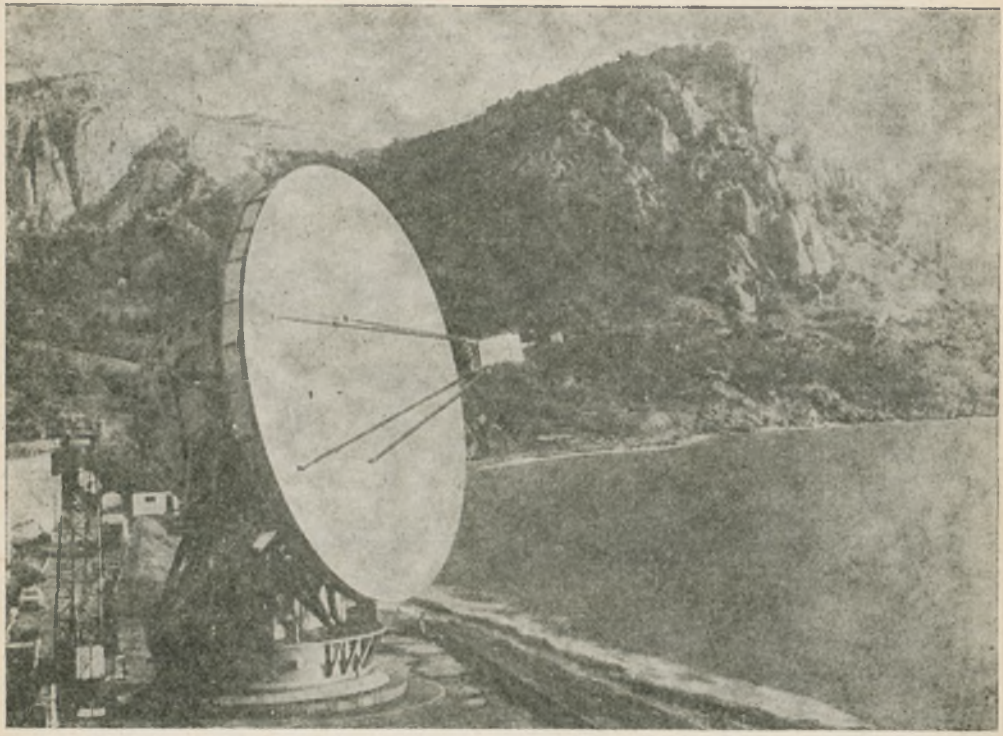
URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII
ROK LIV WRZESIEŃ 1983 Nr 9
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH

UNIWERSYTECKA
w Toruniu



URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LIV WRZESIEŃ 1983 Nr 9

WYDANO Z POMOCĄ FINANSOWĄ POLSKIEJ AKADEMII NAUK. CZASOPISMO ZATWIERDZONE PRZEZ MINISTERSTWO OŚWIATY DO UŻYTKU SZKÓŁ OGÓLNOKSZTAŁCĄCYCH, ZAKŁADÓW KSZTAŁCENIA NAUCZYCIELI I TECHNIKÓW (DZ. URZ. MIN. OŚW. NR 14 Z 1968 R. W-WA 5. 11. 68).

ISSN-0042-07-94

Czy z Ziemi można zobaczyć piłkę futbolową na Księżycu? Byłoby to możliwe za pomocą teleskopu dającego zdolność rozdzielczą 0″,0004. Zwierciadło takiego teleskopu musiałoby mieć średnicę 300 m. W dziedzinie optycznej to na razie czysta fantazja. Największe obecnie na świecie teleskopy umożliwiają obserwacje ze zdolnością rozdzielczą niewiele mniejszą od 1″. Budowany obecnie Teleskop Kosmiczny pozwoli uzyskać zdolność rozdzielczą 0″,04. Metodą interferometrii plamkowej, o której rok temu w URANII pisaliśmy (w numerze 6—7/1982) można osiągnąć rozdzielczość nawet poniżej 0″,01. Natomiast w zakresie promieniowania radiowego ta fantastycznie mała zdolność rozdzielcza 0″,0004 okazała się realną dzięki połączeniu wielu radioteleskopów na całym świecie w jeden system. Otrzymano w ten sposób jak gdyby jeden ogromny radioteleskop o średnicy bliskiej średnicy Ziemi. Zasady jego działa i możliwości obserwacyjne opisuje we wstępnym artykule dr Andrzej KUS z Zakładu Radioastronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

SPIS TREŚCI

Andrzej Kus — VLBI — największy radioteleskop świata (210).

Bożenna Todorovic-Juchniewicz — Charon — satelita Plutona (219).

Krzysztof Ziołkowski — Międzynarodowy program badań komety Halleya (223).

Kronika: Największe radioteleskopy (227) — Fale grawitacyjne w soczewkach grawitacyjnych (229) — Czy Galaktyka jest drzemiącym kwazarem? (230) — Gwiazdy ZZ Ceti (230) — Czyżby odkryto pierścienie Neptuna? (232) — Kontynentalna skorupa Księżyca (233).

Kronika Historyczna: W kręgu Heweliusza (234).

Nowości Wydawnicze (237).

Kalendarzyk Astronomiczny (238).

Pierwsza strona okładki: Radioteleskop w Jodrell Bank (Anglia) o średnicy anteny 76,2 m.

Druga strona okładki: U góry — radioteleskop w Simeizie na Krymie (ZSRR) o średnicy anteny 22 m. U dołu — fragment radiointerferometru „Very Large Array" w Socorro (USA) złożony z 27 anten ułożonych w kształcie litery Y (długość ramion — 21, 21 i 19 km).

ANDRZEJ KUS — Toruń

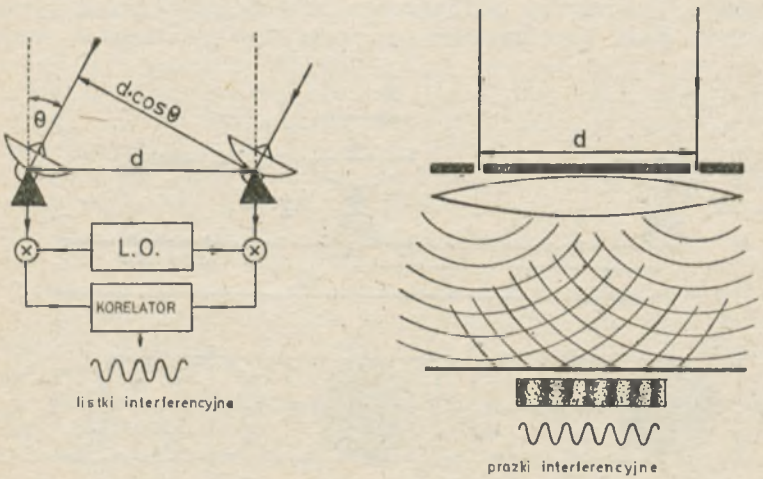
VLBI — NAJWIĘKSZY RADIOTELESKOP ŚWIATA

W ostatnich latach stało się możliwe prowadzenie szczegółowych badań najpotężniejszych zjawisk emisji promieniowania we Wszechświecie. Zjawiska te w postaci wybuchów o niezwykłej mocy związane są z jądrami masywnych galaktyk i kwazarami. Przesunięcia linii w optycznych widmach kwazarów osiągają wartość $z = 3{,}78$, co odpowiada odległościom wielu miliardów lat świetlnych. Z całą pewnością są to obecnie najdalsze obserwowane skupiska świecącej materii we Wszechświecie. Nasza Galaktyka (lub np. M31) widziana z tak olbrzymiej odległości miałaby zaledwie 2,5 sek. łuku, a jej jasność widoma byłaby 23^m. To porównanie pozwala wyobrazić sobie trudności obserwacyjne, jakie towarzyszą badaniu tych odległych i wciąż tajemniczych obiektów, a fakt, iż większość badanych obecnie kwazarów ma jasności widome 13^m—19^m, świadczy o tym, jak potężnymi są one źródłami energii.

Przy fotografowaniu słabych obiektów wymagane są bardzo długie czasy ekspozycji. Drgania atmosfery powodują istotne ograniczenia zdolności rozdzielczej otrzymywanych obrazów. Na ogół najdrobniejsze szczegóły obrazów optycznych bardzo odległych obiektów mają rozmiary kątowe kilku sekund łuku. Techniki przetwarzania takich obrazów, pomimo ogromnego przełomu dokonanego w ostatnich latach, nie są jeszcze na tyle doskonałe, aby stosować je w badaniach najdalszych kwazarów i galaktyk. Z pomocą przychodzi tu radioastronomia. Jest to dział astronomii stosunkowo młody. Jego początki w 1931 roku dał Karl Jansky publikując w postaci map mocy promieniowania radiowego Drogi Mlecznej rezultaty swoich prac. Po drugiej wojnie światowej kilku młodych naukowców, którzy podczas wojny opracowali radar, wykorzystało swoje doświadczenia w nowej wówczas jeszcze dziedzinie nauki — w radioastronomii. Powstały dwa dynamicznie rozwijające się ośrodki — obydwa w W. Brytanii. Pierwszy w Cambridge kierowany przez profesora Martina Ryle'a, drugi w Jodrell Bank prowadzony przez profesora Bernarda Lovella. W ciągu kilku lat odkryto wiele źródeł promieniowania radiowego, które nazwano wówczas radiogwiazdami, oraz analizowano promieniowanie Galaktyki i Słońca.

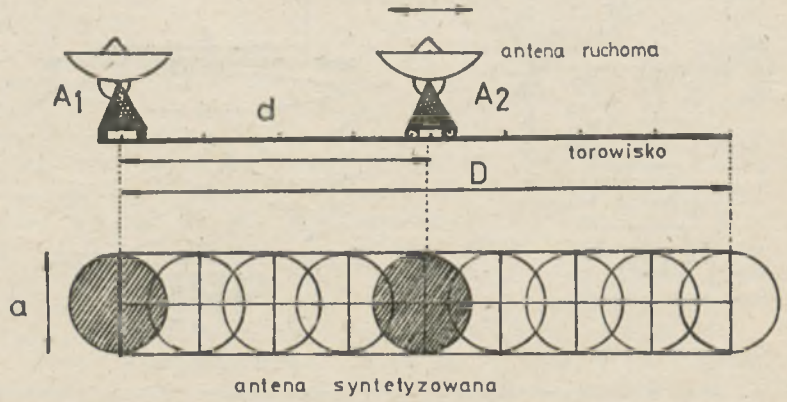
Jedną z podstawowych trudności w badaniach radioastronomicznych było uzyskanie dużej zdolności rozdzielczej. Wiemy, że dla teleskopu optycznego kątowe rozmiary obrazu dy-

frakcyjnego gwiazdy powstającego w ognisku są równe $120/D_{cm}$ sekund łuku (D — średnia teleskopu wyrażona w cm). Te same prawa optyki decydują o zdolności rozdzielczej radioteleskopu. I tak aby dorównać oku na fali o długości 1 metra jest potrzebny instrument o średnicy aż 3,5 km! Z tego powodu radioastronomowie zmuszeni zostali do poszukiwań i rozwijania nowych technik odbioru fal radiowych. Przesunięcie zainteresowania w stronę fal krótszych, np. do 1 cm, pozwala zmniejszyć wymaganą średnicę anteny do 35 metrów. Budowa dużych anten parabolicznych pracujących na falach centymetrowych jest jednak bardzo kosztowna i nie daje możliwości wykonania dostatecznie dokładnych pomiarów pozycji obiektu radiowego. Profesor Martin Ryle, laureat nagrody Nobla w dziedzinie nauk fizycznych z 1974 roku, opracował metodę, która wprowadziła całkowitą rewolucję w dotychczasowych badaniach — interferometrię radiową. Zasada działania interferometru radiowego jest analogiczna jak znanego w optyce interferometru Michelsona. Schematyczne rysunki 1a i 1b przedstawiają interferometr radiowy i odpowiadający mu interferometr optyczny. Gdybyśmy w naszym teleskopie optycznym lub lornetce umieścili przesłonę z dwoma małymi otworkami (szczelinami) w odległości d, to w ognisku, gdzie normalnie powstaje obraz oglądanego przedmiotu, zobaczymy prążki interferencyjne. Interferometrowi radiowemu pracującemu na

