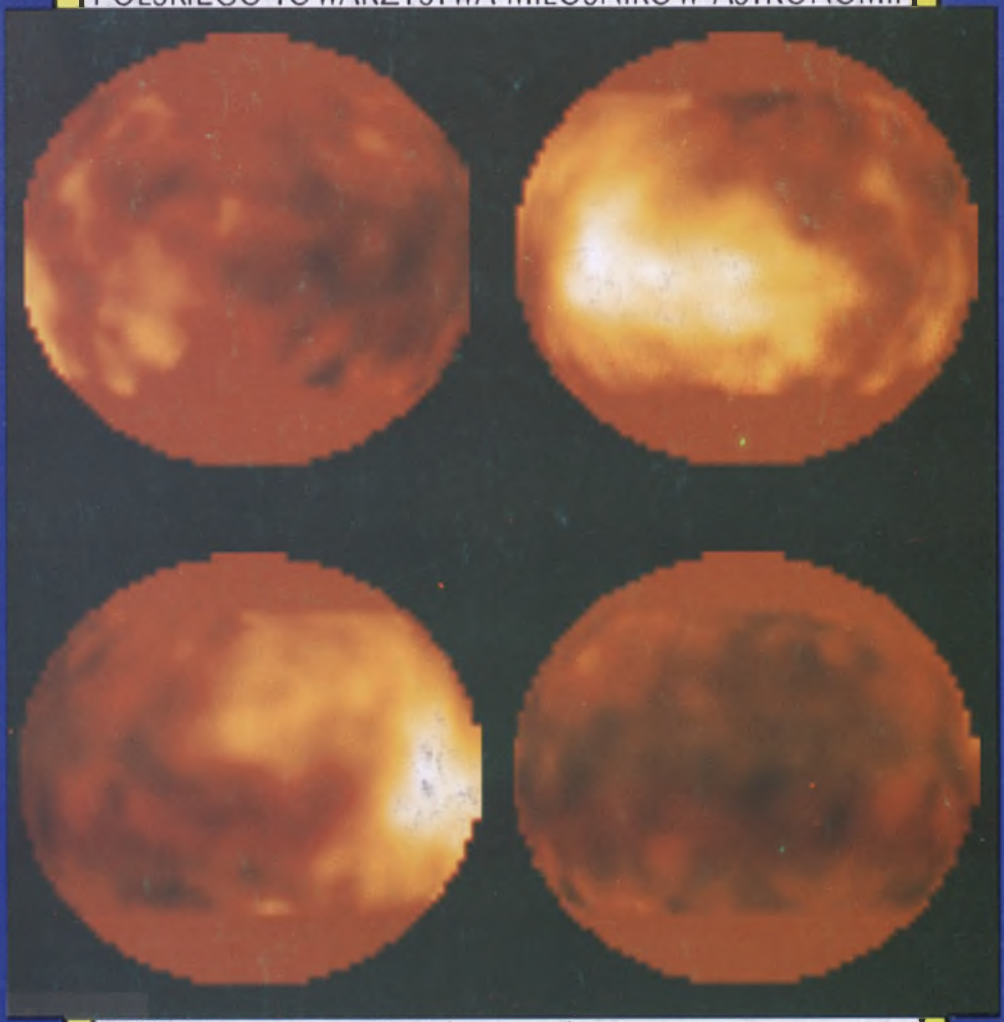
URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII



UNIWERSYTECKA

ROK LXVI LIPIEC / SIERPIEŃ 1995 NR 7/8 (643/644)

MIESIĘCZNIK
URANIA
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

Rok LXVI czerwiec 1995 Nr 6 (642)

WYDANO Z POMOCĄ FINANSOWĄ 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

Marcin Kiraga
Ciemna Materia we Wszechświecie.... 194
Stanisław R. Brzoskiewicz
„Nowinki" ze świata planet i księżyców (II) 202
Kronika
Gromada galaktyk jako soczewka grawitacyjna 211
522 rocznica urodzin Mikołaja Kopernika 212
Kronika Historyczna
Przemysław Rybka (1923-1995) 213
Poradnik Obserwatoea
Amatorski teleskop zwierciadlano-soczewkowy systemu Shafera 216
Wizualne obserwacje gwiazd zmiennych 219
Elementarz Uranii
Saturn 220
Kalendarzyk Astronomiczny 221

LUNETY
TELESKOPY
UNIWERSAL
ul. Poniatowskiego 9
ŻYWIEC
☎ 61-33-64

Starając się aby każdy Czytelnik mógł znaleźć w **Uranii** *interesujący dla siebie materiał publikujemy od czasu do czasu teksty trudniejsze, wymagające być może większego niż zazwyczaj wysiłku dla ich zrozumienia. Miesiące wakacyjne sprzyjają podejmowaniu takich wyzwań i dlatego wydają się dobrym czasem dla zmierzenia się miłośników astronomii z jednym z najbardziej dziś intrygujących problemów astronomicznych jakim jest poszukiwanie ciemnej materii we Wszechświecie. Zachęcamy więc do przestudiowania obszernego podsumowania stanu wiedzy na ten temat zawartego w artykule Marcina KIRAGI, młodego astronoma z Uniwersytetu Warszawskiego. Wprawdzie ostatnio poruszaliśmy już kilkakrotnie to zagadnienie (m.in. w numerach 6/1993 i 11/1994), niemniej jednak proponujemy ponowne zainteresowania się nim za względu na jego aktualność, niezwykle dynamiczny obecnie rozwój badań w tym zakresie oraz przeglądowość ujęcia tej problematyki.*

Trud lektury pierwszego artykułu zrekompensuje być może przeczytanie drugiego, który w lekkiej i łatwej formie przybliża najnowsze ciekawostki ze świata planet i księżyców. Podobnie jak w poprzednim numerze Stanisław R. BRZOSTKIEWICZ omawia tym razem m.in. problem wulkanizmu satelity Jowisza Io, niedawne pojawienie się na powierzchni Saturna tajemniczej białej plamy, a także najnowsze badania powierzchni jednego z najciekawszych księżyców naszego Układu Planetarnego jakim jest satelita Saturna Tytan (którego zdjęcia, wykonane ostatnio za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a, zdobią okładkę). Saturnowi jest też poświęcony **Elementarz Uranii** *tego numeru. Majsterkowiczom polecamy natomiast artykuł w* **Poradniku Obserwatora**, *którego autor dzieli się swymi doświadczeniami dotyczącymi budowy amatorskiego teleskopu.*

Ciemna materia we Wszechświecie.

1. Wstęp

Problem ciemnej materii wynika z rozbieżności pomiędzy masą szacowaną na podstawie obserwowanej jasności obiektów astronomicznych, a masą wyznaczaną innymi sposobami. Większość masy, którą obecnie obserwujemy bezpośrednio (to znaczy dzieki dochodzącym do nas fotonom) zawarta jest w gwiazdach, gazie i pyle. Masy gwiazd wyznaczamy na podstawie ich typu widmowego i klasy jasności, które otrzymujemy z obserwacji. Związek pomiędzy masą gwiazd, a ich jasnością dla poszczególnych klas jasności był przez długie lata przedmiotem badań i obecnie zależność ta jest dość dobrze znana. Na przykład dla gwiazd ciągu głównego w zakresie mas 0.8–10 $M_\odot$ ($M_\odot$ jest masą Słońca) ich jasność jest w przybliżeniu proporcjonalna do czwartej potęgi masy. Oznacza to, że mając taką samą masę zawartą w gwiazdach o masie 1 $M_\odot$ i 10$M_\odot$ grupa gwiazd o masach 10 $M_\odot$ będzie świeciła 1000 razy jaśniej niż grupa gwiazd o masach 1 $M_\odot$ (choć tych ostatnich jest 10 razy więcej). Na szczęście dość łatwo jest ocenić jakie gwiazdy wchodzą w skład danego układu i sumując liczbę gwiazd o określonej jasności otrzymamy całkowitą masę zawartą w gwiazdach. W niektórych wypadkach większe kłopoty możemy mieć z oceną masy gazu.

Masę interesującego nas układu możemy szacować na podstawie obserwacji prędkości ciał wchodzących w jego skład i założenia, że jest on związany grawitacyjnie. Najprostszym przypadkiem jest przyjęcie, że układ znajduje się w stanie równowagi i możemy skorzystać z twierdzenia o wiriale, łączącego energię kinetyczną i potencjalną układu ($U = -2K$, U – energia potencjalna, K – energia kinetyczna). Dla sferycznie symetrycznego rozkładu masy daje to zależność:

$$GM(r)/r = v_{rot}^2(r)$$

Z równania (1) możemy wyznaczyć $M(r)$, gdzie $M(r)$ jest masą zawartą w kuli o promieniu r, $v_{rot}(r)$ jest prędkością na orbicie kołowej o promieniu r, a G jest stałą grawitacji. Dla porównania założenie, że obiekt o prędkości v, odległy od środka układu o r, jest z nim związany grawitacyjnie daje oszacowanie na masę:

$$M(r) = v(r)^2 r/2G$$

a więc dwa razy mniejszą niż w poprzednim przypadku.

Ostatnio możemy wyznaczać masę układów na podstawie obserwacji powodowanego przez nie zjawiska soczewkowania grawitacyjnego. O różnych możliwościach z tym związanymi pisali m.in. Krzysztof S t a n e k (*Urania* 6/1993 str. 162) i Maria Ł y s i k (*Urania* 11/1994 str. 299). Problem jest jednak trudny i najczęściej trzeba przyjąć wiele upraszczających założeń. W najprostszym przypadku, gdyby soczewka była punktową masą, dla pojedyńczego źródła światła obserwowalibyśmy jego dwa obrazy. Dla najbardziej prawdopodobnych odległości do źródła i soczewki w płaskim modelu kosmologicznym odległość kątowa pomiędzy obrazami, które mają porównywalną jasność wynosi:

$$\varphi \approx 10^{-6}(M/M_\odot)^{1/2},$$

gdzie φ wyrażone jest w sekundach łuku, a M jest masą soczewki. Widzimy stąd, że wyznaczanie masy może być niepewne i wymaga najczęściej wielu upraszczających założeń. Dowody na istnienie ciemnej materii są jednak bardzo poważne.

W 1932 roku J. O o r t badając prędkości gwiazd w kierunku prostopadłym do dysku

Galaktyki stwierdził, że gęstość materii w okolicy Słońca powinna być rzędu 0.2 $M_\odot/ps^3$ (ps oznacza parsek). Obserwowana gęstość materii w naszym otoczeniu wynosi jednak tylko około 0.1 $M_\odot/ps^3$ i tak się pojawił problem ciemnej materii w dysku Galaktyki (albo szerzej: w dyskach galaktyk spiralnych). W 1933 roku F. Zwicky używając pomiarów prędkości radialnych dla galaktyk w gromadzie Coma stwierdził, że korzystając z twierdzenia o wiriale otrzymuje się masę gromady ponad 100 razy większą niż masa obserwowanych w niej galaktyk (a raczej gwiazd świecących w tych galaktykach). Podobne wyniki otrzymał w 1936 r S. Smith badając gromadę galaktyk w Pannie (ciemna materia w gromadach galaktyk). W 1973 roku J. Ostriker i P. Peebles stwierdzili, że aby dyski galaktyk mogły być stabilne powinny znajdować się w masywnej otoczce (ciemna materia w halo galaktyk spiralnych). Te wyniki zostały uzupełnione, tak że od połowy lat siedemdziesiątych istnienie ciemnej materii zostło zaakceptowane przez większość astronomów. Ile jest tej ciemnej materii, jak jest rozłożona i z czego się składa – są to pytania o wielkim znaczeniu dla wielu działów współczesnej astrofizyk i. Próbą krótkiego podsumowania dzisiejszej wiedzy na ten temat jest niniejszy artykuł.

Poruszając problemy zwiazane z istnieniem ciemnej materii wygodnie jest wprowadzić stosunek masy występującej w danym obszarze do jasności jaka z niego pochodzi. Najlepiej mierzyć go w jednostkach słonecznych $M_\odot/L_\odot$, gdzie $L_\odot$ oznacza jasność Słońca. Dla znanych części Układu Słonecznego jest on bardzo bliski jedności, a średnia wartość dla gwiazd obserwowanych w galaktykach wynosi $M/L \approx 3$.

Ze względu na znaczenie jakie ma problem ciemnej materii we współczesnej kosmologii dobrze jest wprowadzić kilka wielkości i parametrów najczęściej w kosmologii występujących. Miarą dzisiejszej ekspansji Wszechświata jest stała Hubble'a (H_0). W izotropowych i jednorodnych modelach kosmologicznych wiąże prędkość z jaką oddalają się obiekty we Wszechświecie na skutek jego rozszerzania się (v_H) z odległością pomiędzy nimi (l). Dla prędkości znacznie mniejszych od prędkości światła możemy zapisać:

$$v_H = H_0\, l.$$

Wartość stałej Hubble'a H_0 = 100h km/s/Mps, gdzie parametr h jest miarą naszej nieznajomości H_0 i jego przyjmowany zakres wynosi 0.5 — 1. Szczególnym modelem kosmologicznym jest model o zerowej krzywiźnie – model płaski. Średnia gęstość Wszechświata wynosi wtedy:

$$\rho_K = \frac{3H_0^{\,2}}{8\pi G} = 1.87\times10^{-29}h^2 g/cm^3 \approx$$
$$\approx 2.8\times10^{-7}h^2 M_\odot/ps^3.$$

Parametr gęstości Ω jest stosunkiem średniej gęstości Wszechświata ρ_0 do gęstości modelu płaskiego.

$$\Omega = \rho_0/\rho_K.$$

Obecnie średnia jasność wypromieniowywana przez gwiazdy wynosi około $2\times10^8 h\ L_\odot/Mps^3$ czyli dla Wszechświata stosunek M/L odpowiadający gęstości krytycznej ρ_K ($\Omega = 1$) wynosi około 1400 h.

2. Ile jest ciemnej materii?

Pewien nadmiar masy obserwowany jest już w dysku Galaktyki w otoczeniu Słońca. Obecność ciemnej materii staje się coraz wyraźniejsza gdy przechodzimy do coraz większych skal: poprzez galaktyki i ich otoczenie, grupy i gromady galaktyk, aż do największych obserwowanych obecnie struktur.

2.1 Ciemna materia w dyskach galaktyk spiralnych.

Obserwacje prędkości gwiazd w kierunku prostopadłym do dysku Galaktyki w połączeniu ze znajomością ich pozycji są podstawą do szacunków gęstości powierzchniowej dysku (masy materii zawartej w kolumnie prostopadłej do powierzchni dysku i jednostkowym polu przekroju) i średniej gęstości materii w naszym otoczeniu. Pierwsze prace Oorta z lat trzydziestych sugerowały, że połowy materii w naszym otoczeniu nie obserwujemy. Ostatnio prowadzone w podobny sposób badania nie dały jednoznacznych rezultatów. W swoich pracach z lat 1989–1991 Kujiken i Gilmore na podstawie badania karłów typu K stwierdzili, że do wytłumaczenia ich prędkości nie potrzeba żadnej ciemnej materii związanej z dyskiem Galaktyki. Prace J. Bahcall z roku 1986 i 1992, w których analizowano prędkości olbrzymów typu K dowodzą, że model, który jest najbardziej zgodny z obserwacjami, zawiera 50% więcej materii ciemnej niż widzialnej. Wyniki zależą jednak od założonego rozkładu ciemnej materii. Ostatnie obserwacje sugerują, że budowa Galaktyki, a w szczególności dysku, jest inna niż do tej pory zakładano. Z tego powodu na wyjaśnienie problemu ciemnej materii związanej z dyskiem Galaktyki trzeba jeszcze trochę poczekać. Pomiary dyspersji prędkości gwiazd w galaktykach, których płaszczyzna dysku jest prostopadła do kierunku obserwacji, sugerują, że masa zawarta w ich dyskach jest około dwa razy większa niż masa obserwowanych gwiazd. Ze względu na możliwe błędy pomiarów należy uznać problem za otwarty.

