak gwiazda –4.1 wielkości. Przed północą wschodzi Mars widoczny w gwiazdozbiorze Byka jako czerwona gwiazda około +1.2 wielkości, tylko nieco słabszy od Aldebarana, najjaśniejszej gwiazdy w Byku (18 lipca Mars znajdzie się w złączeniu z Aldebaranem, w odl. 5° na północ od gwiazdy).

Na wieczornym niebie świeci Jowisz jak jasna gwiazda około –2 wielk. Jowisza warto obserwować przez lunetę ze względu na ciekawe zjawiska w układzie jego czterech najjaśniejszych księżyców. Ale w tym miesiącu Jowisz wzbudza szczególne zainteresowanie wśród astronomów i będzie obserwowany przez wszystkie obserwatoria na świecie: w połowie miesiąca dotrze do Jowisza kometa Shoemaker–Levy 9, która dwa lata temu przeszła bardzo blisko powierzchni planety i pod wpływem jej przyciągania rozpadła się na ponad dwadzieścia części. W dniach od 16 do 22 lipca nastąpi seria zderzeń z Jowiszem poszczególnych fragmentów komety, które wtargną do atmosfery planety z prędkością 60 km/sek. Niestety, zderzenie nastąpi na niewidocznej z Ziemi stronie globu Jowisza, a więc nie można będzie bezpośrednio obserwować skutków tej katastrofy kosmicznej. Być może błysk spowodowany wybuchem lodowej bryły w atmosferze planety wywoła nagłe rozjaśnienie księżyców Jowisza, zwłaszcza tych ukrytych akurat w cieniu planety. Ewentualne ślady katastrofy na powierzchni Jowisza można będzie dostrzec dopiero po kilku godzinach, kiedy pojawią się na widocznej z Ziemi stronie planety (okres obrotu globu Jowisza wokół własnej osi wynosi około 10 godzin).

Saturn wschodzi późnym wieczorem i widoczny jest w drugiej połowie nocy jako gwiazda +0.7 wielk. w gwiazdozbiorze Wodnika. Uran 6 wielk. i Neptun 8 wielk. widoczne są przez lunety całą noc, ale nisko nad horyzontem na granicy gwiazdozbiorów Strzelca i Kozio-

rożca. Pluton widoczny jest wieczorem, ale dostępny jest tylko przez duże teleskopy jako gwiazdka około 14 wielk. na granicy gwiazdozbiorów Wagi, Węża i Wężownika.

Meteory: Od 15 lipca do 15 sierpnia promieniują meteory z roju delta Akwarydów (maksimum aktywności przypada 27 i 28 lipca). Podwójny radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Wodnika i ma współrzędne: rekt. 22^h36^m, dekl. 0° i –17°. W tym roku warunki obserwacji nie są najlepsze.

* * *

1^d Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Obserwujemy początek przejścia: księżyca o 21^h51^m, a jego cienia o 22^h59^m.

2^d18^h Jowisz nieruchomy w rektascensji. Wieczorem księżyc 1 ukryty jest za tarczą, a potem w cieniu Jowisza; o 22^h19^m obserwujemy koniec zaćmienia księżyca 1 (pojawi się on nagle z prawej strony tarczy w odległości równej promieniowi tarczy od jej prawego brzegu, patrząc przez lunetę odwracającą).

4^d Do 21^h29^m po tarczy Jowisza wędruje cień jego 3 księżyca.

5^d O 7^h nastąpi bliskie złączenie Marsa z Księżycem; zakrycie planety przez tarczę Księżyca widoczne będzie w Południowej Afryce, na Madagaskarze, na Oceanie Indyjskim, w Południowych Indiach, w Sri Lance, w Południowej Tajlandii, we Wschodniej Indonezji i w Zachodniej Australii. O 21^h Ziemia znajdzie się w aphelium, w punkcie najbardziej oddalonym od Słońca na swej okołosłonecznej orbicie, w odl. 152 mln km.

6^d22^h Merkury nieruchomy w rektascensji. Do brzegu tarczy Jowisza zbliża się księżyc 2, aby o 22^h24^m rozpocząć przejście na jej tle.