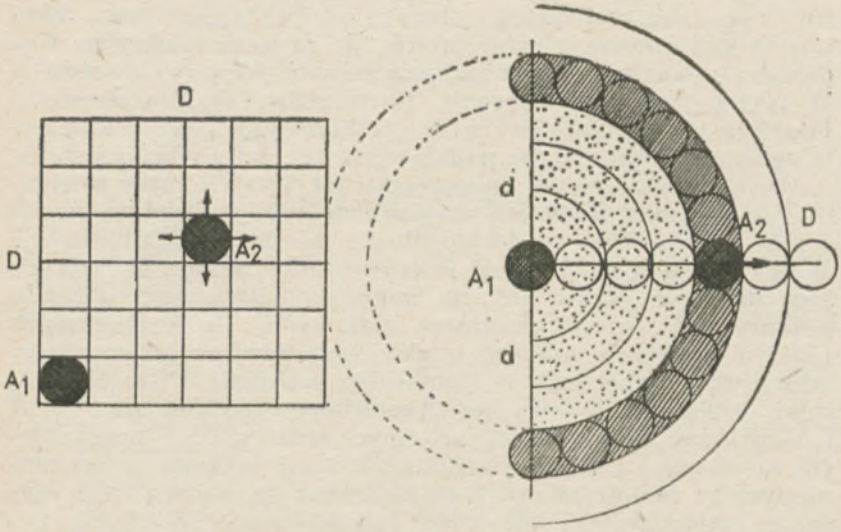


Rys. 1a i 1b Schematyczne rysunki wyjaśniające zasadę działania interferometrów radiowego i optycznego.

fali 1 m o bazie $d = 10$ km odpowiadają dwa małe otwory w przysłonie obiektywu teleskopu oddalone o 5,6 mm. Gdybyśmy zbudowali wiele anten i połączyli je razem, to byłoby to równoważne dodaniu takiej samej liczby otworków w naszej optycznej przysłonie. Powstający w ognisku obraz byłby teraz dokładniejszy. Tę drogę „tworzenia" dużych anten nazywa się syntezą apertury (apertura — miara wielkości powierzchni zbierającej). Ryle i jego współpracownicy zbudowali nowe instrumenty działające właśnie na tej zasadzie stosowane obecnie powszechnie w badaniach radioastronomicznych. Syntezę apertury zrealizować można za pomocą tylko dwu anten lub inaczej mówiąc jednego interferometru. Warunkiem jest jednak możliwość przemieszczania jednej z nich w stosunku do drugiej (nieruchomej) w taki sposób, aby otrzymać różne długości bazy d. Dla każdej zmienianej teraz skokowo bazy d rejestrujemy obraz interferencyjny, po czym, gdy posiadamy dostatecznie gęste wypełnienie apertury D, dodajemy w komputerze wszystkie otrzymane obrazy interferencyjne do siebie. Rezultatem jest ostateczny obraz o dużej zdolności rozdzielczej w jednym kierunku. O rozdzielczości w drugim decyduje średnica pojedynczej anteny — a. Syntetyzowany tą drogą radioteleskop ma wymiary $D \cdot a$. Naturalnym rozszerzeniem byłoby takie umieszczenie ruchomego elementu interferometru, aby otrzymać dwuwymiarową syntezę. Przypadek taki ilustruje rysunek 3a. Dwuwymiarowej syntezie apertury towarzyszą jednak ogromne trudności techniczne. Profesor Ryle zaproponował rozwiązanie genialne — super



Rys. 2 Jednowymiarowa synteza apertury.



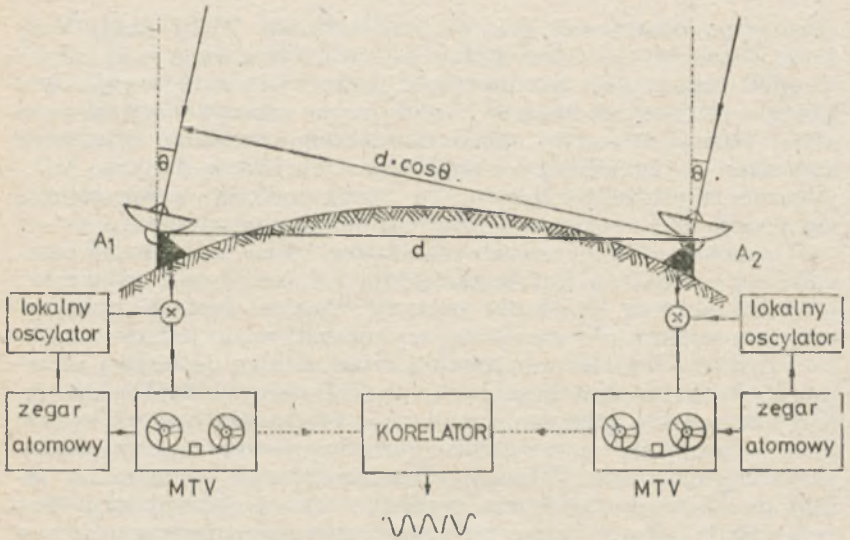
Rys. 3a Idea syntezy dwuwymiarowej, 3b Super synteza apertury.

syntezę apertury. Do pracy przy przestawianiu anten „zatrudniono" Ziemię. Dwie anteny interferometru o zmiennej bazie (jak na rys. 2) obserwują przez 12 godzin ten sam obiekt na niebie. W tym czasie patrząc z kierunku źródła fal radiowych, anteny zataczają pół obrotu jak pokazano na rys. 3b. Dla deklinacji 90° będzie to pół okręgu, dla innych deklinacji wycinek elipsy, dla równika odcinek. Prowadząc takie obserwacje co kilka minut rejestrujemy aktualny obraz interferencyjny. W praktyce obraz taki jest bardzo prosty i dlatego wystarczy notować tylko dwie wielkości: amplitudę i fazę prążków interferencyjnych. W celu przeprowadzenia następnych 12-to godzinnych ciągów obserwacyjnych przesuwa się antenę A_2 do nowej pozycji itd. Końcowym etapem jest otrzymanie danych w formie amplitud i faz wewnątrz koła (lub elipsy) o średnicy D. Ciekawą własnością tych danych jest ich osiowa symetria względem centrum. Wystarczy posiadać informację zebraną z połowy takiego koła (elipsy), czyli jak to czynimy prowadząc obserwacje jedynie przez 12 godzin, aby odtworzyć drugą, brakującą część. Teraz pozostaje ważny proces sumowania zebranej informacji. Do tego celu wykorzystuje się duże komputery. Dokonują one matematycznej operacji zwanej odwrotną transformacją Fouriera. Ostatecznie otrzymuje-

my mapę radiową dużego obszaru nieba, takiego jaki widzi pojedyncza antena interferometru, ale za to ze zdolnością rozdzielczą i czułością odpowiadającą radioteleskopowi o średnicy D (patrz rys. 3b). Operacją równoważną do transformacji Fouriera jest sumowanie, przez obiektyw lub lustro teleskopu, w ognisku amplitud i faz padającej równoległej wiązki światła.

Dzięki zastosowaniu na początku lat 70-tych super syntezy po raz pierwszy udało się uzyskać zdolność rozdzielczą równą 1 sek. łuku, a więc porównywalną z teleskopami optycznymi. W tej chwili pracuje wiele instrumentów radiowych, których idea działania oparta jest na metodzie odtwarzania obrazów z obserwacji interferometrami radiowymi. Do największych i najważniejszych zaliczyć trzeba: radioteleskop jednomilowy oraz 5-cio kilometrowy w Cambridge w Anglii, 14-to elementowy system antenowy w Westerbork — Holandia, VLA („Very Large Array") — 27 ruchomych anten w USA (patrz zdjęcia na drugiej i trzeciej stronie okładki). Anteny w wymienionych tu radioteleskopach są połączone za pomocą kabli wysokiej częstotliwości, falowodów lub radiolinii. Te właśnie połączenia ograniczają głównie dalsze powiększanie baz. Dodatkowe bardzo poważne problemy pojawiają się dla $d/\lambda > 10^5$ na skutek zmiennego wpływu troposfery i jonosfery. Są to nieskorelowane, przypadkowe przesunięcia faz (opóźnienia) sygnałów odbieranych przez pojedyncze elementy interferometru. Efektywnie powodują one, podobnie jak w teleskopach optycznych scyntylacje, rozmycie szczegółów obrazu. W celu dalszej poprawy zdolności rozdzielczych konieczne jest umieszczenie anten w odległościach setek i tysięcy kilometrów, oraz usunięcie wpływu atmosfery. Oczywiście tak odległe anteny nie mogą być połączone za pomocą wspomnianych wyżej technik. Konieczne jest wprowadzenie nowych rozwiązań.

Istotną sprawą jest wzajemna czasowa synchronizacja sygnałów. Inaczej mówiąc opóźnienie geometryczne $d \cos \theta$ (rys. 1) oraz instrumentalne obu anten muszą być skompensowane i wyrównane tak, aby te same sygnały pochodzące z czoła fali płaskiej dotarły równocześnie lub prawie równocześnie do korelatora. Wymagane dokładności synchronizacji wynoszą ułamek mikrosekundy! Warunki te w instrumentach do syntezy apertury są spełniane przez wprowadzenie zmiennych, regulowanych opóźnień na kablach w jednej z gałęzi interferometru oraz przez użycie jednego wspólnego oscylatora lokalnego. W latach 60-tych pojawiły się seryjnie produkowane zegary atomowe. Ich użycie umożliwiło realizację interferometru z niezależną rejestracją sygnału. Długość bazy takiego inter-



Rys. 4 Interferometr z niezależną rejestracją sygnałów — podstawowy element współczesnego VLBI.

ferometru jest ograniczona jedynie rozmiarami Ziemi. Przykład interferometru radiowego z niezależną rejestracją sygnałów pokazuje rys. 4.

Zegary atomowe są zasadniczym elementem wyposażenia każdej stacji. Synchronizują one fazowo częstotliwość oscylatora lokalnego (a tym samym określają i stabilizują częstotliwość sygnałów odbieranych) oraz synchronizują do czasu uniwersalnego zapis sygnałów na magnetowidach. W każdej sekundzie rejestruje się 4 miliony bitów informacji (próbek sygnałów) wraz z dokładnym momentem czasu. Nagrane taśmy są przewożone następnie do centralnego procesora — wyspecjalizowanego komputera, gdzie odtwarza się je równocześnie na takich samych magnetowidach. Komputer synchronizuje szybkości obu urządzeń i ustawia te same momenty obserwacji, następnie dokonuje przesunięć ciągów danych przed korelacją tak, aby spełnić wymóg równoczesnego dotarcia tych samych sygnałów do korelatora. Na wyjściu korelatora (który jest jednym z elementów procesora) pojawiają się prążki interferencyjne. Co 1 sekundę rejestruje się ich amplitudę i fazę. Taką zespoloną informację nazywamy funkcją widzialności listków interferencyjnych, natomiast interferometrię o niezależnej rejestracji sygnałów w oparciu o zegary atomowe i ko-

relację po obserwacji nazywa się techniką VLBI (ang. Very Long Baseline Interferometry — interferometria na bardzo długich bazach). Po raz pierwszy technikę tę zastosowali równolegle radioastronomowie kanadyjscy i amerykańscy w roku 1967. Grupy te użyły nieco odmiennego sposobu rejestracji sygnałów — Kanadyjczycy analogową rejestrację danych, Amerykanie rejestrację cyfrową. Ta druga metoda upowszechniła się i stała się obecnie standardem międzynarodowym.