2.2 Masywne otoczki galaktyk

1. *Krzywe rotacji galaktyk spiralnych.*

Najlepsze informacje o rozkładzie masy w galaktykach spiralnych otrzymujemy badając prędkości rotacji ich dysków. Przy założeniu kołowości orbit ciał w dysku możemy korzystać ze wzoru (1) i mierzyć masę znajdującą się wewnątrz orbity. Oszacowanie masy znajdującej się wewnątrz orbity Słońca przy założeniu prędkości rotacji v_{rot}=220 km/s i odległości do centum r_0=8.5 kps daje $M(r_0) \approx 10^{11} M_\odot$. Większość obserwowanych galaktyk spiralnych ma stałe, a nawet rosnące z odległością od centrum, prędkości rotacji, aż do najbardziej odległego miejsca gdzie potrafimy je zmierzyć. Świadczy to o zależności $M(r)$~r jeżeli przyjmiemy stałe prędkości rotacji. Ponieważ całkowita jasność galaktyk rośnie dużo wolniej w dużych odległościach od centrum, można sądzić, że zewnętrzne części galaktyk zdominowane są przez ciemną materię. Stosunek M/L dla galaktyk spiralnych do odległości, na której możemy mierzyć prędkość rotacji dysku wynosi najczęściej około 20 h, (dla Galaktyki 15–20, dla M31 około 20), chociaż dla niektórych galaktyk jest poniżej 8 h.

2. *Otoczki galaktyk spiralnych*

Dla większych odległości masy galaktyk możemy oceniać obserwując prędkości związanych z nimi obiektów. Dla Galaktyki możliwe są pomiary dla gwiazd, gromad kulistych i pobliskich galaktyk karłowatych. Obserwacje te sugerują, że masa Galaktyki rośnie liniowo aż do odległości 70 – 100 kps i całkowita masa z nią związana wynosi ok. $10^{12} M_\odot$, co daje $M/L \approx 60$. Badania otoczek galaktyk spiralnych (na podstawie obserwacji sąsiadujących z nimi galaktyk karłowatych) wykazują możliwość istnienia masywnych otoczek aż do odległości 200 kps i stosunek $M/L \geq 100$.

3. *Galaktyki eliptyczne*

Masywne otoczki obserwowane są również wokół galaktyk eliptycznych. Galaktyki eliptyczne najczęściej mają bardzo mało gazu i nieduże (bądź pomijalne) prędkości ro-

tacji. Możemy obserwować za to dyspersję prędkości radialnych wchodzących w ich skład gwiazd oraz takich obiektów jak mgławice planetarne i gromady kuliste. Dla widocznych części galaktyk eliptycznych *M/L* wyznaczone na podstawie pomiarów dyspersji prędkości gwiazd jest rzędu 7–20. Niektóre duże galaktyki eliptyczne znajdujące się w centrum gromad galaktyk są otoczone gorącym gazem obserwowanym w promieniowaniu rentgenowskim. Jedną z najczęściej badanych galaktyk eliptycznych jest M87 w gromadzie galaktyk w Pannie. Obserwacje promieniowania rentgenowskiego, pomiary prędkości gromad kulistych i sąsiednich galaktyk oraz dyspersja prędkości gwiazd w galaktyce dowodzi, że jej masa rośnie liniowo od 0.3 do blisko 300 kps, a całkowita masa jest około 10^{13} $M_{\odot}$ i $M/L > 100$. Podobne wyniki otrzymuje się również dla innych wielkich galaktyk eliptycznych.

4. *Gaktyki karłowate*

Badania dyspersji prędkości gwiazd w pobliskich galaktykach karłowatych stwierdzają możliwość istnienia w nich dużej ilości ciemnej materii, lecz wyniki obdarzone są dużymi błędami. W przypadku gdyby istnienie masywnych otoczek wokół galaktyk karłowatych zostało potwierdzone, w pewien sposób ograniczałoby to liczbę możliwych kandydatów mogących tworzyć ciemną materię. Aby hipotetyczne cząstki elementarne mogły być odpowiedzialne za otoczki galaktyk karłowatych musiałyby mieć masę powyżej 100 eV.

5.*Galaktyki podwójne*

Badanie układów podwójnych gwiazd było i jest nieocenionym źródłem informacji o masach gwiazd. Możliwe było dzięki temu, już w dziewietnastym wieku stwierdzenie istnienia Syriusza B i Procjona B, przed ich optycznym odkryciem. W przypadku galaktyk podwójnych pomiary prędkości radialnych i przyjęcie odległości pomiędzy galaktykami takiej, jaka wynika z rzutu na sferę niebieską, daje minimalną masę układu. Musimy tu oczywiście założyć, że całkowita energia jest mniejsza od zera, że galaktyki są ze sobą związane. Stosunek *M/L* dla par galaktyk w odległości 100 kps wynosi najczęściej około 70 (gdy założymy orbity kołowe).

2.3 Ciemna materia w grupach i gromadach galaktyk

1. *Grupy galaktyk*

Grupa Lokalna jest układem w którym znajdują się dwie duże (M31 i Galaktyka), kilka mniejszych i kilkadziesiąt karłowatych galaktyk. Masa całości oceniana jest na 2–6 $\times 10^{12}$ $M_{\odot}$. Daje to M/L rzędu 40-120. Badania 90 grup galaktyk wykazały, że przy zastosowaniu twierdzenia o wiriale ich średnie *M/L* wynosi 170 h.

2. *Gromady galaktyk*

Masy gromad galaktyk oceniamy na podstawie dyspersji prędkości występujących w nich galaktyk i obserwacji promieniowania rentgenowskiego pochodzącego z międzygalaktycznego gazu. Średnia wartość *M/L* dla bogatych gromad galaktyk wynosi 300±100. Jest to znacznie więcej niż suma mas galaktyk wchodzących w ich skład, nawet gdy przyjmiemy dla pojedyńczej galaktyki $M/L = 50$. Może to świadczyć o istnieniu w gromadach galaktyk odrębnej składowej ciemnej materii.

W niektórych przypadkach możemy już podać oszacowania mas galaktyk i gromad galaktyk dzięki obserwacjom soczewkowania grawitacyjnego. Obserwowane odległości pomiędzy soczewkowanymi obrazami oraz zniekształcenia galaktyk tła potwierdzają dużą masę soczewek. Istnieje jednak kilka przykładów, kiedy brak zauważalnych efektów soczewkowania daje górne ograniczenie na masę galaktyk.

3. *Wielkoskalowe przepływy materii*

Wyznaczanie odległości do galaktyk nie korzystające z prawa Hubble'a pozwoliło na stwierdzenie nałożonych na ekspansję Wszechświata wzajemnych ruchów galaktyk i ich gromad. Obecność pola prędkości obejmującego gromady galaktyk na przestrzeni dziesiątków megaparseków świadczy o niejedorodnościach rozkładu gęstości i wymaga $\Omega \geq 0.3$, co jest zgodne z przyjęciem średniego $M/L \geq 400h$. Jest to porównywalne z M/L otrzymywanym dla bogatych gromad galaktyk. Obecna dokładność pomiarów prędkości wielkoskalowych przepływów jest jednak nieduża i wynik ten zależy w dużej mierze od tego jak dokładnie rozkład galaktyk odtwarza rozkład masy we Wszechświecie.

2.4 Jaka jest średnia gęstość Wszechświata?

Masa świecąca daje średnią gęstość rzędu $\Omega_L \approx 0.002h^{-1.5}$. Teoria pierwotnej nukleosyntezy przewiduje średnią gęstość barionów biorących w niej udział $\Omega_b = (0.01–0.02)h^{-2}$. Masy gromad i supergromad galaktyk oraz wielkoskalowe przepływy pozwalają określić średnią gęstość Wszechświata na $\Omega \approx 0.3$. Mająca wielu zwolenników teoria inflacji przewiduje, że $\Omega = 1$ z bardzo dużą dokładnością. Porównanie Ω_L i Ω_b świadczy o tym, że w obserwowanych gwiazdach i gazie znajduje się około 10-20% barionów biorących udział w pierwotnej nukleosyntezie. Pozostałe 80-90% musi się znajdować w innej postaci. Proponowanymi kandydatami na barionową ciemną materię są najczęściej brązowe karły i czarne dziury. Pomiędzy Ω_L i Ω_b zachodzi dość duża rozbieżność. Może być ona wynikiem innego niż powszechnie przyjmowany przebiegu pierwotnej nukleosyntezy, lub też obecnością we Wszechświecie masywnych cząstek niebarionowych, które mogą stanowić większość jego masy. W przypadku kiedy $\Omega = 1$, dość duża ilość materii powinna nie być związana z gromadami galaktyk i mieć w miarę równomierny rozkład w przestrzeni. Najprawdopodobniej byłoby to tło masywnych cząstek elementarnych.

Najczęstszym argumentem przeciw dużej ilości ciemnej materii jest przyjęcie, że obiekty, którym mierzymy prędkości, mogą nie być na trwale związane grawitacyjnie. Nie mamy na to dowodów gdyż czas potrzebny do zaobserwowania zmian wzajemnych położeń galaktyk jest znacznie większy od czasu przez jaki do tej pory prowadziliśmy obserwacje. Najczęściej korzystamy z zależności pomiędzy energią potencjalną i kinetyczną dla układów znajdujących się w stanie równowagi, a nie możemy wyznaczyć przy-

Tabela 1
Ciemna materia

DM	status	ΩDM	ρ lok ($M_\odot/ps^3$)	Najczęściej proponowani kandydaci
D	?	~ 0.001	0.1	br. k., bi. k., ?
H	+	0.01–0.1	0.01	CDM, br. k., m. cz. d., ?
Gr	+	0.1–0.2	?	CDM/HDM, br. k., m. cz. d., ?
T	?	≤ 1	$\sim 10^{-7}$	HDM, ???

Kolumna 1: DM – Dark Matter – ciemna materia: związana z dyskami galaktyk – D, związana z halo galaktyk — H, związana z gromadami galaktyk — Gr, kosmicznego tła — T
Kolumna 2 – istnienie: + dosyć pewne, ? kontrowersyjne
Kolumna 3 – wkład poszczególnych składników ciemnej materii do Ω
Kolumna 4 – szacunkowa gęstość masy w okolicy Słońca.
Kolumna 5 – główni kandydaci: br.k. – brązowe karły, bi.k. – białe karły, m.cz.d – masywne czarne dziury o masach 10^5-10^6 $M_\odot$, CDM – 'zimna' ciemna materia, HDM – 'gorąca' ciemna materia.

śpieszenia jakiemu podlegają obserwowane obiekty. W niektórych przypadkach grupy galaktyk mogą być tylko efektem rzutu na sferę niebieską galaktyk znajdujących się w różnych odległościach. Obserwacje soczewkowania grawitacyjnego pozwalają na wyznaczenie w niezależny sposób mas galaktyk i gromad galaktyk. Pierwsze wyniki wydają się potwierdzać duże masy zarówno galaktyk jak i ich gromad.

3. Co tworzy ciemną materię?

Istnieje wiele klas obiektów, których obecnie nie potrafimy wykryć. Możemy jednak w niektórych przypadkach podać dość dobre oszacowanie na masę, która może być zawarta w obiektach danego typu.

3.1 Barionowa ciemna materia

1. *Gaz i pył*

Wydawało się do niedawna, że posiadamy dość dokładne dane o rozkładzie gazu i pyłu w Galaktyce. Obecnie wiemy, że gaz może być rozłożony bardzo nierównomiernie i poprzednie oszacowania zaniżały ilość gazu znajdującego się w płaszczyźnie dysku. Wykrycie nowych struktur tworzonych przez chłodny gaz może znacznie zwiększyć całkowitą masę gazu. Przyjmowana do niedawna średnia wartość gęstości kolumnowej gazu w dysku Galaktyki — około 5 $M_{\odot}pc^{-2}$ została zwiększona do 12 $M_{\odot}pc^{-2}$. Wielkość ta wydaje się dobrze potwierdzona, lecz jak widać trudno przyjąć ją za pewną. Obecnie posiadamy następujące informacje o gazie wokół galaktyk i przestrzni międzygalaktycznej. Promieniowanie rentgenowskie dochodzące z gromad galaktyk świadczy o ogromnej ilości gazu znajdującego się w centralnych częściach gromad. Jego masa jest jednak za mała aby wytłumaczyć obserwowaną nadwyżkę masy gromad. W przestrzeni międzygalaktycznej obserwujemy obłoki gazu o pierwotnym składzie chemicznym – obłoki Ly_{α}. Całkowita ilość gazu w nich zawarta szacowana jest na $\Omega \approx 0.003$. Ilość neutralnego wodoru w przestrzeni międzygalaktycznej daje wkład do Ω mniejszy niż 10^{-8}. Nie mamy na razie dobrego ograniczenia na ilość zjonizowanego wodoru w przestrzeni międzygalaktycznej. Na podstawie obecnych ograniczeń jego gęstość może być porównywalna z Ω_b wynikającą z pierwotnej nukleosyntezy. Nie potrafimy na razie wykryć gazu jeżeli znajdowałby się w postaci zwartych chłodnych obłoków, np. w otoczkach galaktyk.

2. *Meteroidy i komety*

Ilość materii znajdującej się w postaci meteorów i komet może być oceniana na podstawie obserwacji tych obiektów w Układzie Słonecznym. Szacunki te, oparte na założeniach równomiernego rozkładu obiektów dają dolne ograniczenia na masę obiektów ciemnej materii dysku na 10^{22}g i ciemnej materii halo na 10^{21}g, jeżeli miałyby dawać znaczący wkład do masy dysku i halo. Ze względu na małą ilość ciężkich pierwiastków po pierwotnej nukleosyntezie komety w przestrzeni międzygalaktycznej musiałyby składać sie głównie z wodoru. Możliwa kondensacja wodoru w bryły o masach poniżej 10^{23}g jest ograniczana przez mikrofalowe promieniowanie tła.

3. *Obiekty planetarne*

Przez najbliższe lata najbardziej obiecującym sposobem na wykrycie obiektów o masie 10^{-7}–10^{-3} $M_{\odot}$ wydają się obserwacje mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Zespół badawczy MACHO (zespół naukowy australijsko-amerykański poszukujący przypadków mikrosoczewkowania grawitacyjnego) nie rejestrując krótkotrwałych zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego dla blisko 10^5 gwiazd w Wielkim Obłoku Magellana obserwowanych przez 10 miesięcy

około 40 razy na noc stwierdził, że obiekty o masie 10^{-7}–10^{-4} $M_\odot$ nie mogą mieć znaczącego wkładu do masy otoczki Galaktyki.

4. *Brązowe karły*

Obiekty o masie poniżej około 0.08 $M_\odot$ nie mogą już w swoich wnętrzach zapewnić warunków do stabilnych reakcji termojądrowych. Głównym ich źródłem energii jest grawitacyjne kurczenie się, a następnie już tylko stygnięcie. Na początku ich jasność i temperatura efektywna może być podobna do tej, jaką posiadają najmniej masywne gwiazdy (stąd obiekty o najmniejszych jasnościach są najczęściej nazywane kandydatami na brązowe karły). Najbardziej obiecującym sposobem na stwierdzenie ile materii zawartej jest w postaci brązowych karłów wydają się obserwacje zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Obecnie wydaje się, że większość obserwowanych zjawisk tego typu było powodowanych raczej przez małomasywne gwiazdy niż przez brązowe karły (ocena średniego czasu trwania mikrosoczewkowania). Realizowane obecnie programy obserwacji zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego w ciągu paru lat powinny dać odpowiedź, czy brązowe karły są obiektami mogącymi mieć istotny wkład do masy galaktyk. Przy większej liczbie zaobserwowanych przypadków stanie się możliwe podanie oszacowania liczby brązowych karłów w stosunku do liczby obserwowanych gwiazd. Kolejnym ważnym krokiem w kierunku obserwacji brązowych karłów będzie wyniesienie orbitalnego laboratorium podczerwonego, które powinno pozwolić na obserwacje kilkudziesięciu – kilkuset brązowych karłów na stopień kwadratowy (przy założonej gęstości masy 0.01–0.1 $M_\odot/pc^3$).