7^d15^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 1.3°.

8^d Księżyc 2 ukryty jest w cieniu Jowisza; o 22^h12^m z prawej strony tarczy planety w odległości równej prawie średnicy tarczy od jej prawego brzegu (w lunecie odwracającej) obserwujemy koniec zaćmienia tego księżyca.

9^d Od 20^h50^m księżyc 1 ukryty jest za tarczą Jowisza.

10^d19^h Wenus w złączeniu z Regulusem, gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Lwa, w odl. 1.1°. Do 21^h31^m po tarczy Jowisza wędruje cień jego 1 księżyca.

12^d14^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl 7°.

14^d18^h Neptun w przeciwstawieniu ze Słońcem względem Ziemi (w opozycji).

15^d Księżyc 2 ukryty jest za tarczą Jowisza. O 22^h19^m obserwujemy koniec zakrycia (z prawej strony tarczy w lunecie odwracającej), ale zaraz o 22^h25^m księżyc 2 zniknie nagle w cieniu planety (początek zaćmienia).

16^d4^h Złączenie Księżyca ze Spiką (Kłosem Panny), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Panny; zakrycie gwiazdy przez tarczę Księżyca widoczne będzie na Oceanie Spokojnym i w południowej części Ameryki Południowej. Przed północą powinno nastąpić zderzenie pierwszego fragmentu komety Shoemaker–Levy 9 z atmosferą Jowisza.

17^d O 6^h Uran w opozycji. O 16^h Merkury w największym zachodnim odchyleniu od Słońca (w odl. 21°). Wieczorem księżyc 1 przechodzi na tle tarczy Jowisza, a o 21^h18^m pojawi się na niej cień tego księżyca.

18^d23^h Złączenie Marsa z Aldebaranem (w odl. 5°), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Byka. Księżyc 3 zmierza do brzegu tarczy Jowisza i o 22^h14^m rozpocznie przejście na jej tle.

22^d Złączenie Księżyca z dwiema planetami: o 9^h z Neptunem w odl. 4° i o 14^h z Uranem w odl. 5°. O 22^h28^m nastąpi początek zakrycia 2 księżyca przez tarczę Jowisza.

$23^d3^h40^m$ Słońce wstępuje w znak Lwa, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 120°.

24^d Do 21^h44^m na tarczy Jowisza widoczny jest cień jego 2 księżyca, natomiast do brzegu tarczy planety zbliża się księżyc 1 i o 21^h57^m rozpocznie przejście na jej tle.

26^d6^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 7°.

29^d Księżyc 3 oddalił się już znacznie od prawego brzegu Jowisza po zakryciu przez tarczę planety, ale o 21^h28^m zniknie nagle w cieniu Jowisza (początek zaćmienia).

31^d9^h Złączenie Merkurego z Polluksem (w odl. 6°), jedną z dwóch jasnych gwiazd w gwiazdozbiorze Bliźniąt. Do 21^h48^m na tle tarczy Jowisza przechodzi jego księżyc 2, a jego cień pojawi się na tarczy planety dopiero o 22^h0^m.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie wschodnio–europejskim (czasie letnim w Polsce).

Opracował *G. Sitarski*

OGŁOSZENIA ZARZĄDU GŁÓWNEGO PTMA

Obecnie wysyłamy członkom (i sympatykom) następujące materiały astronomiczne (podane kwoty obejmują koszty wraz z opłatami pocztowymi).

Amatorski Teleskop Zwierciadlany	16 000, –
Najdalsze Planety Układu Słonecznego	21 000, –
Kalendarz Miłośnika Astronomii na rok 1994	38 000, –
Uniwersytet Krakowski jako miejsce duchowych narodzin Mikołaja Kopernika	24 000, –
Obrotowa Mapa Nieba	23 000, –
Diagram faz Księżyca z mapą Księżyca	23 000, –
Przezrocza cz. I i II (48 sztuk przezroczy)	170 000, –
Paski ze zdjęciami – *W Naszej Galaktyce*	5 000, –
Księżyc	5 000, –
Pocztówki opracowane na podstawie atlasu Heweliusza dla gwiazdozbiorów zodiakalnych (12 sztuk)	20 000, –

W wypadku zamawiania wielu pozycji prosimy o kontakt, gdyż wtedy będą mniejsze opłaty pocztowe.
W sprawie starych numerów *Uranii* prosimy o kontakt listowy.

