

URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII



ROK LXVII

KWIECIEŃ 1996

NR 4 (652)

MIESIĘCZNIK URANIA

POLSKIEGO TOWARZYSTWA
MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

Rok LXVII Kwiecień 1996 Nr 4 (652)

ZESZYT TEN WYDANO Z POMOCĄ FINANSOWA KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH, 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

Sławomir Stachniewicz	
Kłopoty ze stałą Hubble'a	98
Stanisław R. Brzostkiewicz	
Nowinki z Księżyca	101
T. Zbigniew Dworak	
Planety bez księżyców	106
Kronika:	
Kometa Hyakutake	109
Czyżby kometa stulecia?	112
Obserwacje:	
Obserwacje komety 6P/d'Arrest w Sekcji Obserwatorów Komet PTMA	113
Obserwacje gwiazd zmiennych w 1995 roku	117
Kącik Olimpijczyka:	
XXXIX Olimpiada Astronomiczna	119
XL Olimpiada Astronomiczna – informacje regulaminowe	121
XL Olimpiada Astronomiczna – pierwsza seria zadań	122
Elementarz Uranii:	
Księżyc Saturna	
Kalendarzyk Astronomiczny	



„Kometa... dziwne Boskie jest stworzenie” napisał w 1739 roku rajca toruński Jakub Kazimierz Rubinkowski w dziele zatytułowanym *Janina*, sławiącym wiktoryę wiedeńską króla Jana III Sobieskiego, której przepowiednią miało jakoby być ukazanie się w 1682 roku jasnej komety. Dziś wiemy, że była to słynna kometa Halleya. Wielu czytelników *Uranii* z pewnością pamięta jej powrót w pobliże Słońca w 1986 roku, który zaowocował ogromnym wzrostem zainteresowania kometami i rozwojem ich badań, a w rezultacie znaczącym postępem wiedzy o tych ciągle zadziwiających ludzi, a jednak tajemniczych ciałach niebieskich. Dwa lata temu kometa znowu zwróciła na siebie uwagę wydarzeniem, które poruszyło niemal cały świat. W lipcu 1994 roku człowiek po raz pierwszy mógł zaobserwować niezwykle zjawisko zderzenia komety z planetą. Wprawdzie tym razem Jowisz, a nie Ziemia, przeżywał taką katastrofę, ale uświadomiła ona realność podobnego zagrożenia również i naszej planety. Trudno się więc dziwić, że niespodziewane odkrycie przez japońskiego miłośnika astronomii komety, która przeleciała bardzo blisko Ziemi i w końcu marca oraz na początku kwietnia była doskonale widoczna nawet gołym okiem, znowu spowodowało powszechną ciekawość i kolejny przypływ zainteresowania kometami. Pierwsze wyniki obserwacji komety Hyakutake relacjonujemy w *Kronice*, a na okładce reprodukcujemy piękne jej zdjęcia wykonane przez naszych Czytelników oraz obraz najbliższego otoczenia jej jądra uzyskany za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a. Trzeba jednak podkreślić, że kometa Hyakutake to być może dopiero wstęp do wielkiego spektaklu na niebie, jaki prawdopodobnie czeka nas na wiosnę przyszłego roku za sprawą komety Hale'a-Boppa, która – według dotychczasowych przewidywań – może okazać się „kometą stulecia”, jak głosi tytuł następnej notatki w *Kronice* poświęconej tej komecie. Jej efemerydę znajdziemy natomiast w bogatym tym razem w różnorodne informacje *Kąciku Olimpijczyka*.

Sławomir Stachniewicz – Kraków

KŁOPOTY ZE STAŁĄ HUBBLE'A

1. Wstęp.

Stała Hubble'a to jeden z najważniejszych parametrów w kosmologii. Mówi o tym, z jaką szybkością rozszerza się Wszechświat. Jej odwrotność jest górną granicą wieku Wszechświata. Może odpowiem na pytanie, jak ją można zmierzyć.

2. Pomiary odległości

Pomiary odległości w astronomii nie są, bynajmniej, sprawą trywialną. Możemy dosyć łatwo znajdować odległości gwiazd mierząc ich paralaksę, lecz ta metoda ma jedną wadę: odległość musi być mniejsza niż 100 parseków (czyli paralaksa musi być większa od 0.01") lub (jeśli mierzymy odległość do gromady gwiazd) odległość musi być mniejsza niż 500 parseków (w tym przypadku mierzy się paralaksy dla wielu gwiazd z gromady osobno a następnie uśrednia, stąd jest to tzw. paralaksa statystyczna).

Drugą metodą jest fotometria ciągu głównego. Korzystając z pierwszej metody możemy wyznaczyć zależność między widmem, a wielkością absolutną gwiazdy, dzięki czemu jeśli znamy widmo oraz wielkość pozorną gwiazdy to jesteśmy w stanie wyznaczyć jej wielkość absolutną, a następnie odległość ze wzoru:

$$d = 10^{0.2(m - M + 5)}$$

gdzie m jest wielkością pozorną gwiazdy, M jest jej wielkością absolutną, a d odlegością w parsekach. Tę metodę można stosować jeśli odległość gwiazdy jest mniejsza niż 100 kpc.

Trzecia metoda to pomiar odległości przy pomocy cefeid. Tu wyróżniamy dwie odmiany tej metody. Pierwszą z nich jest użycie cefeid krótkookresowych (typ RR Lyr,

okres od kilku godzin do jednego dnia). Znamy dość dobrze zależność ich wielkości absolutnej od okresu zmienności, w związku z tym jesteśmy w stanie dość dokładnie wyznaczyć ich wielkość absolutną, a następnie odległość. Jeśli gwiazda jest w gromadzie, to znamy automatycznie odległość do gromady. W ten sposób możemy mierzyć odległości do ok. 300 kpc. Druga odmiana wykorzystuje cefeidy długookresowe (okresy od kilku do kilkudziesięciu dni) które są nadolbrzymami, lecz możemy oszacować ich wielkość absolutną, a stąd odległość. Do niedawna można było w ten sposób mierzyć odległości poniżej 4 Mpc, przy użyciu Teleskopu Hubble'a granica ta uległa rozszerzeniu do ok. 20 Mpc.

Powyższe metody są wprawdzie coraz mniej dokładne (tzw. drabina metod), lecz są dość dobrze powiązane z teoriami budowy gwiazd itp. Następne metody są już niepewne, gdyż wymagają wielu trudno sprawdzalnych założeń.

Czwartą metodą jest ocena odległości przy użyciu najjaśniejszych gwiazd w galaktykach i obłoków zjonizowanego wodoru. Zaobserwowano, że istnieje wyraźna granica wielkości absolutnej dla niebieskich i żółtych nadolbrzymów, w związku z czym można założyć, że najjaśniejsze gwiazdy osiągają tę granicę. Podobnie ma się rzecz z obłokami zjonizowanego wodoru. Tę metodę można stosować do ok. 30 Mpc.

Piątą metodą już dotyczy gromad galaktyk. Zaobserwowano, że istnieje zależność między kształtem ramion galaktyk typu Sc a ich wielkością absolutną. Metodę tę można stosować do 200 Mpc.

Ostatnią i najbardziej dyskusyjną metodą jest pomiar odległości przy pomocy najjaś-

niejszych galaktyk eliptycznych w gromadach. Najjaśniejsze galaktyki eliptyczne mają zbliżoną jasność. Sądzi się, że tę metodę można stosować do 3 Gpc.

3. Pomiary stałej Hubble'a

Fundamentalna praca Hubble'a na temat oddalania się galaktyk została ogłoszona w 1929 roku. Hubble informował, że zaobserwował liniową zależność między odległością galaktyki, a jej prędkością oddalania się (wyliczoną z przesunięcia jej widma ku czerwieni). Oczywiście, chodziło tu o izolowane galaktyki czy gromady galaktyk, gdyż np. wewnątrz naszej gromady galaktyki są powiązane ze sobą i niektóre nawet zbliżają się do siebie. Z pierwszych pomiarów otrzymał on wartość H_0 równą 500 km/s/Mpc. Później zwiększył tę wartość do 550, zaś ostatecznie w 1936 roku obniżył ją do 526 km/s/Mpc.

W 1952 roku Baade zakwestionował metodę Hubble'a i otrzymał wartość 260 km/s/Mpc, następnie liczba ta systematycznie malała, by w 1961 roku osiągnąć wartość 98 (tu już zaczynał prowadzić pomiary Alan Sandage), a w 1974 roku spaść do 50. Należy wspomnieć, że równoległe działała inna grupa, która otrzymywała rezultaty w granicach 70 – 100 km/s/Mpc i wprawdzie przewagę mieli zwolennicy wartości 50, lecz sprawa była nierozstrzygnięta i przyjęto po prostu, że H_0 jest równe $h \times 100$ km/s/Mpc, gdzie h to liczba z zakresu od 0.4 do 1 (niektórzy twierdzili, że nawet 1.3).

Przez wiele lat trudno było powiedzieć, kto ma rację. Większość kosmologów było zwolennikami wartości 50 (ze względów o których wspomnę później), lecz nie dało się wykluczyć wartości 100.

Ostatnio dzięki Teleskopowi Hubble'a stał się możliwy postęp w obserwacjach. Dostrzeżono bowiem cefeidy w gromadzie Virgo, dzięki czemu stało się możliwe dokład-

niejsze wyznaczenie odległości do tej gromady. We wrześniu 1994 obiegła świat sensacyjna wiadomość, że dwie grupy obserwatorów otrzymały w ten sposób wartości 87 ± 7 i 80 ± 17 km/s/Mpc. Spowodowało to powstanie popłoch wśród kosmologów, gdyż takie wartości są sprzeczne z wieloma modelami kosmologicznymi. Wprawdzie grupa skupiona wokół Sandage'a i używająca supernowych typu II jako "świec standardowych" nadal twierdziła, że H_0 jest w okolicy 50 lub co najwyżej 67, lecz ponieważ posługiwali się tymi samymi metodami co wcześniej, więc mało kto im wierzył. We wrześniu ubiegłego roku pewna grupa zaobserwowała cefeidy w galaktyce M96 i otrzymała wartość H_0 równą 69 ± 8 km/s/Mpc, a więc niejako pośrednią.

4. Znaczenie stałej Hubble'a

Istnienie stałej Hubble'a wynika bezpośrednio z modeli kosmologicznych opartych na metryce Robertsona-Walkera. Metryka R-W wynika zaś bezpośrednio z założeń o jednorodności i izotropowości Wszechświata (w wielkich skalach, izotropia promieniowania reliktowego zdaje się to założenie potwierdzać) oraz równań Ogólnej Teorii Względności. Wynika stąd istnienie kosmicznego czynnika skali $R(t)$, który ma następującą zależność od czasu:

$$R(t) = R(t_0) \cdot [1 + H_0(t-t_0) - \frac{1}{2}q_0H_0^2(t-t_0)^2 + \dots],$$

gdzie H_0 to stała Hubble'a, a q_0 to parametr spowolnienia (deceleracji). Stała Hubble'a mówi, jak szybko Wszechświat się rozszerza, a parametr spowolnienia pokazuje, czy mamy do czynienia z Wszechświatem otwartym czy zamkniętym. Oczywiście H_0 ani q_0 nie muszą być stałe a określenie "stała Hubble'a" używamy ze względów historycznych. Ponieważ odległości we Wszechświecie są proporcjonalne do $R(t)$, więc dla

niezbyt dużych odległości otrzymujemy:

$$v = Hd,$$

gdzie v to prędkość oddalania się, a d to odległość. Oczywiście, v to tylko jedna ze składowych prędkości; dochodzą do tego jeszcze np. ruchy wewnątrz gromady.

I teraz dochodzimy do sedna sprawy. Zakłada się, że tensor energii – pędu Wszechświata to tensor energii – pędu cieczy idealnej (wydaje się, że to założenie jest w przybliżeniu słuszne). Stąd otrzymuje się trzy równania stosowane w kosmologii: równanie Friedmana, Raychaudhuri i cieczy idealnej (nie są od siebie niezależne) i przyjąwszy pewne założenia odnośnie równania stanu (zależności ciśnienia od gęstości) można już konstruować modele kosmologiczne. Okazuje się przy tym, że jeśli przyjąć stałą kosmologiczną Λ równą 0 (o niej jeszcze będę pisał), to odwrotność stałej Hubble'a daje górną granicę wieku Wszechświata.

I tu zaczynają się przysłowiowe schody. Dysponujemy bowiem niezależną metodą oceny wieku Wszechświata. Jest nią pomiar wieku najstarszych gromad kulistych i za ich pomocą stwierdzono, że Wszechświat musi mieć przynajmniej 12 ± 2 mld lat (nie mogą istnieć we Wszechświecie obiekty starsze od niego...). A jeśli przyjąć $H_0 = 80 \pm 17$ km/s/Mpc, to (podstawiając gęstość Wszechświata w przedziale od 0.1 do 1.0 gęstości krytycznej) dostajemy, że wiek Wszechświata jest nie większy, niż 13.5 mld lat, i to przy przyjęciu najniższej gęstości (0.1) oraz najniższej wartości stałej Hubble'a ($80 - 17 = 63$). Na dodatek, ostatnio jedna z grup ulepszyła metody oceny wieku gromad kulistych i otrzymała dla gromady M68 wiek 16.4 ± 0.2 mld lat, co stoi już w jawnej sprzeczności z modelami kosmologicznymi. Jeśli ten wynik się potwierdzi, to jedynym ratunkiem będzie chyba osławiona stała kosmologiczna.

5. Stała kosmologiczna

Stała kosmologiczna została zaproponowana przez Einsteina po to, by Wszechświat mógł być statyczny. Ponieważ, mówiąc łopatologicznie, istnienie masy we Wszechświecie powoduje przyciąganie grawitacyjne i naturalną tendencję do zapadania się, więc trzeba było wymyślić jakąś siłę odpychającą działającą tylko na bardzo dużych odległościach. Mogła to zapewnić stała kosmologiczna, której istnienie jest dopuszczalne w ramach Ogólnej Teorii Względności (OTW). Po odkryciu Hubble'a i kilku dalszych model statyczny odszedł do lamusa, trafiła tam również i stała kosmologiczna. Ostatnio znów zaczyna o niej być coraz głośniejsze, głównie za sprawą fizyków. Niektórzy fizycy zajmujący się teorią pola doszli do wniosku, że jeśli stała kosmologiczna jest w ramach OTW dopuszczalna, więc powinna istnieć. Powiązali ją z tzw. energią próżni. Z początku astronomowie nie przyjmowali tego do wiadomości, lecz w związku z problemami z modelami kosmologicznymi i stałą Hubble'a zaczynają coraz bardziej zwracać uwagę na Λ . Zaczynają się pojawiać prace uwzględniające stałą kosmologiczną w modelach np. Cold Dark Matter. Coraz częściej zamiast $\Omega = \Omega_b + \Omega_n$ pisze się $\Omega = \Omega_b + \Omega_n + \Omega_\Lambda$, gdzie Ω oznacza stosunek gęstości wszechświata do gęstości krytycznej (dowodzi się, że $\Omega = 2q_0$), a indeksy b , n i Λ oznaczają odpowiednio gęstość barionową, niebarionową i "gęstość" związaną ze stałą kosmologiczną (lub energią próżni). Zamiast o modelach CDM zaczyna się mówić o modelach Λ CDM.