5. *Małomasywne gwiazdy*

Jasność gwiazd w bardzo silny sposób zależy od ich masy. Postać zależności masa – jasność dla małomasywnych gwiazd nie jest dokładnie znana. Dla gwiazd o najmniejszej masie zapewniającej stabilne reakcje termojądrowe (ok. 0.08 $M_\odot$) jasność bolometryczna jest około 0.001 $L_\odot$, a jasność w filtrze V poniżej 0.0001 $L_\odot$. Gwiazdy o masach powyżej 0.3 $M_\odot$ nie mogą stanowić ciemnej materii, gdyż po prostu są za jasne. Ograniczenia na ilość mniej masywnych gwiazd mamy na podstawie ich zliczeń w naszym otoczeniu i obserwacji innych galaktyk w podczerwieni. Ostatnie obserwacje teleskopu kosmicznego pozwoliły stwierdzić, że liczba gwiazd o masach poniżej 0.2 $M_\odot$ (a więc takich, które mogłyby być kandydatami na ciemną materię) jest znacznie mniejsza niż oczekiwano i masa w nich zawarta jest znacznie mniejsza od masy zawartej w pozostałych gwiazdach.

6. *Białe karły*

Powstają jako końcowy etap ewolucji gwiazd o masie mniejszej od 4–8 $M_\odot$. Proces stygnięcia białego karła powoduje, że 10^9 lat po powstaniu jego jasność spada do około $10^{-3}L_\odot$, a po 10^{10} lat (mniej więcej tyle ile ma Galaktyka) do poniżej $10^{-4}L_\odot$. Przy założeniu, że tempo powstawania gwiazd w Galaktyce było takie jak kiedyś obecna ich gęstość masy w naszym otoczeniu powinna być rzędu 0.007 $M_\odot/ps^3$, co jest bliskie obserwowanej wartości. Istnieje możliwość, że we wczesnych etapach rozwoju galaktyki mogło powstać dużo białych karłów, których obecna jasność byłaby bardzo mała.

7. *Gwiazdy neutronowe*

Gwiazdy o masie powyżej 8 $M_\odot$ kończą swoją ewolucję wybuchem supernowej. Pozostałością po takich gwiazdach mogą być gwiazdy neutronowe lub czarne dziury. Argumentem przeciw dużej liczbie gwiazd neutronowych jest fakt, że podczas wybuchu supernowej, produkty reakcji termojądrowych są wyrzucane w ośrodek międzygwiezdny. W przypadku gdyby gwiazdy neutronowe miały znaczący udział w masie

galaktyk liczba ciężkich pierwiastków musiałaby być znacznie większa niż obserwujemy.

8. *Czarne dziury powstające w wyniku ewolucji gwiazd*

Gwiazdy o masie powyżej 20 – 40 $M_\odot$ mogą pozostawić po sobie czarne dziury. W przypadku czarnych dziur część materiału wyrzuconego w przestrzeń podczas wybuchu supernowej mogłaby spaść do czarnej dziury i zostać tam zatrzymana. Nie znamy dokładnie przebiegu wybuchów supernowych, ale wydaje się, że ilość wyrzuconego w przestrzeń materiału byłaby za duża w stosunku do obserwowanej zawartości pierwiastków ciężkich. Dodatkowym argumentem na rzecz niewielkiej ilości czarnych dziur w dysku galaktyki jest obecność układów podwójnych o długich okresach obiegu. Gdyby w dysku znajdowała się duża liczba obiektów o masie powyżej 2 $M_\odot$ układy takie uległyby rozpadowi.

9. *Masywne i supermasywne czarne dziury*

Obiekty o masie powyżej 300 $M_\odot$ powinny ulec całkowitemu zapadnięciu (po utracie stabilności) prowadzącemu dla mniej masywnych gwiazd do wybuchu supernowej, co nie dostarczałoby w przestrzeń ciężkich pierwiastków. Dzisiaj nie obserwujemy tak masywnych gwiazd, lecz gdyby ich znaczna liczba była kiedyś obecna, powinno się obserwować jej wkład do promieniowania tła. Obiekty o masie powyżej 10^5 $M_\odot$ powinny ulec całkowitemu zapadnięciu bez rozpoczęcia reakcji termojądrowych. Halo nie może się jednak składać z obiektów o masie powyżej 10^6 $M_\odot$, gdyż miałyby zbyt silny wpływ na dysk Galaktyki i gromady kuliste. Masy czarnych dziur w gromadach galaktyk muszą być mniejsze niż 10^9 $M_\odot$ ze względu na brak obserwacji niewyjaśnionych zaburzeń kształtu galaktyk. Na podstawie obserwacji soczewkowania grawitacyjnego stwierdzono, że całkowita masa zawarta w czarnych dziurach o masach 10^7–10^9 $M_\odot$ odpowiada $\Omega < 0.4$, a dla mas 10^{11}– 10^{13} $M_\odot$ $\Omega < 0.02$.

3.2 Cząstki elementarne i obiekty pochodzące sprzed pierwotnej nukleosyntezy

Przełomem we współczesnej kosmologii było odkrycie mikrofalowego promieniowania tła. Ma ono rozkład energii odpowiadający promieniowaniu ciała doskonale czarnego o temperaturze 2.7 K i jest jednym z głównych obserwacyjnych dowodów teorii Wielkiego Wybuchu. Parametr gęstości związany z promieniowaniem tła wynosi $\Omega_\pi = 2.5 \times 10^{-5}$, a gęstość fotonów rzędu 400 cm^{-3} świadczy, że liczba fotonów we Wszechświecie jest około 10^9 razy większa od liczby barionów. Wiemy, że z okresu kiedy Wszechświat był bardzo gorący mogły pozostać jeszcze inne cząstki. Popularnymi kandydatami na ciemną materię są słabo oddziałujące masywne cząstki (WIMP – Weakly Interacting Massive Particles), które mogą zawierać większość masy Wszechświata. Generalnie cząstki elementarne mogące być pozostałością po Wielkim Wybuchu dzielimy na 'gorące' (HDM) i 'zimne' (CDM) w zależności od tego czy w czasie utraty stanu równowagi termodynamicznej z otoczeniem były relatywistyczne, czy też nie. O możliwościach detekcji cząstek elementarnych mogących być składnikami ciemnej materii można przeczytać w artykule Marii Ł y s i k (*Urania* 11/1994, s. 299).

Jedynym kandydatem na niebarionową ciemną materię, o którym wiemy, że istnieje są neutrina. Obecna gęstość neutrin i antyneutrin tła powinna wynosić około 100 cm^{-3} dla każdej rodziny neutrin (znamy 3 rodziny). W przypadku gdyby neutrina miały masę związany z nimi parametr gęstości jest $\Omega_\nu = h^{-2} m_\nu / 94 eV$, gdzie m_ν jest średnią masą neutrin trzech rodzajów. Aby neutrina

mogły tworzyć masywne otoczki wokół galaktyk karłowatych ich masa musiałaby być rzędu kilkuset eV. Jaka jest masa neutrin – tego jeszcze nie wiemy. Znamy tylko ograniczenia na ich masę, która dla neutrina elektronowego wynosi poniżej kilku elektronowoltów. Neutrino jest typowym przedstawicielem HDM. Do tej pory nie jesteśmy w stanie zarejestrować neutrin pozostałych po Wielkim Wybuchu. Pozostałe cząstki, które są kandydatami do wyjaśnienia problemu ciemnej materii, znane są na razie tylko z rozważań teoretycznych, nie potrafiliśmy ich do tej pory wykryć doświadczalnie. WIMP o masach spoczynkowych 10–100 eV zalicza się do HDM, o masach rzędu keV do 'ciepłej' ciemnej materii i a masach spoczynkowych rzędu MeV i więcej do CDM. Teoria przewiduje poza WIMP jezcze wiele cząstek elementarnych mogących tworzyć ciemną materię i odpowiednio wchodzących w skład HDM i CDM. Pozostałe propozycje dotyczące obiektów mogących zawierać znaczną część masy Wszechświata to min: powstałe przed pierwotną nukleosyntezą czarne dziury, grawitacyjne promieniowanie tła, monopole magnetyczne, supersymetrycze struny, itd...

4. Krótkie podsumowanie.

Obserwacje wskazują, że ciemna materia składa się najprawdopodobniej z kilku składników. Obecne modele powstawania struktury we Wszechświecie potrzebują najczęściej obecności zarówno CDM jak i HDM. CDM umożliwia wystarczająco wczesne powstanie galaktyk, natomiast HDM tłumaczy istnienie supergromad i wielkoskalowych przepływów. Ciemna materia w dyskach galaktyk (jeżeli jest) najprawdopodobniej jest barionowa, gdyż cząstki elementarne trudno byłoby związać z dyskiem. Otoczki wokół galaktyk mogą być zarówno barionowe (brązowe karły, czarne dziury) jak i tworzone przez egzotyczne cząstki elementarne. Na pytania ile jest ciemnej materii (np. 5, 20 czy 100 razy więcej niż materii zawartej w gwiazdach?), jak jest rozłożona (np. jakie są rozmiary otoczek galaktyk?) i z czego się składa (jaki jej procent zawarty jest w WIMP a jaki w czarnych dziurach czy brązowych karłach?; czy ciemna materia w otoczkach galaktyk i gromadach galaktyk ma wspólne pochodzenie?) nie potrafimy dać jeszcze pewnych odpowiedzi.

Stanisław R. BRZOSTKIEWICZ — *Dąbrowa Górnicza*

„NOWINKI" ZE ŚWIATA PLANET I KSIĘŻYCÓW (II)

Jowisz po zderzeniu z kometą

Najpopularniejszym ciałem niebieskim w roku 1994 był niewątpliwie Jowisz. Sprawiła to oczywiście kometa Shoemaker-Levy 9, która – zgodnie z przewidywaniami – z nim się zderzyła, o czym szeroko informowała prasa codzienna, dużo mówiono w radio, a nawet stało się to tematem udanych prelekcji w telewizji. Nie trzeba chyba dodawać, że w związku z tym wydarzeniem kierowano na Jowisza największe teleskopy świata i że robiono to podczas pamiętnych dni lipcowych, jak i wiele miesięcy później. Aby bowiem uzyskać możliwie najpełniejszy obraz tej kosmicznej katastrofy, nie można było po-

przestać jedynie na obserwacji jej przebiegu, lecz należało również wnikliwie zbadać, czy i ewentualnie jakie są tego skutki. Nie chodzi tu tylko o ciemne plamy, które długo jeszcze na Jowiszu obserwowano i które nawet można było dostrzec za pomocą amatorskich teleskopów. Mamy na myśli przede wszystkim specjalistyczne badania, zaś przykład zaś mogą służyć pomiary w podczerwieni dokonane 18 i 19 grudnia 1994 roku przez francuskich i holenderskich astronomów. Wykazały one, że mimo upływu tak długiego czasu miejsca upadków poszczególnych fragmentów komety Shoemaker-Levy 9 miały o 5-7 kelwinów niższą temperaturę od otoczenia.

To ochłodzenie wspomnianych wyżej obszarów atmosfery Jowisza można różnie tłumaczyć. Problem polega jednak na tym, aby znaleźć właściwe rozwiązanie zagadki lub przynajmniej bardzo zbliżone do prawdy. Czy zatem rację mają autorzy hipotezy głoszącej, że podczas „zanurzania się" fragmentów komety w atmosferze Jowisza do tamtejszej stratosfery przenikło dużo molekuł amoniaku (NH_3), cyjanowodoru (HCN) i wody (H_2O), a te związki wydajnie emitują promieniowanie podczerwone i w rezultacie doszło tam do lokalnych ochłodzeń? A może są to skutki odbicia promieni słonecznych od obłoków pary unoszących się przez jakiś czas nad miejscami upadków owych fragmentów komety?

O wulkaniźmie Io

Przed trzema laty w pobliżu Jowisza na krótko znalazła się sonda kosmiczna Ulysses. Po prostu grawitację największej planety Układu Słonecznego wykorzystano do przeprowadzenia manewru, mającego na celu skierowanie wspomnianej sondy na taką trajektorię, aby umożliwiła jej późniejszy przelot nad obu biegunami Słońca. Zbliżenie to było oczywiście świetną okazją, aby za pomocą przyrządów zainstalowanych na Ulyssesie dokonać odpowiednich pomiarów. W zupełności potwierdziły one od kilkunastu lat znaną prawdę, że Jowisz posiada wyjątkowo rozległą magnetosferę i że jej obecność warunkuje jego silne pole magnetyczne. Pierwsze bowiem jony zostały przez aparaturę Ulyssesa zarejestrowane już w odległości około 8 mln km od planety.

Głównym źródłem jonów dla magnetosfery Jowisza są – jak od dawna wiadomo – czynne wulkany na Io. Co więcej – idzie tu o bardzo wydajne wulkany, najwydajniejsze chyba w małym Układzie Słonecznym, gdyż wyrzucana przez nie materia byłaby zdolna pokryć całą powierzchnię księżyca warstwą o grubości około 100 mm. Na uwagę zasługuje chociażby wulkan Pele, wylatujące bowiem z jego gardzieli cząstki poruszają się z prędkością do 1 km/s i osiągają wysokość około 300 km. Pod tym względem niewiele ustępuje mu wulkan Prometheus, bo wprawdzie wyrzuca on cząstki materii tylko na wysokość około 100 km, to jednak częściej dochodzi w nim do wybuchów i przez to samo wydaje się być wydajniejszym. A na obrazach otrzymanych za pomocą obu Voyagerów odkryto dziewięć tego rodzaju utworów eruptywnych i w jakimś stopniu dają one wyobrażenie o intensywności przebiegających tam zjawisk wulkanicznych. Tak silnej aktywności nikt nie oczekiwał, mamy tu przecież do czynienia z obiektem o zbliżonych rozmiarach i masie do naszego Księżyca, a na nim – jak wiadomo – aktywność wulkaniczna już dawno wygasła. Wprawdzie 3 listopada 1958 roku astronom radziecki Nikolaj P. K o z y r e w (1908-1983) zaobserwował coś w rodzaju emisji gazu z górki centralnej krateru Alfons, co rzekomo świadczyło o słabej erupcji wulkanicznej i nawet możliwości wylewu niewielkiej ilości lawy. Niestety, nikt więcej czegoś podobne-

go nie obserwował i dziś trudno powiedzieć, jakie faktycznie zjawisko dostrzegł i badał Kozyrew. W każdym razie wysuniętych na podstawie tej obserwacji wniosków nie potwierdzały otrzymane 24 marca 1965 roku za pomocą Rangera 9 doskonałe obrazy krateru Alfons.

Wulkanizm na Io musi mieć zatem zupełnie inny charakter niż wulkanizm na Ziemi, Wenus i Marsie. Wszystko zresztą wskazuje na to, że wulkanizm ten uzależniony jest od zawartości gazu (głównie SO_2) w skorupie księżyca i od specyficznych stosunków zachodzących między temperaturą a zachowaniem się siarki. W temperaturze nie przekraczającej 400 kelwinów znajduje się ona w stanie stałym i ma żółtą barwę, lecz już w temperaturze 430 kelwinów topi się i przybiera barwę pomarańczową, która wraz z niewielkim wzrostem temperatury staje się jasnoróżowa. Jeżeli jednak siarkę ogrzejemy do temperatury 500 kelwinów, wówczas powstaje czarna, dziegciowata maź. W wyniku dalszego podgrzewania lepkość siarki ponownie spada, w temperaturze 650 kelwinów znowu jest ciekła, a w jeszcze wyższej i odpowiednim ciśnieniu po prostu wyparowuje. Tak więc na wulkanizm Io zdaje się mają wpływ przede wszystkim te stany siarki, w którym bywa ona ciekła i zdolna transportować ciepło.