ADRESY ODDZIAŁÓW PTMA

(1) Białostocki – Kolonia Księżyno, 15–601 Białystok,
(2) Częstochowski – Inst. Fizyki WSP, p. 185, Al. Armii Krajowej, 42–200 Częstochowa,
(3) Gliwicki – ul. Korfantego 23/1, 44–100 Gliwice,
(4) Grudziądzki – Planetarium, ul. Krasickiego 5, 86–300 Grudziądz,
(5) Jeleniogórski – Plac Piastowski 15, 58–560 Jelenia Góra,
(6) Krakowski – ZG PTMA, ul. Św. Tomasza 30/8, 31–027 Kraków, tel. 22–38–92, jest to także adres Sekcji Obserwacji Gwiazd Zaćmieniowych oraz tymczasowy adres Sekcji Gwiazd Zmiennych,
(7) Krośnieński – Czajkowskiego 92, 38–400 Krosno,
(8) Lubelski – Instytut Fizyki, Plac M. Curie–Skłodowskiej p. 254 20–031 Lublin,
(9) Łódzki – Planetarium, ul. Pomorska 16, 91–416 Łódź, tel. 33–13–63, jest to również adres Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć,
(10) Nowosądecki – ul. Śniadeckich 6/10, 33–300 Nowy Sącz,
(11) Olsztyński – Obserwatorium, ul. Żołnierska 13, 10–558 Olsztyn, przy oddziale działa Komisja Współpracy Planetariów Polskich, ul. M.P. J. Piłsudskiego 38, 10–450 Olsztyn, przy oddziale pracuje Sekcja Meteorów i Meteorytów, skr. poczt. 6, 14–530 Frombork,
(12) Poznański – ul. Dmowskiego 37, 61–772 Poznań,
(13) Puławski – Obserwatorium, ul. Filtrowa 32, 24–100 Puławy,
(14) Szczeciński – D. K. „Hetman" ul. 9–go Maja 17, 70–136 Szczecin,
(15) Śląski – Planetarium Śląskie, Park Kultury i Wypoczynku, skr. poczt. 10, 41–500 Chorzów,
(16) Toruński – ul. Kopernika 42, 87–100 Toruń, jest to również adres Sekcji Obserwatorów Komet oraz Sekcji Obserwatorów Słońca,
(17) Warszawski – CAMK, ul. Bartycka 18, 00–716 Warszawa, jest to również adres Sekcji Instrumentalnej,
(18) Zielonogórski – Zakład Astrofizyki WSP, ul. Lubuska 2, 65–069 Zielona Góra

Z okazji 75 lat istnienia i działalności naszego Towarzystwa w dniach 30 września, 1 i 2 października br. w Toruniu odbędzie się jubileuszowy Walny Zjazd Delegatów Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Wszystkich członków, którzy chcą wziąć udział w Zjeździe, prosimy o kontakt z Zarządem Głównym.

CONTENTS

S. R. Brzostkiewicz
Pluto and Charon – the questions continue 98
K. Ziołkowski
Extraterrestrial studies of comets and asteroids 105
Chronicle:
Clementine mission 112
The Ides of March in 1994 114
Role of neutrinos in astrochemistry – a proposition of testing of a new theory 114
Amateurs for astronomy 115
PEGASUS launcher 115
The littered space 116
Historical chronicle 117
Vade-mecum for Observers 119
Observations 120
New books 121
Miscelanea 123
Astronomical Calendar 124