6. Podsumowanie

Przedstawione fakty wskazują, że obecnie mamy okres burzliwych zmian w kosmologii. Stary Model Standardowy trzeszczy w posadach i choć nie wydaje się, by miał trafić do lamusa, niezbędne są w nim duże

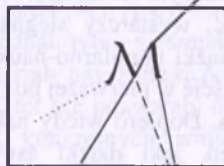
zmiany. Nie wiadomo, czy przetrwa model inflacyjny który wymaga $\Omega = 1$; istnieją jego modyfikacje pozwalające go utrzymać dla niższych Ω lecz nie przy $\Omega = 0.1$! Prawdopodobnie stała kosmologiczna doczeka się rehabilitacji, choć nieco w innym kontekście niż postulował Einstein. Na rozstrzygnięcie wielu pytań musimy poczekać aż zostanie zgromadzony odpowiedni materiał obserwacyjny. Główną przyczyną tych zmian jest Teleskop Hubble'a który mimo problemów i niedociągnięć z nim związanych spełnił jednak pokładane w nim nadzieje i posunął naprzód techniki obserwacyjne.

XV Cracow Summer School of Cosmology

The Cosmic Ray Mass Composition

Łódź, Poland
15—19 July 1996

University of Łódź
Dep. of Experimental Physics
ul. Pomorska 149/153
90-236 Łódź, Poland
Tel.: +48 42 76-56-22
Fax: +48 42 78-70-87 or 78-39-58
Planetarium & Astr. Observatory
Tel.: +48 42 33-13-63



Pod logo "Szkoły...", które proszę zreprodukować dodać tekst: Do udziału w XV Krakowskiej Szkole Kosmologicznej na temat *Skład masowy promieniowania kosmicznego* organizatorzy zapraszają również miłośników astronomii; zgłoszenia i bliższe informacje – dr W. Tkaczyk, Uniwersytet Łódzki, Wydział Fizyki, ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź (e-mail: WTKACZYK @Krysia.uni.lodz.pl).

Stanisław R. Brzostkiewicz – *Dąbrowa Górnicza*

NOWINKI Z KSIĘŻYCA

Czy u schyłku XX wieku można było dokonać jakiegoś ciekawego odkrycia na Księżycu? Pytanie nieco przekorne, bo przecież człowiek już parę tysięcy lat poznaje zamieszkałą przez siebie planetę, a mimo to Ziemia nie odsłoniła przed nim wielu jeszcze tajemnic i wciąż dowiadujemy się o niej czegoś nowego. Księżyc zaś jest badany niecałe cztery stulecia, przy czym jeszcze pół wieku temu cała wiedza o nim opierała się wyłącznie na naziemnych obserwacjach teleskopowych, gdyż astronautyka – jak wiadomo – zaczęła wspierać astronomów dopiero pod koniec lat pięćdziesiątych naszego stulecia. Sondy kosmiczne okręwały glob księżycowy lub lądowały na jego powierzchni, ludzie odbyli tam nawet krótkie spacerki, dzięki czemu dużo już wiemy o naturalnym satelicie Ziemi. Naiwnością byłoby jednak sądzić, że wszystkie problemy zostały rozwiązane i że przyszli badacze będą mieli łatwe życie. Tak dobrze nie jest i zadane na wstępie pytanie ma nas raczej skłonić do krytycznego spojrzenia na dotychczasowe osiągnięcia astro-

nautyki, która wprawdzie dostarczyła nam sporo emocji, ale która nie spełniła wszystkich naszych nadziei. Gdy bowiem 14 grudnia 1972 roku załoga *Challenger*a (E. Cernan i H. Schmitt) szykowała się do opuszczenia doliny między górami Taurus a kraterem Littrow, śledzący z zapartym tchem ostatnią wyprawę programu Apollo byli święcie przekonani, że wkrótce powstaną konkretne plany podboju Księżycza i że jeszcze w XX wieku zostanie tam założona pierwsza załogowa baza naukowa. Tak się jednak nie stało, pozostały niezrealizowane marzenia ludzkości o kolonizacji naszego sąsiada kosmicznego, zabrakło na to dobrej woli "możnych tego świata". Po prostu niezbędne na ten cel pieniądze pochłonęła "zimna wojna" i związany z nią bezsensowny wyścig zbrojeń.

Czy jednak astronautyka faktycznie zawiodła nasze nadzieje i czy rzeczywiście mogliśmy czegoś więcej od niej oczekiwać? Ależ skąd, w ciągu tak krótkiego czasu technika ta osiągnęła imponujący poziom, do-

starczyła bezcennych informacji o bliższym i dalszym Kosmosie. Aby się o tym przekonać, wystarczy sięgnąć po podręczniki i książki popularno-naukowe, wydane oczywiście w pierwszej połowie obecnego stulecia. Dopiero wtedy należycie ocenić postęp, jaki dzięki astronautyce poczyniła astronomia, zwłaszcza astronomia Układu Słonecznego. Sondy kosmiczne docierały nie tylko do najbliższych, ale i do najdalszych planet. Żadna z nich nie odwiedziła dotąd jedynie Plutona i to nie tyle ze względu na dużą odległość (obecnie znajduje się on bliżej Słońca niż Neptun), ile z uwagi na zbyt duże nachylenie płaszczyzny jego orbity względem płaszczyzny ekliptyki. Godne podkreślenia jest jednak i to, że sondy kosmiczne przez dwadzieścia lat unikały również Księżyca, co mogłoby nam sugerować, iż za ich pomocą nie spodziewano się uzyskać jakichś nowych informacji na ten temat. W każdym razie tę nieuzasadnioną – jak się przekonamy – “wstrzemięźliwość” przerwała dopiero sonda Galileo, która przed udaniem się w daleką podróż do Jowisza dwukrotnie (8 grudnia 1990 r. i 8 grudnia 1992 r.) przeleciała w pobliżu Księżyca, przekazując na Ziemię interesujące jego obrazy. Na podstawie wnikliwej ich analizy odkryto nieznane dotąd utwory topograficzne i to w okolicy rzekomo dobrze już zbadanej. Ale prawdziwy “szok” miał dopiero nastąpić, gdyż dwa lata później do Księżyca zbliżyła się sonda Clementine-1 i przez 75 dni krążyła dokoła niego po dość wydłużonej orbicie. Ścisłej mówiąc – w peryselenium sonda zbliżała się do globu księżycowego na odległość 415 km, natomiast w aposelenium oddalała od niego na odległość 2940 km. A ponieważ płaszczyzna jej orbity była odpowiednio nachylona względem płaszczyzny tamtejszego równika i podczas każdego

obiegu blisko obu biegunów Księżyca, w zasięgu jej kamer – praktycznie biorąc – była cała jego powierzchnia. Dzięki temu mogła wreszcie z księżycowych map zniknąć – o czym już donosiliśmy – ostatnia “biała plama”*.

Materiał naukowy przekazany na Ziemię przez aparaturę sondy Clementine-1 jest wyjątkowo bogaty i jego gruntowne opracowanie potrwa zapewne parę ładnych lat. Przede wszystkim składa się na niego około 2 milionów doskonałych fotografii, które otrzymywano za pomocą czterech kamer wyposażonych w detektory CCD i komplety odpowiednich filtrów. Jedna z nich przystosowana była do światła widzialnego, druga dokonywała obserwacji w promieniowaniu nadfioletowym, a dwie dalsze – w bliskiej i dalekiej podczerwieni. Piąta kamera, dostarczająca obrazów o wyjątkowo dużej sile rozdzielczej, współpracowała z altymetrem laserowym, służącym – na co sama nazwa tego przyrządu wskazuje – do określania wysokości gór na Księżycu i głębokości tamtejszych dolin. Na ten temat uczeni posiadali dotychczas bardzo skromne informacje, bo wprawdzie takie pomiary robione były w ramach misji sond Lunar Orbiter i podczas realizacji programu Apollo, to jednak przeprowadzano je na ograniczonym obszarze i na podstawie uzyskanych wtedy danych trudno było wyciągnąć jakieś wnioski o charakterze globalnym. W każdym razie dopiero teraz mogliśmy się przekonać, że różnica między najwyższym, a najniższym punktem na Księżycu wynosi około 16 000 metrów, czyli jest o około 5 000 metrów większa niż wynikało z dotychczasowych danych. A przecież dla planetologa każda informacja ma duże znaczenie i może ułatwić zrozumienie procesów towarzyszących formowaniu się tego lub innego ciała niebieskiego.

* *Urania* Nr 6/1995, str. 170.

Na podstawie materiału uzyskanego za pomocą sondy Clementine-1 opracowano już parę interesujących map Księżyca. Ich wnikliwa analiza wykazuje, że rzeźba powierzchni naszego sąsiada kosmicznego jest bardziej urozmaicona niż dotąd sądzono i, że występują tam utwory topograficzne całkowicie dotychczas niezbrane. Nie chodzi tu wcale o jakieś drobne kratery uderzeniowe, ale o ogromnych rozmiarów kotliny koliste, zwane przez planetologów basenami lub talasoidami. Są to przeogromne depresje, otoczone wokół jednym czy też kilkoma pierścieniowatymi wałami górskimi, powstałe w wyniku zderzenia Księżyca z ogromnymi meteoritami lub raczej planetoidami. Sądzi się na przykład, że mającą około 1150 km średnicy kotlinę Mare Imbrium wybiło ciało, które miało około 70 km średnicy i masę dochodzącą do około 680 bilionów ton. Za najmłodszy twór tego rodzaju uchodzi kotlina Mare Orientale, leżąca właściwie na odwrotnej stronie Księżyca, gdyż tylko jej wschodnia część położona jest na półkuli zwróconej ku Ziemi i przy odpowiedniej libracji może być widoczna przez naziemnego obserwatora. Jednak w całości tę formację ujrzeliśmy dopiero na obrazach, które otrzymano za pomocą sond Lunar Orbiter. Krążyły one na niezbyt dużej wysokości i to było głównym powodem, że uwadze badaczy uszła leżąca w pobliżu kotlina Mendel – Rydberg, mająca – jak się teraz okazało – około 600 km średnicy i głębokość dochodzącą do 5000 – 6000 metrów. Została ona pokryta młodszymi utworami kraterowymi i grubą warstwą gruzu wyrzuconego podczas formowania się kotliny Mare Orientale, doskonale ją maskujących i uniemożliwiających jej identyfikację na obrazach otrzymanych za pomocą sond Lunar Orbiter. To samo właściwie można powiedzieć o kotlinie South Pole-Aitken, której odkrycie to niemal “szlagier” całej misji sondy Clementine 1,

choć istnienie tej formacji już w roku 1962 podejrzewali Gerard P. Kuiper i inni badacze. Były to jednak tylko nieśmiałe sugestie, a zresztą materiały uzyskane za pomocą sond Lunar Orbiter nie pozwalały na wyciągnięcie jakichś konkretnych wniosków na temat tej gigantycznej struktury uderzeniowej, największej na Księżycu i w ogóle w całym Układzie Słonecznym. Z danych otrzymanych za pomocą sondy Clementine 1 wynika bowiem, że kotlina South Pole-Aitken ma około 2250 km średnicy i głębokość wynoszącą średnio około 8 000 metrów, miejscami zaś dochodzącą nawet do 12 000 metrów. Niestety, brzegi tej olbrzymiej kotliny zostały mocno zniszczone, pokrywają młodsze utwory kraterowe i dlatego właśnie nosi ona – podobnie jak kotlina Mendel – Rydberg – podwójną nazwę. Po prostu księżycowy biegun południowy i krater Aitken definiują dwa najbardziej oddalone od siebie punkty tej niekompletnej już dziś kotliny.

Kotlina South Pole-Aitken to niewątpliwie jeden z najstarszych utworów topograficznych księżyca powstałych w wyniku spadku jakiegoś wyjątkowo dużego obiektu kosmicznego. Uczeni oceniają przy tym, że “zanurzył się” on w globie księżycowym na głębokość około 120 km, a zatem przebił nie tylko tamtejszą skorupę, lecz naruszył także zewnętrzną warstwę płaszcza będącego jeszcze w postaci plastycznej. A jeżeli rzeczywiście tak było, to na powierzchnię Księżyca mogła wydostać się materia, która zawierała więcej żelaza i magnezu niż jego pierwotna skorupa. W jakimś stopniu te poglądy zdają się potwierdzać obrazy otrzymane za pomocą sondy Galileo, ukazujące rozrzucone chaotycznie na dnie kotliny South Pole-Aitken ciemne plamy, utworzone najprawdopodobniej przez bogate w metale krzemiany. Nie można też wykluczyć, że materiał wyrwany z tej kotliny, podobnie jak z równie

starej kotliny Oceanus Procellarum, został rozrzucony po całej powierzchni Księżyca i gruntownie zmienił – przynajmniej pod względem składu chemicznego – jej pierwotny charakter. Te i wiele innych wniosków można wyciągnąć na podstawie analizy mapy, która w odwzorowaniu eliptycznym ukazuje grubość księżycowej skorupy, a którą opracowano w oparciu o materiał przekazany przez sondę Clementine-1. Mapa pokazuje, że skorupa ta jest dramatycznie cienka w rejonie kotliny Aouth Pole-Aitken, gdyż średnio wynosi 20 – 30 km, w niektórych zaś miejscach nie przekracza nawet 10 km. Zastanawiający jest też fakt, że o ile średnia grubość skorupy odwrotnej strony Księżyca wynosi 68 km, to na jego półkuli zwróconej stale ku Ziemi już tylko 60 km. Na razie planetologowie nie potrafią wyjaśnić tego problemu, ale może bardziej wnikliwa analiza danych uzyskanych za pomocą sondy Clementine-1 rzuci jakieś nowe światło na powyższe zagadnienie i ta intrygująca zagadka zostanie rozwiązana. Jaki to mechanizm – zastanawiają się badacze – doprowadził do powstania tej różnicy?

Wiele do myślenia daje również mapa obrazująca wyniki dokonanych podczas misji sondy Clementine-1 pomiarów grawimetrycznych Księżyca. Wyraźnie ona pokazuje, że skorupa naszego sąsiada kosmicznego nie jest w grawitacyjnej równowadze i że występują tam lokalne koncentracje masy, przez planetologów zwane maskonami (skrót pochodzący od angielskich słów *mass* i *concentration*). Wiemy o nich od dawna, po raz pierwszy zdradziły je badania wykonane za pomocą sond Lunar Orbiter, a wkrótce potem potwierdziły loty załogowe programu Apollo. Było to bardzo ważne odkrycie, przede wszystkim ułatwiające odtworzenie historii formowania się topografii Księżyca, chociaż i jego praktycznego znaczenia też nie należało lekceważyć. Jako pierwsza

skutków oddziaływania grawitacyjnego maskonów doświadczyła załoga Apollo 8 podczas historycznego już dziś lotu okołoksiężycowego, kiedy to prędkość statku niespodziewanie wzrosła o 6 m/s, a jego orbita uległa znacznej deformacji. W związku z tym trzeba było wprowadzić pewne modyfikacje w programach nawigacyjnych kolejnych wypraw załogowych programu Apollo, a dotyczyły to zwłaszcza tych wypraw, które lądowały na powierzchni Księżyca. W tym bowiem przypadku takie niespodzianki mogłyby mieć już fatalne następstwa.