Ale skąd się bierze ciepło niezbędne do wywoływania zjawisk wulkanicznych na Io? Teoretycznie jego wnętrze powinno być już niemal całkowicie chłodne, a w każdym razie wulkanizm tam występujący nie może wywoływać ciepło, które pochodzi z rozpadu pierwiastków promieniotwórczych i które na Ziemi stanowi dziś główne źródło energii napędzającej takie procesy. Źródłem ciepła na Io są najprawdopodobniej zjawiska pływowe, wywołane przyciąganiem grawitacyjnym Jowisza i jego księżyców, przede wszystkim zaś Europy i Ganimedesa. Pod wpływem nieustannie zmieniających się sił skorupa tego księżyca na przemian unosi się i opada z amplitudą dochodzącą w obszarach równikowych do około 100 m. W wyniku zatem tego ciągłego „falowania" skorupa Io ogrzewa się do odpowiedniej temperatury, znajdująca się w niej siarka oraz jej związki topią się i wypełniają podgruntowe zbiorniki, a następnie – jak się przekonamy – spokojnie wypływają na powierzchnię księżyca. Jednak od czasu do czasu w tych zbiornikach dochodzi do nagłej dekompresji, następuje gwałtowny spadek ciśnienia, następstwem czego jest potężna eksplozja. Podczas takiej erupcji magma siarkowo-krzemowa zostaje wyrzucona z dużą siłą nad powierzchnię księżyca.

Erupcje wulkaniczne na Io można podzielić na dwie różne grupy. Do pierwszej planetolodzy zaliczają erupcję typu Pele, mające bardzo regularne kształty i z wyglądu przypominające jakieś gigantyczne wodotryski. Przypuszczalnie mamy tu do czynienia nadzwyczaj silnymi i bardzo wydajnymi, lecz krótkotrwałymi wytryskami magmy i gazu. Rodzą się one w określonych warunkach termicznych, najprawdopodobniej głównie tam, gdzie skorupa Io jest nieco grubsza i gdzie temperatura wynosi 700-1200 kelwinów. W zupełnie odmiennych warunkach termicznych powstają erupcje zaliczane do drugiej grupy, reprezentowanej przez wspominany już wulkan Prometheus. Są to wprawdzie zjawiska znacznie słabsze, ale za to bardziej trwałe, obserwowane podczas przelotów obu sond Voyager. Przypuszczalnie tworzą się tam, gdzie temperatura skorupy Io nie przekracza 650 kelwinów.

Całkiem inny typ wulkanizmu na Io przedstawiają utwory, przez planetologów zwane paterami. Formacje te o wiele bardziej przypominają naziemne wulkany, zwłaszcza wulkany tarczowe, a za przykład mogą służyć Maasaw Patera i Ra Patera.

Utwór tego typu składa się z kaldery, która wokół otoczona jest systemem potoków zastygłej lawy. Jednak w porównaniu z ziemskimi kaldery na Io mają dużo większe rozmiary, ich średnice wynoszą bowiem od 50 do 200 km. Na podstawie długości cienia rzucanego przez otaczające je wały można było stwierdzić, że są to twory stosunkowo płytkie, mające najwyżej 2-3 km głębokości względem poziomu najbliższej okolicy. Jednocześnie mamy tu do czynienia z utworami najbardziej rozpowszechnionymi na Io, występującymi w różnych szerokościach księżyca i w sumie zajmującymi około 5% jego ogólnej powierzchni. Ściany wewnętrzne jednych kalder są gładkie, w innych występują wyraźne terasy, z czego można wnioskować, że ich rozwój odbywał się w kilku etapach. Są to twory typu kolapsowego, powstające w wyniku zapadania części środkowych płaskich stożków po spokojnym spłynięciu na powierzchnię lawy, której zastygłe potoki mają niekiedy kilka kilometrów szerokości i ciągną się na odległość kilkuset kilometrów. W ich formowaniu – sądzą planetolodzy – musiały brać udział ciekła siarka o różnej temperaturze, zawierająca przy tym domieszki innych składników. Z tego przypuszczalnie powodu otaczające poszczególne kaldery systemy potoków zastygłej lawy mają przeróżne zabarwienia.

Wszystko to razem mówi nam o występowaniu na Io najprzeróżniejszych form wulkanicznych i o przebieganiu w jego skorupie burzliwych procesów. Nie należy się przeto dziwić, że planetologów tak bardzo interesuje ten księżyc i że dlatego w marcu 1992 roku do obserwacji zachodzących na nim zjawisk użyto teleskopu kosmicznego Hubble'a (HST). Wnikliwa analiza uzyskanych obrazów zdawała się dowodzić, jakoby od czasu przelotu przez układ Jowisza sond Voyager aktywność wulkaniczna Io wyraźnie osłabła. Co innego natomiast mówią obserwacje dokonane przez J. D. Coguena i jego współpracowników na przełomie lat 1990 i 1991, kiedy to doszło do zakrycia omawianego księżyca przez tarczę Europy. Stwierdzono wówczas wzmożoną aktywność wulkanu Loki Patera, a w marcu 1994 roku znowu John R. Spencer dostrzegł zjawisko świadczące o nowej erupcji wulkanu Pele. No i wreszcie 2 marca 1995 roku, grupa astronomów amerykańskich (J. R. Spencer, J. E. B. Spencer i D. Griep), posługując się zainstalowanym na Mauna Kea (Hawaje) teleskopem podczerwieni stwierdziła wybuch wulkanu, który położony jest około 45° na południe od Io i około 135° na zachód od tamtejszego zerowego południka. Idzie tu przypuszczalnie o wyjątkowo silny wybuch, bo zazwyczaj takie zjawisko trwa kilkanaście godzin, a tym razem było obserwowane jeszcze 9 marca. Pod względem jasności porównuje się je do jasności całej oświetlonej promieniami słonecznymi półkuli księżyca.

Nowy utwór wulkaniczny na Io czy też raczej wznowienie aktywności wulkanu Malik Patera? Niestety, na razie to pytanie musi pozostać bez odpowiedzi, choć na rozwiązanie zagadki nie powinniśmy zbyt długo czekać, gdyż – o ile wszystko pójdzie zgodnie z planem – 7 grudnia 1995 roku do Jowisza dotrze sonda Galileo. Ma ona przelecieć obok Io zaledwie w odległości 1000 km i na przekazanych przez nią obrazach winny być widoczne szczegóły o średnicy 20 m (!).

O białych plamach Saturna i o zaniku widoczności jego pierścieni

W roku 1990 – jak pamiętamy – na Saturnie pojawiła się jasna plama, zwana Wielką Białą Plamą (Great White Spot). Po raz pierwszy dostrzegł ją wieczorem 24 września Stuart Wilber, miłośnik astronomii z Las Cruces (Nowy Meksyk, USA), posługując

się refraktorem – jak podano w komunikacie – o średnicy 0,06 m (!). Wynika z tego, że często o sukcesie obserwacyjnym mniej decyduje wielkość instrumentu, więcej natomiast doświadczenie obserwatora i przysłowiowy łut szczęścia, który jednak także w tym przypadku – podobnie jak w każdej innej działalności – trzeba wesprzeć pracowitością. Powinno to być zachętą dla polskich miłośników astronomii, dysponujących niekiedy zupełnie przyzwoitym sprzętem i mających wcale nie najgorsze warunki obserwacyjne, a mimo to wykazujących niemałą pasywną postawę jedynie z braku wiary w możliwość osiągnięcia jakichś poważniejszych wyników. A tymczasem – jak tego dowodzi przykład Wilbera – i u schyłku XX wieku amator może dokonać ciekawego odkrycia.

Wielką Białą Plamą na Saturnie interesowało się wielu astronomów i była wnikliwie przez nich badana. Przepiękne jej obrazy uzyskano za pomocą teleskopu kosmicznego HST (patrz trzecia strona okładki) i one głównie umożliwiły poznanie fizycznych właściwości tego niezwykłego zjawiska, na pierwszy rzut oka przypominającego Wielką Czerwoną Plamę na Jowiszu. W jednym i drugim przypadku mamy do czynienia z potężnym wirem atmosferycznym, ale różnice między nimi są znaczne i nie dotyczą tylko zabarwienia, lecz przede wszystkim trwałości zjawiska. Dobrze przecież wiadomo, że Wielka Czerwona Plama na Jowiszu śledzona jest od przeszło trzech stuleci. Po raz pierwszy dostrzegł ją już w roku 1664 uczony angielski Robert H o o k e (1635-1703), a w roku 1872 nic nie wiedząc o tym odkryciu plamę zaobserwował astronom francuski Gian Domenico C a s s i n i (1625-1712). W latach 1880-1886 stała się ona ledwo widoczna i oczekiwano jej zaniku, co – jak wiemy – nie nastąpiło. Widoczność plamy znowu się poprawiła i do dziś jest obserwowana nawet przez amatorskie teleskopy. Tymczasem odkryty przez Wilbera wir atmosferyczny na Saturnie był wprawdzie największym, jakie na tej planecie obserwowano od ubiegłego stulecia, to jednak zniknął już po kilkunastu miesiącach. Interesujące jest przy tym to, że wprawdzie tego rodzaju zjawiska widoczne były na Saturnie już po raz piąty (1876, 1903, 1933, 1960 i 1990), lecz pod względem wielkości tylko trzy z nich zasługują na uwagę (1876, 1933 i 1990), z czego niektórzy badacze wyciągają daleko idące wnioski. Uważają po prostu, że tak ogromne wiry atmosferyczne pojawiają się na Saturnie w przybliżeniu co 57 lat, a więc mniej więcej co drugi jego obieg dokoła Słońca, który – jak wiadomo – trwa 29 lat i 166,98 dni. Czy jednak nie za wcześnie, by już dziś jednoznacznie dowodzić, jakoby miało to być regularnie powtarzające się zjawisko? Związane zaś byłoby to – jak się przynajmniej wydaje – z porą letnią na północnej półkuli Saturna.

W grudniu 1994 roku za pomocą teleskopu kosmicznego HST zaobserwowano w pobliżu równika Saturna nową białą plamę (patrz trzecia strona okładki). Ten jasny wir burzowy, przypominający huragany występujące w zwrotnikowych strefach naszej planety, osiągnął rozmiary globu ziemskiego. Wyjątkowa ostrość uzyskanych obrazów pozwoliła poznać warunki, jakie panują w danej warstwie atmosfery Saturna, a przede wszystkim wyznaczyć prędkość wiatru pędzącego unoszący się ponad jasną plamą ciemniejszy obłok w kształcie klina, który przesuwa się ponad nią w kierunku wschodnim, toteż na wspomnianych obrazach wygląda ona niczym ogromny „grot strzały". Na tej wysokości – jak to wykazały pomiary wykonane w latach 1980-1981 zaś pomocą sond Voyager – prędkość wiatru dochodzi do 1600 km na godzinę i z taką też prędkością przemieszcza się ów ciemniejszy obłok. Jas-

ny wir burzowy również wędruje w kierunku wschodnim, ale odbywa się to o wiele powolniej. Ponieważ jednak nieustannie podnosi się ku górze, to wcześniej lub później znajdzie się w strefie silnych wiatrów i – co można było prześledzić na przykładzie Wielkiej Białej Plamy z roku 1990 – zostaje rozproszony wzdłuż równika. A ową symboliczną już niemal „białość" zawdzięcza przypuszczalnie unoszącym się w nim kryształkom zamarzniętego amoniaku.

Kończąc omawianie Saturna warto może wspomnieć o kolejnym zaniku widoczności pierścieni. Zjawisko to powstaje, gdyż jego oś rotacyjna nachylona jest pod kątem około 27° do płaszczyzny orbity, a ta nie leży dokładnie w płaszczyźnie ekliptyki (kąt nachylenia wynosi około 2,5°). W następstwie tego co jakiś czas (mniej więcej co 15 lat) powstają takie oto sytuacje geometryczne:

1. Płaszczyzna pierścieni Saturna przechodzi przez Ziemię (21 maja 1995 r., 11 sierpnia 1995 r. 11 lutego 1996 r.) i ziemski obserwator może je obserwować tylko z „profilu".
2. Płaszczyzna pierścieni Saturna przechodzi przez Słońce (19 listopada 1995 r.) i ku Ziemi kierują ciemny profil.
3. Pierścienie kierują ku Ziemi swą nieoświetloną stronę (od 21 maja do 11 sierpnia 1995 r. była to strona południowa, a od 19 listopada 1995 r. do 11 lutego 1996 r. będzie to strona północna).

Krótko mówiąc – pierścienie Saturna są obecnie niedostępne do obserwacji małymi lunetami. Mają przecież bardzo małą grubość i trzeba użyć większego teleskopu, żeby je dostrzec w postaci cienkich linii po obu stronach tarczy planety. Ale stan ten nie będzie trwał długo, od 11 lutego 1996 roku warunki obserwacji zaczną się poprawiać i za około 7 lat znowu będziemy je widzieli w możliwie największym rozwarciu. Ale o ile przez ostatnie 15 lat obserwowaliśmy ich północną stronę, to przez najbliższe 15 lat będziemy mogli dla odmiany podziwiać stronę południową.

Antarktyda na Tytanie

Tytan odkryty w roku 1655 przez Christiana Huygensa (1629-1695) okazał się interesującym obiektem kosmicznym. Przede wszystkim jest to nie tylko największy księżyc Saturna, ale drugi co do wielkości księżyc Układu Słonecznego, gdyż rozmiarami ustępuje tylko Ganimedesowi. Ma przecież aż 5150 km średnicy, czyli mamy tu do czynienia z ciałem większym od Merkurego (4878 km średnicy) i mało co mniejszym od Marsa (6794 km średnicy), lecz w porównaniu z nimi posiadającym małą masę ($1{,}346 \cdot 10^{23}$ kg), a tym samym i znacznie mniejszą średnią gęstość (1881 kg/m^3). W każdym razie na powierzchni Tytana – jak łatwo obliczyć – śmiało zmieściłyby się trzy ziemskie kontynenty (Azja, Afryka i Europa).

Ale to wcale nie wielkość decyduje o wspomnianym wyżej zainteresowaniu planetologów Tytanem. Jest on po prostu jedynym w Układzie Słonecznym księżycem, który – jak to wykazały pomiary wykonane za pomocą sond Voyager – posiada gęstą atmosferę, gęstszą nawet od atmosfery ziemskiej. A co ciekawe, podobnie jak nasza składa się ona głównie z azotu (N_2), który stanowi od 65% do 98% jej zawartości. Na argon (Ar) przypada najwyżej 25%, na metan (CH_4) – od 0,2% do 10% a etan (C_2H_6) i inne węglowodory to już tylko śladowe składniki tamtejszej atmosfery. Ciśnienie atmosferyczne przy powierzchni Tytana ocenia się na około 149,6 kPa, czyli byłoby ono mniej więcej półtora razy większe od ciśnienia przy powierzchni Ziemi. Badania

dokonane za pomocą Voyagerów wykazały ponadto, że na wysokości około 50 km zalega górna warstwa obłoków, składających się najprawdopodobniej z kropelek azotu, tworząc gęstą mgłę o barwie pomarańczowej. Nie jest ona przeźroczysta dla promieniowania widzialnego i dlatego kamery Voyagerów były wobec niej zupełnie bezradne, toteż o topografii Tytana nie dostarczyły nam żadnej informacji. Po prostu i tu – podobnie jak w przypadku Wenus – trzeba będzie przeprowadzić sondowania radarowe.

A jednak na „upartą" atmosferę Tytana znaleziono inny jeszcze sposób i dziś astronomowie dysponują już pierwszą mapą jego powierzchni. Zawdzięczają ją pomysłowości Petera H. Smitha i Marka T. Lemmona, którzy byli święcie przekonani, iż pod powłoką gazową tego olbrzymiego księżyca ukrywa się niejedna tajemnica i że warto zrobić wszystko, aby coś bliższego się na ten temat dowiedzieć. Gdy arizońscy planetolodzy stwierdzili, jaką zdolność rozdzielczą ma poprawiony teleskop kosmiczny HST, postanowili za jego pomocą przyjrzeć się Tytanowi w podczerwieni, używając do tego celu szerokokątnej kamery planetarnej (Wide Field and Planetary Camera). Okazało się bowiem, że w pewnym przedziale widma jego atmosfera jest częściowo przeźroczysta, co pozwoliło zbadać obszary leżące pomiędzy 40° szerokości północnej a 40° szerokości południowej. Okolic podbiegunowych Tytana i samych biegunów nie można było zbadać ze względu na zbyt duży „kąt widzenia" i konieczność przejścia promieniowania przez znacznie pogrubioną warstwę tej „brudnej" atmosfery.