Opracowanie pierwszych rezultatów VLBI polegało na oszacowaniu rozmiarów kątowych źródła i ilości energii odbieranej interferometrem VLBI dla różnych długości baz. W tym, raczej pionierskim okresie VLBI, wykorzystywano jedynie amplitudy listków interferencyjnych a więc połowę dostępnej informacji. Faza na skutek wpływu atmosfery oraz drobnych nierówności chodu zegarów atomowych nie mogła być użyta tak, jak to dzieje się w tworzeniu obrazów metodą syntezy apertury. Opracowanie materiału obserwacyjnego polegało na takim modelowaniu wstępnie wydedukowanej ogólnej struktury radioźródła, aby uzyskać najlepszą zgodność teoretycznie wyliczanej funkcji widzialności listków z obserwowanymi amplitudami listków interefencyjnych.

Przełamanie impasu w metodach rekonstrukcji obrazów z niepełnej informacji, a więc zbieranej za pomocą niewielkiej liczby anten znajdujących się w znacznej od siebie odległości, nastąpiło w latach 70-tych. Alan Rogers z Haystack Observatory a następnie Peter Wilkinson z Jodrell Bank i Anthony Readhead z Owens Valley Observatory w Kalifornii opracowali metodę otrzymywania tzw. map hybrydowych. Zasadniczą ideą jest wykorzystanie razem amplitud i faz. Jeśli przeprowadzimy równoczesne obserwacje VLBI za pomocą trzech radioteleskopów, a następnie odtworzymy równocześnie trzy zapisy w specjalnym wielostacyjnym procesorze, to jest możliwe usunięcie wspomnianych uprzednio błędów fazy. Dla źródła punktowego (fazy astronomiczne równe zeru) suma faz obserwowanych prążków interferencyjnych na dwu bazach równa jest fazie na bazie zamykającej (trzeciej) i to niezależnie od czasu obserwacji. Dla 4 stacji mamy trzy niezależne trójkąty i trzy niezależne wielkości nazywane zamkniętymi fazami. Współczesne obserwacje VLBI prowadzone są równocześnie przez wiele stacji (radioteleskopów) i co za tym idzie, otrzymujemy dużą liczbę interferometrów, a więc mamy odpowiednio dużo amplitud listków oraz zamkniętych faz. Te informacje z powodzeniem wystarczą, aby zastosować transformację Fouriera. Niemniej obliczenia są nadal bardzo

skomplikowane i są prowadzone kolejnymi krokami (procesy iteracyjne). Za każdym krokiem dają one coraz lepsze dopasowanie do danych obserwacyjnych i coraz lepsze przybliżenie prawdziwego obrazu radioźródła. Na ogół kilkanaście iteracji wystarcza dla otrzymania ostatecznego rozwiązania. Odtworzenie obrazu radiowego na podstawie ograniczonej informacji pochodzącej z bardzo wąskich pasków na płaszczyźnie apertury prowadzi do ogromnych deformacji charakterystyki kierunkowej wypadkowej (syntetyzowanej) anteny. Silny poziom listków bocznych takiej charakterystystyki (w optyce pierścieni dyfrakcyjnych) i ich asymetria usuwane są w procesie zwanym z angielskiego CLEAN (czyszczenie). W każdym miejscu mapy radiowej radioźródła odejmuje się uprzednio wyliczoną wiązkę instrumentalną tak, aby usunąć jej wpływ na całej mapie. Proces taki nazywamy rozwiązywaniem splotu, po czym zastępujemy ją wiązką czystą, pozbawioną listków bocznych, ale o tej samej co odjęta amplitudzie. Metoda ta jest równoważna wypełnieniu interpolowanymi danymi pustych miejsc na płaszczyźnie apertury pomiędzy elipsami baz.

Współczesne badania metodami VLBI pozwalają uzyskać rozdzielczość map radiowych 0″,0004! Jest ona najwyższą osiągniętą kiedykolwiek w badaniach astronomicznych. Odpowiada teoretycznej zdolności rozdzielczej teleskopu optycznego o średnicy 300 m. Taka ostrość obrazów umożliwia „zobaczenie" przekroju włosa z odległości ok. 50 km lub piłkę futbolową na Księżycu. W centrum Galaktyki obserwować można obiekty o rozmiarach 5 jednostek astronomicznych, w M31 — — 250 j.a., a w najdalszych kwazarach metodami VLBI badać można aktywne jądra i strumienie wyrzucanej z nich materii posiadającej rozmiary zaledwie kilku lat świetlnych. Gdyby założyć, iż kwazary posiadają materię świecącą rozłożoną jak w Galaktyce, w promieniu 15 kpc, to obserwowane przez VLBI fragmenty stanowią 1/10000 część obrazu optycznego. Teleskop orbitalny (Space Telescope), którego umieszczenie na orbicie ma nastąpić za dwa lata, pozwoli otrzymać obrazy optyczne o zdolności rozdzielczej 0,04 sekundy łuku. Dopiero zastosowanie technik interferometrii optycznej może dać w przyszłości porównywalną do VLBI rozdzielczość. Nie ma tu mowy — oczywiście o jakiejkolwiek formie konkurencji. Wyniki obydwu metod będą równie ważne i będą wzajemnie służyć poznawaniu zagadek Wszechświata.

VLBI jest przykładem burzliwego rozwoju współczesnych badań naukowych. Pojedyncze kraje nie mają możliwości z powodu ograniczonych funduszy i rozmiarów własnych teryto-

riów prowadzić tych awangardowych badań. Konieczne jest utworzenie sieci dużej liczby radioteleskopów rozsianych po całym globie prowadzących równoczesne, ściśle ze sobą zsynchronizowane obserwacje. W ten sposób pojedyncze anteny stają się składowymi dużego radioteleskopu mającego średnicę bliską średnicy Ziemi. Ze względów praktycznych, np. na skutek ograniczeń spowodowanych czasem widoczności źródła równocześnie we wszystkich obserwatoriach, celowe jest użycie mniejszej liczby anten. Nie zawsze potrzebne są najwyższe zdolności rozdzielcze. W takich sytuacjach wystarcza kontynentalne VLBI.

Do najważniejszych wyników otrzymanych z badań VLBI zaliczyć należy: 1 — otrzymanie obrazu kosmicznych maserów cząstek OH, SiO i H_2O związanych z protogwiazdami, obszarami formacji gwiazd i otoczkami gwiazd późnych typów. W strukturach tych wyróżnić można szczegóły o wymiarach jednostki astronomicznej i obserwować ich dynamikę; 2 — otrzymanie obrazów jąder kwazarów i radiogalaktyk; 3 — odkrycie względnego ruchu składników w kwazarach z pozornymi prędkościami nadświetlnymi (do 45 c!) będącymi wynikiem efektów relatywistycznych; 4 — stwierdzenie dużej zmienności w strukturach radioźródeł.

VLBI stało się metodą pozwalającą na prowadzenie badań interdyscyplinarnych. Obserwując dalekie obiekty można precyzyjnie mierzyć prędkość ruchu obrotowego Ziemi, wyznaczyć z dużą dokładnością (do 20 cm) położenie bieguna Ziemi, a także mierzyć długości baz na odległościach wielu tysięcy kilometrów z dokładnością kilku centymetrów. Tymi badaniami zajmują się geodeci, geolodzy i geofizycy. Astrometria radiowa daje obecnie znacznie lepsze rezultaty niż klasyczne metody optyczne. Do celów nawigacji pojazdów kosmicznych stosuje się również VLBI. Dokładność określenia współrzędnych sond kosmicznych wynosi 1 m w odległości Księżyca.

W najbliższym czasie przewiduje się przeprowadzenie eksperymentów VLBI na falach milimetrowych. Pozwoli to jeszcze dziesięciokrotnie poprawić zdolność rozdzielczą obserwacji naziemnych. Istnieją projekty, których realizacja nastąpi jeszcze w tym dziesięcioleciu, umieszczenia dużej anteny na orbicie okołoziemskiej, współpracującej ze stacjami naziemnymi. Wkrótce będziemy mogli zobaczyć najbliższe otoczenie czarnych dziur odpowiedzialnych za wyzwalanie ogromnych energii w kwazarach i niektórych galaktykach. Być może stanie się realne rozwikłanie pasjonującej zagadki tworzenia ga-

laktyk i ewolucji materii we wczesnych etapach istnienia Wszechświata.

W wielu krajach przywiązuje się ogromną wagę do rozwoju badań metodami VLBI. W USA ruszy niebawem system nazwany VLBA, w Kanadzie, w Australii i w ZSRR projektuje się budowę niezależnych sieci VLBI. W Europie istnieje sieć EVN (ang. European VLBI Network). W jej skład wchodzą: 100 m antena w RFN, 76 m antena w Anglii (patrz zdjęcie na pierwszej stronie okładki), dwanaście 25 m anten w Holandii, 26 m antena w Szwecji, 22 m antena w ZSRR (patrz zdjęcie na drugiej stronie okładki) i 15 m antena w Piwnicach koło Torunia. W budowie są dwie 32 m anteny we Włoszech. Nasz kraj aktywnie włączył się do tych ważnych badań. Toruńscy radioastronomowie w oparciu o udostępnioną dokumentację sami zbudowali terminal VLBI i rozpoczęli już wspólne obserwacje. Polska jest więc jedynym (poza ZSRR) krajem socjalistycznym, który podjął tę ważną i wiodącą w radioastronomii tematykę. Duże nadzieje związane są tu nie tylko z astrofizycznymi aspektami VLBI. Wspólnie z Centrum Badań Kosmicznych PAN prowadzi się prace zmierzające do wykorzystania obserwacji VLBI do badań geodynamicznych.

Współczesna radioastronomia, w szczególności VLBI, jest przykładem zastosowania najnowszych rozwiązań technologicznych: anten, elektroniki, systemów automatycznego sterowania, nowoczesnych metod numerycznych — rekonstrukcji obrazów oraz niespotykanej dotąd w żadnej dyscyplinie nauki w takiej skali partnerskiej współpracy międzynarodowej. Perspektywy dalszego rozwoju tej techniki wskazują, iż będzie ona wioodącą jeszcze przez kilka dziesięcioleci. Utrzymanie się Polski w VLBI w decydującym stopniu zależeć będzie od modernizacji naszej bazy instrumentalnej. Pilnie potrzebna jest budowa większej, np. 32 m anteny. Odpowiednie prace projektowe zostały już podjęte i należy wierzyć, iż przy ogólnym poparciu wszystkich polskich radioastronomów projekt ten będzie zrealizowany.

BOŻENNA TODOROVIC-JUCHNIEWICZ — Warszawa

CHARON — SATELITA PLUTONA

Charon, syn Nocy, to mityczny przewoźnik dusz przez rzekę Styks do świata umarłych — królestwa Plutona. Jego imieniem został nazwany księżyc Plutona odkryty w połowie 1978

roku przez Jamesa Christy'ego, astronoma z obserwatorium w Waszyngtonie (USA). 22 czerwca 1978 roku Christy, opracowując klisze z obserwacjami Plutona wykonane 155 cm refraktorem we Flagstaff (Arizona), zauważył, że obraz planety nie ma okrągłego kształtu. Na kliszach wykonanych w kwietniu można było dostrzec słabe rozciągnięcie obrazu w kierunku południowym, a na kliszach z maja w kierunku północnym. Po przeanalizowaniu wszystkich możliwych przyczyn, które mogłyby spowodować takie zniekształcenie obrazu (np. błąd w ruchu teleskopu, ruch planety, gwiazda tła itp.) i kolejnej ich eliminacji, okazało się, że otrzymany obraz można uważać za rzeczywisty. I wtedy zrodziła się myśl wytłumaczenia tego faktu istnieniem księżyca Plutona.