Ale maskony interesowały też uczonych z czysto naukowego powodu i na temat ich natury od razu pojawiły się mniej lub bardziej prawdopodobne hipotezy. Jedna z nich zakładała, że są to złoża skał osadowych, które uformowały się na dnach księżycowych mórz w czasie, gdy te wypełniała woda. Jednak ten pogląd należało odrzucić, ponieważ na Księżycu nie ma i prawdopodobnie nigdy nie było wody. Świadczy o tym chociażby analiza próbek gruntu księżycowego, dostarczona na Ziemię zarówno przez wyprawę załogową programu Apollo, jak i przez sondy automatyczne typu Łuna. Ale gdyby nawet przyjąć, że w odległej przeszłości na Księżycu rzeczywiście istniały prawdziwe morza, czyli ogromne zbiorniki wypełnione wodą, to i tak powyższa hipoteza nie miałaby racji bytu. Po prostu woda ta wyparowałaby w ciągu miliona lub najwyżej kilku milionów lat, a jest to stanowczo za krótki okres, aby na dnach rzekomych mórz utworzyły się odpowiednio grube warstwy osadowe. Już z tego choćby powodu o wiele bardziej prawdopodobna wydaje się hipoteza, z którą swego czasu wystąpił Harold C. Urey. Ten wybitny uczony zakładał, że koncentracje masy stanowią wbite w skorupę Księżyca ogromne meteoryty czy raczej planetoidy. Wybijały one rozległe kotliny koliste, te zostały później wypełnione lawą

wydobywającą się z wnętrza globu księżycowego, co z kolei doprowadziło do powstania tamtejszych równin, zwanych dziś morzami. Same jednak meteoryty lub planetoidy zaryły się w skorupę Księżyca, a ponieważ posiadają dużo większą od niej gęstość, wobec czego powodują deformację tamtejszego pola grawitacyjnego. Na uwagę niewątpliwie zasługuje fakt, że – jak to pokazuje mapa opracowana w oparciu o dane uzyskane za pomocą sondy Clementine-1 – największe anomalie grawitacyjne występują w rejonie Mare Imbrium, Mare Serenitatis i Mare Tranquillitatis. Już na pierwszy rzut oka widać, iż kotliny tych mórz są dużo starsze od kotliny Mare Orientale, ale – na co też warto zwrócić uwagę – znacznie młodsze od kotliny South Pole-Aitken. W związku z tym pojawił się ostatnio pogląd, że trzy wymienione wyżej kotliny uformowały się w czasie, kiedy zewnętrzna warstwa płaszczka księżycowego była już wystudzona i sztywna, toteż w wyniku tych katastrof wytworzyły się w niej szczeliny. A ponieważ wewnątrz Księżyca było jeszcze ciepłe, to przez powstałe szczeliny przedostawała się do góry magma bogata w metale, wypełniała wytworzone w skorupie księżycowej kotliny i zastygała. Krótko mówiąc – maskony to jakby lokalne zagęszczenia w skorupie Księżyca, do złudzenia przypominające „dentystyczne plomby w dziurawych zębach”. Jest to zdaje się najpełniejszy i najbardziej wiarygodny model twórców odpowiedzialnych za lokalne anomalie grawitacyjne, choć na razie za wcześnie na to, aby go bez zastrzeżeń przyjmować. Trudno bowiem już dziś powiedzieć, że mamy do czynienia z ostatecznym rozwiązaniem zagadki i że nie będzie potrzeba wprowadzać jakiejś korekty. Może nawet już bardziej wnikliwa analiza materiałów

dostarczonych przez aparaturę sondy Clementine 1 zmusi uczonych do weryfikacji powyższego poglądu?

I na tym stwierdzeniu należałoby właściwie zakończyć artykuł poświęcony najważniejszym „nowinkom” księżycowym. Z wdzięczamy je głównie sondzie Clementine-1, która wprawdzie nie wykonała pełnego programu i nie pomknęła – jak pierwotnie planowano – na spotkanie z planetoidą (1620) Geographos, to i tak autorzy eksperymentu mogą mieć pełną satysfakcję. Była to bowiem bardzo udana misja astronautyczna, a uzyskany podczas niej materiał naukowy jest wyjątkowo bogaty. Aż wierzyć się nie chce, że osiągnięto to tak skromnymi środkami (masa sondy wraz z aparaturą naukową wynosiła zaledwie 150 kg), tak małym nakładem finansowym (koszty eksperymentu nie przekroczyły 55 milionów dolarów), bez zbytniego rozgłosu (przygotowaniu i realizacji programu nie towarzyszył normalny w takich przypadkach szum propagandowy). Co więcej – badania Księżyca to zupełnie uboczny cel misji sondy Clementine-1, gdyż jej głównym zadaniem było przetestowanie nowej aparatury elektronicznej, w przyszłości mającej mieć zastosowanie w urządzeniach o charakterze militarnym (jedna z kamer śledziła nawet gwiazdy mające symulować nadlatujące rakiety nieprzyjacielskie). W przygotowaniach misji wprawdzie brali udział uczeni z NASA, lecz gospodarzem eksperymentu była instytucja wojskowa (Ballistic Missile Defense Organization), co być może miało pewien wpływ na sprawny jej przebieg. W każdym razie cywilne ośrodki naukowe winny wnikliwie przeanalizować całą sprawę i ewentualnie wyciągnąć z tego jakieś korzystne dla przyszłych eksperymentów astronautycznych wnioski.



ASTRO-BIT

Ireneusz Włodarczyk
ul. Rewolucjonistów 15/13
42-500 BĘDZIN

Programy komputerowe, algorytmy, katalogi
i inne materiały astronomiczne
KUPNO - SPRZEDAŻ

T. Zbigniew Dworak – Kraków

PLANETY BEZ KSIĘŻYCÓW

Dwie planety krążące najbliżej Słońca – Merkury i Wenus – nie mają własnych satelitów naturalnych. Rozpoczęte w XVII wieku obserwacje teleskopowe nie doprowadziły w ciągu minionych stuleci do odkrycia księżyców tych planet, podczas gdy w przypadku planet górnych zawsze znajdowano towarzyszące im ciała, najpóźniej wokół Plutona.

W drugiej połowie osiemnastego wieku dwaj astronomowie niemieccy – Johann Daniel TITTIUS i Johann Elert BODE – znaleźli niezależnie od siebie pewną regułę empiryczną podającą przeciętne odległości od Słońca kolejnych planet. Ta prawidłowość jest zwykle opisywana następującym wzorem:

$$a = 0,4 + 0,3 \cdot n,$$

gdzie a to wielka półoś orbity planety, a $n = 0, 1, 2, 4, 8, \dots$ Szerzej na ten temat pisze Kazimierz SCHILLING w *Postęпах Astronomii* nr 2/95. Tu natomiast zajmijmy się pierwszą planetą $N = 1$, dla której $n = 0$. Jak łatwo zauważyć dla dalszych N ($N > 1$) mamy następującą odpowiedniość: $n = 2^{N-2}$, czyli:

$$N-2: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8;$$

$$n: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256.$$

Przytoczony wzór można więc zapisać w postaci:

$$a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^{N-2}.$$

Okazuje się jednak, że w takiej postaci reguła nie pasuje do orbity Merkurego! Dla $N = 1$ mamy bowiem:

$$a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^{-1} = 0,55 \text{ j.a.},$$

nie zaś 0,4. W dodatku w odległości 0,55 j.a. od Słońca nie znamy żadnej planety.

Chcąc otrzymać z tak zapisanej reguły poprawną średnią odległość Merkurego od Słońca, należy znaleźć warunek, kiedy 2^{N-2}

$= 0$. Stanie się to wtedy, kiedy $N = -\infty$ (ściślej mówiąc, kiedy N będzie zdążyło do minus nieskończoności). Uzyskano zatem dla planet dość sztuczny ciąg: $-\infty, 0, 1, 2, 4, \dots$, co posłużyło swego czasu za przesłankę dla hipotezy, że Merkury jest byłym księżycem Wenus (!), a dokładniej – że Wenus wraz z Merkurym tworzyła niegdyś planetę podwójną. Wtedy rzeczywiście wszystko byłoby w porządku i regułę Titiusa-Bodego można byłoby zapisać w postaci:

$$a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^{n-1},$$

gdzie n byłoby liczbą naturalną i oznaczałoby po prostu numer kolejnej planety (a więc $n = 1$ dla Wenus z Merkurym, $n = 2$ dla Ziemi z Księżycem, $n = 3$ dla Marsa...). Ponieważ Merkury nie tworzy jednak z Wenus planety podwójnej, wypadało dojść do wniosku, że na skutek jakichś nieznanych oddziaływań (przejście przez Układ Słoneczny masywnego ciała?) system Wenus – Merkury uległ rozerwaniu i Merkury został przetrzucony na orbitę wokółsłoneczną o niemal dwukrotnie mniejszej półosi, niż wynosiła przedtem średnia odległość od Słońca tej hipotetycznej planety podwójnej. O takiej katastrofie mogłaby na przykład świadczyć stosunkowo duża ekscentryczność orbity Merkurego (mimośród $e = 0,206$), podczas gdy dla innych planet mimośrodki ich orbit są co najmniej o rząd wielkości mniejsze drugim wyjątkiem – jest Pluton). A kiedy jeszcze sonda kosmiczna Mariner-10 przekazała na Ziemię zobrazowania Merkurego, na których jego powierzchnia okazała się łudząco podobna do księżycowej, wtedy można było nawet uwierzyć, iż Merkury to były satelita Wenus...

Niestety, omówiona hipoteza, za którą opowiadali się głównie dwaj astronomowie:

Thomas C. van Flantern i Robert S. Harrington, jest zbyt słabo umotywowana, żeby można ją przyjąć. Nie wiadomo też, co to za ciało mogłoby spowodować rozrwanie układu Wenus – Merkury nie zakłócając przy tym ruchu innych planet. Teoretycznie udowodniono, iż taki układ powinien się szybko rozpaść na skutek oddziaływania bliskiego Słońca, a więc czyni to zbyteczną hipotezę o wtargnięciu obcego ciała kosmicznego. Duża ekscentryczność orbity Merkurego jest również zbyt słabym argumentem na korzyść hipotezy o jakiejś katastrofie kosmicznej, zważywszy zwłaszcza, że płaszczyzna orbity Merkurego (choć nachylona pod dość znacznym kątem $i = 7^\circ$ do płaszczyzny ekliptyki) leży niemal dokładnie w płaszczyźnie równika słonecznego. Może to świadczyć o tym, że Merkury powstał jednak jako oddzielna planeta. Podobieństwo natomiast powierzchni Merkurego i naszego Księżyca ma zupełnie inną przyczynę – bardziej generalną i dotyczącą w ogóle wszystkich ciał Układu Słonecznego pozbawionych gęstej atmosfery.

Regułę Titiusa-Bodego w jej klasycznej postaci można jeszcze potraktować w inny sposób zapisując ją w następujący sposób:

$$a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n,$$

gdzie $n = 1$ dla Ziemi, $n = 0$ dla Wenus, natomiast dla n zawartego pomiędzy -1 a $-\infty$ powinniśmy szukać drobnych ciał spełniających tę zasadę, przy czym przypadek graniczny $n = -\infty$ odpowiadałby orbicie Merkurego. Oczywiście liczba tych drobnych ciał mogących biec w przestrzeni między Wenus i Merkurym nie jest nieskończona – musi istnieć jakieś ograniczenie powodowane chociażby oddziaływaniem Merkurego. Rzecz jednak w tym, iż nikt takich ciał nie odkrył i wydaje się wątpliwe, żeby taki pierścień wokółsłoneczny w ogóle istniał. Nie oznacza to, że w przestrzeni między Merkurym a Wenus nie mogą przebywać jakieś

planetoidy (odkryto przecież kilka takich obiektów, ale czy będą one spełniały tak zmodyfikowaną regułę Titiusa-Bodego? I czy tak drobne ciała można uważać za pełnoprawne planety podlegające tej regule?

Wydaje się, że wszystkie osobliwości w ruchu obiegowym i obrotowym Merkurego i Wenus można wytłumaczyć zjawiskiem tzw. rezonansu, czyli współmiernościami tych ruchów, wymuszonymi grawitacyjnym oddziaływaniem ciał – w danym przypadku wzajemnym oddziaływaniem Słońca, Merkurego, Wenus i Ziemi.

Niezależnie od domniemań o istnieniu w przeszłości planety podwójnej Wenus – Merkury astronomowie przez długie lata poszukiwali prawdziwych księżyców tych planet.

W 1894 roku Haerd t l, chcąc wyjaśnić dodatkowy ruch peryhelium Merkurego założył, że ten ruch może wywoływać nieznaną dotąd satelitę tej planety. Słusznie przyjęto, iż taki księżyc powinien mieć niewielkie rozmiary, inaczej bowiem dawno już zostałby odkryty. Ale wkrótce zauważono pewną sprzeczność – otóż z rozważań teoretycznych wynikało, że ów hipotetyczny księżyc winien mieć względnie dużą masę, równą mniej więcej 1/200 masy Merkurego, aby wywołać obserwowany dodatkowy ruch peryhelium Merkurego. Z tych założeń i rozważań wynikało z kolei, iż niewielki satelita o znacznej masie musi mieć bardzo dużą gęstość, czego żadna hipoteza kosmogoniczna nie potrafi uzasadnić. Lecz mógłby przecież obiegać Merkurego niewielki księżyc o niewielkiej masie, chociaż taki obiekt wcale nie rozwiązałby zagadki dodatkowego ruchu peryhelium (zresztą została ona wyjaśniona na gruncie ogólnej teorii względności E i n s t e i n a). Jednak poszukiwania takiego satelity nie przyniosły pozytywnego efektu. Ostateczne rozstrzygnięcie przyniosła misja Mariner-10 – żaden księżyc Merkurego nie

został zarejestrowany przez kamery tej sondy kosmicznej.

Nie powiodły się również próby odkrycia satelity Wenus – nie dostrzeżono go ani podczas obserwacji prowadzonych z powierzchni Ziemi, ani w trakcie pośredniej i bezpośredniej eksploracji planety przez liczne sondy automatyczne.

W drugiej połowie XVII stulecia dwaj astronomowie – Francesco Fontana i Gian Domenico Cassini – twierdzili, iż udało im się dostrzec księżyc Wenus. W niespełna sto lat później James Short również doniósł o obserwacji satelity Białej Planety. Potem miało go widzieć wielu innych astronomów, między innymi francuski uczoney Montaigne, uprzednio sceptycznie nastawiony do hipotezy istnienia księżyca Wenus. Sprawa wydała się przesądzona, ale w następnych latach innym astronomom – w tym tak wytrawnemu obserwatorowi jak William Herschel – nie udało się zobaczyć tego obiektu, tak iż Patric Moore nazwał go nawet “satelitą – widmem”. Spór trwał cały XIX wiek i chociaż w końcu ustalono, że obserwacje domniemanego księżyca były zapewne pomyłkami spowodowanymi bądź to wadami instrumentów optycznych, bądź to uznaniem za księżyc jakiejś słabej gwiazdy (albo nawet nieznaney przed 1781 rokiem planety Uran), to jeszcze raz pojawiło się – w 1892 r. – doniesienie o zauważeniu księżyca Wenus. Autorem oświadczenia był Edward Emerson Barnard, który jednak później nie zaobserwował ponownie tego obiektu. Nikt inny nie dostrzegł też więcej żadnego satelity najbliższej Ziemi planety, a Barnard widział – być może – słabą gwiazdę nową w sąsiedztwie (kątowym) Wenus.

Na podstawie danych dostarczonych przez sondy Wenera-9 i Wenera-10 przez pewien czas wydawało się, że Wenus powinien obiegać małe satelity o rozmiarach około

1 km, po orbicie odległej od powierzchni planety o mniej więcej 1000 km. Taki mikroksiężyc o niewielkiej masie byłby poddany jednak niszczącemu oddziaływaniu termicznemu. Poruszając się w cieniu planety szybko oddawałby swoje ciepło w przestrzeń kosmiczną; przebiegając nad oświetloną tarczą Wenus nagrzewałby się intensywnie. Takie skoki temperatury prowadziłyby do erozji powierzchni satelity. Ze względu na silne oddziaływanie grawitacyjne Wenus pył z powierzchni jej księżyca winien uciekać w przestrzeń i tworzyć wzdłuż swej orbity pierścien.

Niestety, badania przeprowadzone później przez sondę międzyplanetarną Pioneer-Venus nie potwierdziły tej hipotezy – nie odkryto ani księżyca, ani pierścienia pyłowego. Misja Magellan praktycznie wykluczyła możliwość istnienia księżyca Wenus.