W czasie jednego obiegu Tytana wokół Saturna (trwa to około 16 dni) astronomowie arizońscy uzyskali za pomocą wspomnianej kamery HST aż 50 obrazów (patrz pierwsza strona okładki). Poddano je obróbce komputerowej, stopniowo usuwając z nich zmieniające się nieustannie utwory atmosferyczne i w końcu spod warstwy chmur Tytana wynurzyły się zarysy stałych, nie zmieniających swego położenia utworów powierzchniowych. Na opracowanej o tak „ulepszone" obrazy mapie księżyca uwagę zwracają dwa utwory, przy czym jeden z nich jest jasny, drugi natomiast ciemny. Jasny zajmuje powierzchnię równą mniej więcej powierzchni Australii i – biorąc pod uwagę kierunek ruchu obiegowego Tytana – leży na jego przedniej stronie. Ciemny zaś obszar, zajmujący podobną lub nieco większą powierzchnię, znajduje się na przeciwnej, czyli tylnej stronie księżyca, Niestety, na razie nie potrafimy powiedzieć, co to są za utwory, dlaczego nie mają jednakowego albedo, kiedy i w jaki sposób powstały?

Temperatura na Tytanie jest – jak wiadomo – bardzo niska (nie przekracza 94 kelwinów). W takich zaś warunkach metan może występować we wszystkich trzech skupieniach (stałym, ciekłym i gazowym), a więc zachowuje się niemal tak samo, jak woda na Ziemi. Może tam zatem padać deszcz i śnieg metanowy, mogą znajdować się metanowe lodowce, a także większe i mniejsze zbiorniki wypełnione ciekłym metanem. Do niedawna sądzono nawet, że Tytan pokrywa globalny ocean metanu, co jednak nie jest zgodne z badaniami przeprowadzonymi w roku 1992 przez Duane O. Muhlemana i jego współpracowników. Wykazały one bowiem, iż powierzchnia tego księżyca nie odbija fal radiowych tak, jakby miał je odbijać metanowy ocean. Jeżeli zatem znajdują się tam jakieś zbiorniki ciekłego metanu, to jedynie jako jeziora i niewielkie morza, przy czym nie byłyby to twory zbyt liczne. Ale co ciekawsze, w świetle powyższych badań na powierzchni Tytana możemy oczekiwać dużych ilości lodu wodnego (!).

Czyżby więc owa jasna plama na Tytanie była – podobnie jak nasza Antarktyda – lo-

dowym kontynentem? Biorąc pod uwagę wyniki badań grupy Muhlemana takiej hipotezy wykluczyć nie można, lecz przyjmując ją – twierdzi Smith – trzeba liczyć się z pewnymi konsekwencjami. O ile bowiem ów lodowy kontynent rośnie (a jest to przecież możliwe), wówczas jego masa powoli wzrasta i może przesuwać środek ciężkości księżyca, który w końcu znajduje się na półkuli stale zwróconej ku macierzystej planecie. Lecz to z kolei znaczyłoby, iż tamtejsza Antarktyda powstała niezbyt dawno temu, przynajmniej w geologicznej skali czasu.

A może – zastanawia się Smith – idzie tu o zjawisko dziś dla nas nie całkiem zrozumiałe i będzie to można wyjaśnić dopiero podczas misji sondy Cassini? Gdy jej start nastąpi w roku 1997, wówczas do Saturna dotrze w roku 2004 i wtedy odłączy się od niej sonda Huygens, która pomknie w kierunku Tytana. Ma wylądować właśnie w północno-zachodniej części domniemanego kontynentu lodowego.

Nowe obrazy Urana

Uran z uwagi na dużą odległość od Ziemi jest obiektem bardzo trudnym do naziemnych obserwacji teleskopowych. Na niebie świeci wprawdzie na tyle jasno, że niekiedy można go dostrzec nawet okiem nieuzbrojonym, ale jego średnica kątowa wynosi zaledwie 4'', toteż na tak maleńkiej tarczy i przez większe narzędzia nie wiele widać. Astronomowie przypuszczali jedynie, iż zewnętrzna warstwa obłoków Urana ma pasmową strukturę i że z bliska możnaby dostrzec na niej – tak samo jak na widocznej powierzchni Jowisza – ciemniejsze i jaśniejsze pasy równoległe do równika. Było zatem duże rozczarowanie, gdy w styczniu 1986 roku sonda kosmiczna Voyager zbliżyła się do niego na odległość 81 500 km i przekazała na Ziemię obrazy, na których również nie wiele widać. Po prostu planeta ta jest spowita gęstą warstwą obłoków utrudniających obserwacje znajdujących się tam jakichś szczegółów.

Ale – jak tego dowiodła grupa astronomów amerykańskich z P. Kenneth Seidelmann'em na czele – sytuacja nie jest tak całkiem beznadziejna. I w tym przypadku bardzo pomocny okazał się teleskop kosmiczny HST, który 14 sierpnia 1994 roku skierowano na Urana i za pomocą szerokokątnej kamery planetarnej uzyskano nadzwyczaj ciekawe obrazy południowej półkuli planety. Wprawdzie nie widać na nich tak charakterystycznych dla pozostałych planet grupy jowiszowej wirów atmosferycznych, ale za to odkryto dwie jasne plamy (ich średnice wynoszą 3100 km i 4300 km), poruszające się w górnej warstwie tamtejszej atmosfery. Trzy uzyskane za pomocą HST obrazy wyraźnie pokazują, iż wspomniane obłoki (oznaczono je literami A i B) biorą udział w rotacji Urana, dzięki czemu astronomowie mogli uściślić ten okres, przynajmniej dla szerokości występowania owych plam. Między bowiem eskpozycją pierwszego a drugiego obrazu upłynęły 3 godziny, a trzeci obraz uzyskano po upływie 5 dalszych godzin. Na tej podstawie obliczono, że jednego obrotu wokół swej osi planeta dokonuje w ciągu 7 godzin i 14 minut, czyli wiruje szybciej niż dotąd przyjmowano. Dalsze obserwacje wykażą, czy i w jakim stopniu wynik ten jest poprawny. Ale co najważniejsze – teleskop kosmiczny HST umożliwia śledzenie zmian sezonowych na Uranie, o których dotychczas właściwie nic nie wiemy, a które mogą być nadzwyczaj interesujące z uwagi na „nienormalne" położenie osi rotacyjnej tej planety. Na jakieś konkretne wyniki trzeba będzie oczywiście czekać ładnych parę lat (tamtejszy rok trwa przecież ponad 84 ziemskie lata).

Teleskop kosmiczny HST umożliwia również systematyczne obserwacje pierścieni Urana. Odkryto je 30 marca 1977 roku, obserwując przebieg zakrycia gwiazdy SAO 158687 przez tarczę planety, lecz do tej pory żaden z naziemnych teleskopów nie pozwolił na ich bezpośrednią obserwację. Na uzyskanym za pomocą teleskopu kosmicznego HST obrazie pierścienie Urana widoczne są w całej krasie, gdyż – jak wiadomo – leżą w płaszczyźnie jego równika i obecnie widzimy ich południową stronę niemal w pełnym rozwarciu. Obok nich na wspomnianym obrazie zostały zarejestrowane niektóre księżyce (Cressida, Juliet, Portia, Belinda i Puck), przy czym każdy z nich jest potrójny, ponieważ obraz złożony został z trzech zdjęć eksponowanych w odstępie 6 minut. W tym czasie zmieniły one swe położenie względem planety i na tej podstawie będzie można uściślić czasy obiegów.

O pochodzeniu układu Pluton-Charon

Przegląd nowinek o planetach i księżycach wypada zakończyć uwagami o pochodzeniu Plutona i Charona. Bo chociaż ten przedziwny układ nie był dotychczas badany za pomocą sond kosmicznych, to jednak w ostatnich latach o tworzących go ciałach uzyskano wiele interesujących informacji, rzucających zupełnie nowe światło na powyższe zagadnienie. Należy przy tym zaznaczyć, że planetolodzy pełną garścią korzystali zarówno z danych uzyskanych za pomocą teleskopu kosmicznego HST, jak i z wyników otrzymanych za pomocą teleskopów naziemnych.

W świetle uzyskanych ostatnio informacji Pluton okazał się być dużo ciekawszym obiektem niż dotąd sądzono. Współcześni planetolodzy twierdzą wprawdzie, że nie zasługuje on na miano planety, bo – biorąc pod uwagę jego fizyczne parametry – mamy tu do czynienia raczej z jakimś zarodkiem planetarnym, który dopiero w sprzyjających warunkach mógł się przeobrazić w normalną planetę. Mimo to chcieliby wiedzieć, jak przebiegała akrecja Plutona, skąd się wziął w tym miejscu Układu Słonecznego, czy z Charonem wiążą go jakieś związki genetyczne? A może obiekty te powstały oddzielnie, a dopiero później spotkały się z sobą i odtąd wspólnie dzielą swe losy? I tak na przykład R. Halhotra, H. F. Levison i S. A. Stern sądzą, że Pluton początkowo samotnie poruszał się po kolistej orbicie i dopiero po pewnym czasie orbita ta dostała się w rezonans 3:2 z orbitą Neptuna. Ewoluowała ona jednak dalej, na skutek oddziaływania pozostałych trzech wielkich planet znacznie się wydłużyła, a potem doszło do zderzenia Plutona z innym obiektem. W wyniku tej katastrofy zyskał on nie tylko Charona, ale zaczął też poruszać się po orbicie o znacznym nachyleniu względem płaszczyzny ekliptyki. Żeby jednak takie zderzenie było możliwe, w pobliżu powinno krążyć co najmniej parę tysięcy podobnych obiektów. Co się z nimi stało, gdzie się dziś znajdują, czy odkrywane ostatnio planetoidy pozaneptunowe mają z nimi coś wspólnego? Oto niektóre tylko z pytań dręczących współczesnych planetologów.

A może rację ma A. Prentice i układ Pluton-Charon powstał w wyniku rotacyjnego rozszczepienia się jakiegoś większego obiektu? Gdyby tak było, tworząc ten osobliwy układ ciała powinny mieć nie tylko różne rozmiary i niejednakowe masy, ale wykazywać także pewne różnice pod względem składu chemicznego. Po prostu Pluton powstałby z gęstszego jądra, a Charon z nieco rzadszego płaszcza tego hipotetycznego ciała. W jakimś stopniu za takim rozwiązaniem zdają się przemawiać wnioski, do jakich niedawno doszedł G. Null w oparciu o obser-

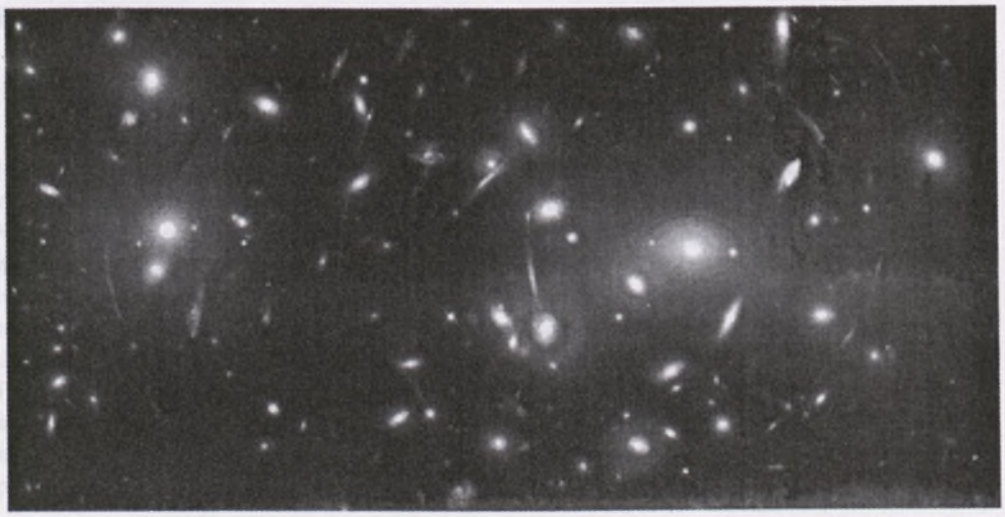
wacje, których dokonano w sierpniu 1991 r. za pomocą teleskopu kosmicznego HST. Otóż według ocen tego uczonego masa Plutona wynosi $13{,}1 \cdot 10^{21}$ kg i w takim przypadku jego średnia gęstość byłaby 2,13 razy większa od gęstości wody, masa zaś Charona ma nie przekraczać $1{,}1 \cdot 10^{21}$ kg i wobec tego miałby on średnią gęstość jedynie 1,3 razy większą od gęstości wody.

Wyniki obliczeń Nulla niczego oczywiście nie przesądzają. Przede wszystkim nie są w pełni wiarygodne, bowiem takimi astronomowie będą dysponować dopiero wtedy, gdy do układu Pluton-Charon zbliży się jakaś sonda kosmiczna. A to nie nastąpi wcześniej niż w pierwszej dekadzie nadchodzącego stulecia.

KRONIKA

Gromada galaktyk jako soczewka grawitacyjna

Na początku kwietnia teleskop kosmiczny przekazał niesłychanie malowniczy obraz znanej gromady galaktyk – Abell 2218. Gromada ta jest bardzo zwarta i masywna, zatem promienie świetlne wysyłane przez odleglejszy obiekt, a przechodzące przez nią, ulegają znaczącemu zakrzywieniu w jej polu grawitacyjnym – analogicznie jak to ma miejsce w zwyczajnej soczewce. Aby takie zjawisko było zauważalne obserwator (który ma widzieć „obraz"), „soczewka" i „przedmiot" muszą znajdować się w przybliżeniu na linii prostej oraz w odpowiednich względnych odległościach. W idealnym przypadku obrazem świecącego punktu byłby pierścień, przy mniej korzystnych warunkach widoczne są tylko świecące łuki. Prezentowane zdjęcie z HST właśnie takie piękne łuki pokazuje. A co ukrywa się pod postacią łuków? Soczewkowaniu zawdzięczamy możliwość uzyskiwania obrazów obiektów tak odległych, że zwyczajne teleskopy nie byłyby w stanie ich zauważyć. Natomiast światło „zebrane" przez soczewkę grawitacyjną (tym razem jej rolę pełni gromada Abell 2218) może okazać się wystarczająco silne. Obiektem zarejestrowanym dzięki te-



mu soczewkowaniu jest galaktyka leżąca może 5, może 10 razy dalej niż gromada ogniskująca światło. Jest to galaktyka bardzo stara, powstała wówczas, gdy Wszechświat był 4 razy młodszy niż obecnie – widzimy więc obiekt z bardzo wczesnego etapu ewolucji Wszechświata.

Dla porządku wypada dodać, że istnienie pierścieni wynikających z soczewkowania grawitacyjnego przewidział po raz pierwszy Franz Zwicky już w 1937 roku! Dwa pierwsze łuki zaobserwowano w 1985 roku na zdjęciach gromady Abel 370, trzeci – na zdjęciach gromady C 12244, a zdjęcia zrobione były w chilijskim obserwatorium ESO. Autorzy zdjęć nie od razu jednak wiedzieli co zdołali zaobserwować – poprawną interpretację ich wyników podał rok później prof. Bohdan Paczyński.

Teleskop kosmiczny Hubble'a wyniesiony został na orbitę 25 kwietnia 1990 r., zdjęcie gromady Abell 2218 przekazał 5 kwietnia tego roku. Można powiedzieć, że na swoje urodziny HST przygotował nam bardzo smakowity poczęstunek!

MSK

522 rocznica urodzin Mikołaja Kopernika

W dniu 17 lutego 1995 roku w południe, pod pomnikiem Mikołaja Kopernika przy Collegium Witkowskiego Uniwersytetu Jagiellońskiego, u progu 522 rocznicy urodzin astronoma, zostały złożone kwiaty przez władze miasta i uczelni Krakowa. Hołd uczonemu oddali członkowie Komitetu Obchodów Pięćsetnej Rocznicy Studiów Mikołaja Kopernika w Krakowie oraz uczniowie krakowskich szkół średnich noszących imię Kopernika. Następnie odbył się w auli Collegium Novum godzinny wykład na temat: "Radioastronomia – powstanie i rozwój", wygłoszony przez Dyrektora Obserwatorium Astronomicznego UJ, prof. dr hab. Józefa Masłowskiego. Po wykładzie odbyło się nadzwyczajne posiedzenie Komitetu Kopernikowskiego, związane z powołaniem Fundacji Copernicanum Cracoviense. Na to posiedzenie Komitet zaprosił 75 członków założycieli celem przedyskutowania statutu mającej powstać Fundacji. Powołano pięcioosobową komisję statutową oraz ustalono, że akt powołania Fundacji zostanie podpisany za miesiąc w gmachu krakowskiego Magistratu (Rada Miasta Krakowa, już w ubiegłym roku, podjęła uchwałę o ustanowieniu Fundacji, deklarując 50 mln zł funduszu założycielskiego).