Aby jednak upewnić się co do słuszności tego wniosku, Christy zbadał wszystkie klisze z obrazem Plutona zrobione poprzednio tym teleskopem. Rozciągnięcie obrazu można było zauważyć na kliszach z 1965 i 1970 roku. Przebadany materiał wskazywał, że zniekształcenie obrazu zdarzało się tylko w pewnych kierunkach i w określonym czasie. Seria klisz z 1970 roku sugerowała, że okres zmian w obrazie był powyżej 6 dni. Do zaobserwowania rozciągnięcia trzeba też było bardzo dobrych warunków obserwacji. Takie idealne warunki zdarzyły się w ciągu dwóch nocy w lipcu 1978 roku. Z obrazu otrzymanego 2 lipca we Flagstaff (patrz zdjęcie na trzeciej stronie okładki *Uranii* nr 4/1982) można było ocenić rozmiar rozciągnięcia, który odpowiadał odległości Charona od Plutona równej 17 000 km. Podobny wynik otrzymano z fotografii Plutona wykonanych 4 m teleskopem w Cerro Tololo w Chile.

Z tych wszystkich obserwacji R. Harrington i J. Christy podjęli próbę pierwszego oszacowania elementów orbity Charona. Przyjęli przy tym założenia, że orbita satelity jest kołowa o promieniu równym maksymalnej separacji ciał, że moment i kierunek maksymalnego rozciągnięcia obrazu odpowiada przejściu przez węzeł, oraz że okres obiegu Charona wokół Plutona (wynikający ze zmian blasku planety) wynosi 6,3867 dnia. Dla tak prowizorycznie określonej orbity księżyca policzyli efemerydę i stwierdzili zupełnie dobrą zgodność wielkości przewidywanych (separacja i kąt pozycyjny badanych ciał) z wielkościami otrzymanymi z pomiarów.

Jednak w celu poprawienia dokładności elementów orbity Charona potrzeba było więcej danych. W latach 1978 i 1979 napłynęły dalsze obserwacje fotograficzne wykonane zarówno we Flagstaff jak i w innych obserwatoriach: Cerro Tololo,

Mauna Kea (Hawaje), Mount Megantic (Quebec, Kanada). We Flagstaff była również wykonana klisza elektrograficzna w 1978 roku. W wyniku jej analizy B. Thomsen i H. D. Ables otrzymali nie tylko wielkość separacji między Plutonem i Charonem, ale również różnicę ich jasności. Uniwersytet w Texas zawiadomił o znalezieniu rozciągnięcia obrazu Plutona na przedodkryciowych kliszach z 1977 roku wykonanych w obserwatorium Mc Donalda. W roku 1980 astronomowie francuscy D. Bonneau i R. Foy przebadali planetę wraz z jej satelitą za pomocą techniki zwanej interferometrią plamkową *. Użyli do tego celu 3,6 m teleskopu na Mauna Kea. Tego samego typu obserwacja była wykonana również w 1980 roku przez astronomów amerykańskich z obserwatorium Stewarda za pomocą 1,8 m teleskopu. Różniła się jednak tym od poprzednich, że została wykonana w czasie bliskim minimalnej separacji Charona i Plutona. Obserwacje wykonane metodą interferometrii plamkowej dały wreszcie całkowitą pewność, że Charon — satelita Plutona — rzeczywiście istnieje. Oprócz separacji kątowej tych dwóch ciał można było — za pomocą tej techniki — uzyskać jeszcze wielkości średnic planety i jej księżyca oraz różnicę ich jasności.

Jeszcze jedna nietypowa obserwacja była wykonana przez A. Walkera. Astronom ten zaobserwował za pomocą 1 m teleskopu w południowo-afrykańskim obserwatorium w Sutherland zakrycie gwiazdy 13 wielkości z gwiazdozbioru Panny przez Charona. Pozwoliło to określić dolną granicę wartości średnicy Charona oraz znaleźć różnicę jasności Plutona i Charona.

Dysponując już teraz znacznie bogatszym materiałem obserwacyjnym danych fotograficznych oraz uwzględniając pomiary „plamkowe" i obserwacje elektrograficzne, Harrington i Christy wyznaczyli następujące parametry Charona:

— promień orbity (w km): 19 700 ± 300
— okres obiegu (w dniach): 6,3871 ± 0,0002
— mimośród orbity: 0,0
— nachylenie płaszczyzny orbity do płaszczyzny ekliptyki: 94° ± 3°
— długość węzła wstępującego: 221° ± 3°
— anomalia prawdziwa na dzień 31 stycznia 1982 r.: 75° ± 8°

---

* patrz *Urania* nr 6—7/1982.

— współrzędne bieguna orbity satelity: $\alpha = 8^h44^m$, $\delta = -4°$
— odwrotność masy Plutona i Charona: $(1{,}34 \pm 0{,}07) \cdot 10^8\ M_\odot^{-1}$

Wartości masy Charona i promienia jego orbity były jednak znacząco mniejsze od tych, które otrzymali Bonneau i Foy. Z obserwacji wykonanych metodą interferometrii plamkowej pokuszono się też o pewne wnioski dotyczące fizycznych parametrów księżyca. Wartości średnicy Charona otrzymane z pomiarów „plamkowych" wynosiły: u astronomów francuskich 2000 ± 200 km, amerykańskich 1100 ± 600 km, a z obserwacji zakryciowej Walkera 1200 km. Znajomość faktu, że Charon ma jasność o 1,7 mag mniejszą od Plutona, również umożliwia określenie rozmiaru księżyca. Jeżeli przyjmie się, że oba ciała mają jednakowe albedo, to okazuje się, że średnica Charona wydaje się być prawie o połowę mniejsza od średnicy Plutona. Jeżeli założyć, że gęstość Charona jest podobna do gęstości planety to stosunek mas między nimi będzie rzędu 1/10. Przy założeniu gęstości np. 0,5 g/cm^3 (wartość bliska gęstości metanu, który jak się przypuszcza jest dominującym składnikiem powierzchni Plutona) można przewidywać, że masa Charona wynosi 1/8 masy Plutona. Według Bonneau i Foy'a masa Charona równa się $2 \cdot 10^{24}$ g.

Stosunek mas księżyca i planety oraz fakt, że okres obiegu Charona jest podobny do okresu obrotu Plutona, wskazują na to, że Charon mógł powstać w wyniku rozszczepienia planety i podtrzymują teorię pływowej ewolucji Charona. Przyczyna, która mogła spowodować oderwanie się księżyca, jest związana z pochodzeniem Plutona. Być może Pluton jest zbiegłym księżycem Neptuna? Obliczenia Harringtona i Van Flandern a z 1976 roku sugerują, że w wyniku spotkania Neptuna z dużą planetą mogłoby nastąpić wyrzucenie Plutona na inną orbitę, a przy okazji oderwanie się od niego kawałka, który stałby się satelitą. Według hipotezy R. Lyttletona Pluton został wypchnięty na inną orbitę w wyniku zbliżenia się do Trytona, innego księżyca Neptuna. Wynikające stąd siły pływowe mogły oderwać kawałek z Plutona. Jeszcze inna hipoteza (wydaje się najmniej prawdopodobną) rozważana przez Walkera mówi, że Pluton nie jest planetą lecz szczątkami komety, a Charon jest kawałkiem jądra komety.

Jak na razie sprawa pochodzenia Plutona, a co za tym idzie i Charona, jest jeszcze ciągle zagadką. Zarówno wyznaczenie orbity jak i określenie fizycznych właściwości Charona wymaga jeszcze wytężonej pracy zarówno obserwatorów jak i teoretyków.

KRZYSZTOF ZIOŁKOWSKI — Warszawa

MIĘDZYNARODOWY PROGRAM BADAŃ KOMETY HALLEYA

Obecny powrót komety Halleya zmobilizował i zjednoczył społeczność astronomiczną na całym świecie jak bodaj żadne z dotychczas obserwowanych zjawisk na niebie. Wyrazem tego jest zawiązanie się nieformalnej organizacji o nazwie **International Halley Watch** (IHW). Nieformalnej, gdyż w zasadzie do niczego nie zobowiązuje dobrowolnie zgłaszających do niej akces astronomów, a jedynie stawia sobie jako główne zadanie pomoc w jak najlepszym i wszechstronnym wykorzystaniu dla nauki okazji jaką stwarza pojawienie się komety Halleya. O tym jakie nadzieje astronomia wiąże z tą kometą, mogliśmy się już przekonać choćby na podstawie ostatnio opublikowanych w *Uranii* tekstów bezpośrednio lub pośrednio jej dotyczących (w numerach 5, 8—9, 11 i 12 z ubiegłego roku). Celem IHW jest organizowanie i wspieranie współpracy między badaczami komet poprzez koordynację prac oraz standaryzację i archiwizację danych obserwacyjnych. Jest on realizowany w ramach siedmiu grup tematycznych odpowiadających siedmiu technikom badań astronomicznych. Nad całością działań IHW czuwają dwa centra kierownicze: w Pasadenie (Kalifornia, USA) i w Bambergu (RFN), opierając swe decyzje na radach i opiniach zespołu najwybitniejszych specjalistów ze wszystkich dziedzin badań kometarnych złożonego z 22 astronomów reprezentujących następujące kraje: Chile, Czechosłowację, Francję, Holandię, Indie, Japonię, Kanadę, RFN, USA i ZSRR. Działalność IHW finansowana jest przez rządy USA i RFN. Międzynarodowa Unia Astronomiczna podczas ostatniego kongresu w Grecji w 1982 roku w specjalnej rezolucji zaaprobowała IHW jako międzynarodową agencję koordynującą obserwacje komety Halleya *. Ograniczając do tego krótkie-

* por. artykuł A. Kusa w *Uranii* nr 1—4/1983.

go wprowadzenia informacje organizacyjne, przedstawmy nieco szerzej problematykę naukową poszczególnych grup tematycznych IHW.

Badania astrometryczne obejmują przede wszystkim obserwacje pozycyjne komety niezbędne do obliczenia jej orbity. Znajomość ruchu komety jest potrzebna służbom efemerydalnym do prognozowania jej położenia na niebie, ale to nie wymaga dużej precyzji. Natomiast dokładne obserwacje wykonywane jak najczęściej w całym okresie widoczności komety z różnych miejsc na powierzchni Ziemi są konieczne do szczegółowych badań ewolucji orbity, co w przypadku komety Halleya jest szczególnie intrygujące. Wiąże się z tym sprawa tzw. efektów niegrawitacyjnych, których wpływ na orbitę jest wyraźnie stwierdzony, ale których natura jest ciągle mało znana. Obserwacje pozycyjne nabierają ponadto szczególnego znaczenia ze względu na projektowane sondy, które mają być wysłane w pobliże komety. Powodzenie ich misji w ogromnym stopniu zależy od precyzji spotkania w określonej odległości sondy z kometą, a do tego trzeba oczywiście dobrze znać ruch komety w przestrzeni, aby móc właściwie sondą pokierować. W obliczeniach orbity komety Halleya znaczący udział będą mieli astronomowie polscy.