СОДЕРЖАНИЕ

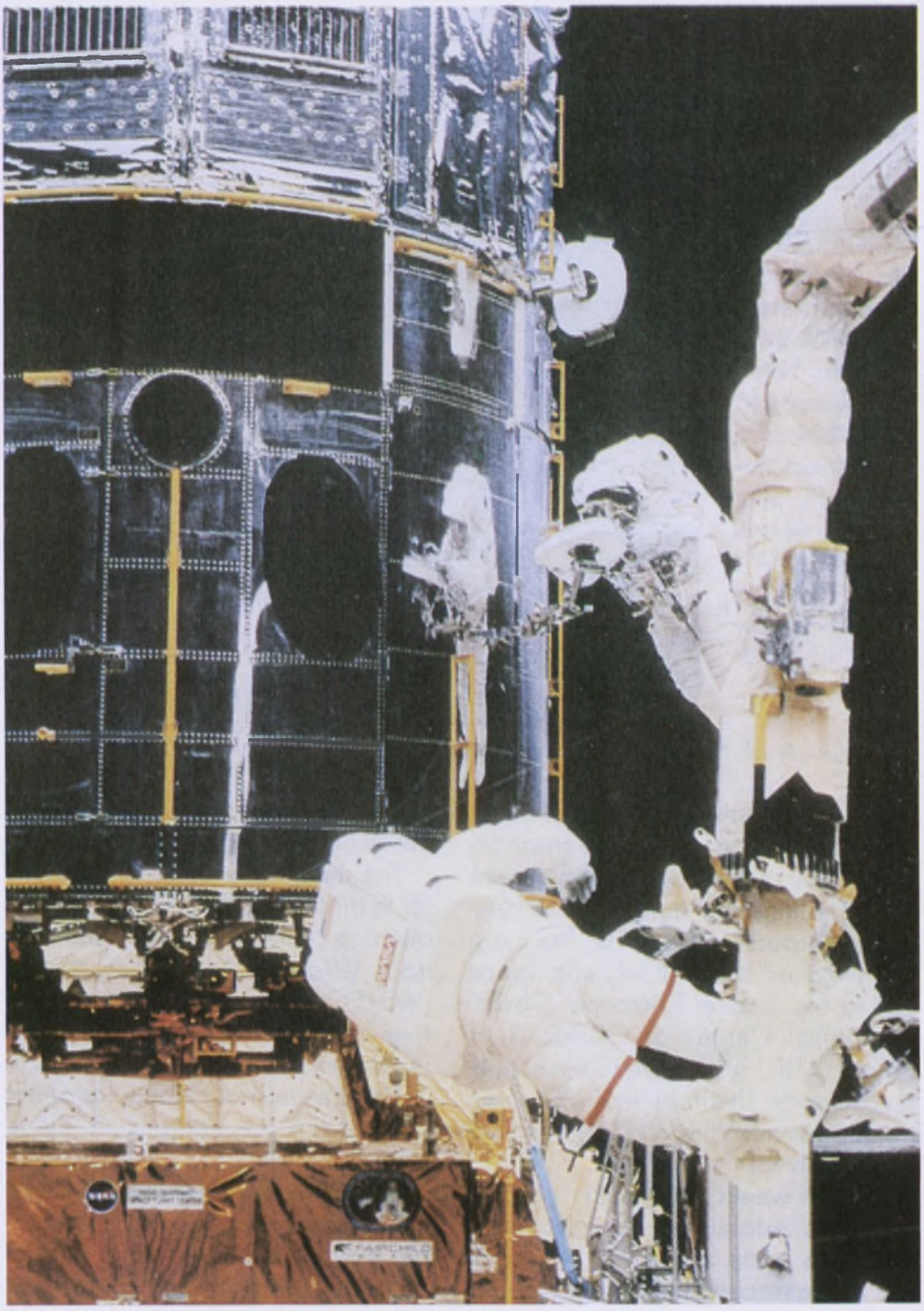
С. Р. Бжосткевич
Загадок Плутона и Харона продолжение... 98
К. Зиолковски
Внеземные исследования комет и астероидов 105
Хроника:
Миссия Клементин 112
Иды марта 1994 года 114
Значение нейтрин в космохимии — предложение завещания новой теории 114
Любители–астрономии 115
Ракета Пегасус 115
Засоренный космос 116
Историческая хроника 117
Справочник наблюдателя 119
Наблюдения 120
Новые книги 121
То и се 123
Астрономический календарь 124