Rzeczywiście, dopracowano statut i nadano niezwykle uroczysty charakter aktowi powołania Fundacji Copernicanum Cracoviense. W dniu 17 marca w południe, w Urzędzie Miasta Krakowa, członkowie założyciele fundacji złożyli wiązankę kwiatów pod popiersiem wielkiego astronoma, a następnie – po odczytaniu dokumentu założycielskiego przez notariusza - składali stosowne podpisy. Jako pierwszy uczynił to ks. bp Albin Małysiak, potem prezydent miasta Krakowa Józef Lassota i przewodniczący Rady Miasta Krakowa Stanisław Handzlik, a następnie rektor PAT ks. prof.dr hab. Adam Kubiś i Pan Stefan Jurczak, V-ce marszałek Senatu RP.

Członkami założycielami tej Fundacji jest sześć instytucji: Gmina Kraków, Papieska Akademia Teologiczna, Akademia Górniczo-Hutnicza, Zarząd Regionu Solidarności, Gmina Wiśniowa i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii oraz 21 osób fizycznych. Majątek Fundacji, od chwili podpisania dokumentu, wynosi 11.800 zl, z czego najwięcej – 5 tys. wniosła Gmina Kraków, po niej AGH – 3 tys., następnie PTMA - 1 tys., a Gmina Wiśniowa 500 zł. Pozostali założyciele, po 100 zł. Wśród członków założycieli Fundacji, najliczniejszą grupę sta-

nowią członkowie Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii: prof. Michał Odlanicki-Poczobutt, dr Jan Mietelski, dr Henryk Brancewicz, mgr Zofia Witkowska, Pani Teresa Rudnicka, dr Stanisław Czareński, dr Adam Michalec. Niewątpliwie, z najdalszych stron, aby zostać założycielem, musiała się pofatygować Pani Danuta Trzaskowska-Grimandi z Bolonii, reprezentująca tamtejsze towarzystwo przyjaźni włosko-polskiej *Nicolao Copernico*. Natomiast najodleglejszym z Polski założycielem jest Pan Jerzy Stefan Szwarc z Grudziądza, zarazem członek Federacji Miast Kopernikowskich.

Ustanowienie Fundacji, która uzyskać musi jeszcze osobowość prawną, stało się jakby finalnym dziełem Komitetu Obchodów 500 Rocznicy Studiów Mikołaja Kopernika w Krakowie (właśnie w roku bieżącym przypada okrągła rocznica zakończenia przez niego studiów w Akademii Krakowskiej). Celem Fundacji Copernicanum Cracoviense jest między innymi, promocja dzieła Mikołaja Kopernika w kraju i za granicą, doprowadzenie do wybudowania Ośrodka Krzewienia Wiedzy o Wszechświecie "Copernicanum", oraz Obserwatorium Astronomicznego na górze Lubomir w gminie Wiśniowa, zniszczonego przez okupanta w 1944 roku, w czasie II wojny światowej. Obserwatorium to będzie służyć przede wszystkim miłośnikom astronomii, których na szczęście nie brakuje.

Zasługą Komitetu jest reaktywowanie – po 55 latach – nagrody im. Mikołaja Kopernika, ustanowionej przed 123 laty przez Radę Miasta Krakowa, która obecnie sfinansuje nagrody, przyznane przez Polską Akademię Umiejętności w dziedzinie astronomii i innych nauk uprawianych przez Mikołaja Kopernika. Nagrodę – po raz pierwszy po wznowieniu - będą wręczać Prezydent Miasta Krakowa i Prezes Polskiej Akademii Umiejętności, na uroczystej sesji Rady Miasta Krakowa zwołanej specjalnie w tym celu – najprawdopodobniej w czerwcu tego roku. Na tejże sesji, nastąpi zakończenie dotychczasowej działalności Komitetu Kopernikowskiego.

Adam Michalec

KRONIKA HISTORYCZNA

Przemysław Rybka (1923-1995)

Przez ponad dwadzieścia minionych lat jednym z głównych autorów **Kroniki Historycznej** *Uranii* był dr Przemysław Rybka. Wielu naszych czytelników pamięta zapewne publikowane w tym miejscu biografie różnych astronomów i ciekawych postaci miłośniczego ruchu astronomicznego, które dzięki dociekliwości i historycznej pasji Przemysława Rybki zostały utrwalone i być może uchronione w ten sposób od zapomnienia. Nie sądziliśmy, że tak szybko przyjdzie kolej na ukazanie tu również postaci ich Autora, który zmarł nagle 5 kwietnia 1995 roku w wyniku komplikacji po ciężkiej grypie.

Przemysław Rybka, syn wybitnego astronoma prof. Eugeniusza Rybki (1898-1988) znanego polskim miłośnikom astronomii przede wszystkim z autorstwa fundamentalnego podręcznika *Astronomia ogólna* (patrz *Urania* nr 6/1989), urodził się 25 lipca 1923 roku w Warszawie, gdzie jego Ojciec otrzymał właśnie stanowisko asystenta w uniwersyteckim Obserwatorium Astronomicznym kierowanym przez prof. Michała Kamieńskiego (1879-1973). W 1932

roku Eugeniusz Rybka przeniósł się z rodziną do Lwowa aby na tamtejszym Uniwersytecie objąć katedrę astronomii po śmierci prof. Marcina Ernsta (1869-1930). We Lwowie więc Przemysław ukończył najpierw szkołę powszechną, a następnie, w 1939 roku, czteroklasowe gimnazjum. Zawierucha wojenna spowodowała, że dalszą edukację odbywał w radzieckiej szkole średniej, którą ukończył egzaminem dojrzałości w 1941 roku. W czasie okupacji niemieckiej pracował w Instytucie Tyfusu Plamistego, a niezależnie od tego znalazł też zatrudnienie jako pomocnik obserwacyjny w kierowanym cały czas przez Eugeniusza Rybkę Obserwatorium Astronomicznym we Lwowie. We wspomnieniach o Ojcu opublikowanych w *Uranii* (nr 6/1989) przypomniał o swej ówczesnej działaności konspiaracyjnej w tajnej stacji meteorologicznej Armii Krajowej działającej w Obserwatorium. Koniec wojny spędził we wsi Jelna pod Leżajskiem. W 1945 roku w gimnazjum w Leżajsku zdał egzamin uzupełniający maturę do wymogów polskich i jesienią tego roku zapisał się na studia astronomii na Uniwersytecie we Wrocławiu. Studia zakończył magisterium uzyskanym w 1950 roku.

Pracę w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego Przemysław Rybka rozpoczął jeszcze jako student w 1948 roku. Interesowały go klasyczne zagadnienia astrometrii, którym mógł się poświęcić mając do dyspozycji ocalały w Obserwatorium wrocławskim sześciocalowy instrument przejściowy Repsolda. Ukoronowaniem wieloletnich obserwacji była rozprawa zatytułowana „Rektascensje 555 gwiazd fundamentalnego katalogu słabych gwiazd w systemie FK3" opublikowana w *Acta Astronomica Supplementa*, na podstawie której w 1959 roku Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu nadał mu stopień naukowy doktora. W 1960 roku przeszedł do pracy w Zakładzie Astronomii Polskiej Akademii Nauk, gdzie nadal prowadził badania astrometryczne. W 1961 roku odbył półroczny staż naukowy w Obserwatorium Astronomicznym w Pułkowie biorąc udział w zakrojonym na szeroką skalę międzynarodowym programie obserwacyjnym znanym pod nazwą Katalogu Słabych Gwiazd. Na początku lat siedemdziesiątych uczestniczył w pracach związanych z tworzeniem katalogu orbit komet jednopojawieniowych. W szczególności dokonał cennego porównania wszystkich fundamentalnych katalogów gwiazd z XIX i XX wieku potrzebnego do redukcji dawniejszych obserwacji pozycyjnych komet. Wyniki tych analiz zostały zebrane w cyklu monograficznych artykułów opublikowanym w *Postępach Astronomii* w 1974 roku.

Zajęcie się dawnymi katalogami gwiazd, a także współpraca z Ojcem przy tworzeniu podstawowego dzieła, którym uczczono pięćsetlecie urodzin Mikołaja Kopernika w 1973 roku (E. Rybka, P. Rybka, *Kopernik* -

człowiek i myśl, Wiedza Powszechna 1972), przesunęły zapewne centrum zainteresowań Przemysława Rybki na zagadnienia historyczne. Doprowadziło to do jeszcze jednej zmiany miejsca pracy. Po krótkim zatrudnieniu na przełomie lat 1977/78 w utworzonym właśnie w Polskiej Akademii Nauk Centrum Badań Kosmicznych, związał się już do końca z Instytutem Historii Nauki, Oświaty i Techniki Polskiej Akademii Nauk. Tam też powstały chyba najwartościowsze jego prace. W 1980 roku nakładem Ossolineum ukazało się obszerne opracowanie pt. *Katalogi gwiazdowe Maksymiliana Weissego i ich rola w astronomii*. Trzy lata później również Ossolineum wydało drugi tom *Historii astronomii w Polsce (1773-1918)*, której autorami są E. Rybka i P. Rybka. Zainteresowanie się dziełem Jana Heweliusza (związane niewątpliwie z przypadającym w 1987 roku trzechsetleciem śmierci wybitnego gdańskiego astronoma) doprowadziło z kolei Przemysława Rybkę do wydania w tym samym wydawnictwie dwóch następnych monografii: w 1984 roku ukazał się *Katalog gwiazdowy Jana Heweliusza*, a w 1987 roku książka *Instrumentarium astronomiczne Heweliusza*. Trzeba też jeszcze wspomnieć o cennym posłowiu, którym opatrzył jubileuszowe wydanie dzieła Heweliusza *Firmamentum Sobiescianum* (Ossolineum 1987) oraz o wydanej przez Wiedzę Powszechną w 1989 roku ciekawie i barwnie napisanej książce *Heweliusz*. Nie można tu wreszcie pominąć powstałych w tym czasie licznych przyczynków do dziejów astronomii ogłasznych przeważnie na łamach *Uranii*.

Przemysław Rybka był nie tylko znawcą astrometrii i wnikliwym badaczem dziejów astronomii lecz także społecznikiem. Będąc członkiem Międzynarodowej Unii Astronomicznej i Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, w więc organizacji profesjonalnych, energię i umiejętności skoncentrował jednak na pracy w Polskim Towarzystwie Miłośników Astronomii i w Towarzystwie Wiedzy Powszechnej. Swą wiedzą i zaangażowaniem chciał bowiem służyć przede wszystkim miłośnikom astronomii, czyli tym, którzy najbardziej są złaknieni wiadomości o niezwykłościach Wszechświata i ich poznawaniu. Zamiłowanie i talent popularyzatorski przysporzył mu wielu słuchaczy często głoszonych prelekcji oraz czytelników licznych artykułów i książek. Nie sposób też przecenić roli w upowszechnianiu astronomii jaką pełnił redagowany przez niego kalendarzyk astronomiczny ogłaszany w każdym styczniowym numerze miesięcznika *Wiedza i Życie* w latach od 1956 do 1978. W Polskim Towarzystwie Miłośników Astronomii, a szczególnie w jego Oddziale Wrocławskim, Przemysław Rybka piastował wiele odpowiedzialnych funkcji, z których za najważniejszą uważał kierowanie Sekcją Historyczną PTMA. Za swe zasługi w pracy dla Towarzystwa uhonorowany został srebrną (w 1971 roku) i złotą (w 1976 roku) odznaką PTMA.

Wyraźnie rzucający się w oczy w latach osiemdziesiątych pośpiech Przemysława Rybki w realizacji swych zamiłowań i szeroko nakreślonych zadań znajduje wytłumaczenie w budzącej wielki szacunek postawie niepoddawania się wyniszczającej go od 1976 roku chorobie. Rzadko spotykane i do końca nie rozpoznane schorzenie (polegające na zaniku przednich rogów komórek nerwowych w rdzeniu) stopniowo rujnowało jego organizm powodując przede wszystkim systematyczne narastanie trudności w poruszaniu się. Ograniczeniom sprawności fizycznej towarzyszył jednak przyrost sił twórczych, będący niewątpliwie wynikiem ogromnego hartu ducha. Ostateczne załamanie się zdrowia nastąpiło w połowie 1991 roku i odtąd, aż do końca swoich dni, nie podniósł się już z łóżka. Jest coś zastanawiającego w

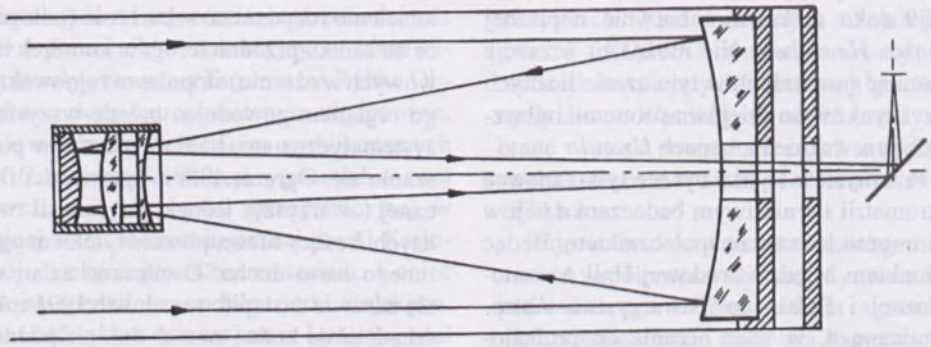
tym, że męstwo, z jakim przyjmował wszystkie przeciwności losu, daje się chyba odczuć w jego pisarstwie. Przemysław Rybka znakomicie władał piórem. Jego teksty cechuje jakaś powaga i dyscyplina słowa, konkretość i precyzja w formułowaniu myśli, jasność i klarowność wykładu, bogata i piękna polszczyzna. Tak pisać mógł tylko człowiek silny.

Krzysztof Ziołkowski

PORADNIK OBSERWATORA

Amatorski teleskop zwierciadlano-soczewkowy systemu Shafera

O tym, że w Polsce nie ma (prawie w ogóle) rynku „akcesoriów" astronomicznych wie każdy miłośnik astronomii. Kilka lat temu posiadanie teleskopu było nielada wyczynem, o który pokusić się mogły osoby posiadające zasobną kieszeń, znajomości, dużo wytrwałości oraz sprytu. Sprowadzenie bowiem teleskopu z ZSRR lub NRD czy wykonanie go w domu graniczyło z cudem. Obecnie jest trochę lepiej. Wystarczy „tylko" mieć bardzo zasobną kieszeń i wiadomo gdzie się udać. Żywiec nie tylko z piwa (bardzo dobrego) słynie. Niestety bardzo wielu miłośników astronomii nie stać na tak awangardową wycieczkę. Co zatem robią? Wszystko! Potwierdza się powiedzenie „Polak potrafi". Moja działalność na tym polu nie była wyjątkiem. Pierwszą lunetę wykonałem (7 lat temu) ze szkła okularowego o średnicy 7 cm (o zakup musiałem nagabywać optyka, gdyż twierdził, że nie wolno!). Cóż to był za sprzęt. Przedstawiał bogate spektrum wszystkich wad optycznych. Praktycznie obserwacje gołym okiem były bardziej dokładne. Takie były początki. Potem przerabiałem rosyjskie lunetki 10×30 i 20×50. Przez tę drugą po raz pierwszy w życiu zobaczyłem Jowisza (właściwie jego tarczę). Później było ich kilkanaście, aż ukoronowaniem mej pracy był szukacz komet o średnicy obiektywu 125 mm i światłosile 3,1 montowany na montażu niemieckim. Było to w styczniu 1992 r. Od tego czasu moje zainteresowania skupiały się na obserwacjach planetoid, planet oraz niektórych kraterów na Księżycu. Obiektyw MTO 1100/105 (jeden z pierwszych) będący doskonałym teleskopem do wielu obserwacji nie zaspokajał do końca mojego „głodu". I tak narodził się plan zbudowania dość spo-



rego (φ 150–200 mm) teleskopu o długiej ogniskowej. Zadanie to ułatwił mi fakt, że nie musiałem wykonywać optyki co w warunkach amatorskich jest bardzo czasochłonne i trudne. Zwłaszcza jeśli chce się uzyskać dużą dokładność. Wszystkie informacje i dane dotyczące optyki mojego teleskopu uzyskałem z artykułów, które ukazały się w czasopiśmie *Telescope Making* nr 29 i 38. Teleskop Shafera jest trochę nietypowym teleskopem systemu Maksutowa – Cassegraina, a to za sprawą wielkości menisku (korektora). W teleskopach systemu Shafera menisk został zmniejszony do rozmiarów zwierciadła wtórnego. To sprytne podejście pozwala znacznie obniżyć koszty optyki. Właśnie poprzez korektor (dwusoczewkowy) optyczny system raczej się nie nadaje do amatorskiego wykonania. Pocieszeniem może być fakt, iż wszystkie powierzchnie (czynne oczywiście) są sferyczne co pozwala wykonać je z zadawalającą dokładnością, a w przypadku korektora (eliminującego aberrację sferyczną) zapewnia dość dużą dokładność (0.002 mm).