Ważnym fragmentem badań komety Halleya będą **obserwacje zjawisk wielkoskalowych.** Ich celem będzie zebranie obrazów komety wykonanych w niewielkich odstępach czasu dla analizy zmian zachodzących w głowie i warkoczu komety, powiązanie obserwowanych zmian ze stanem aktywności Słońca (której aktualne parametry będą mierzone m. in. przez różne sondy kosmiczne), patrolowanie „zachowania się" komety w trakcie zbliżeń do niej sond Vega, Giotto i Planeta-A i przez to rozszerzenie możliwości interpretacyjnych pomiarów *in situ*. Przewiduje się, że długość warkocza komety Halleya, gdy zbliży się ona na odległość mniejszą od jednej jednostki astronomicznej, przewyższy 2×10^7 km (w mierze łukowej na sferze niebieskiej odpowiada to długości 8°—10°). W okresach największego zbliżenia komety do Ziemi, tzn. w końcu listopada 1985 roku (półkula północna) i na początku kwietnia 1986 roku (półkula południowa), zarówno jasność jak i rozmiary warkocza będą jednak trudne do przewidzenia.

Specjalną uwagę zwróci się również na wielkoskalowe **zmiany powierzchni jądra** komety Halleya, jego własności termofizyczne, orientację osi obrotu, okres rotacji. Wiadomo, że struktura jądra komety jest niejednorodna, o czym świadczy m. in. anizotropowy rozkład pyłu w atmosferze, a także różne

struktury w głowie komety zmieniające z dnia na dzień swój wygląd. Systematyczne śledzenie morfologii jądra ma ważne znaczenie również i z tego względu, że obserwacje z sond kosmicznych będą przecież trwały bardzo krótko i powiązanie ich wyników z rozciągniętymi w czasie obserwacjami naziemnymi może znacznie poszerzyć możliwości ich interpretacji.

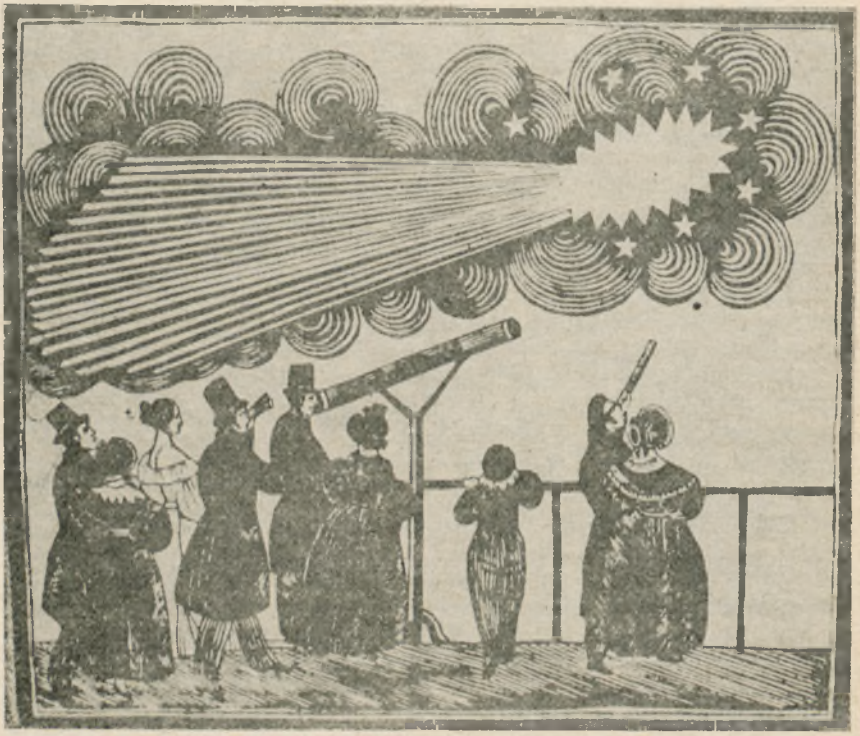
Celem **badań fotometrycznych,** prowadzonych z użyciem standardowych filtrów, będzie zarówno wyznaczenie gęstości i rozkładu materiałów lotnych w głowie komety i ich zależności od odległości komety od Słońca, jak również śledzenie krótkookresowych zmian w wyglądzie komety spowodowanych np. wybuchami czy też rotacją jądra. Interesujące będzie zbadanie asymetrii tych zjawisk przed i po przejściu komety przez peryhelium. Przewiduje się również standardową fotometrię promieniowania wybranych jasnych gwiazd zakrywanych przez warkocz komety podczas jej przemieszczania się po niebie. **Obserwacje polarymetryczne,** wykonywane przy różnych kątach fazowych, pod którymi będzie widoczna kometa, poprzez porównanie wyników z pomiarami laboratoryjnymi umożliwią wyznaczenie rozmiarów cząstek materii kometarnej odbijających promieniowanie słoneczne, a także stopień pochłaniania przez nie tego promieniowania. Wartość badań fotometrycznych i polarymetrycznych w dużym stopniu zależy od standaryzacji technik obserwacyjnych i powiązania ich z wynikami badań w podczerwieni i w zakresie fal radiowych.

Duże nadzieje wiąże się z **obserwacjami radioastronomicznymi.** Możliwość identyfikacji różnych molekuł i rodników w głowie komety Halleya dostarczy informacji o składzie jądra i procesach fizycznych prowadzących do ich powstania. Za pomocą radioteleskopów w Arecibo i Goldstone projektuje się radarowe sondowanie komety. Gdyby się ono powiodło (ze względu na niewielkie rozmiary jądra rzędu kilku kilometrów jest to przedsięwzięcie niezmiernie trudne), uzyskano by wiarygodne informacje o rozmiarach jądra, strukturze jego powierzchni i rotacji.

Głównym celem **obserwacji spektroskopowych i spektrofotometrycznych** będzie poszukiwanie nowych związków chemicznych i stopnia ich zawartości w materii kometarnej. Ponieważ podczas obecnego powrotu do Słońca kometa Halleya została odkryta bardzo wcześnie, powstała wyjątkowa okazja śledzenia ewolucji składu chemicznego jasnej komety w zależności od odległości od Słońca w największym z dotychczas możliwych przedziale czasu i odległości heliocentrycznych.

Spektroskopia promieniowania podczerwonego komety Halleya umożliwi zdobycie informacji dotyczących bilansu energetycznego i temperatury cząstek pyłu kometarnego, a także ich rozmiarów i składu. Radiometria podczerwieni dostarczy też danych o składowej gazowej głowy komety. Dokonany ostatnio postęp w technice obserwacji podczerwieni stwarza szansę zbadania podstawowych procesów fizycznych i chemicznych w jądrze, atmosferze i warkoczu komety jako funkcji czasu i położenia komety Halleya względem Słońca.

Zadaniem ostatniej grupy tematycznej IHW jest **wykorzystanie aktywności miłośników astronomii** w badaniach komety Halleya. W pięciu dziedzinach udział amatorów może być użyteczny. Są to: obserwacje wizualne, fotograficzne, obserwacje spektroskopowe, fotometria fotoelektryczna i obserwacje meteorów związanych z kometą Halleya. Projektuje się wydanie



Ilustracje z francuskiej ulotki zapowiadającej pojawienie się komety Halleya w 1835 roku.

specjalnego podręcznika obserwacji komety Halleya dla amatorów. O dalszym rozwoju tej akcji i możliwości włączenia się do niej polskich miłośników astronomii będziemy informować czytelników *Uranii*.

Zasadniczym celem IHW jest koordynowanie działań w zakresie naziemnych obserwacji komety Halleya podczas jej obecnego powrotu do Słońca. Natomiast koordynacją wysiłków zmierzających do wystrzelenia w kierunku komety Halleya sond kosmicznych zajmuje się międzyagencyjna grupa konsultacyjna, którą tworzą delegacje państw i agencji przygotowujących te misje. Pomiędzy tymi dwoma organizacjami istnieje oczywiście ścisła współpraca. Wzajemne uzupełnianie się i współzależności obserwacji naziemnych i pomiarów *in situ* są przecież oczywiste. Program pierwszych zarysowaliśmy powyżej, a omówieniu drugich poświęcimy odrębny artykuł.

KRONIKA

Największe radioteleskopy

Radioastronomia narodziła się zaledwie pół wieku temu, a mimo to może się już poszczycić wspaniałymi osiągnięciami (odkrycie pulsarów, kwazarów, promieniowania szczątkowego Wszechświata). Jest to o tyle frapujące, że jej dynamiczny rozwój nastąpił przecież dopiero po drugiej wojnie światowej, kiedy to jak „grzyby po deszczu" zaczęły powstawać coraz większe i doskonalsze przyrządy do odbioru promieniowania radiowego ciał niebieskich. A oto największe aktualnie radioteleskopy (w nawiasach podano współrzędne geograficzne danego obserwatorium i jego wysokość nad poziomem morza):

Arecibo ($\lambda = 66°45{,}2'$ W, $\varphi = 18°20'36{,}6''$ N, $h = 496$ m), obserwatorium astrofizyczne Uniwersytetu Cornella w Ithace (Nowy Jork, USA). Uruchomiony w roku 1965 radioteleskop ma nieruchomą czaszę sferyczną o średnicy 305 m, zainstalowaną na dnie naturalnej kotliny (patrz zdjęcie na pierwszej stronie okładki *Uranii* nr 9/1979). Przystosowany jest do odbioru promieniowania radiowego głównie o częstotliwości 430—1400 MHz (często bywa także używany do radarowego badania ciał Układu Słonecznego).

Effelsberg ($\lambda = 6°53'1{,}5''$ E, $\varphi = 50°31'28{,}6''$ N, $h = 366$ m), obserwatorium radioastronomiczne Instytutu Maxa Plancka w Bonn (RFN). Uruchomiony w roku 1971 radioteleskop ma ruchomą czaszę paraboliczną o średnicy 100 m (największy aktualnie ruchomy radioteleskop świata), która zainstalowana jest na montażu azymutalnym (patrz zdjęcie na pierwszej stronie okładki *Uranii* nr 2/1982). Służy od odbioru promieniowania radiowego o częstotliwości 600—15000 MHz.

Green Bank ($\lambda = 79°50{,}2'$ E, $\varphi = 38°26'17''$ N, $h = 894$ m), własność Narodowego Obserwatorium Radioastronomicznego w Charlottesville

(Wirginia, USA). Uruchomiony w roku 1962 radioteleskop o średnicy 91,5 m jest przystosowany do odbioru promieniowania radiowego o częstotliwości 300—5000 MHz.

Jodrell Bank ($\lambda = 2°18'25''$ W, $\varphi = 53°14'13''$ N, $h = 70$ m), Obserwatorium Radioastronomiczne Uniwersytetu w Manchester (Anglia). Uruchomiony w roku 1957 radioteleskop paraboliczny na montażu azymutalnym ma średnicę 76,2 m i przez dłuższy czas uchodził za największy na świecie instrument tego typu (patrz zdjęcie na pierwszej stronie okładki). Przystosowany jest do odbioru promieniowania radiowego o częstotliwości 300—4000 MHz.

Parkes ($\lambda = 148°15'44''$ E, $\varphi = 33°00'00''$ S, $h = 392$ m), obserwatorium radioastronomiczne w Parkes (Nowa Południowa Walia, Australia). Uruchomiony w roku 1979 radioteleskop paraboliczny ma 64 m średnicy i montaż paralaktyczny. Przystosowany jest do odbioru promieniowania radiowego głównie o częstotliwości 500—5000 MHz.

Goldstone ($\lambda = 116°53'19''$ W, $\varphi = 35°25'33''$ N, $h = 1032$ m), obserwatorium radioastronomiczne Laboratorium Napędu Odrzutowego w Pasadenie (Kalifornia, USA). Uruchomiony w roku 1979 radioteleskop paraboliczny o średnicy 64 m i montażu azymutalnym służy do odbioru promieniowania radiowego o częstotliwości 600—10000 MHz.

Robledo ($\lambda = 4°14'49,2''$ W, $\varphi = 40°26'2''$ N), obserwatorium Narodowego Instytutu Przestrzeni Kosmicznej w Robledo (Hiszpania). Znajdujący się tu radioteleskop o średnicy 64 m i montażu azymutalnym przystosowany jest do odbioru promieniowania radiowego o częstotliwości 600—10000 MHz.