Ostatecznie zatem ani u Merkurego, ani u Wenus nie stwierdzono obecności naturalnych satelitów i nie należy się już spodziewać, że zostaną kiedyś odkryte.

Przyczyn braku księżyców u tych planet należy upatrywać w warunkach panujących w przestrzeni okołosłonecznej podczas powstawania naszego Układu. Hipotezy kosmogoniczne pozwalają sądzić, iż Słońce we wczesnej fazie ewolucji przechodziło przez stadium gwiazdy T Tauri charakteryzujące się gwałtownym oraz intensywnym procesem emisji fotonów i cząstek elementarnych. Zjawisko to nazywa się wiatrem gwiazdowym lub słonecznym. Trwa ono do dziś, jednak dla gwiazd o zaawansowanej ewolucji, świecących stabilnie jak nasze Słońce, jest mniej więcej tysiąckrotnie słabsze niż dla młodych gwiazd zmiennych typu T Tauri. Gwiazdy takie, otoczone przeważnie dyskami materii pyłowo-gazowej, są obiektami nieregularnie zmiennymi późniejszych typów widmowych, zanurzonymi w mgławicach dyfuzyjnych, z których najprawdopo-

dobniej powstały. Gwiazdy typu T Tauri wykazują również nadwyżkę promieniowania w podczerwieni i nadfiolecie.

A zatem wiatr od Słońca będącego w fazie T Tauri był tak silny, że najprawdopodobniej wydmuchał z najbliższej przestrzeni, w której powstawały planety, niemal wszystek nie wykorzystany w procesie formowania się tych ciał materiał dysku protoplanetarnego nie dopuszczając do ukształto-

wania obiektów satelitarnych. W większej odległości od naszej Gwiazdy Diennej wiatr słoneczny osłabł na tyle, że księżyce dalszych planet mogły się uformować. Co prawda niektórzy astronomowie sądzą, że Merkurego, a także Wenus mogły kiedyś obiegać niewielkie księżyce, które jednak albo spadły potem na powierzchnię macierzystej planety, albo uleciały w przestrzeń.

KRONIKA

Kometa Hyakutake

Oczekując pojawienia się na naszym niebie wiosną 1997 roku jasnej komety Hale'a-Boppa (C/1995 O1), o której jest mowa w następnej notatce, zostaliśmy zaskoczeni ukazaniem się widocznej gołym okiem komety Hyakutake (C/1996 B2). Odkrył ją 30 stycznia 1996 roku w gwiazdozbiorze Wagi, jako rozmyty obiekt o średnicy 2.5 minuty kątowej i jasności około 11 mag., japoński miłośnik astronomii Yuji H y a k u t a k e, fotografik z Hayato koło Kagoshimy, który miesiąc wcześniej stał się już odkrywcą innej komety C/1995 Y1. Po paru dniach, gdy Brian G. M a r s d e n wyznaczył pierwszą orbitę nowej komety, okazało się, że w końcu marca przeleci ona stosunkowo blisko Ziemi i z półkuli północnej będzie widoczna przez całą noc osiągając prawdopodobnie jasność dochodzącą nawet do zerowej wielkości gwiazdowej. Tak jasnej komety nie widziano już chyba od 20 lat, a więc nic dziwnego, że wzbudziła powszechne zainteresowanie i zmobilizowała rzesze miłośników astronomii oraz wielu profesjonalistów do prowadzenia obserwacji niecodziennego zjawiska na niebie (czytelników *Uranii* informowaliśmy o niej w dodatku nadzwyczajnym dołączonym do numeru lutowego).

Z szybko powiększającego się zbioru obserwacji astrometrycznych komety Hyakutake, wzbogaconego o przedodkryciową pozycję z 1 stycznia 1996 roku, Marsden potwierdził początkowe prognozy na podstawie coraz bardziej wiarygodnych obliczeń elementów orbity, po której się porusza. Stwierdził mianowicie, że obiega ona Słońce po torze w kształcie silnie wydłużonej elipsy o mimośrodku 0.99966, położonej w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ekliptyki pod kątem 125°. Przez peryhelium, oddalone od Słońca o zaledwie 0.23 j.a., przejdzie 1 maja 1996 roku, a 25 marca zbliży się do Ziemi na minimalną odległość 0.1 j.a. czyli około 15 mln. km. Obliczenia przeszłej i przyszłej orbity komety pokazały, że mniej więcej 8000 lat temu odwiedziła już ona sąsiedztwo Słońca, a następnym razem znajdzie się w nim za około 1400 lat.

Z faktu, że kometa Hyakutake przelatowała już kiedyś blisko Słońca wynika, że jest ona prawdopodobnie kometa starsza i wobec tego można mieć zaufanie do początkowych prognoz wzrostu jej jasności nie oczekując takich np. niespodzianek, jakie w 1973 roku sprawiła młoda kometa Kohoutka. I rzeczywiście w końcu marca i na początku kwietnia kometa Hyakutake jaśniała na niebie pięknym blaskiem ciesząc chyba bardzo

wielu ludzi, którzy po raz pierwszy na własne oczy mogli zobaczyć prawdziwą kometę. Również astronomom dostarczyła możliwości badań, które niewątpliwie wzbogacą wiedzę o kometach, czego dowodzą pierwsze rezultaty wykonanych obserwacji. Krótki ich przegląd zaczniemy od najbardziej chyba sensacyjnego odkrycia.

Kometa Hyakutake świeci rentgenowsko. Po raz pierwszy zarejestrowano promieniowanie X pochodzące od komety. Dokonał tego satelita ROSAT obserwując kometę C/1996 B2 w dniach 26 i 27 marca. Stwierdzono, że stosunkowo silna i zmieniająca się w czasie emisja promieniowania rentgenowskiego pochodzi ze zwróconego w kierunku Słońca półkolistego obszaru wokół jądra komety do odległości mniej więcej 30 – 40 tys. km. Ponieważ nikt się tego nie spodziewał rodzi się pytanie, jakie procesy fizyczne w głowie komety prowadzą do generacji tego promieniowania. Nie ma na nie jeszcze odpowiedzi. Podejrzewa się, że może to być efekt rozproszenia słonecznego promieniowania X na materiale komy lub też fluorescencja molekuł wody wywołana przez wiatr słoneczny.

Dzięki dużemu zbliżeniu komety Hyakutake do Ziemi nadarzyła się okazja – po raz pierwszy od 10 lat – śledzenia radarowego komety. Dotychczas udało się zarejestrować echo radarowe w przypadku jedynie 5 komet; ostatni raz tego typu obserwacje prowadzono dla komety Halleya za pomocą radioteleskopu w Arecibo. Tym razem wykorzystano 70 m radioteleskop NASA w Goldstone, który 24 i 25 marca zdołał odebrać (po około 104 s od wysłania sygnału) promieniowanie odbite nie tylko od jądra komety lecz także od bryłek materii o rozmiarach rzędu 1 cm poruszających się od jądra z prędkościami około 10 m/s. Pierwsze opracowania wyników wskazują, że rozmiary jądra komety zawierają się w granicach 1 – 3

km. Z analiz fotometrycznych najbliższego otoczenia jądra wynika, że najbardziej prawdopodobny okres jego rotacji przewyższa nieco 6 godzin.

Kometę Hyakutake wielokrotnie obserwowano, działający od 1978 roku i niezwykle zasłużony w badaniach astronomicznych w nadfiolecie, satelita IUE (ang. International Ultraviolet Explorer). Na podstawie pomiarów wykonanych 19, 22 i 27 lutego stwierdzono, że – w przeciwieństwie do najczęściej obserwowanych w gazie kometarnym molekuł – tempo produkcji cząsteczki CS pozostało nie zmienione w miarę zbliżania się komety do Słońca, co wydaje się potwierdzać wcześniejszy wniosek, że mamy do czynienia z kometą starą, która już kiedyś przebywała w pobliżu Słońca. Z obserwacji spektroskopowych emisji rodnika OH wykonanych 23 i 24 marca wyznaczono tempo produkcji cząsteczek H₂O na 3.5×10^{29} molekuł na sekundę. Wartość tę potwierdziły obserwacje z 27 marca, natomiast 25 marca dostrzeżono wyraźne osłabienie tempa produkcji wody, a także molekuł tlenku węgla. Interpretuje się to jako efekt oderwania się od jądra w tym czasie jakiegoś większego fragmentu.

Te ciekawe wnioski wynikające z analizy widma znalazły potwierdzenie na zdjęciach najbliższego otoczenia jądra komety wykonanych przez duże teleskopy. W szczególności na obrazie uzyskanym za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a w czasie największego zbliżenia komety do Ziemi w dniu 25 marca wyraźnie widać rozciągniętą wzdłuż warkocza plamkę, która jest najprawdopodobniej śladem oderwanych od jądra co najmniej trzech jego fragmentów (patrz zdjęcie na czwartej stronie okładki).

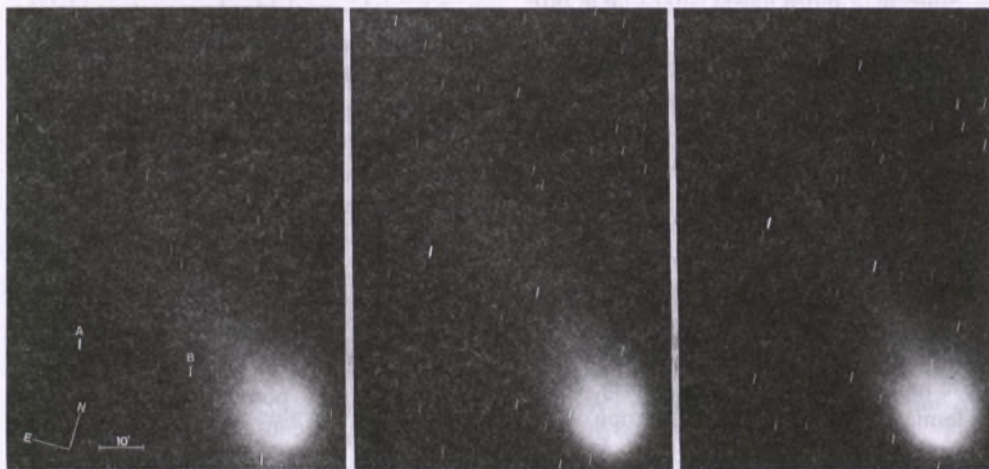
Mówiąc o teleskopie Hubble'a warto dodać, że dzięki niemu udało się po raz drugi w historii detekcja w głowie komety dwuatomowej molekuły siarki (S₂). Po raz pierwszy

zrobił to wspomniany już satelita IUE w przypadku komety IRAS-Araki-Alcock (C/1983 H1), która w maju 1983 roku przeleciała jeszcze bliżej Ziemi niż obecnie obserwowana kometa Hyakutake (w minimalnej odległości 0.03 j.a.). Molekuła S_2 jest bardzo nietrwała; w odległości 1 j.a. od Słońca ulega rozpadowi w ciągu zaledwie 10 minut i dlatego bardzo trudno jest ją zaobserwować. Odkrycie jej obecności w kometach świadczy o tym, że musiały się one formować w temperaturach mniejszych niż 30 K. Obfitość siarki w komecie Hyakutake oceniono na 0.01% zawartości wody.

Za pomocą teleskopu podczerwonego na Hawajach w dniach 23 i 24 marca w widmie komety Hyakutake zidentyfikowano linie: H_2O , HDO , CO , CH_4 , CH_3OH , C_2H_6 , HCN , OCS , NH_3 ; nie znaleziono natomiast linii: C_2H_2 (dostrzeżono 8 kwietnia), H_2CO (obserwowano w połowie marca), HC_3N . Stosunek obfitości deuteru do wodoru oceniono na $D/H = 1.4 \times 10^{-4}$, co jest wartością o rząd wielkości mniejszą niż w przypadku komety

Halleya. Badania spektroskopowe komety wykonane za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a w dniu 1 kwietnia umożliwiły określenie względnej obfitości najważniejszych składników gazu w głowie komety: $H_2O : CO : CH_4 : C_2H_6 = 100 : 5.8 : 0.7 : 0.4$. Z analizy widma ciągłego komety stwierdzono natomiast, że w obszarze okołojądrowym o promieniu 1700 km znajduje się około 10^8 kg pyłu. Zakładając prędkość drobin pyłu równą 10 m/s oszacowano, że tempo jego produkcji w okresie największego zbliżenia komety do Ziemi wynosiło 1200 kh/s.

Kometa Hyakutake rozwinęła piękny, długi warkocz. Na początku marca, gdy jej jasność była na granicy widoczności okiem nieuzbrojonym, długość warkocza oceniano na około 15° . A. Hale (współodkrywca komety Hale'a-Boppa) oszacował długość warkocza w dniu 19 marca już na około 15° . Publikowane w cyrkularzach Międzynarodowej Unii Astronomicznej doniesienia różnych obserwatorów o długości warkocza podczas największego zbliżenia komety do



Zdjęcia komety Hyakutake wykonane 28 marca 1996 roku w Obserwatorium Astronomicznym Planetarium Śląskiego w Chorzowie przez Ireneusza Włodarczyka za pomocą czterosoczewkowej kamery Sonnefelda o średnicy obiektywu 20 cm i ogniskowej 100 cm sprzężonej z refraktorem o średnicy obiektywu 30 cm i ogniskowej 450 cm. Momenty wykonania zdjęć i czasy ekspozycji były następujące (licząc od lewego): $18^h44^m40^s$ UT, 6^m30^s ; $19^h30^m20^s$ UT, 6^m46^s ; $19^h45^m00^s$ UT, 6^m58^s . Gwiazdy oznaczone A i B mają jasności odpowiednio 8.0 i 8.9 mag.

Ziemi w dniach 24 – 26 marca wymieniały nawet liczbę 100°. Szybko jednak zorientowano się, że jest po prostu fizycznie niemożliwe, aby kątowa długość warkocza (rozciągającego się wzdłuż promienia wodzącego komety) przewyższała wartość tzw. kąta fazowego komety (czyli kąta między kierunkami z komety na Słońce i na Ziemię). W dniu 25 marca kąt ten wynosił około 70°, a maksymalną wartość 111° osiągnął w dniu 6 kwietnia.

W końcu kwietnia kometa Hyakutake znajdowała się na niebie już zbyt blisko Słońca aby można było ją widzieć. A po okrążeniu Słońca przeszła na półkulę południową i z naszych szerokości geograficznych nie da się jej zobaczyć. Ponieważ oddala się i od Słońca, i od Ziemi, więc jej jasność szybko maleje, ale jeszcze pewnie długo będzie śledzona przez astronomów.

Krzysztof Ziolkowski

Czyżby kometa stulecia?

Stulecia, a może nawet – bo i takie prognozy są robione – tysiąclecia! Mowa o komecie Hale'a-Boppa (C/1995 O1), odkrytej pod koniec nocy 23 lipca 1995 roku przez dwóch amerykańskich miłośników astronomii: Alana Halle'a z Clouderof (Nowy Meksyk) i Thomasa Boppa mieszkającego niedaleko Stanfield (Arizona). Pierwszy swym 41 cm reflektorem dokonywał rutynowego przeglądu nieba i w gwiazdozbiorze Strzelca dostrzegł mglisty obłoczek z centralnym zagęszczeniem, oceniając jego jasność na 10,5 wielkości gwiazdowej. Drugi natomiast za pomocą 44 cm teleskopu obserwował gromadę kulistą NGC 6681 (M 70), a ponieważ kometa znajdowała się wtedy blisko niej i w dodatku miała podobną jasność (Bopp ocenił ją na 10,8 wielkości gwiazdowej), była akurat w polu widzenia i nie mogła ująć uwagi wytrawnego obserwatora. Je-

szcze tego samego dnia o swym odkryciu powiadomili Centralę Telegramów Astronomicznych, lecz zapewne żadnemu z nich nawet na myśl wtedy nie przyszło, że idzie tu o niezwyklej obiekt i że może on wywołać duże poruszenie w świecie astronomicznym. Jeżeli zaś prognozy się sprawdzą to kometa Hale'a-Boppa stanie się obiektem żywego zainteresowania także ze strony "zwykłych zjadaczy chleba" i znowu nadarzy się wspinała okazja do popularyzacji astronomii.