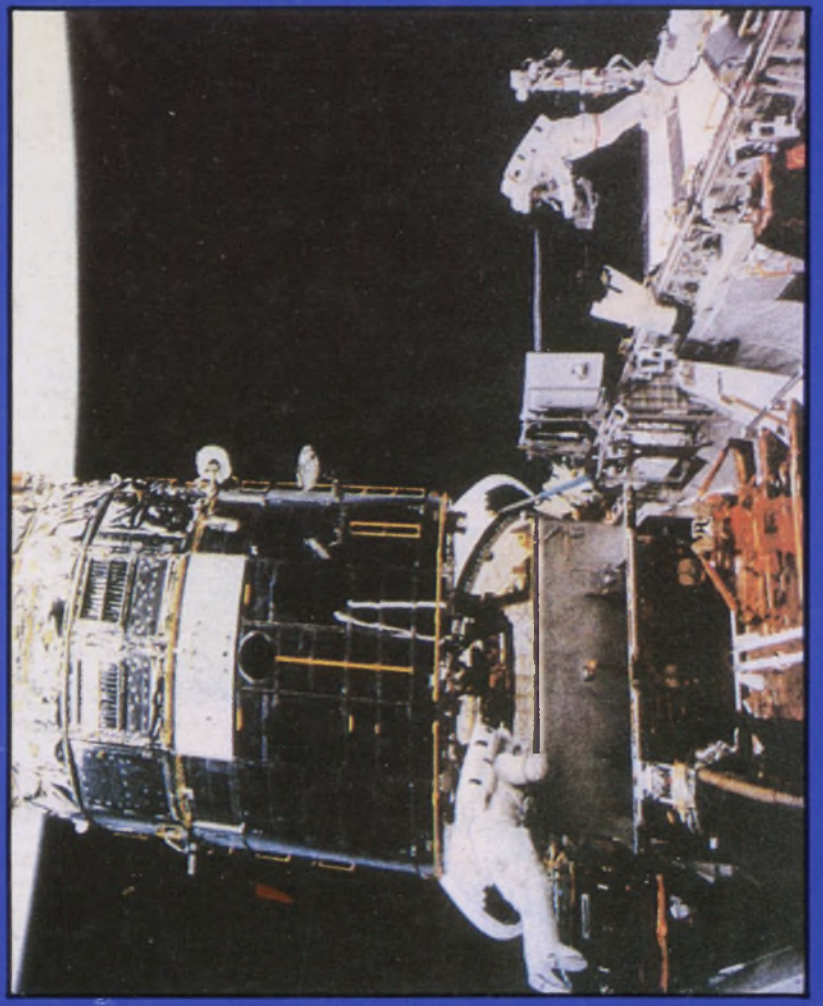
OBJAŚNIENIA ZDJĘĆ NA OKŁADCE

Dla upamiętnienia przypadającej w tym miesiącu czwartej rocznicy umieszczenia na orbicie okołoziemskiej Teleskopu Kosmicznego Hubble'a reprodukujemy na okładce zdjęcia z przeprowadzonej w grudniu ubiegłego roku naprawy tego najdoskonalszego dziś narzędzia astronomicznego, którą relacjonowaliśmy w numerze 2/1994 na stronach 44–48 (fot. NASA).

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. Koszt wytworzenia tego zeszytu 28 000 zł. *Uranię* rozprowadza się w ramach składki członkowskiej; w 1994 roku 300 000 zł (zniżka 240 000 zł).

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





VELA
Suhail
Regor
3320
3132
2808
3766
TAURUS
CRUX
Gacrux
Mimosa
Acrux
COAL SACK
SOUTHERN CROSS
MUSCA
Hadar
CIRCINUS
Rigil Kentaurus
GALACTIC
TRIA AU
Atri
PAVO
CARINA
FORNAX
SOUTH GALACTIC POLE
PHOENIX
Ankaa
GRUS
Al Na'ir