Tidbinbilla ($\lambda = 148°58'48,20''$ E, $\varphi = 35°24'14,3''$ S, 670 m), własność Instytutu Badania Przestrzeni Kosmicznej w Kingston (Australia Południowa). Uruchomiony w roku 1980 radioteleskop paraboliczny o średnicy 64 m i montażu azymutalnym służy do odbioru promieniowania radiowego o częstotliwości 600—10000 MHz.

Socorro ($\lambda = 107°37'04''$ W, $\varphi = 34°04'43''$ N, $h = 2124$ m), własność Narodowego Obserwatorium Radioastronomicznego w Charlottesville (Wirginia, USA). Uruchomiony w roku 1978 radiointerferometr („Very Large Array") składa się z 27 anten parabolicznych o średnicy 25 m każda (patrz zdjęcia na drugiej i trzeciej stronie okładki) i przystosowany jest do odbioru promieniowania radiowego o następujących częstotliwościach: 1420, 1700, 5000, 15000 i 24010 MHz.

Westerbork ($\lambda = 6°36'15''$ E, $\varphi = 52°55'01''$ N, $h = 5$ m), obserwatorium radioastronomiczne w Westerbork (Holandia). Uruchomiony w roku 1979 radiointerferometr składa się z 12 anten parabolicznych o średnicy 25 m każda (patrz zdjęcie na czwartej stronie okładki *Uranii* nr 2/1982) i służy do odbioru promieniowania radiowego o następujących częstotliwościach: 610, 1415 i 4995 MHz.

Cambridge ($\lambda = 0°02,4'$ E, $\varphi = 52°09'45''$ N, $h = 17$ m), obserwatorium radioastronomiczne uniwersytetu w Cambridge (Anglia). Uruchomiony w roku 1979 radiointerferometr składa się z 4 anten parabolicznych o średnicy 13 m każdy i jest przystosowany do odbioru promieniowania radiowego o następujących częstotliwościach: 2695, 5000 i 15375 MHz.

Zeleńczuk ($\lambda = 41°35,4'$ E, $\varphi = 43°49'32''$ N, $h = 973$ m), własność Specjalnego Obserwatorium Astrofizycznego Akademii Nauk ZSRR w Zeleńczuku (Kaukaz, ZSRR). Uruchomiony w roku 1975 radioteleskop składa się z 895 cylindrycznych reflektorów o rozmiarach $7,4 \times 2$ m,

tworzących koło o średnicy 576 m („Ratan 600"). Przystosowany jest do odbioru promieniowania radiowego o częstotliwści 1000—37500 MHz.

Z zestawienia pwyższego wynika, że wielkie radioteleskopy zostały zlokalizowane głównie na północnej półkuli naszego globu. Na południowej bowiem półkuli działają na razie tylko dwa duże przyrządy tego typu, lecz wkrótce ta niekorzystna sytuacja ma ulec pewnej poprawie. W roku 1988 obchodzone będzie dwustulecie Australii i z tej okazji władze tego kraju postanowiły zafundować astronomom nowy radioteleskop. Będzie to radiointerferometr składający się z pięciu anten paralaktycznych o średnicy 22 m.

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ

Fale grawitacyjne w soczewkach grawitacyjnych

Częsty ostatnio temat publikacji — soczewki grawitacyjne — uważane są za przyczynę, dla której pewne kwazary obserwujemy jako „podwójne" a nawet „potrójne". Zdarza się to wtedy, kiedy pomiędzy obserwatorem a kwazarem znajduje się masywna galaktyka, ogniskująca promieniowanie radiowe i widzialne wysyłane przez kwazar w bardzo różne i złożone sposoby. Oba wymienione promieniowania mają naturę elektromagnetyczną, a ich oddziaływanie z soczewkami grawitacyjnymi jest dość dobrze poznane. Jaki jednak wpływ soczewki te mają na fale grawitacyjne? Odpowiedź na to pytanie miałaby zasadnicze znaczenie dla raczkującej astronomii fal grawitacyjnych. Detektory, którymi ta dysponuje, trudno nawet tak nazwać ze względu na ich znikomą czułość (często zresztą w ogóle kwestionowaną). Perspektywy tej dziedziny uległyby radykalnej poprawie gdyby można było wykorzystać niektóre obiekty astronomiczne (np. Słońce) w charakterze soczewek zbierających promieniowanie grawitacyjne. Rozwijając idee Einsteina i Zwicky'ego zaproponował to w roku 1973 L. Ch. Ingel, dochodząc do wniosku, że właściwości ogniskujące wewnętrznego pola grawitacyjnego masywnych ciał o symetrii kulistej są wystarczająco dobre w odniesieniu do promieniowania neutrinowego i grawitacyjnego, by rokować ich wykorzystanie w praktyce. Ten optymistyczny wniosek zakwestionowany został ostatnio przez R. Bonza i M. Haugana z uniwersytetu stanu Utah (USA). Analiza matematyczna problemu ogniskowania fal grawitacyjnych w soczewkach grawitacyjnych wykazała, że chociaż optyka geometryczna przewiduje bardzo wysoki stopień wzmocnienia tych fal w pewnych miejscach (zwanych kaustykami), to jednak w praktyce wzmocnienie ograniczone jest przez efekty dyfrakcyjne, a poniżej pewnej częstotliwości granicznej w ogóle nie następuje. Oznacza to, że w soczewkach grawitacyjnych wzmocnieniu ulec mogą fale grawitacyjne o wysokiej jedynie częstotliwości. Wspomniana częstotliwość graniczna jest odwrotnie proporcjonalna do masy soczewki i niezależna od innych czynników, takich jak na przykład jej kształt. Mówiąc krótko: duże obiekty mogą wzmacniać fale grawitacyjne o niższej częstotliwości niż obiekty małe. Ilustrując to konkretnym przykładem, częstotliwość graniczna w przypadku Słońca jest równa około 2 kHz. Ponieważ częstotliwości fal grawitacyjnych zmieniają się od około 0,0002 Hz do 2 kHz (najczęściej około 20 Hz), okazuje się, że Słońce jest zbyt małe masywne, by nadawać się do ich ogniskowania.

Wg *Astrophys. Space Sci.*, 1981, **78**, 199

ZBIGNIEW PAPROTNY

Czy Galaktyka jest drzemiącym kwazarem?

Z niewykłą hipotezą wystąpił ostatnio M. Bailey z Uniwersytetu w Sussex w Wielkiej Brytanii. Twierdzi on, że wszystkie duże galaktyki, łącznie z naszą, przechodzą co pewien czas przez stadium aktywności podobnej do aktywności kwazara. Oto jak Bailey wyobraża sobie to zjawisko: masa tracona przez wszystkie gwiazdy galaktyki powoli pod wpływem grawitacji spada w kierunku centrum systemu. Ponieważ materia ta musi zachować swój moment pędu nie może spadać prosto do jądra, lecz tworzy chłodny, masywny dysk. Z drugiej strony siły lepkości rozpraszają energię, co sprawia, że materia nie pozostaje w dysku, ale wolno porusza się po spirali ku centrum. W początkowej fazie efekt ten jest nieistotny. Sam dysk rośnie aż do osiągnięcia punktu krytycznego, gdy niestabilność grawitacyjna powoduje jego rozpadnięcie się. Z części dysku powstaną krótkożyjące, nowe, masywne gwiazdy. Jeżeli warunki są dogodne, wzajemne oddziaływania pomiędzy tymi obiektami i pozostałym materiałem dysku zapoczątkują proces lawinowego tworzenia się gwiazd.

Reszta materiału dysku, zaburzana przez młode gwiazdy, jest o wiele bardziej lepka niż przedtem. Kolosalne ilości gazu płyną po spirali w centralne obszary jądra. Materia ta może więc zapaść się grawitacyjnie i utworzyć masywną czarną dziurę lub zasilić wcześniej istniejący skolapsowany obiekt w centrum. W każdym z tych dwóch przypadków akrecja nawet małej części pierwotnej materii dysku jest wystarczająca dla wyjaśnienia wielkich jasności kwazarów i innych aktywnych galaktyk.

Zebrana materia może uchronić się od zapadania i utworzyć tzw. spinar. Jest to supermasywne, szybko wirujące i wysoce niestabilne ciało żyjące najwyżej 1000 lat. W końcu rozrywa się ono w gigantycznej eksplozji nuklearnej wystarczająco gwałtownej, aby wyjaśnić zjawisko kwazara.

O ile hipoteza Bailey'a jest prawdziwa, jądro galaktyki, aby przejść przez stadium kwazara, powinno wykazywać cztery własności: powinno zawierać duże ilości neutralnego gazu; powinniśmy w nim obserwować ślady niedawnych procesów formowania się gwiazd; w aktywnych galaktykach powinny być widoczne wielkoskalowe turbulentne ruchy gazu; w jądrze powinny istnieć świadectwa niedawnych procesów intensywnego wydzielania energii.

Obserwacje ruchów mas gazu, masywnych gwiazd i pozostałości supernowych w jądrze naszej Galaktyki doprowadziły Bailey'a do wniosku, że nasz system gwiazd przeszedł przez fazę kwazara zaledwie 10 milionów lat temu. Natomiast galaktyki M31, M33 i M49 są spokojne od 100 milionów lat lub więcej.

Czy powinniśmy się martwić o najbliższą przyszłość naszej Galaktyki. Bailey twierdzi, że nie i ocenia, że do następnego wybuchu mamy około miliarda lat.

Wg *Sky and Telescope*, 1982, 64, 539

TOMASZ ŚCIĘŻOR

Gwiazdy ZZ Ceti

W 1964 roku A. Landolt odkrył pierwszego przedstawiciela nowej klasy gwiazd, określanej obecnie jako zmienne białe karły typu ZZ Ceti. Jednak dopiero teraz jesteśmy na drodze do zrozumienia ich natury i budowy, mechanizmu powstawania zmienności. Dlaczego

gwiazdy te przysporzyły tak dużo kłopotów astronomom? Już samo odkrycie Landolta znane jako HL Tauri 76 wprawiło specjalistów w zakłopotanie: okres zmienności tego obiektu był regularny i wynosił około 12 minut. Tymczasem teoretyczny okres pulsacji tego białego karła miał być równy kilkanaście sekund. Tajemnicze oscylacje powodujące obserwowaną zmienność pozostawały nieznane. Problem ten wzbudził zainteresowanie wielu astrofizyków, którzy rozpoczęli żmudne poszukiwania, a następnie obserwacje tych obiektów. W efekcie możemy już dziś powiedzieć wiele o charakterze tych ciał. Gwiazdy ZZ Ceti tworzą odrębną grupę gwiazd wykazujących kilka specyficznych cech. Po pierwsze, mają one wszystkie okres oscylacji wahający się od kilkuset do więcej niż tysiąca sekund. Po drugie, wszystkie one są białymi karłami typu widmowego DA (co wskazuje na wąski zakres temperatury powierzchniowej: 10—12 tys. K) o dużym ciążeniu powierzchniowym i widmach wykazujących jedynie szerokie linie absorbcyjne serii Balmera. Pierwsze przypuszczenia co do charakteru oscylacji pojawiły się w roku 1972, kiedy zauważono, że obserwacje można dość dobrze wytłumaczyć przyjmując występowanie pulsacji nieradialnych. Różne klasy takich pulsacji zostały przewidziane już w roku 1941 przez T. G. Cowlinga. Najważniejsze z nich to tzw. typ „p" — ciśnieniowe w którym siłą przywracającą równowagę jest ciśnienie — analogicznie do zwyczajnych fal dźwiękowych, oraz typ „g" — grawitacyjne, w którym siłą przywracającą równowagę jest grawitacja — jak np. w falach oceanicznych. Pierwsze szczegółowe wyliczenia takich oscylacji dla białych karłów dokonane w roku 1973, a później w 1975 dowiodły, że pulsacje typu „g" mają okresy rzędu kilkuset sekund, co dawało dobrą zgodność z okresem zmienności ZZ Ceti. Prace te były kamieniami milowymi na drodze do całkowitego zrozumienia natury tych obiektów, gdyż pozwoliły powiązać obserwowaną zmienność z określoną klasą pulsacji. Wciąż jednak pozostawała otwarta sprawa wzbudzania oscylacji i występowania ich jedynie u karłów typu DA.