Trzy dni po odkryciu Brian G. Marsden dysponował już 57 obserwacjami pozycyjnymi komety Hale'a-Boppa i na tej podstawie mógł obliczyć jej prowizoryczną orbitę. Z wyznaczonych w oparciu o tak skromny materiał obserwacyjny danych wynikało, że mamy do czynienia z wyjątkowym obiektem, który porusza się po orbicie leżącej w płaszczyźnie nachylonej niemal pod kątem prostym względem płaszczyzny ekliptyki i który w chwili odkrycia znajdował się dalej od Słońca niż Jowisza, a przez peryhelium przejdzie dopiero wiosną 1997 roku. Odległość dobrze tłumaczyła jego wolny ruch po niebie, lecz zastanawiająca była duża jasność, toteż niecierpliwie oczekiwano na dalsze obserwacje. Wkrótce też Marsden dysponował 208 pomiarami, wykonanymi w okresie od 24 lipca do 1 sierpnia, co pozwoliło mu na uściślenie elementów orbity i na wyciągnięcie pewnych wniosków na temat dalszych losów komety. Okazało się, że 5 kwietnia 1996 roku będzie oddalona od Jowisza o około 0,75 j.a., a 23 marca 1997 roku zbliży się do Ziemi na odległość 1,32 j.a. Co więcej – na obrazach uzyskanych za pomocą detektora CCD stwierdzono obecność w głowie komety Hale'a-Boppa czegoś w rodzaju asymetrycznego warkocza, przypominającego zjawisko obserwowane w roku 1974 po wybuchu w głowie komety Schwassmana-Wachmana 1. W związku z tym pojawiło się pytanie,

czy jasność komety Hale'a-Boppa związana jest z dużymi rozmiarami jej jądra, czy też idzie tu jedynie o pojaśnienie wywołane takimi właśnie wybuchami? Zaczęto się też zastanawiać, czy mamy do czynienia z dziewiczą kometą, która po raz pierwszy zbliża się do Słońca, czy też z obiektem, który już kiedyś gościł na naszym niebie? Chcąc uzyskać odpowiedzi na te pytania należało mieć do dyspozycji bogatszy materiał obserwacyjny i dlatego Marsden zaapelował do astronomów, aby przejrzeni swe archiwa. Apel oczywiście nie pozostał bez echa, w anglo-australijskim obserwatorium Siding Spring uchwycono obraz komety na kliszy eksponowanej 27 kwietnia 1993 roku w ognisku kamery Schmidta. W tym czasie była ona oddalona od Słońca o 13,1 j.a., a jej jasność wynosiła 18 – 19 wielkości gwiazdowej. Te i inne jeszcze obserwacje uwzględniono przy wyznaczaniu dokładniejszych elementów orbity, które Marsen niebawem wyznaczył, mając w sumie do dyspozycji 248 pomiarów. Nie udało się jednak wyjaśnić, czy ta duża jasność komety związana jest ze znacznymi rozmiarami jej jądra, czy też raczej z przebiegającymi w nim procesami? Z przeprowadzonych ocen, opierających się na fotometrycznych pomiarach jasności i na przybliżonym albedo wynika, iż

miałoby ono około 100 km średnicy. Byłaby to więc kometa olbrzym w porównaniu z kometą Halleya, której jądro jest o wiele mniejsze, bo jego rozmiary – jak wiemy – wynoszą 16,0 x 8,2 x 7,5 km. Tak dużej komety w czasach nowożytnych chyba nie obserwowano i astronomowie już dziś się zastanawiają, jaką będzie miała jasność po przejściu przez peryhelium, jak długi będzie ciągnęła za sobą warkocz, jakich zjawisk możemy oczekiwać? Czy będzie to kometa stulecia czy raczej tysiąclecia?

Przez peryhelium orbity kometa Hale-Bopp ma przejść 1 kwietnia 1997 roku. W tym czasie jej odległość od Słońca wyniesie 0,91 j.a. a przewidywana jasność ma osiągnąć – 1,5 wielkości gwiazdowej, czyli niewiele mniej niż Jowisz w opozycji (najwięksi optymiści na maksymalną jasność komety przyjmują –7 wielkości gwiazdowych). Stan ten winien utrzymać się przez parę tygodni i – co ważne dla mieszkańców północnej półkuli Ziemi – jej deklinacja w trzeciej dekadzie marca osiągnie +45°, czyli będzie wysoko na niebie. Tak więc już niespełna rok nas dzieli od chwili, gdy będziemy mogli podziwiać kometę Hale'a-Boppa, której – być może – będą nam zazdrościć przyszłe pokolenia.

Stanisław R. Brzostkiewicz

OBSERWACJE

Obserwacje komety 6P/d'Arrest w Sekcji Obserwatorów Komet PTMA

Jak już często się zdarzało, niebiosą ukazały nam w okresie wakacyjnym 1995 roku kometę krótkookresową 6P/d'Arrest, może niezbyt efektowną, ale za to jakże interesującą! Ale o tym później...

Kometa 6P/d'Arrest została odkryta w gwiazdozbiornie Ryb przez Heinricha Lu-

dwika d'Arresta (Obserwatorium Lipskie) 28 czerwca 1851 roku jako bardzo słaby, rozmyty obiekt.

W czasie jednego z kolejnych powrotów, w 1950 roku nie oczekiwano, aby kometa przekroczyła jasność 12.5^m (maksymalna jasność komety w 1943 roku, przy korzystniejszej geometrii). Jednakże, około trzech tygodni po przejściu przez peryhelium, kometa rozbiła się do jasności 10.5^m.

Jak dotąd największą jasność kometa d'Arresta osiągnęła w 1976 roku. Duże zbliżenie z Jowiszem w 1968 roku (0.42 j.a.) zmniejszyło jej odległość peryhelium do 1.17 j.a. W 1976 roku kometa była najbliżej Ziemi w czasie przejścia przez peryhelium. W wyniku tego 13 sierpnia przeszła ona za ledwie w odległości 0.15 j.a. od Ziemi, osiągając maksymalną jasność 4.9^m i rozwijając jednostopniowy warkocz.

W 1991 roku, A. Carusi i G.B. Valsecchi (Rzym, Włochy) oraz L. Krešak i M. Krešakova (Bratysława, Słowacja) niezależnie zasugerowali, że kometa d'Arresta jest tożsama z kometa obserwowaną przez La Hire'a w 1678 roku. Elementy orbity policzone przez Carusiego i G. Sitarського potwierdziły tę identyfikację.

Powrót komety 6P/d'Arrest w roku 1995 był szesnastym z kolei powrotem od czasu odkrycia. Od odkrycia w 1851 roku kometa nie była obserwowana jedynie w siedmiu powrotach. W peryhelium kometa 6P/d'Arrest podchodzi do Słońca na odległość 1.346 j.a., w aphelium oddala się na odległość 5.628 j.a., przy okresie obiegu 6.51 roku. Płaszczyzna orbity komety 6P/d'Arrest jest nachylona do płaszczyzny ekliptyki pod kątem 19.5°. W trakcie obecnego powrotu w pobliżu Słońca w dniu 27 lipca 1995 przeszła przez peryhelium, następnie 9 sierpnia 1995 roku zbliżyła się do Ziemi na minimalną odległość 0.3996 j.a.

Kometa d'Arresta nie była łatwym obiektem obserwacyjnym, głównie z powodu stosunkowo niskiego położenia nad horyzontem. Największą północną deklinację równą +9.7° (co w Polsce odpowiada maksymalnej wysokości nad horyzontem około 50°) osiągnęła dnia 13 lipca, kierując się potem na niebo południowe, gdzie 4 października osiągnęła największą deklinację południową (-35.7°).

Sprawozdania z obserwacji komety 6P/d'Arrest otrzymaliśmy od za ledwie 8 członków SOK, którzy wykonali łącznie 59 ocen jasności, 51 ocen stopnia kondensacji oraz 53 pomiary średnicy otoczki. A oto autorzy niektórych "rekordów":

pierwsza obserwacja (26 VI 1995) – Maciej Reszelski i Arkadiusz Olech,

ostatnia obserwacja (30 VIII 1995) – Maciej Reszelski,

najdłuższa seria (26 VI 1995 – 30 VIII 1995) – Maciej Reszelski,

najwięcej nocy obserwacyjnych: 17 – Janusz Płeszka.

Tabela 1 zawiera nazwiska wszystkich 8 osób, które nadesłały nam raporty z obserwacji.

Tabela 1. Obserwatorzy

Obserwator	Miejscowość	Użyty sprzęt
Franciszek Chodorowski	Białystok	L250 L110
Kazimierz Czernis	Wilno (Litwa)	L340 R120 T250
Andrej Dementjev	Wilno (Litwa)	L200
Arkadiusz Olech	Pruszcz Gdański	B70 R250
Mieczysław Paradowski	Ludwin	M100
Janusz Płeszka	Kraków	B66 B100 B110
Maciej Reszelski	Szamotuły	R250 B100
Tomasz Ścieżor	Kraków	B60

Oznaczenia: B – lornetka, R – refraktor, L – newton, M – maksutow, T – schmidt-cassegrain.

Liczby oznaczają średnicę instrumentu w milimetrach.

Przegląd wyników rozpoczniemy od analizy krzywej blasku. Ze względu na małą liczbę posiadanych obserwacji, uniemożli-

wijającą jakąkolwiek analizę, oprócz 51 obserwacji polskich, wykorzystano także 359 obserwacji pochodzących z archiwum ICQ. Na rys. 1.a przedstawiono postać podstawową krzywej – ponad 400 ocen jasności sprowadzonych do standardowej średnicy teleskopu 6.84 cm, przedstawionych w funkcji czasu. W obszarze maksimum jasności różnice komety widzianej oczyma różnych obserwatorów przekraczają 1.5^m . Tak duże różnice były spowodowane głównie dużym stopniem rozmycia komety, i wynikającą z tego trudnością w ocenie jasności. Regułą jest, że im mniejszy jest stopień koncentracji otoczki komety (DC), tym większy błąd oceny jasności. W każdym razie wyraźnie widać, że maksymalną jasność równą w przybliżeniu 7.7^m kometa osiągnęła w połowie sierpnia 1995 roku. Pełnia Księżycy w dniu 10 sierpnia 1995 i dni po niej następujące spowodowały praktyczny brak obserwacji w tym okresie i niemożność dokładniejszego określenia tej daty.

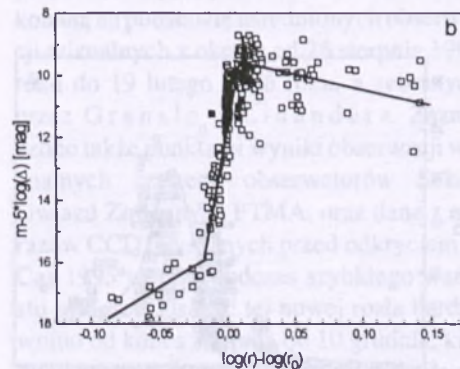
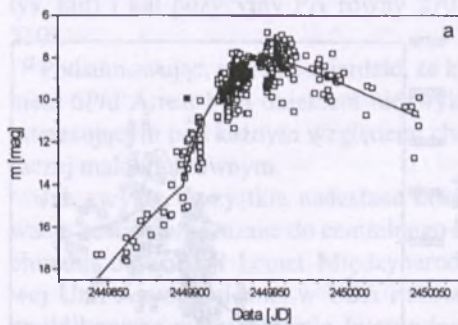
W celu uchwycenia ogólnego sensu zmian blasku komety należy oczyścić krzywą blasku z fałszującego wpływu zmiennej odległości komety od Ziemi. Robimy to odejmując od obserwowanej jasności otoczki

pięciokrotny logarytm odległości kometa – Ziemia, wyrażonej w jednostkach astronomicznych. Ten zabieg ma sens taki, jak gdyby pomiary jasności komety byłyby przeprowadzane w stałej odległości 1 j.a. od niej. Zmieniamy również oś odciętych krzywej blasku, zastępując datę różnicą logarytmów odległości komety od Słońca w danym momencie i odległości komety od Słońca w perihelium. Tak przekształcona krzywa zmian blasku pokazana jest na rys. 1.b.

Jest to krzywa niezmiernie interesująca. Wyraźnie widać, że należy podzielić ją na trzy odcinki, o różnym stopniu nachylenia:

1. Od 8 maja (pierwsza obserwacja) do 1 lipca 1995 – systematyczny wzrost jasności komety wraz ze zbliżaniem się do Słońca.
2. Od 1 lipca do 21 sierpnia 1995 – gwałtowny wzrost jasności, nawet po minięciu perihelium!
3. Od 21 sierpnia do 22 listopada 1995 (ostatnia obserwacja) – systematyczny spadek jasności wraz z oddalaniem się komety od Słońca z szybkością analogiczną do odcinka pierwszego.

Zachowanie się komety świadczy o wybuchu, który wystąpił na powierzchni jej ją-



Rys. 1. a) Krzywa zmian jasności komety 6P/d'Arrest utworzona na podstawie 359 obserwacji z archiwum ICQ (białe kwadraty) oraz 51 obserwacji wykonanych przez członków Sekcji Obserwatorów Komet PTMA (czarne kwadraty), b) jasność komety zredukowana do stałej odległości obserwatora od komety (1 AU), oraz przedstawiona w funkcji różnicy logarytmów odległości komety (r) od perihelium (r_0).

dra i trwał przez blisko dwa miesiące!

We wszystkich trzech obszarach dopasowano otrzymane zależności do klasycznej formuły:

$$m = H(O) + 5 \log \Delta + 2.5n \log r,$$

gdzie:

m – jasność obserwowana,

$H(O)$ – jasność absolutna (1 j.a. od Słońca i 1 j.a. od Ziemi),

Δ – odległość od Ziemi

r – odległość od Słońca

n – czynnik określający aktywność komety, otrzymaliśmy:

1. Dla obszaru pierwszego:

$$H(O) = 9.2^m \pm 1.5^m$$

$$n = 17 \pm 4$$

2. Dla obszaru drugiego:

$$n = 114 \pm 8 \text{ (Wybuch!)}$$

(W przypadku wybuchu podawanie $H(O)$ nie ma sensu fizycznego).