1. *Optyka*

Zwierciadło główne (sferyczne) ma średnicę 256 mm oraz centralny otwór o średnicy 52 mm, w którym zamocowana jest rurka ekranująca o wewnętrznej średnicy 36 mm i długości 265 mm. Zwierciadło główne ma światłosiłę 2.5. Światło po odbiciu się od głównego zwierciadła przechodząc przez korektor (φ 77.7) i odbiciu się od zwierciadła wtórnego (φ 77.7 mm, f: 330.2 mm) przechodzi ponowie przez korektor i padając na zwierciadło diagonalne zostaje wprowadzone na zewnątrz teleskopu. Światłosiła całego systemu wynosi 16, co daje ogniskową 4000 mm.

2. *Tubus*

Tubus został wykonany z arkusza blachy stalowej o grubości 1 mm. Łącze krawędzi zostało zespawane. Średnica tubusa wynosi

270 mm, a jego długość 690 mm, co sprawia, że przy ogniskowej 4 m jest bardzo mały. Oprawy zwierciadła głównego zamocowane są na stałe na tubusie. Układ centruje się za pomocą 8 śrub, do których zainstalowana jest obudowa korektora i zwierciadła wtórnego.

3. *Montaż*

Teleskop osadzony jest na typowym amerykańskim montażu. Jest to widłowy montaż paralaktyczny, bardzo praktyczny i rozpowszechniony (teleskpopy CELESTRON, MEADE, STARFINDER), głównie w USA. Widły mojego teleskopu wykonane są z aluminiowych kątowników. Osadzone są na głównym kole zębatym wyfrezowanym z płyty stalowej o grubości 10 mm. Koło zębate (będące nośnikiem teleskopu) wraz z kilkustopniową przekładnią ślimakową oraz zainstalowanym silnikiem stanowi napęd teleskopu. Jako ciekawostkę mogę podać fakt, że silnik poruszający blisko 50 kg teleskop

jest zwykłym japońskim silnikiem magnetofonowym, a elektroniczny układ stabilizacji obrotów silnika jest wystarczający by teleskop dokładnie poruszał się za wybranym obiektem. Poza mechanizmem zegarowym jest możliwość poruszania teleskopem w obie strony z dowolną prędkością nie przekraczającą 2.5 raza prędkości sfery niebieskiej. Wartość tej prędkości jest płynnie sterowana potencjometrem umieszczonym w pilocie. W deklinacji teleskop można obracać bez ograniczeń poprzez jednostopniową przekładnię ślimakową. Oś bieguna „dźwigająca" teleskop, a także pozostałe elementy przymocowane są do stalowej płyty o grubości 8 mm i wymiarach 295 mm × 660 mm. Do tej płyty przyspawane są 4 nakrętki. Za pomocą śrub wkręcanych w te nakrętki można regulować położenie osi biegunowej w zakresie 5°.

4. *Obudowa teleskopu*

Postument teleskopu stanowi stalowa rama o grubości 7 mm, średnicy 370 mm i wysokości 1050 mm. Tak masywny montaż dobrze wyważony daje stabilność teleskopowi, ale i stanowi problem. Teleskop wraz z płytą waży ponad 60 kg. Jest zatem zbyt ciężki aby za każdym razem od nowa go ustawiać. Budowanie całej infrastruktury (ruchoma kopuła) mogącej pomieścić mój teleskop byłoby zbyt kosztowne. Rozwiązaniem jest aluminiowy walec ze stożkowym zakończeniem nakładany na teleskop poprzez stalową płytę (grubości 2 mm) przykręcaną do postumentu za pomocą czterech śrub (M8). Pomimo swoich sporych rozmiarów, „płaszcz" aluminiowy mogę sam montować i demontować. Przygotowanie teleskopu do obserwacji nie pochłania więcej niż 4 minuty.

5. *Dodatkowe oprzyrządowanie*

Teleskop wyposażony jest w dwa szukacze 6 × 30 i 20 × 60, w których centrum są umieszczone krzyże celownicze. Wyciąg okularowy stanowi radziecki mieszek fotograficzny. Do tego mieszka można bezpośrednio podłączyć trzy długoogniskowe okulary będące przerobionymi obiektywami fotograficznymi 85 mm, (47×), 58 mm (68×) i 48 mm (83×).Na wyciąg okularowy można zamontować zaprojektowany i wykonany przeze mnie moto-focus. Umożliwia on bardzo dokładne ustawienie ostrości nie wprowadzając żadnych wstrząsów. Moto-focus przeznaczony jest dla okularów 1.25 cala. Z moim teleskopem współpracuje 5 takich okularów: 40 mm (100×), 32 mm (125×), 25 mm (160×), 15 mm (266×) i 10 mm (400×). Ponadto wykonałem symetryczny okular o ogniskowej 20 mm do obserwacji powierzchni Słońca.

Zrobiłem także kamerę okularową na bazie 25 mm okularu o dużym polu widzenia. Przy zestawie pierścieni pośrednich o długości około 70 mm kamera powiększa ogniskową czterokrotnie. Dzięki telekonwerterowi (2×) oraz kamerze zakres stosowanych ogniskowych wynosi od 4 do 32 m. W praktyce jednak w obserwacjach fotograficznych nie zamierzam przekraczać 12 m. Na tubusie zainstalowałem wyciąg dla aparatu fotograficznego z dowolnym obiektywem. Do obserwacji Księżyca i planet wykonałem cztery diafragmy zakładane na tubus. Ich otwory: 200 mm, 175 mm i 150 mm oraz specjalna diafragma mająca dwa symetrycznie rozmieszczone otwory o średnicach 70 mm. Jest bardzo przydatna przy obserwacjach wizualnych Księżyca blisko pełni jak i przy fotografowaniu jego powierzchni. Wszystkie czynności sterowane elektrycznie odbywają się za pośrednictwem pilota, który bardzo ułatwia obsługę teleskopu. Budowę teleskopu rozpocząłem na początku kwietnia 1994 r., a 21 września stanął gotowy teleskop. Wszystkie elementy teleskopu poza optyką i 3 okularami wykonałem samodzielnie poświęcając całe prawie 4 miesięczne

wakacje. Co do kosztów to ich gros pochłonęła optyka, płaszcz aluminiowy oraz przygotowanie podłoża (betonowy kwadrat o boku 2.5 m). W brzęczącej monecie musiałem na teleskop wyłożyć około 15 mln starych zł. Teleskop Shafera jest idealnym instrumentem do obserwacji szczegółów na powierzchni Księżyca oraz planet. Z planet obserwowałem Saturna, widziałem przerwę Cassiniego i jego 5 satelitów. Podczas testu rozdzielczości jaki przeprowadziłem 24 i 25 września przy niezbyt przychylnej pogodzie i Księżycu teleskop rozdzielił następujące układy: δ Cyg (2.2"), μ Dra (1.9"), 44 Boo (1.6") oraz μ Cyg (1.5"). Ten ostatni układ jest moim rekordem, który szybko zamierzam poprawić przy lepszych wararunkach atmosferycznych. Zasięg teleskopu w sprzyjających warunkach może osiągać 13.8 – 13.95^m. Natomiast w przeciętnych warunkach bez problemu widać gwiazdy o jasności 12.5 – 13^m. Na zakończenie chciałbym serdecznie podziękować mojemu Tacie, dzięki któremu teleskop powstał w tak krótkim czasie.

Wiesław Skórzyński
Złotawieś Wielkopolska

RZ Cassiopeae, SU Cassiopeae

RZ Cassiopeae
$\alpha=2^m39^m.9$
$\delta=+69^0 12'.9$ (1900.0)
A: $6^m.3–7^m.8$ v
Min: 2437143.9886+1^d.1952472
D=0.17 Typ: EA
Sp. A2 V.

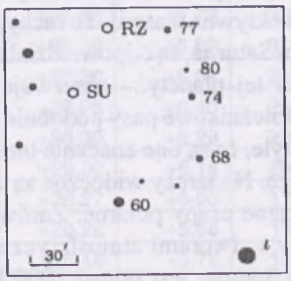
SU Cassiopeae
$\alpha=2\ ^h43^m.0$
$\delta=+68\ ^0\ 28'.4$ (1900.0)
A:$6^m.05 – 6^m.43$v
Max:2437645.789+1^d.949298
M-m=0.38
Typ: C δ
Sp. F5 – F7 Ib.

RZ Cassiopeae

We wschodniej części gwiazdozbioru Kasjopei, na północny wschód od EiotaCas, leżą dwie zmienne dogodne do obserwacji już przez lornetki. Odkryta przez Müllera RZ Cas należy do tej samej klasy zmiennych zaćmieniowych co i Algol, a stosunkowo duża amplituda zmiany blasku w minimum głównym czyni tę gwiazdę dobrym obiektem do obserwacji dla mało doświadczonych obserwatorów. Minimum wtórne jest w tym układzie bardzo słabo zaznaczone, ma zaledwie niecałe $0^m.1$ głębokości. Czas trwania *płaskiego dna* w minimum głównym nie przekracza 20 minut.

SU Cassiopeae

Obok RZ Cas znajduje się szybkozmienna klasyczna cefeida SU Cas. Gwiazda ta zmienia jasność w ciągu niecałych 2 dni, ale mała amplituda zmian blasku powoduje że jest to zmienna trudna do obserwacji wizualnych. Niemniej bardziej doświadczeni obserwatorzy mogą popróbować obserwacji tej



RZ i SU Cas

zmiennej. Wskaźnik barwy zmienia się u tej cefeidy w przedziale od +0.62 do +0.83. Obydwie gwiazdy są w Polsce gwiazdami okołobiegunowymi i mogą być obserwowane przez cały rok. Oznaczenie gwiazd porównania 77=7 ^{m}.7.

Tomasz Krzyt

ELEMENTARZ URANII

SATURN

Saturn: szósta (licząc wg rosnącej odległości od Słońca) planeta Układu Słonecznego. Okres orbitalny P=29.458 lat, półoś wielka orbity a=1426.98 mln km, mimośród tej orbity e=0.056 i nachylenie do płaszczyzny ekliptyki i=2.488°. Biegnąc po orbicie ze średnią prędkością 9.64 km/s Saturn obraca się (na równiku) raz na 10.233 godziny wokół osi nachylonej do ekliptyki pod kątem ε=26.73° (dalej od równika obrót Saturna jest szybszy). Masa Saturna równa się $5.688 \cdot 10^{26}$ kg, co stanowi 95 mas Ziemi albo 1/3498 masy Słońca. Promień równikowy tej planety R_S wynosi 60268 km, tak więc średnia gęstość ρ= 0.69 g/cm^3. Oznacza to, że Saturn jest tak „lekki" iż mógłby pływać po dostatecznie dużym oceanie. Prędkość ucieczki z powierzchni tej planety na równiku równa się 35.5 km/s. Szybki obrót i bardzo mała gęstość Saturna powodują silne (0.1) spłaszczenie. Podobnie jak w przypadku Jowisza – promieniowanie podczerwone emitowane przez Saturna (silniejsze 1.79 razy niż to wynika z otrzymywanej od Słońca energii) świadczy o intensywnym grzaniu wewnętrznym. Grzanie to wywołuje ruchy konwektywne materii. Te ruchy, razem z obrotem Saturna, są odpowiedzialne za wygląd tarczy tej planety – obserwuje się na niej równoleżnikowe pasy podobnie jak na Jowiszu, tyle, że są one znacznie bledsze, subtelniejsze. Na tarczy widoczne są także bardzo delikatne czapy polarne. Zarówno pasy jak czapy są tworami atmosferycznymi. Atmosfera Saturna jest ponad 1000 km warstwą gazu składającego się głównie z wodoru, helu i amoniaku. Minimum temperatury (100K) obserwuje się przy ciśnieniu 0.1 bara. Poniżej, w wyższym ciśnieniu i temperaturze, mogą tworzyć się chmury amoniaku NH_3, głebiej chmury wodorosiarczku amonu NH_4SH oraz kryształki lodu, a nawet (najniżej) kropelki wody. Sezonowo pojawia się na powierzchni Saturna wielka biała plama – w środku lata, na północnej półkuli, gdy Słońce intensywnie naświetla atmosferę Saturna, sublimujące kryształki lodu tworzą w punkcie podsłonecznym unoszący się obłok. Współczesne modele przewidują, że Saturn ma dość małe skalisto- żelazne jądro (o promieniu około 0.18 R_S) otoczone płynną mieszaniną wody, metanu i amoniaku (w warstwie między 0.18 a 0.26 R_S), wyżej – płynnym wodorem metalicznym (do około 0.5 R_S) i molekularnym (w tej ostatniej warstwie około 6% stanowi hel). To płynne wnętrze Saturna w sposób ciągły przechodzi w gazową atmosferę.

Pole magnetyczne Saturna w bardzo dobrym przybliżeniu daje się opisać jako pole dipola o osi leżącej wzdłuż osi rotacji planety, ale przesuniętej o 0.05 R_S. Natężenie tego pola na równiku wynosi 0,2 gausa, a kierunek jest przeciwny do pola magnetycznego Ziemi. Napływający naddźwiękowo na Saturna wiatr słoneczny tworzy wokół tej planety magnetosferę, w której minimalna odległość magnetopauzy równa się (średnio) 20 R_S.

Wokół Saturna krąży 18 księżyców (Pan, Atlas, Prometeusz, Pandora, Epimeteusz, Janus, Mimas, Enceladus, Tethys, Telesto, Ka-

lipso, Dione, Helena, Rea, Titan, Hyperion, Japet i Phebe) oraz... tysiące gęsto ułożonych pierścieni.

Tworzą one układ współśrodkowych, płaskich „obręczy" otaczających Saturna i krążących w płaszczyźnie równika między 1.11 a około 8 R_S. Zdjęcia z VOYAGERA pokazują bardzo subtelną ich budowę – są to całe tysiące szerszych i węższych struktur. W dużym uproszczeniu pierścienie dzieli się na 7 odrębnych, różnie jasnych i szerokich: D (1,11–1,24 R_S, szerokość 7500 km), C (1,24–1,52 R_S,17 500 km), B (1,52–1,95 R_S, 25 500 km), A (2,02- 2,27 R_S, 14 600 km), F (2,324, mający kilkaset km), G (2,75–2, 88 R_S, 8000 km i rozmyty, rzadki E (3–8 R_S, około 300 000 km). Pierścienie A, B i C (coraz bliższe Saturna) znane są od XVII wieku, gdyż można je zaobserwować małym instrumentem.