W ciągu ostatnich 2 lat zaczęto brać pod uwagę w badaniach uwarstwienie obszarów powierzchniowych białego karła. Z obserwacji wiadomo, że około 2/3 wszystkich takich obiektów wykazuje wyłączną absorbcję wodoru, w tym wszystkie gwiazdy typu ZZ Ceti. Za taki stan rzeczy odpowiedzialne jest silne pole grawitacyjne przy powierzchni, powodujące gwałtowną pionową separację składników, wskutek czego wodór jako najlżejszy wykazuje w zewnętrznych warstwach niemal absolutną czystość (jest go 10000 razy więcej niż jakiegokolwiek innego składnika). Analogiczny proces musi doprowadzać do powstania u białych karłów o nieco innym składzie chemicznym czystej otoczki helowej — są to karły typu DB. Obliczenia dla modelów uwarstwionych białych karłów pozwoliły odpowiedzieć na wiele pytań. Przede wszystkim okazało się, że oscylacje mogą być wzbudzane przez pas częściowej jonizacji helu w przypadku cienkich powierzchniowych mas wodoru; w bardziej masywnych otoczkach obok „napędu" helowego pewną rolę może odgrywać warstwa częściowo zjonizowanego wodoru. Co więcej — odnaleziono teoretyczną krawędź niestabilności białych karłów zupełnie zgodną z obserwowaną. Otóż dla gwiazd tych o temperaturach powyżej 12 tys. K pulsacje nie zachodzą, czyli są one stabilne. Co daje to odkrycie? Przede wszystkim można ocenić, że ilość wodoru na powierzchni zmiennej ZZ Ceti jest w granicach 10^{-9} — 10^{-12} całkowitej masy gwiazdy. Pociąga to za sobą pewne implikacje co do wcześniejszych losów obiektu, gdy nie był on jeszcze białym karłem.

Ponadto z przewidywań teoretycznych wynika, że okres pulsacji typu „g" jest zależny od temperatury jądra karła i rośnie kilka sekund na 10 milionów lat ze względu na jego stygnięcie. Przypuszcza się, że w ciągu najbliższych kilku lat stanie się możliwe mierzenie tej zmiany okresu (dziś okres ZZ Ceti znamy z taką dokładnością jak w wypadku pulsarów!), co pozwoli dokładnie badać tempo stygnięcia białego karła. Korzyści płynące z badań tej klasy obiektów — szczególnie jeśli chodzi o poszerzanie wiedzy o białych karłach — są ogromne. Na przykład, opierając się na badaniach gwiazd ZZ Ceti, astrofizycy wysunęli hipotezę istnienia helowych białych karłów wykazujących zmienność. Rzeczywiście — po systematycznym przebadaniu kilkunastu kandydatów — wykryto karła GD 358 typu DB (czyli o czystej helowej atmosferze) wykazującego oscylacje jasności o amplitudzie 0,3 mag. Jest to pierwszy typ gwiazdy pulsującej przewidziany teoretycznie przed odkryciem.

Wg *Sky and Telescope*, 1982, 64, 216

ANDRZEJ SITARZ

Czyżby odkryto pierścienie Neptuna?

Odkrycie ostatnio pierścieni przy Jowiszu i Uranie uzasadnia przypuszczenie, iż ma je również Neptun*, a ich istnienie uda się stwierdzić na podstawie obserwacji zakryć gwiazd przez tę planetę. Niestety, dotychczasowe badania przynosiły negatywne wyniki, co oczywiście wcale nie przesądzało jeszcze sprawy. Niedawno zresztą podano dość sensacyjną wiadomość, że pierścienie Neptuna faktycznie istnieją i że były obserwowane już piętnaście lat temu. Na odbytym w ubiegłym roku posiedzeniu Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego oświadczenie takie złożył E. Guinan z uniwersytetu w Villanova (Pensylwania, USA), który za pomocą 51 cm reflektora nowozelandzkiego obserwatorium na Mount St. John w roku 1968 obserwował wraz z współpracownikami zakrycie przez Neptuna gwiazdy 7 wielkości. Analiza uzyskanego wówczas materiału została jednak przeprowadzona dopiero przed dwoma laty, dokonujący zaś tego student C. Harris stwierdził osłabienie blasku gwiazdy o 10—30% po dwóch i pięciu minutach od właściwego zakrycia. Daje to podstawę do wysunięcia wniosku, iż Neptuna opasują dwa subtelne pierścienie i że każdy z nich ma około 1900 km szerokości. Jeżeli leżą one w płaszczyźnie równika, to ich odległość od widocznej powierzchni planety wynosi zaledwie 2900 i 6800 km.

Tak więc pierścienie planet byłyby pospolitymi tworami w Układzie Słonecznym. Nie jest jednak zrozumiałe, dlaczego nie udało się ich odkryć przy Neptunie na podstawie obserwacji innych zakryć, chociaż były one wykonywane w tym właśnie głównie celu. Dlatego w niektórych obserwatoriach starannie obserwowano zakrycie gwiazdy przez tę planetę w dniu 15 lipca 1983 roku i czynione są już przygotowania do obserwacji analogicznego zjawiska w roku przyszłym. Bierze się również pod uwagę ponowną analizę materiału obserwacyjnego uzyskanego w Australii z zakrycia gwiazdy w roku 1968. Definitywne jednak rozwiązanie zagadki — o ile nie zajdą jakieś nieprzewidziane okoliczności — winna przynieść misja Voyagera-2. W roku 1989 sonda

* zob. też *Urania* nr 4/1982, 98. T. Zbigniew Dworak, *Na peryferiach Układu Słonecznego*.

ta ma zbliżyć się do Neptuna i przesłać na Ziemię dokładne jego obrazy.

Wg *New Scientist*, 1982, **94**, 760
Science, 1982, **217**, 143

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ

Kontynentalna skorupa Księżyca

Pierwsze badania skorupy Księżyca objęły równinny obszar równikowy na widocznej z Ziemi półkuli. Na głębokości 55—60 km odkryto tutaj granicę skorupa—płaszcz, a także stwierdzono zmianę właściwości skorupy na głębokości 20—25 km. W górnej warstwie skorupy prędkość przebiegu fal sejsmicznych szybko wzrasta z głębokością i wynosi średnio 5,1 km/s dla fal podłużnych i 2,9 km/s dla poprzecznych. W dolnej części skorupy prędkość ta jest w zasadzie stała i wynosi odpowiednio 6,8 i 3,9 km/s. Prędkość przebiegu fal w materiale górnej warstwy jest zbliżona do prędkości charakterystycznej dla bazaltów księżycowych, podczas gdy prędkość fal w warstwie dolnej odpowiada składowi typu gabro + anortozyt. Przyjmuje się więc, że granica sejsmiczna wewnątrz skorupy jest odbiciem zmiany składu materiału ją tworzącego. Z pośrednich danych geologicznych wnioskowano, że grubość skorupy sięga 100 km w rejonach kontynentalnych i 120—150 km na odwrotnej stronie Księżyca. W Massachussetts Institute of Technology (USA) zakończono niedawno badania struktury skorupy w rejonie krateru Descartes, wyróżniającym się prawie całkowitym brakiem epicentrów trzęsień Księżyca. W eksperymentach wykorzystano fale generowane podczas trzęsień pływowych, których źródła położone są na granicy litosfery i astenosfery, na głębokości 700—1100 km. Fale sejsmiczne, przed dotarciem do sejsmometrów pozostawionych przez załogę Apollo 16 musiały w ten sposób przejść prawie prostopadle przez litosferę Księżyca. Na otrzymanych sejsmogramach udało się wydzielić fale, których charakter zmienił się z poprzecznego na podłużny, a także fale uwięzione w skorupie, to znaczy wielokrotnie odbite od powierzchni Księżyca, od granicy sejsmicznej w skorupie i od granicy skorupa—płaszcz. Mimo że intensywność tych fal była równa tylko 10—15% intensywności fal wyjściowych, te pierwsze udało się zauważyć dzięki wykorzystaniu wysokokierunkowych „anten sejsmicznych" — filtrów polaryzacyjnych. Porównanie sejsmogramów teoretycznych z eksperymentalnymi wykazało, że grubość skorupy księżycowej w rejonie krateru Descartes jest o 15 km większa niż w obszarze Morza Poznanego. W kontynentalnej skorupie Księżyca, na tej samej głębokości co w rejonach morskich (równinnych) — 20 km, wykryto obecność granicy przejściowej. Stanowi ona zapewne osobliwość strukturalną występującą w całej skorupie Księżyca, podobnie jak identyczne właściwości sejsmiczne regolitu księżycowego w obszarach morskich i kontynentalnych (mimo jego różnego składu). Bazaltowy „naskórek" skorupy Księżyca, sądząc z danych fotograficznych i geologicznych, nie powinien być grubszy niż 1—4 km. Skład pozostałej części górnej warstwy jest identyczny ze składem dolnej: są to gabro — anortozyty, silnie spękane od uderzeń meteorytów. Na głębokości 20—25 km, gdzie ciśnienie osiąga 1 kilobar (10^6 hPa), szczeliny spękań uległy zamknięciu i stąd względnie jednorodne właściwości sejsmiczne dolnej części skorupy Księżyca.

Wg *Geophys. Res. Lett.*, 1981, **8**, 29

ZBIGNIEW PAPROTNY

KRONIKA HISTORYCZNA

W kręgu Heweliusza

Wstęp. Mimo że sylwetka Heweliusza jest stosunkowo dobrze spopularyzowana wśród historyków nauki i astronomów, a nawet w opinii publicznej, rzadko zdajemy sobie w pełni sprawę z jego prawdziwej wielkości. „Ulubieniec królów i książąt, sam książę astronomów", jak go określiła Gdańska Rada na wybitym na jego cześć medalu, był wielkim światłem swej epoki. Wywierając silny wpływ na współczesnych stał się twórcą prawdziwej szkoły naukowej, która przetrwała aż do rozbiorów, pięknie owocując w działalności gdańskich towarzystw naukowych i w wielu pionierskich osiągnięciach na skalę światową. Z drugiej strony trzeba pamiętać, że uczony tej miary nie mógł pojawić się w próżni. Kształtowało go środowisko i ludzie, których zasług nie powinno się zapomínać. Celem niniejszego szkicu jest przypomnienie niektórych osób i idei związanych z Heweliuszem.

Nauczyciel. Tym, który ukształtował młodego Heweliusza i pchnął go na drogę nauki, był jego preceptor w gdańskim Gimnazjum Akademickim, Piotr K r ü g e r. Urodzony w 1580 r. w Królewcu, studiował w Gdańsku i Wittenberdze, gdzie otrzymał stopień magistra. Od 1607 r. aż do śmierci był profesorem matematyki i poezji w gdańskim Gimnazjum Akademickim, pełniąc zarazem funkcje miernicze go. Na podstawie przywileju królewskiego miał również prawo wydawania kalendarzy, które opracowywał rok w rok przez 32 lata! Jako miernicy sporządzał dla miasta mapy i plany, jako profesor poezji pisał okolicznościowe wiersze, recytowane na weselach i pogrzebach. Był dwukrotnie żonaty. Z sześciorga dzieci przeżyło go tylko dwoje.