3. Dla obszaru trzeciego:

$$H(O) = 9.3^m \pm 0.3^m$$

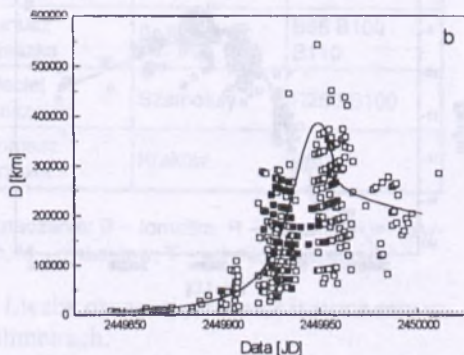
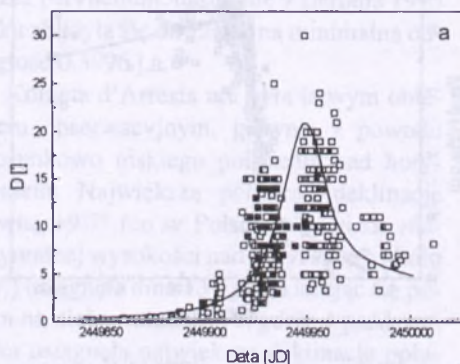
$$n = 1.7 \pm 0.7$$

Przebieg wydarzeń przedstawiał się więc następująco:

Z okolic Jowisza kometa d'Arresta przyłeciała jako obiekt bardzo aktywny (podobnie jak pół roku wcześniej kometa P/Borrelly). Przypominamy, że czynnik n dla wię-

kszości komet przyjmuje się równy od 4.0 do 6.0, tak więc $n = 17$ wskazuje na komety bardzo aktywne, co jest raczej niezwykle dla komety krótkookresowej. Co więcej, około 1 lipca 1995 na powierzchni jądra nastąpiła eksplozja, i gwałtowna, wybuchowa emisja materii trwała prawie do końca sierpnia 1995, czyli blisko miesiąc po przejściu peryhelium (w widmie komety otrzymanym na przełomie sierpnia i września stwierdzono obecność wody)! Około 21 sierpnia wypływ materii z jądra gwałtownie ustał i kometa wróciła do stanu pierwotnego. Aktywność spadła jednak do poziomu minimalnego – kometa uległa "wyjąłowieniu" w czasie wybuchu. Zgodnie ze stosowanymi formułami na podstawie wartości jasności absolutnej komety można wyznaczyć w przybliżeniu średnicę lodowo-kamiennego jądra komety. W naszym przypadku dla 6P/d'Arresta jest ona równa około 3 km, co oznacza, że jądro to jest mniejsze od jądra komety P/Borrelly. Początkowy wysoki współczynnik aktywności n dowodzi, że powierzchnia jądra pokryta była lotnymi substancjami, sublimującymi w trakcie zbliżania się komety do Słońca.

Pomiar średnicy kątowej głowy komety jest dla obserwatora zawsze zadaniem trudnym, zwłaszcza dla tak rozmytego obiektu,



Rys. 2. a) Zmienność średnicy kątowej otoczki komety 6P/d'Arresta w czasie, oznaczenia analogicznie jak na Rys. 1, b) średnica liniowa głowy komety w funkcji czasu.

jak kometa d'Arresta. W naszym przypadku wydaje się, że do końca czerwca 1995 średnica kątowna głowy komety nie przekraczała 1'. Od początku lipca średnica głowy rosła, osiągając około 25' w drugiej połowie sierpnia, po czym nastąpił spadek do około 8' (rys. 2.a). Po przeliczeniu średnicy kątownej na liniową, uwzględniając zmiany odległości komety od Ziemi okazało się, że średnica liniowa głowy komety była równa początkowo około 10 tys. km, czyli w przybliżeniu średnicy Ziemi. Po wybuchu około 1 lipca średnica ta zaczęła rosnąć, osiągając do około 21 sierpnia 1995 wartość 500 tys. km. Po tej dacie w ciągu zaledwie dwóch tygodni średnica ta spadła do 200 tys. km, co należy wiązać z praktycznym zaprzestaniem emisji materii z jądra. Średnica ta utrzymała się już do końca okresu obserwacyjnego (rys. 2.b).

Analogicznie, tradycyjnie trudnym zadaniem jest ocena stopnia kondensacji głowy DC. W naszym przypadku w całym okresie obserwacyjnym wydawał się on zmieniać od ok. 2 do 4.

Zaden z SOK-istów nie obserwował warkocza komety d'Arresta. Jedynie nieliczni obserwatorzy ICQ wykonali takie obserwacje. Zgodnie z nimi warkocz miał długość ok. 30' (co daje liniową długość około 430 tys. km) i kąt pozycyjny PA równy 270 – 310°.

Podsumowując, należy stwierdzić, że kometa 6P/d'Arrest była obiektem niezwykle interesującym pod każdym względem, choć raczej mało efektownym.

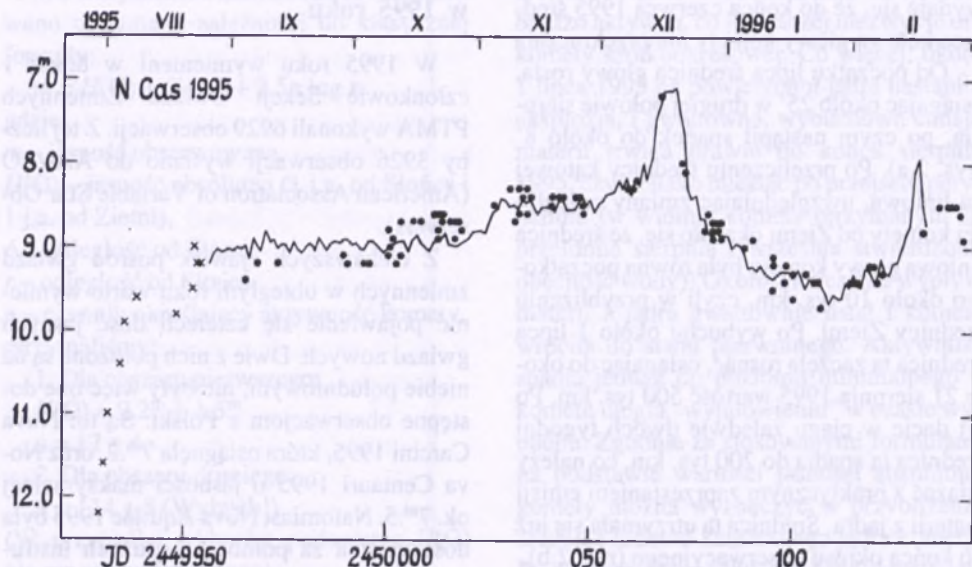
Jak zwykle, wszystkie nadesłane obserwacje zostały przekazane do centralnego archiwum obserwacji komet Międzynarodowej Unii Astronomicznej w USA i zostały opublikowane w czasopiśmie *International Comet Quarterly* (October 1995).

Tomasz Ścieżor

Obserwacje gwiazd zmiennych w 1995 roku

W 1995 roku wymienieni w tabeli 1 członkowie Sekcji Gwiazd Zmiennych PTMA wykonali 6929 obserwacji. Z tej liczby 3926 obserwacji wysłano do AAVSO (American Association of Variable Star Observers).

Z ciekawszych zjawisk pośród gwiazd zmiennych w ubiegłym roku warto wymienić pojawienie się czterech dość jasnych gwiazd nowych. Dwie z nich położone są na niebie południowym, nie były więc one dostępne obserwacjom z Polski. Są to: Nova Carcini 1995, która osiągnęła 7^m.2, oraz Nova Centauri 1995 o jasności maksymalnej ok. 7^m.5. Natomiast Nova Aquilae 1995 była dostrzegalna za pomocą niedużych instrumentów. Została zaobserwowana 7 lutego, a jej maksymalna jasność wyniosła 8^m.1. Najciekawszą jednak gwiazdą zmienną tego typu okazała się Nova Cassiopeiae 1995 odkryta 24 sierpnia jako obiekt ok. 9^m.2. Przed pojaśnieniem jej jasność wynosiła ok. 18^m. Należy ona do tak zwanych nowych powolnych, u których jasność maksymalna utrzymuje się przez wiele miesięcy. Na rysunku pokazano krzywą jasności N Cas 1995 wykonaną na podstawie uśrednionych obserwacji wizualnych z okresu od 26 sierpnia 1995 roku do 19 lutego 1996 roku, a zebranych przez Granslo i Linandera. Zaznaczono także punktami wyniki obserwacji wizualnych czterech obserwatorów Sekcji Gwiazd Zmiennych PTMA, oraz dane z obrazów CCD uzyskanych przed odkryciem N Cas 1995 jeszcze podczas szybkiego wzrostu jasności. Jasność tej nowej rosła bardzo wolno od końca sierpnia do 10 grudnia, kiedy to nastąpił szybszy wzrost do maksimum 19 grudnia (7^m.1), po czym nastąpił spadek o ponad 2 wlk. gw., a następnie nieco niższe maksimum (8^m.0) w połowie lutego 1996 ro-



Krzywa jasności N Cas 1995 od sierpnia 1995 r. do lutego 1996 r. Linia ciągła – średnie dobowe z 1608 obserwacji wizualnych zebranych przez Granslo i Linandera. Punkty – obserwacje wizualne wykonane przez członków SGZ PTMA: T. Krzyt (9 obs.), M.L. Paradowski (30), J. Speil (45), S. Świerczyński (9). Krzyżyki – dane oparte na podstawie obrazów CCD wykonanych przed odkryciem gwiazdy nowej.

ku. Charakterystyka fotometryczna i spektrometryczna N Cas 1995 wykazuje duże podobieństwo do HR Del (Nova Delphini 1967), można więc przypuszczać, że gwiazda ta będzie dostępna za pomocą niewielkich instrumentów jeszcze co najmniej kilka miesięcy.

Tabela 1. Obserwatorzy.

Obserwator	Liczba obserwacji	
	ogółem	wysłanych do AAVSO
Adam Cichy	653	653
Ryszard Cnota	2814	421
Radosław Grochowski	112	112
Tomasz Krzyt	359	257
Michał Nowak	791	336
Mieczysław Paradowski	18	8
Jerzy Speil	1549	1548
Stanisław Świerczyński	633	591
Razem	6929	3926

Innym ciekawym zjawiskiem było znaczne osłabienie jasności R Coronae Borealis w październiku ubiegłego roku. Gwiazda ta jest prototypem nielicznej grupy zmiennych nadolbrzymów charakteryzujących się niespodziewanymi znacznymi spadkami jasności, nawet do 9 wlk. gw. Są to gwiazdy z deficytem wodoru, zawierające nadmierne w porównaniu z innymi gwiazdami ilości helu i węgla. Wyrzut materii bogatej w węgiel z powierzchni gwiazdy, a następnie kondensacja pyłu grafitowego ekranującego promieniowanie w zakresie widzialnym, to przyczyny spadku jasności tych gwiazd. R CrB w stadium spokojnym jest gwiazdą ok. 6^m, natomiast od 1 do 30 października jej jasność spadła do 12^m.5.

Jerzy Speil

KĄCIK OLIMPIJCZYKA

XXXIX Olimpiada Astronomiczna

W dniach 8 – 10 marca 1996 roku kolejny raz gościli w chorzowskim planetarium uczestnicy finałowych zawodów olimpiady astronomicznej. W czternastoosobowej grupie najlepszych znalazło się tym razem tylko trzech uczestników ubiegłorocznego finału – dwaj z nich awansowali do najwyższych lokat.

Zwycięzcą XXXIX Olimpiady Astronomicznej i laureatem I nagrody został Tomasz Romańczukiewicz – uczeń III klasy I Liceum Ogólnokształcącego im. Bartłomieja Nowodworskiego w Krakowie (laureat III miejsca w ubiegłym roku).

Drugie miejsce, *ex aequo*, z tytułem finalisty, zajęli: Juliusz Bojda i Arkadiusz Piwoński – obaj uczniowie IV klasy I Liceum Ziemi Kujawskiej we Włocławku.

Na dalszych miejscach uplasowali się, w kolejności alfabetycznej: Piotr Borycki – IV kl. VI L.O. w Radomiu, Paweł Kampczyk – III kl. IV L.O. w Bytomiu, Rafał Kosturek – II kl. IX L.O. w Rzeszowie, Rafał Kuś – III kl. L.O. w Skierniewicach, Albert Pala – IV kl. IX L.O. w Częstochowie, Paweł Pietrukowicz – III kl. L.O. w Gorzowie Wlkp., Radosław Pior – III kl. I L.O. w Grudziądzu, Mariusz Roszak – III kl. I L.O. w Siemianowicach Śl., Krzysztof Roszkowski – IV kl. V L.O. w Krakowie, Robert Sadłowski – IV kl. I L.O. w Prudniku.

Droga do finału prowadziła przez wcześniejsze eliminacje, prowadzone od początku roku szkolnego. Informacje regulaminowe oraz pierwszy zestaw zadań przesłano do szkół w formie afisza, w pierwszych dniach września. Pierwszą serię zadań opublikowała także *Urania* (6/95) oraz *Postępy Astronomii i Fizyka w Szkole*.

Przypomnijmy tematykę zadań pierwszej serii I etapu. Należało: przeprowadzić dyskusję rozkładu masy w trzech galaktykach o odmiennym rozkładzie prędkości gwiazd wokół środka galaktyki; wyznaczyć okresy dogodnie dla obserwacji księżycowego krateru Lansberg w przeciągu jednego miesiąca; omówić najważniejsze wyniki badań uzyskane z teleskopu kosmicznego; na podstawie przytoczonych danych kinematycznych 27 najbliższych gwiazd wybrać gwiazdę, która w przyszłości może znaleźć się bliżej Słońca niż Alfa Centauri. Dwa zadania obserwacyjne, do wyboru, polegały na: wyznaczeniu, na podstawie efermyd zakryć czterech gwiazd przez Księżyc w Warszawie, momentu takiego zakrycia w swojej miejscowości z dokładnością 1 sekundy lub też obliczeniu odległości kątowej Gwiazdy Polarnej od bieguna w oparciu o własne obserwacje fotograficzne.

Do udziału w olimpiadzie przystąpiło tym razem tylko 85 uczniów, którzy podjęli się rozwiązania zadań. Do nich wszystkich przesłano drugą serię zadań I etapu. Kolejne cztery zadania wymagały: podania sposobu posłużenia się nieaktualnym rocznikiem astronomicznym w celu wyznaczenia pozycji statku na morzu; określenia możliwych rozmiarów drobnych ciał Układu Słonecznego o nieregularnych kształtach znając ciepło topnienia ich budulca; oszacowania prędkości oddalania się galaktyki na podstawie maksymalnej jasności zaobserwowanej w niej supernowej I typu; wykazania się znajomością wyników obserwacji zderzenia komety Shoemaker-Levy 9 z Jowiszem.

W pierwszym etapie olimpiady należało rozwiązać po trzy zadania z każdej serii a także jedno zadanie obserwacyjne wybrane spośród wcześniej przytoczonych lub nadać opracowanie innych własnych obserwa-



!Najlepsi spośród uczestników tegorocznej olimpiady, od prawej: Tomasz Romańczukiewicz z Krakowa oraz Arkadiusz Piwoński i Juliusz Bojda z Włocławka. Fot. Gabriela Sowa

cji przeprowadzonych w ostatnim roku. Łączna ocena 6 zadań teoretycznych i zadania obserwacyjnego posłużyła za podstawę klasyfikacji do drugiego etapu, do którego dopuszczono 37 uczestników. Zawody II stopnia zorganizowano w Katowicach, 15 stycznia 1996 roku – dla wszystkich zakwalifikowanych.

Kolejne cztery zadania rozwiązywano pod kontrolą i w czasie ograniczonym do 4 godzin. Tym razem należało: obliczyć grubość ekosfery wokół Słońca i Syriusza A; oszacować kiedy zbudowano megalityczne kręgi w Borach Tucholskich, na podstawie azymutu punktu zachodu Capelli w tamtym czasie; ocenić błąd popełniony przez Arystarcha gdy z różnicy odstępów czasu nów – I kwadra i I kwadra – pełnia wyznaczył odległość Ziemi od Słońca; na podstawie diagramów H-R gromad otwartych M34, M67,

Hiad i Plejad określić odległości do trzech pierwszych znając odległość do Plejad.

Ocena wszystkich czterech zadań II etapu pozwoliła wyłonić 14-osobową grupę uczestników III etapu – zawodów finałowych, które przeprowadzono w dniach 8 i 9 marca w Planetarium Śląskim.

Tradycyjnie, jedno z zadań finałowych zaprezentowano na sztucznym niebie planetarium, odtwarzając tegoroczne kwietniowe zaćmienie Księżyca oglądane spoza terenu Polski – zadaniem olimpijczyków było znaleźć współrzędne miejsca obserwacji i lokalny czas odtwarzanej sytuacji.