Pierścień A ma bardzo ostry brzeg zewnętrzny i jest prawie jednolicie jasny – stąd dobrze widać znajdującą się w nim, blisko zewnętrznego brzegu, szeroką na około 325 km tzw. przerwę Enckego. W tej przerwie porusza się księżyc Pan. Najjaśniejszy i najbardziej nieprzezroczysty jest pierścień B, gdyż tam powierzchniowa gęstość materii jest największa (100 g/cm^3; w innych pierścieniach około 10). Od pierścienia A dzieli go wyraźna ciemna szczelina – tzw. przerwa Cassiniego. Ma ona aż 4700 km szerokości i jest dobrze widoczna nawet przez bardzo mały instrument. Pierścień C (tzw.krepowy) jest tak przezroczysty, że można przezeń patrzyć na powierzchnię Saturna. W przeciwieństwie do innych pierścieni okołoplanetarnych – pierścienie Saturna charakteryzują się tym, że są szerokie i mają małe przerwy między sobą. Składają się z brył lodowych (lub przynajmniej pokrytych lodem; z domieszką czerwonawych pyłów) o rozmiarach od centymetrów do metrów, które krążą po bardzo zbliżonych orbitach.

Najdokładniejsze dane o Saturnie zawdzięczamy sondom PIONEER i VOYAGER. Planowana na koniec naszego wieku amerykańsko – europejska misja do Saturna CASSINI będzie miała na swoim pokładzie także aparaturę polską budowaną w Centrum Badań Kosmicznych.

MSK

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY Październik–listopad 1995 r.

Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca w Warszawie: 1 października Słońce wschodzi o 5^h35^m, zachodzi o 17^h15^m, 1 listopada wschodzi o 6^h30^m, zachodzi o 16^h8^m, a 30 listopada wschodzi o 7^h20^m, zachodzi o 15^h29^m. W październiku Słońce wstępuje w znak Skorpiona (Niedźwiadka), a w listopadzie w znak Strzelca.

W październiku zdarzy się całkowite zaćmienie Słońca, u nas niewidoczne.

Dane dla obserwatorów Słońca
(na 13^h czasu środk.-europ.)

Data 1995	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
X 1	+25.98	+6.72	337.67
3	+26.10	+6.62	311.28
5	+26.20	+6.51	284.89
7	+26.26	+6.40	258.50
9	+26.30	+6.28	232.12
11	+26.30	+6.14	205.73
13	+26.27	+6.00	179.34
15	+26.22	+5.86	152.96
17	+26.14	+5.72	126.58
19	+26.02	+5.56	100.20
21	+25.87	+5.39	73.82

23	+25.69	+5.22	47.44
25	+25.48	+5.04	21.08
27	+25.24	+4.86	354.70
29	+24.98	+4.66	328.32
31	+24.67	+4.47	301.95
XI 1	+24.51	+4.37	288.76
3	+24.16	+4.16	262.39
5	+23.78	+3.96	236.02
7	+23.37	+3.74	209.65
9	+22.92	+3.52	183.28
11	+22.46	+3.30	156.91
13	+21.95	+3.06	130.54
15	+21.42	+2.84	104.18
17	+20.84	+2.60	77.81
19	+20.26	+2.36	51.45
21	+19.63	+2.12	25.09
23	+18.98	+1.87	358.73
25	+18.30	+1.62	332.37
27	+17.59	+1.38	306.01
29	+16.86	+1.12	279.65
XII 1	+16.10	+0.86	253.29

P – kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0, L_0 – heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
X. $27^d3^h21^m$ i XI. $23^d10^h41^m$ – momenty, w których heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Kolejność faz Księżyca będzie następująca: w październiku pierwsza kwadra 1^d16^h, pełnia 8^d17^h, ostatnia kwadra 16^d17^h, nów 24^d6^h i jeszcze raz pierwsza kwadra 30^d22^h, a w listopadzie pełnia 7^d8^h, ostatnia kwadra 15^d13^h, nów 22^d17^h i pierwsza kwadra 29^d7^h. W apogeum Księżyc znajdzie się 15 października i 11 listopada, a w perygeum 26 października i 23 listopada.

Wieczorem 8 października zdarzy się półcieniowe zaćmienie Księżyca, u nas widoczne zaraz po wschodzie Księżyca, ale mało efektowne.

Planety i planetoidy

Od połowy października prawie do połowy listopada mamy dobre warunki obserwacji Merkurego, którego odnajdziemy rankiem nisko nad wschodnim horyzontem jako jasną gwiazdę około –1 wielkości. Natomiast wieczorem nisko nad zachodnim horyzontem można zaraz po zachodzie Słońca odnaleźć Marsa (+1.4 wielk. gwiazd.), a nieco wyżej i znacznie jaśniej świeci Jowisz jak gwiazda –1.9 wielk. W listopadzie pojawi się tam także Wenus błyszcząca jako Gwiazda Wieczorna –3.9 wielk. Po 15 listopada wszystkie trzy jasne planety spotkają się na niebie blisko siebie i będą widoczne razem bardzo nisko nad zachodnim horyzontem. Saturn widoczny jest prawie całą noc w gwiazdozbiorze Wodnika jako gwiazda około +0.9 wielk. Uran (6 wielk.) i Neptun (8 wielk.) widoczne jeszcze będą przez lunety wieczorem w październiku nisko nad horyzontem w gwiazdozbiorze Strzelca. Pluton jest niewidoczny.

Meteory

Od 16 do 26 października promieniują meteory z roju Orionidów. Radiant meteorów leży na granicy gwiazdozbiorów Oriona i Bliźniąt i ma współrzędne: rekt. 6^h24^m, dekl. +15°. W tym roku warunki obserwacji Orionidów są dobre.

W listopadzie promieniują dwa roje meteorów, Taurydy i Leonidy. Taurydy mają podwójny radiant w gwiazdozbiorze Byka o współrzędnych: rekt. 3^h44^m, dekl. +14° i +22°, a maksimum ich aktywności przypada 8 listopada. Leonidy promieniują od 15 do 19 listopada, a maksimum przypada na 18^d; radiant Leonidów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne: rekt. 10^h8^m, dekl. +22°.

★ ★ ★

Październik

2^d18^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 5°.

3^d1^h Uran w złączeniu z Księżycem w odl. 6°.

4^d10^h Złączenie Wenus ze Spiką (Kłosem Panny), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Panny (w odl. 3°).

5^d O 1^h Neptun nieruchomy w rektascensji, zmienia kierunek swego ruchu wśród gwiazd na sklepieniu niebieskim. O 2^h dolne złączenie Merkurego ze Słońcem.

6^d O 16^h Uran nieruchomy w rektascensji, a o 23^h Saturn w złączeniu z Księżycem w odl. 6°.

8^d Półcieniowe zaćmienie Księżyca widoczne u nas w końcowej fazie po wschodzie Księżyca. Środek zaćmienia przypada o 17^h4^m i półcień Ziemi będzie wówczas obejmował 0.85 średnicy tarczy Księżyca. Zaćmienie kończy się o 19^h10^m.

13^d10^h Merkury nieruchomy w rektascensji.

20^d15^h Merkury w największym zachodnim odchyleniu od Słońca (18°).

21^d23^h Tarcza Księżyca zakryje planetoidę Pallas, jedną z czterech największych planetoid, ale zjawisko to będzie u nas niewidoczne.

22^d23^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 4°.

$23^d22^h26^m$ Słońce wstępuje w znak Skorpiona, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 210°.

24^d Całkowite zaćmienie Słońca, u nas niewidoczne. Zaćmienie widoczne będzie w północno-wschodniej Afryce, w środkowej i wschodniej Azji, w północnej części Oceanu Indyjskiego, w północnej Australii i w zachodniej części Oceanu Spokojnego.

25^d12^h Wenus w złączeniu z Księżycem w odl. 2°.

26^d12^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 4°.

27^d7^h Jowisz w złączeniu z Księżycem w odl. 4°.

29^d24^h Złączenie Księżyca z Neptunem w odl. 5°.

30^d O 7^h Księżyc znajdzie się w złączeniu z Uranem w odl. 6°, a o 14^h nastąpi złączenie Merkurego ze Spiką (Kłosem Panny), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Panny (w odl. 4°).

Listopad

2^d13^h Złączenie Marsa z Antaresem, gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Skorpiona (Niedźwiadka) w odl. 4°.

3^d3^h Saturn w złączeniu z Księżycem w odl. 6°.

10^d19^h Złączenie Wenus z Antaresem w odl. 4°.

16^d9^h Złączenie Marsa i Jowisza w od 1.°2.

19^d13^h Wenus w złączeniu z Jowiszem w odl. 1.°3.

22^d O 15^h Saturn nieruchomy w rektascensji. O 19^h56^m Słońce wstępuje z znak Strzelca, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 240°. O 23^h Wenus znajdzie się w złączeniu z Marsem w odl. 0.°2.

23^d O 6^h górne złączenie Merkurego ze Słońcem, a o 8^h Pluton w złączeniu ze Słońcem.

24^d Księżyc znajdzie się w złączeniu kolejno z trzema planetami: o 2^h z Jowiszem w odl. 4°, o 9^h z Marsem w odl. 5°, a o 10^h z Wenus w odl. 6°.

26^d Tego dnia nastąpi złączenie Księżyca z dwiema planetami: o 8^h z Neptunem w odl. 5°, a o 15^h z Uranem w odl. 6°.

30^d8^h Po raz drugi w tym miesiącu Saturn w złączeniu z Księżycem w odl. 6°.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie środkowo-europejskim.

Opracował G. Sitarski

OGŁOSZENIA

Sprzedam teleskop produkcji rosyjskiej systemu Newtona „Mizar" – TAL1 φ=110 mm. Cena 750 zł. Andrzej Chyłek, Palikówka 325; 36-073 Strażów, tel. (0 17) 721-199.

CONTENTS

M. Kiraga
Dark matter in the Universe 194
S. R. Brzostkiewicz
News from the world of planets and satellites (II) 202
Chronicle:
A cluster of galaxies as a gravitational lens 211
522 birthday of Nicolaus Copernicus 212
Historical Chronicle 213
Vade-mecum for Observers 216
Astronomy Primer 220
Astronomical Calendar 221

Содержение

М. Кирага
Тёмное вещество во Вселенной..... 194
С. Р. Бжосткевич
Новости в мире планет и спутников (II)..... 202
Хроника:
Скопление галактик как линза..... 211
522 лет со дня рождения М. Коперника..... 212
Историческая хроника 213
Сирабочик наблюдателя 216
Букварь Урании 220
Астрономический календарь 221

OBJAŚNIENIA ZDJĘĆ NA OKŁADCE:

Pierwsza strona okładki: Zdjęcia powierzchni Tytana wykonane w październiku 1994 roku za pomocą teleskopu Kosmicznego Hubble'a – patrz artykuł S.R. Brzostkiewicza (fot. P.H. Smith, M. Lemmon, NASA).

Druga strona okładki: Fragment tarczy Jowisza na zdjęciu wykonanym 13 lutego 1995 roku na pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a, na którym dostrzeżono wyraźne zmiany w wyglądzie trzech białych plam znajdujących się na południowy-zachód od Wielkiej Czerwonej Plamy (nie są one wynikiem uderzeń fragmentów komety Shoemaker-Levy 9) (fot. R. Beebe, A. Simon, NASA).

Trzecia strona okładki: U góry – zdjęcie Saturna wykonane 1 grudnia 1994 roku z wyraźnie widoczną w pasie równikowym nową białą plamą. U dołu – sekwencja czterech zdjęć Saturna wykonanych za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a w kwartalnych odstępach ukazująca różne części globu planety i ewolucję Wielkiej Białej Plamy, która pojawiła się na jego powierzchni w 1990 roku (patrz artykuł S.R. Brzostkiewicza). Fot. NASA.

Czwarta strona okładki: Saturn – jedno z pierwszych zdjęć wykonanych za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a w 1990 roku (fot. NASA).

Errata

Bardzo przepraszamy za poważne błędy, które ostatnio pojawiły się w *Uranii*:

nr 1/1995, str. 17, wiersz 18 od góry w drugiej kolumnie – zamiast „siarka" powinno być „krzem";

nr 3/1995, str. 86, na końcu tekstu pt. *Ogniskowa obiektywu aparatu fotograficznego* zabrakło nazwiska autora, ktorym jest Jacek Szczepanik;

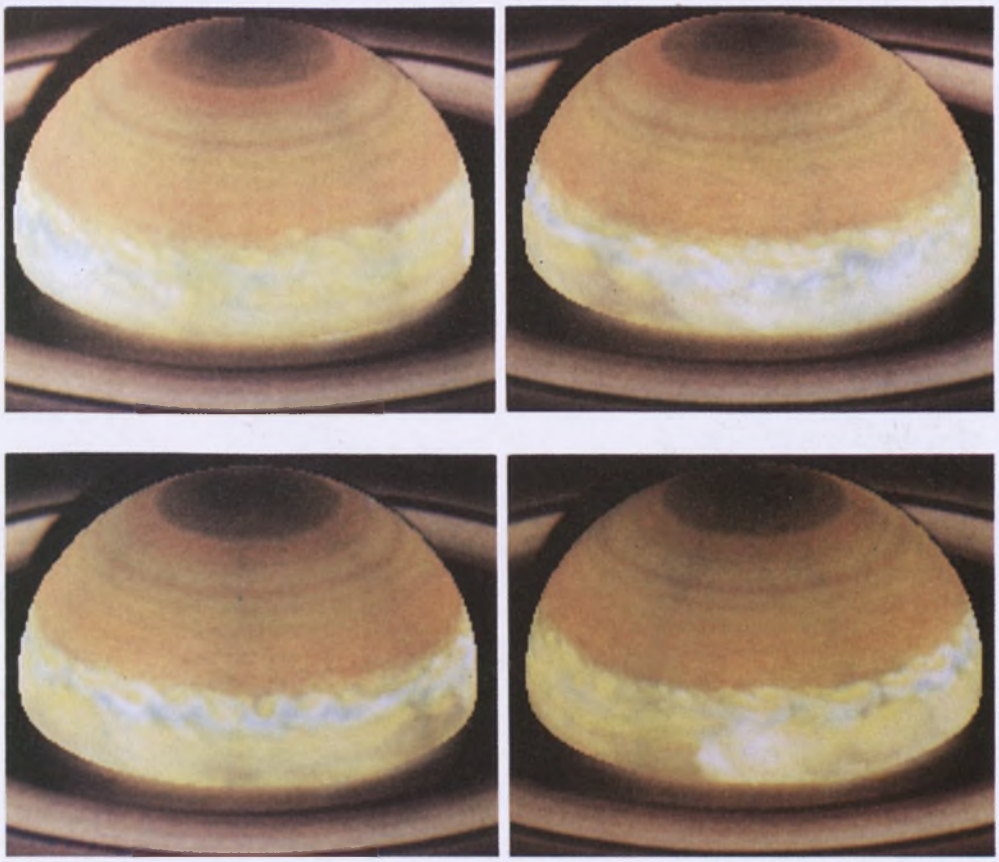
nr 4/1995, str. 112, wiersz 26 od dołu w pierwszej kolumnie - zamiast „500 lat" powinno być „500 milionów lat";

nr 4/1995, str. 123, wiersz 24 od dołu w pierwszej kolumnie - zamiast „3 miliony" powinno być „331 tysięcy";

nr 4/1995, zdjęcie na pierwszej stronie okłdki zostało wydrukowane „do góry nogami".

URANIA – Miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Redaguje kolegium: Krzysztof Ziołkowski – redaktor naczelny, Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska – sekretarz redakcji. Adres redakcji: ul. Bracka 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 3,20 zł. *Uranię* rozprowadza się w ramach składki członkowskiej; w 1995 roku 36 zł (zniżka 30%). Cena poza PTMA 3,20 zł (32 000 starych złotych). Nr indeksu 380016.

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



GALACTIC EQUATOR
Kenturus
Rigil
Hadar
CIRCINUS
TRIANGULUM AUSTRALE
Arrik
SOUTHERN CROSS
COAL SACK
Acrux
Mimosa
Gacrux
CRUX
TAURUS
MUSCA
3766
3532
3320
VELA
Suhail
Regor
PAVO
T-400
Al Na'ir
GRUS
PHOENIX
Ankaa
FORNAX
SOUTH GALACTIC POLE
253