Po raz pierwszy od wielu lat w olimpijski wieczór, na kilka godzin rozstąpiły się chmury nad Śląskiem umożliwiając realizację zadania praktycznego. Na tarasie obserwacyjnym rozstawiono lunetki w roli instrumentów przejściowych. Należało, na podstawie obserwacji z atlasem nieba w rękę, wyznaczyć poprawkę na niedokładność ustawienia lunetki.

Pozostałe cztery zadania finałowe to kolejne problemy teoretyczne: opisać wygląd nieba nad obserwatorium znajdującym się w pewnej gromadzie kulistej gwiazd; ocenić temperaturę dysku akrecyjnego w pobliżu powierzchni jednej z gwiazd tworzących ciasny układ podwójny, w oparciu o daną masę i promień gwiazdy oraz tempo przepływu materii w dysku: wyznaczyć okres obrotu pulsara w mgławicy Krab bezpośrednio po zaobserwowaniu supernowej w 1054 roku, znając charakter i tempo zmian rotacji; oszacować maksymalny czas zakrycia gwiazdy PPM98416 przez planetoidę (14) Irene, mając dane współrzędne gwiazdy oraz odległość i rozmiary planetki.

Uczestnikom finału przedstawiono zatem łącznie, we wszystkich etapach, 21 zadań. Ich wytrwałość nagrodzona została dyplomami, nagrodami rzeczowymi i książkami. Fundatorami nagród byli w tym roku m.in.

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii i Zakład Budowy Teleskopów Uniwersał w Żywcu.

Laureat pierwszej nagrody otrzymał imponujący teleskop systemu Newtona – "szukacz komet" 150/900 mm. Właścicielem teleskopu, za osiągnięcia swoich uczniów w tej i poprzednich olimpiadach, zostało również Liceum Ziemi Kujawskiej we Włocławku, z którego wywodzą się dwaj tegoroczni finaliści.

Następna, czterdziesta olimpiada astronomiczna jest już przygotowywana. Afisz z pierwszymi zadaniami we wrześniu trafi do wszystkich liceów ogólnokształcących. Czytelnicy *Uranii* mogą zaznajomić się z nimi już teraz, a miłośnikom nieba, którzy przystąpią do udziału w tej intelektualnej rywalizacji – życzymy powodzenia!

Jan Desselberger

XL Olimpiada Astronomiczna **Informacje regulaminowe**

1. Olimpiada Astronomiczna jest organizowana dla uczniów szkół średnich.
2. Zawody olimpiady są trójstopniowe. W zawodach I stopnia (szkolnych) każdy uczestnik rozwiązuje dwie serie zadań, w tym zadanie obserwacyjne. Rozwiązywanie zadań zawodów II stopnia i III stopnia odbywa się w warunkach kontrolowanej samodzielności.
3. W pierwszej serii zadań zawodów I stopnia należy nadesłać, do 14 października 1996 r., rozwiązania 3 zadań, dowolnie wybranych przez uczestnika spośród zestawu zawierającego 4 zadania.
4. Rozwiązanie zadania obserwacyjnego należy przesłać wraz z rozwiązaniami zadań drugiej serii I etapu, do 18 listopada br. Nadesłanie rozwiązania zadania obserwacyjnego jest warunkiem koniecznym dalszego udziału w olimpiadzie.
5. W przypadku nadesłania rozwiązań większej liczby zadań z danego zestawu, do klasyfikacji zaliczane będą rozwiązania ocenione najwyżej (po trzy zadania z każdej serii i jedno zadanie obserwacyjne).
6. Rozwiązania zadań zawodów I stopnia należy przesać za pośrednictwem szkoły pod adresem: KOMITET GŁÓWNY OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ, Planetarium Śląskie, 41-500 Chorzów, skr. poczt. 10, w terminach podanych w p. 3 i 4.
7. Każdy uczestnik powinien dołączyć do swej pracy kopertę z wypisanym adresem szkoły (lub adresem prywatnym). Do końca października bieżącego roku zostaną rozesłane w tych kopertach tematy drugiej serii zadań.
8. Rozwiązania zadań powinny być krótkie i zwięzłe, ale z wystarczającym uzasadnieniem. W przypadku polecenia samodzielnego wyszukania danych, należy podać ich źródło. Jako dane traktuje się również podręcznikowe stałe astronomiczne i fizyczne.
9. Rozwiązanie każdego zadania należy napisać na oddzielnym arkuszu papieru formatu A-4. Każdy arkusz oraz wszelkie załączniki (mapki, wykresy, tabele itp.) należy podpisać imieniem i nazwiskiem. W nagłówku zadania o najniższej numeracji należy umieścić dodatkowo: rok i miejsce urodzenia, pełną nazwę szkoły, jej adres, klasę i jej profil oraz adres prywatny (z kodami pocztowymi).
10. O uprawnieniach laureatów i finalistów olimpiady decydują senaty wyższych uczelni. Wśród nagród dla najlepszych znajdują się teleskopy.

* * *

Zalecana literatura: obowiązujące w szkołach średnich podręczniki do przedmiotów ścisłych; H. Chrupała, M.T. Szczepań-

ski 25 lat olimpiad astronomicznych; zadania olimpiad astronomicznych XXVI – XXXV (w dwóch częściach); J.M. Kreiner *Astronomia z astrofizyką*; J. Mietelski *Astronomia w geografii*; E. Rybka *Astronomia ogólna*; E. Pittich, D. Kalmancok *Niebo na dłoni*; P. Kulikowski *Poradnik miłośnika astronomii*; D.L. Moche *Astronomia – przewodnik po Wszechświecie*; *Słownik szkolny – Astronomia* – praca zbiorowa; *atlas nieba*; *obrotowa mapa nieba*; czasopisma: *Urania*, *Postępy Astronomii*, *Wiedza i Życie*, *Świat Nauki*, *Fizyka w Szkole*.

XL Olimpiada Astronomiczna Pierwsza seria zadań

1. W 1672 r. astronom francuski J. Richer po przybyciu do Cayenne (Ameryka Południowa $\phi = +5^\circ$) zauważył, że jego zegar wahadłowy o dokładnie sekundowych wahaniami w Paryżu ($\phi = +49^\circ$), spóźnia się 128 sekund na dobę. Jakie wnioski o kształcie Ziemi można wyciągnąć z tego faktu?

2. W 1995 r. odkryto planetę obiegającą gwiazdę 51 Peg w odległości $d = 0.05$ j.a. Przyjmując, że gwiazda jest identyczna jak Słońce oblicz ile wynosi odpowiednik stałej słonecznej w odległości planety od gwiazdy. Skomentuj otrzymany wynik.

3. W tabelach podane są przewidywane pozycje komety Hale'a-Boppa (data, rektascensja, deklinacja, odległość od Słońca, odległość od Ziemi).

Korzystając z obrotowej mapki nieba omów warunki widoczności komety z terenu Polski.

4. Na podstawie artykułów zamieszczanych w zalecanych czasopismach krótko omów efekty misji Galileo w pobliżu Jowisza.

Zadania obserwacyjne

1. W nocy 26/27 września 1996 roku o godzinie 2.20 UT rozpocznie się całkowite

Data Oh UT	rekt. 200 h m s	dekl. 2000 o ' "	r j.a.	d j.a.
1 Wrz 1996	17 38.9	-6 34.5	3.234	2.823
30 Wrz 1996	17 29.7	-5 02.6	2.898	2.979
30 Paz 1996	17 38.6	-3 27.0	2.539	3.053
29 Lis 1996	18 02.1	-0 50.9	2.169	2.940
9 Gru 1996	18 12.7	+0 27.1	2.044	2.853
19 Gru 1996	18 24.7	+2 04.1	1.917	2.742
29 Gru 1996	18 38.1	+4 04.8	1.790	2.606
8 Sty 1997	18 53.4	+6 35.4	1.664	2.449
18 Sty 1997	19 10.8	+9 43.5	1.538	2.272
28 Sty 1997	19 31.3	+13 39.2	1.415	2.082
7 Lut 1997	19 56.2	+18 33.8	1.297	1.885
17 Lut 1997	20 28.1	+24 37.6	1.185	1.692
27 Lut 1997	21 11.5	+31 47.0	1.085	1.519
9 Mar 1997	22 13.4	+39 14.5	1.002	1.387
19 Mar 1997	23 39.6	+44 44.8	0.944	1.320
29 Mar 1997	01 19.4	+45 23.9	0.916	1.332
8 Kwi 1997	02 45.8	+41 06.1	0.922	1.418
18 Kwi 1997	03 47.7	+34 32.9	0.963	1.555
28 Kwi 1997	04 30.6	+27 51.6	1.031	1.719
8 Maj 1997	05 02.0	+21 48.8	1.121	1.891
18 Maj 1997	05 26.6	+16 30.1	1.226	2.058
28 Maj 1997	05 47.0	+11 47.9	1.341	2.214
7 Cze 1997	06 04.9	+7 32.6	1.462	2.356
17 Cze 1997	06 20.9	+3 35.5	1.586	2.483
27 Cze 1997	06 35.7	-0 10.3	1.712	2.593

zaćmienie Księżyca, a 12 października 1996 roku o godzinie 13.23 UT rozpocznie się częściowe zaćmienie Słońca. Przeprowadź obserwacje wizualne lub fotograficzne jednego z tych zaćmień.

2. W tabelce podano przewidywane pozycje planetki (3) Juno w 1996 r. w momencie 0^h UT.

Data m-c dzień	rekt. 1950 h m	dekl. 1950 o ' "	jasność obserwowana m
VII 02	00 24.0	+04 46.8	9.7
11	00 35.5	+05 18.7	9.5
23	00 45.7	+05 35.3	9.3
11	00 54.4	+05 33.7	9.1
VIII 10	01 01.4	+05 10.7	8.9
20	01 06.1	+04 23.6	8.6
30	01 08.3	+03 10.5	8.4
IX 09	01 07.9	+01 31.6	8.1
19	01 04.8	-00 29.3	7.8
29	00 59.6	-02 43.4	7.6
X 09	00 53.2	-04 57.6	7.5
19	00 46.8	-06 57.5	7.7
29	00 41.6	-08 30.4	7.9
XI 08	00 38.7	-09 29.7	8.1
18	00 38.5	-09 53.7	8.3
28	00 41.4	-09 45.0	8.4

Wykonaj serię co najmniej trzech obserwacji w odstępie kilkunastu dni i na ich podstawie nakreśl tor planetoidy wśród gwiazd, a także oceń jej jasność obserwowaną. Porównaj otrzymane wyniki z przytoczoną efermerydą.

3. Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można również nadać opracowane wyniki innych własnych obserwacji astronomicznych prowadzonych w latach 1995, 1996.

Rozwiązanie zadania obserwacyjnego powinno zawierać: dane dotyczące przyrządów

użytych do obserwacji i pomiarów, opis metody i programu obserwacji, standardowe dane dotyczące przeprowadzonej obserwacji (m.in. datę, czas, współrzędne geograficzne, warunki atmosferyczne), wyniki obserwacji i ich opracowanie oraz ocenę dokładności uzyskanych rezultatów. W przypadku zastosowania metody fotograficznej należy dołączyć negatywy.

Rozwiązanie jednego zadania obserwacyjnego należy nadać wraz z rozwiązaniami drugiej serii zadań zawodów I stopnia – do dnia 18 listopada 1996 r.

ELEMENTARZ URANII

Księżycy Saturna

Wokół Saturna krąży przynajmniej 18 księżyców – podanie dokładnej ich liczby utrudnione jest przez obecność pierścieni (patrz *Urania 9/95*). Najbliżej (średnia odległość od planety 133.583 tys. km) krąży Pan, dalej Atlas (137.640 tys. km), Prometeusz (139.350 tys. km), Pandora (141.700 tys. km), Epimeteusz (151.422 tys. km), Janus (151.472 tys. km), Mimas (185.520 tys. km), Enceladus (238.020 tys. km), Tethys (294.660 tys. km), Telesto (294.660 tys. km), Kalipso (294.66 tys. km), Dione (377.4 tys. km), Helena (374.4 tys. km), Rea (527.04 tys. km), Titan (1221.85 tys. km), Hyperion (1481.0 tys. km), Japet (3561.3 tys. km) i Phebe (12952.0 tys. km). Najbliższy Saturna Pan krąży w wąskiej przerwie Enckego w pierścieniu A, Atlas – na zewnętrznym skraju tego pierścienia, Prometeusz i Pandora – w pierścieniu F. W ich sąsiedztwie, tzn. także w pierścieniu F, doszukiwano się aż czterech nowych księżyców podczas ostatniego przejścia Ziemi w płaszczyźnie pierścieni Saturna. Takie zjawisko powtarza się co 15 lat i wówczas pier-

ścienie, widziane “z boku”, znikają dla ziemskiego obserwatora i mamy szansę zaobserwowania w nich większych brył czyli właśnie księżyców. W 1995 roku teleskop kosmiczny przekazał na Ziemię zdjęcia Saturna “bez pierścienia”, za to z dodatkowymi czterema jasnymi plamkami, które mogą się okazać nieznanymi wcześniej księżycami. Ich średnice na pewno nie przekraczają 70 km! Początkowo mówiło się o czterech, potem już tylko o dwu nowych. Do tej pory nie jest jednak jasne czy obserwowane pojaśnienia nie są jedynie zagęszczeniami pierścienia F! Co poza tym wiadomo o satelitach Saturna? Księżycy najbardziej wewnętrzne odgrywają ważną dynamiczną rolę w kształtowaniu pierścieni Saturna. Z wyjątkiem najodleglejszego – wszystkie księżycy krążą wokół planety tzw. ruchem prostym. Ten ostatni – Phebe – poruszający się ruchem wstecznym, jest być może przechwyconą przez Saturna planetoidą. Satelity Saturna nie przypominają za bardzo jowiszowych. Nie znaleziono znaczącej zmiany gęstości kolejnych księżyców krążących coraz dalej od planety, a poza tym z wyjątkiem Tytana wszystkie są względnie małe (promienie

znacznie poniżej 1000 km). Wiele z nich odkryto dopiero po przelocie sond VOYAGER.

Epimeteus i Janus – to księżyce piąty i szósty licząc wg rosnącej odległości od planety. Orbita Epimeteusa tak niewiele różni się od orbity Janusa, że księżyce te uchodziły przez jakiś czas za jeden. Obecnie wiadomo, że oba księżyce przesunięte są względem siebie o 180°, Janus krąży “w antypodach” Epimeteusza.

Mimas to księżyc siódmy licząc wg rosnącej odległości od planety. Na jego lodowej powierzchni widać bardzo dużo zwietrzałych kraterów (o średnicach dochodzących do 50 km, a wysokościach nie przekraczających 5 km) – są to wyraźne ślady inten-

sywnego bombardowania w przeszłości. Wiele kraterów ma “centralne górki” (do 10 km wysokości) w swoich środkach. Na środku półkuli “wiodącej” (“przedniej” w ruchu orbitalnym) znajduje się ogromny krater HERSCHEL o średnicy 130 km (a średnica Mimasa to zaledwie 390 km!). Mimas odkryty był w 1789 r.

Enceladus to ósmy księżyc Saturna licząc wg rosnącej odległości od planety. Charakteryzuje się wyraźnie młodszą od Mimasa powierzchnią – ma mniej zwietrzałych kraterów i rozległe gładkie równiny (prawdopodobnie rozlewiska lawy, bo pływowe oddziaływanie. Dione rozgrzewa jego wnętrze i powoduje wypływ lawy na powierzchnię). Doliny i grzbiety górskie świadczą o



Saturn i jego sześć największych księżyców – montaż zdjęć wykonanych za pomocą sondy Voyager 1 w listopadzie 1980 r.; u góry – Tytan, niżej na lewo – Rhea, w lewym dolnym rogu – Dione, na prawo od niej – Enceladus i dalej na krawędzi tarczy planety – Mimas i Tethys (for. NASA).

ruchach skorupy Enceladusa.

T e t h y s to księżyc dziewiąty licząc wg rosnącej odległości od planety. Widać na nim ogromny rów (szerokość średnio 100 km, głębokość 4–5 km), który ciągnie się od północnego bieguna, przez równik aż do bieguna południowego – jest to jedyny taki twór w Układzie Słonecznym. Ponadto na Tethysie znajduje się jeden z bardziej okazałych kraterów (średnica 400 km) i całe mnóstwo kraterów drobniejszych (20–50 km).

D i o n e, dwunasty księżyc, jest wyraźnie niesferyczna i ma niesłychanie niejednorodnie rozłożone kratery na swej powierzchni. Odkryta została już w 1684 r.

T y t a n, największy księżyc Saturna ma promień aż 2575 km. Odkryty został w 1655 r. jako pierwszy z księżyców tej planety. Jest piętnasty licząc wg rosnącej odległości od Saturna. Powierzchni Tytana nie udało się zaobserwować, gdyż otacza go gęsta atmo-

sfera (ciśnienie przy powierzchni 1.6 bara, a temperatura 94 K) składająca się głównie z azotu i metanu (z domieszkami związków organicznych, aerozoli). Te ostatnie na wysokości 50 km tworzą pomarańczowe, gęste chmury “zanieczyszczoną” zawiesinę (tzw. fotochemiczny smog). Na wysokościach 200, 375 i 500 km obserwuje się kolejne warstwy mgieł.

J a p e t to księżyc siedemnasty licząc wg rosnącej odległości od planety. Odkryty został w 1671 r. Obserwowane zmiany jego jasności świadczą o tym, że jedna strona Japeta (jego “przód” w ruchu orbitalnym) jest wyraźnie ciemniejsza od drugiej (albedo jednej to 0,04–0,05, a drugiej 0,5). Nic zatem dziwnego, że nazywa się Japet – było to bóstwo o dwu obliczach; jedną twarzą zwróconą ku przodowi, drugą ku tyłowi.

MSK

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Lipiec 1996 r.

Słońce

Deklinacja Słońca z dnia na dzień maleje, a w związku z tym dzień stale się skraca. W Warszawie 1 lipca Słońce wschodzi o 4^h19^m, zachodzi o 21^h1^m, a 31 lipca wschodzi o 4^h55^m, zachodzi o 20^h29^m. W lipcu Słońce wstępuje w znak Lwa.

Księżyc

Kolejność faz Księżyca jest w lipcu następująca: pełnia 1^d6^h, ostatnia kwadra 7^d21^h, nów 15^d18^h, pierwsza kwadra 23^d20^h i ponownie pełnia 30^d13^h. W perygeum Księżyc znajdzie się dwukrotnie: 1 i 30 lipca, a w apogeum 16 lipca.

W lipcu tarcza Księżyca zakryje Wenus; zjawisko to będzie widoczne także w Europie, ale za dnia.

Planety i planetoidy

Rankiem nad wschodnim horyzontem odnajdziemy dwie planety: pięknym blaskiem świeci **W e n u s** jak gwiazda –4.5 wielkości oraz słabiutki, w porównaniu z Wenus, **M a r s** (+1.5 wiel.). **J o w i s z** –2.7 wielk. świeci przez całą noc w gwiazdozbiore Strzelca; przez lunety możemy obserwować ciekawe zjawiska w układzie jego czterech najjaśniejszych księżyców. **S a t u r n** wschodzi około północy i widoczny jest jako gwiazda +0.8 wielk. na granicy gwiazdozbiorów Wieloryba i Ryb. Przez całą noc, ale tylko przez lunety, widoczne są: **U r a n** 6 wielk. gwiazd. w gwiazdozbiore Koziorożca i **N e p t u n** 8 wielk. na granicy gwiazdozbiorów Strzelca i Koziorożca. **P l u t o n** widoczny jest jeszcze wieczorem na granicy

Dane dla obserwatorów Słońca
(na 14^h czasu środk.-europ.)

Data 1996	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
VII 1	-2.34	+2.96	322.90
3	-1.42	+3.18	296.42
5	-0.52	+3.39	269.95
7	+0.38	+3.60	243.48
9	+1.28	+3.80	217.01
11	+2.18	+4.01	190.54
13	+3.08	+4.21	164.08
15	+3.97	+4.40	137.61
VII 17	+4.85	+4.59	111.14
19	+5.72	+4.78	84.68
21	+6.58	+4.95	58.22
23	+7.44	+5.12	31.76
25	+8.28	+5.29	5.30
27	+9.11	+5.45	338.84
29	+9.92	+5.61	312.40
31	+10.73	+5.76	285.94

P – kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0 , L_0 – heliograficzna szerokość i długość środka tarczy; 25^d23^h37^m – heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

gwiazdozbiórów Wężownika i Wagi, ale dostępny tylko przez duże teleskopy (ok. 14 wielk. gwiazd.).

Trzy spośród czterech najjaśniejszych planetoid: Ceres, Pallas i Westa widoczne są jeszcze wieczorem w pierwszych dniach lipca, ale zachodzą coraz wcześniej i trudno je będzie odnaleźć na jasnym wieczornym niebie. Okolice nieba, w których przebywają planetki 1 lipca określają współrzędne równikowe: Ceres (ok. 8 wielk.) rekt. 16^h5^m.3, dekl. -19°24'; Pallas (ok. 9.5 wielk.) rekt. 14^h10^m.0, dekl. +22°30'; Westa (ok. 6.5 wielk.) rekt. 14^h47^m.7, dekl. -9°9'.

Meteory

Od 15 lipca do 15 sierpnia promieniują meteory z roju delta A k w a r y d ó w (ma-

ksimum 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 są bardzo dobre.

* * *

1^d O 12^h Złączenie Księżyca z Jowiszem w odl. 5°. Wieczorem księżyc 1 i jego cień przechodzi na tle tarczy Jowisza; obserwujemy koniec przejścia: cienia o 23^h36^m i księżyc o 23^h40^m.

2^d O 2^h Wenus nieruchoma w rektascensji, o 10^h Księżyc w złączeniu z Neptunem w odl. 4°, a o 22^h z Uranem w odl. 5°. Wieczorem księżyc 2 Jowisza ukryty jest w cieniu planety; o 22^h28^m obserwujemy koniec zaćmienia tego księżyc (pojawi się on nagle bardzo blisko prawego brzegu tarczy planety, patrząc przez lunetę odwracającą).

4^d14^h Jowisz w opozycji.

4/5^d Obserwujemy początek zakrycia i koniec zaćmienia 4 księżyc Jowisza. Księżyc ten skryje się za brzegiem tarczy planety o 23^h6^m, a o 2^h11^m pojawi się nagle z cienia planety w odległości prawie równej średnicy tarczy od jej prawego górnego brzegu (w lunecie odwracającej).

5^d20^h Ziemia w aphelium na swej orbicie okołosłonecznej w odl. 152 mln km od Słońca.

7^d8^h Saturn w złączeniu z Księżycem w odl. 3°.

7/8^d O 1^h54^m obserwujemy początek zakrycia 1 księżyc Jowisza przez tarczę planety. W tym czasie do brzegu tarczy zbliża się też księżyc 2; o 3^h15^m na tarczy planety pojawi się cień tego księżyc, a o 3^h26^m księżyc 2 rozpocznie przejście na jej tle.

8/9^d Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Księżyc 1 rozpocznie przejście na tle tarczy planety o 23^h8^m, a jego cień pojawi się na tarczy o 23^h15^m; koniec przejścia księżyc nastąpi o 1^h24^m, a cienia o 1^h31^m.

9/10^d Wieczorem tylko dwa księżycy widoczne są w pobliżu Jowisza. Księżycy 1 i 2 ukryte są za tarczą, a potem w cieniu planety.

Obserwujemy koniec zaćmienia: księżyc 1 o 22^h43^m i księżyc 2 o 1^h1^m; oba księżycy pojawią się bardzo blisko prawego brzegu tarczy (w lunecie odwracającej).

11^d O 11^h górne złączenie Merkurego ze Słońcem. Wieczorem księżyc 3 wraz ze swym cieniem przechodzi na tle tarczy Jowisza; obserwujemy koniec przejścia: księżyc 3 o 23^h16^m, a jego cienia o 24^h1^m.

12^d11^h Bliskie złączenie Wenus z Księżycem. Zakrycie planety przez tarczę Księżyc 2 widoczne będzie w zachodniej części Atlantyku, w Północnej Afryce, w Europie, w Arabii Saudyjskiej, w Rosji, w Zachodnich Chinach i w Indiach.

13^d1^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 5°.

15/16^d Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Księżyc 1 rozpocznie przejście o 0^h53^m, a jego cień o 1^h10^m; księżyc kończy przejście o 3^h8^m, a jego cień widoczny jest na tarczy planety do 3^h26^m.

16/17^d Dwa księżycy przechodzą kolejno za tarczą Jowisza i przez strefę cienia planety. O 22^h4^m obserwujemy początek zakrycia księżyc 1, a o 0^h10^m księżyc 2; koniec zaćmienia księżyc 1 nastąpi o 0^h37^m, a księżyc 2 o 3^h38^m.

17^d11^h Wenus osiąga maksimum swego blasku w tym okresie widoczności i świeci jako Gwiazda Poranna – 4.5 wielkości.

18^d20^h Neptun w opozycji.

18/19^d Do 22^h4^m po tarczy Jowisza wędruje cień jego 2 księżyc 2. W tym czasie księżyc 3 zbliża się do brzegu tarczy i o 23^h26^m rozpocznie przejście na jej tle; cień księżyc 3 pojawi się na tarczy planety o 0^h52^m. Księżyc 3 będzie niewidoczny na tle tarczy do 2^h33^m, a wędrowkę jego cienia po tarczy planety obserwujemy do 4^h1^m.

20^d O 2^h Saturn, a o 20^h planetoida Ceres nieruchoma w rektascensji.

22^d15^h13^m Słońce wstępuje w znak Lwa, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 120°.

22/23^d Księżyc 1 zbliża się do brzegu tarczy Jowisza. O 2^h38^m obserwujemy począ-

tek przejścia tego księżyc 1 na tle tarczy planety, a o 3^h15^m początek przejścia jego cienia.

24^d Wieczorem na tle tarczy Jowisza widoczny jest cień jego 1 księżyc 1. O 23^h20^m nastąpi koniec przejścia księżyc 1, a o 23^h49^m koniec wędrowki jego cienia na tle tarczy planety.

25^d9^h Uran w opozycji.

25/26^d Prawie od zachodu Słońca księżyc 2 przechodzi na tle tarczy Jowisza i jest niewidoczny, a dopiero o 21^h51^m na tarczy planety pojawi się cień tego księżyc 2. Koniec przejścia księżyc 2 obserwujemy o 23^h37^m, a jego cienia o 0^h39^m. W tym czasie do brzegu tarczy planety zbliża się też księżyc 3 i o 2^h46^m rozpocznie swoje przejście na jej tle.

28^d18^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 5°.

29^d20^h Neptun w złączeniu z Księżycem w odl. 4°.

29/30^d Jeśli wkrótce po zachodzie Słońca odnajdziemy na niebie Jowisza, to może uda nam się zaobserwować o 21^h49^m koniec przejścia księżyc 4 na tle tarczy planety oraz koniec zaćmienia księżyc 3 o 21^h49^m. Księżyc 4 oddali się już dobrze od tarczy planety, kiedy dopiero o 0^h31^m pojawi się na jej tle cień tego księżyc 4 i będzie widoczny aż do 3^h42^m.

30^d6^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 5°.

30/31^d O 1^h33^m obserwujemy początek zakrycia 1 księżyc 1 Jowisza przez tarczę planety.

31/VIII.1^d Księżyc i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Księżyc rozpocznie przejście o 22^h50^m, a jego cień pojawi się na tarczy planety o 23^h29^m. Koniec przejścia księżyc 1 obserwujemy o 1^h5^m, a jego cienia o 1^h44^m.

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

Opracował G. Sitaski

CONTENTS

S. Stachniewicz	
Problems with the Hubble constant . . .	98
S.R. Brzostkiewicz	
News from the Moon	101
T.Z. Dworak	
Moonless planets	106
Chronicle:	
Comet Hyakutake	109
The comet of the century?	112
Observations	113
Corner of an Astronomical	
Olympian	119
Astronomy Primer	123
Astronomical Calendar	125

СОДЕРЖАНИЕ

С. Стахние вч	
Проблемы с постоянной Хаббла . . .	98
С.Р. Бжосткевич	
Новости из Луны	101
Т.З. Дворак	
Планеты без спутников	106
Хроника:	
Комета Хякутакэ	109
Разве комета столетия	112
Наблюдения	113
Уголок астрономического	
олимпийца	119
Букварь Урании	123
Астрономический календарь	125

Ogłoszenie ZG PTMA. Wszelkie wpłaty gotówką na konto PTMA do PKO BP I/O Kraków, 35510-35682-170-4 **m u s z a** być większe o kwotę 1,20 zł (taką prowizję pobiera PKO).

OBJAŚNIENIA ZDJĘĆ NA OKŁADCE:

Pierwsza strona okładki: Zdjęcie komety Hyakutake wykonane 26/27 marca 1996 r. przez Jerzego Giergielewicza ze Szczecina podczas 8 min. ekspozycji na filmie Kodak Gold 400 ASA za pomocą prowadzonego ręcznie małego teleskopu z montażem paralaktycznym.

Druga strona okładki: Zdjęcia komety Hyakutake wykonane 27 marca 1996 r. przez Jerzego Giergielewicza podczas 5 min. ekspozycji za pomocą kamery z obiektywem TAMRON 200/3.5 (u góry) i przez Wiesława Skórzyńskiego podczas 7 min. ekspozycji za pomocą kamery z obiektywem SONNAR 200/2.8 (u dołu).

Trzecia strona okładki: U góry – zwycięzca XXXIX Olimpiady Astronomicznej Tomasz Romańczukiewicz z Krakowa przyjmuje dyplom z rąk przewodniczącego Komitetu Głównego Olimpiady Astronomicznej prof. Jerzego M. Kreinera. U dołu – uczestnicy finału i organizatorzy XXXIX Olimpiady Astronomicznej, w zimowej scenerii, przed budynkiem Planetarium Śląskiego. Fot. Gabriela Sowa.

Czwarta strona okładki: Zdjęcie najbliższego otoczenia jądra komety Hyakutake wykonane za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a 25 marca 1996 roku podczas największego zbliżenia komety do Ziemi. Zdjęcie obejmuje obszar o rozmiarach 3300x3300 km; najjaśniejszy fragment blisko centrum jest miejscem gdzie znajduje się niewidoczne jądro komety, z którego w kierunku Słońca (w dół na prawo) wypływają strugi materii (jego powiększenie jest na zdjęciu prawym dolnym obejmującym obszar 760x760 km); jasna smuga z lewej strony u góry jest prawdopodobnie obrazem fragmentów oderwanych od jądra i poruszających się wzdłuż warkocza komety (jego powiększenie jest na zdjęciu prawym górnym). Fot. Hal Weaver, NASA.

URANIA – Miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Redaguje kolegium: Krzysztof Ziolkowski – redaktor naczelny, Magdalena Sroczyńska-Kozuchowska – sekretarz redakcji. Adres redakcji: ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa. Adres wydawcy: 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 3,90 zł. *Uranie* rozprowadza się w ramach składki członkowskiej; w 1996 roku 42 zł (zniżka 36 zł). Cena poza PTMA 3,90 zł (39 000 starych złotych). Nr indeksu 380016.