Krüger pozostawił ponad 20 publikacji naukowych, z których największą wartość mają rozprawy z dziedziny matematyki. Wsławił się tym, że jako pierwszy w świecie oddzielił logarytmy liczb od logarytmów funkcji trygonometrycznych. Zestawił najbardziej szczegółowe tablice logarytmiczne swoich czasów. Był autorem wartościowego zarysu trygonometrii sferycznej i popularnego podręcznika arytmetyki, który doczekał się w XVII w. czterech wydań. To małe dziełko zadziwia zręcznością ujęcia, wysokimi walorami dydaktycznymi i trafnym doborem przykładów. Jest również świetnym źródłem informacji o używanych wówczas w różnych miastach jednostkach miar i wag.

Warto dodać, że oprócz obserwacji astronomicznych Krüger zajmował się także konstrukcją przyrządów, takich jak np. opisany przez K. O g i e r a sekstant. Dokonywał również pomiarów deklinacji magnetycznych i zachęcił do nich Heweliusza, stając się w ten sposób współtwórcą najstarszej w świecie lokalnej krzywej zmian deklinacji, zaczętej w 1539 r. przez J. R e t y k a.

Śmierć Krügera w 1639 okryła miasto żałobą. Jeszcze na łożu śmierci namówił Heweliusza do obserwacji zaćmienia słońca, na którą sam nie miał już sił. Przyjaciel zmarłego, wybitny poeta M. O p i t z napisał:

„ ...Jak niegdyś, chlubo czasu i miasta ozdobo,
Ziemia się bez oporu korzyła przed Tobą,
Ilekroć ją mierzyłeś, jak niebieskie znaki
Dały los i zawiłe swe opisać szlaki,
Jak Bóg znał, że posłuszny Jego prawom byłeś,
Teraz wszyscy oddają, na co zasłużyłeś:
Ziemia daje spoczynek, niebo wzniosłe sklepienie
Imię, co nie umiera; Bóg daje zbawienie".

Uczniowie. Jako członek władz miejskich i uczony o międzynarodowej sławie miał Jan Heweliusz szeroki krąg znajomych, przyjaciół i współpracowników. Prowadził rozległą korespondencję z uczonymi całego świata. Szczególnie bliskie stosunki łączą go z J. Gassendim, I. Boulliau, E. Halleyem i P. des Noyers, a w Gdańsku — z uczonym rajcą E. Schmiedenem i lekarzem I. Conradtem, oraz z krewnym po kądzieli J. Heckerem, którego wciągnął do szlifowania soczewek i do obserwacji astronomicznych. Jednak najlepszą jego uczennicą i asystentką, bez której pomocy — zwłaszcza u schyłku życia nie mógłby tak wiele osiągnąć, stała się druga żona — Elżbieta Koopman. Rodzice Elżbiety przybyli do Gdańska z Amsterdamu. Ojciec — Mikołaj — był kupcem. Musiał być bogaty, bo stać go było na zakupienie majątku w Bąkowie. Elżbieta otrzymała staranne wykształcenie — m. in. władała biegle łaciną i angielskim. W roku 1663, w wieku 16 lat, poślubiła starszego od siebie o 36 lat astronoma. Wygłoszony na weselu okolicznościowy poemat stwierdzał, że w domu Heweliusza wzeszły dwie nowy gwiazdy — oczy żony, w które odtąd będzie musiał patrzeć. Pan młody podarował oblubienicy własnoręcznie wykonaną ozdobną szkatułkę na klejnoty. Małżeństwo było szczęśliwe.

Pełna energii i wdzięku Elżbieta szybko wciągnęła się w tryb niezwykłych zajęć. Była niezmordowana. Małą ale silną dłonią przejęła ster gospodarstwa domowego i browaru, pomagając jednocześnie mężowi w obserwacjach i pracy naukowej. W ten sposób Pani Heweliuszowa stała się pierwszą w Polsce kobietą astronomem. To wszystko nie przeszkodziło jej w urodzeniu czworga dzieci — trzech córek i syna, który jednak zmarł w dzieciństwie. Sam Heweliusz cenił ją bardzo wysoko, czemu m. in. dał wyraz pisząc: „Kobiety są równie zręczne jak mężczyźni, bo wszystko sprowadza się do zapału i wprawy".

Pomoc żony stała się nieoceniona dla astronoma zwłaszcza po pożarze, który strawił cały dobytek i plon wieloletniej pracy w r. 1679. Heweliusz miał wówczas 68 lat i gdyby nie energia i optymizm Elżbiety, napewno nie zdobyłby się na zaczynanie wszystkiego od nowa. Dzięki niej, po intensywnej odbudowie, obserwatorium na dachach domów między ulicami: Korzenną i Rajską znowu zaczęło normalną pracę.

Po śmierci astronoma wdowa opracowuje pozostawione przez niego materiały i wydaje *Katalog Gwiad stałych* (1687), *Firmament Sobieskiego* (1690) z 56 mapami oraz *Prodromus (Zwiastun) Astronomiae* (1690), zawierający m. in. pozycje 1564 gwiazd, dedykowany królowi. W podpisie określa siebie jako „Elżbieta, Wdowa Heweliuszowa".

Elżbieta umarła w 1693 r., w 6 lat po śmierci męża. Pochowano ją w grobowcu rodzinnym w kościele Św. Katarzyny w Gdańsku. Wybitny uczony francuski F. Arago napisał o niej: „Pełne czci wspomnienie należy się zawsze pani Heweliuszowej, pierwszej kobiecie jaką znam, która nie ulękła się wzięcia na siebie ciężaru astronomicznych obserwacji i obliczeń". Mimo sławy naukowej, jaką się cieszyła, Elżbieta nie straciła swego kobiecego wdzięku. W roku 1687 sam Halley kupował dla niej w Londynie jedwabną suknię szytą według najnowszej mody!

Idee. Pierwszą próbę założenia w Gdańsku towarzystwa naukowego podjął wymieniony już w tym szkicu lekarz Izrael Conradt, który w wygłoszonym w r. 1670 cyklu odczytów zreferował wyniki własnych badań nad wpływem niskiej temperatury na stan skupienia ciał.

W opublikowanym w 7 lat później tekście znajduje się m. in. opis odkrytego przez autora zjawiska przechłodzenia cieczy. Conradt prowadził swoje badania w wyniku apelu Królewskiego Towarzystwa Naukowego w Londynie. Apel taki mógł mu przekazać Heweliusz, przyjaciel Conradta, pozostający w stałym kontakcie z angielskim towarzystwem jako jeden z pierwszych jego zagranicznych członków. Można przypuszczać, że i w wysuniętej przez Conradta propozycji założenia towarzystwa naukowego na wzór włoskich akademii niemały udział musiał mieć sam Heweliusz. Niestety, konserwatywna Rada Gdańska odrzuciła projekt. Ale idea Heweliusza i Conradta żyła nadal i wreszcie w r. 1720 doszło do jej urzeczywistnienia. Z inicjatywy historyka Gotfryda Lengnicha powstała wówczas Societas Litteraria czyli Towarzystwo Uczone. Mimo, że prym w nim wiedli humaniści, tematyka posiedzeń miała w zamyśle obejmować także fizykę i matematykę. Wiele miejsca w posiedzeniach zajmowały zagadnienia ustroju Polski. Towarzystwo istniało 7 lat. Było to pierwsze towarzystwo naukowe w Polsce.

Jeszcze większym osiągnięciem było powstanie w Gdańsku Towarzystwa Fizyki Doświadczalnej (Societas Physicae Experimentalis), zwanego później Towarzystwem Przyrodniczym (Naturforschende Gesellschaft). Było to pierwsze w Polsce i drugie w świecie towarzystwo fizyczne. Jego twórcą był wybitny gdański przyrodnik, późniejszy burmistrz, Daniel Gralath. Posiedzenie organizacyjne odbyło się 7 listopada 1742 r., nad statutem radzono 22 listopada, zarząd wybrano 20 grudnia, a od 2 stycznia 1743 r. rozpoczęto regularne posiedzenia naukowe, początkowo w prywatnym mieszkaniu ławnika Adriana Söhnera, a potem w kolejnych siedzibach Towarzystwa: Zielonej Bramie przy Długim Targu (1746—1829), kościele Św. Jakuba na Starym Mieście (1832—1845) i Domu Przyrodników przy ul. Mariackiej (od 1846 r. do ostatniej wojny). Posiedzenia odbywały się co środę. Na każdym z nich prezentowano publicznie eksperymenty i obserwacje fizyczne.

Do roku 1793 zarejestrowano 91 członków zwyczajnych i 39 honorowych. W latach 1747, 1754, 1758 i 1778 Towarzystwo wydało 4 tomy *Doświadczeń i Rozpraw* zawierające ogółem 60 prac naukowych z dziedziny fizyki, astronomii, meteorologii, botaniki i zoologii. M. in. Gralath opisał w nich swoje pionierskie doświadczenia z elektrostatyki. Uczony ten jako pierwszy w świecie zestawił baterię kondensatorów oraz mierzył za pomocą wagi elektroskopowej siły oddziaływania pomiędzy naładowanymi ciałami. W jego danych można odczytać odkryte w kilkadziesiąt lat później prawo Coulomba! Towarzystwo istniało aż do ostatniej wojny. Wśród członków spotykamy nazwiska takich wybitnych uczonych jak Ch. Oersted, F. Bessel, J. Encke, F. Struve, F. Baily, F. Arago, A. von Humboldt, J. Berzelius, F. Pictet i P. Hansen. Warto podkreślić rolę Towarzystwa w założeniu słynnych gdańskich obserwatoriów astronomicznych: na Biskupiej Górce (1781—1807) i w wieżyczce Domu Przyrodników (1866—1945) oraz w utworzeniu muzeum przyrodniczego w Zielonej Bramie (1880—1945). Było ono także nosicielem przedrozbiorowych tradycji akademickich, dzięki którym w r. 1904 narodziła się najstarsza z obecnych gdańskich uczelni — Politechnika Gdańska. Ich kontynuatorem jest dzisiaj Gdańskie Towarzystwo Naukowe. Warto tutaj dodać, że ostatnio odnaleziono w Bibliotece Uniwersytetu w Bremie (RFN) pozostałość dawnej biblioteki Gdańskiego Towarzystwa Przyrodniczego przekazanej w 1923 r. Politechnice Gdańskiej. Z księgozbioru liczącego niegdyś

30 tys. tomów zachowało się w Gdańsku 138, a w Bremie ok. 500 pozycji. Są wśród nich osiemnastowieczne protokóły posiedzeń naukowych Towarzystwa. Ich powrót do Gdańska wydaje się w pełni możliwy.

ANDRZEJ JANUSZAJTIS

NOWOŚCI WYDAWNICZE

Encyklopedia fizyki współczesnej, praca zbiorowa pod redakcją *Andrzeja Kajetana Wróblewskiego*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1983, stron 1008, nakład 60 000 egz., cena 1300 zł.

Wszystkich zainteresowanych literaturą popularnonaukową na wysokim poziomie z pewnością bardzo ucieszyło pojawienie się tej książki na rynku księgarskim. Miłośnikom astronomii warto zwrócić uwagę na to, że jeden z 10 dużych rozdziałów *Encyklopedii* nosi tytuł „Astrofizyka i kosmochemia". Redaktorem tej astronomicznej części jest nieżyjący już (co zresztą nie zostało zaznaczone tradycyjną czarną ramką) Bronisław Kuchowicz — swego czasu bardzo aktywny autor wielu notatek i artykułów w *Uranii*.

Z konieczności bardzo ogólne uwagi o *Encyklopedii* trzeba chyba zacząć od tego, że książka ma bardzo zły, niekompletny indeks. Trudno zresztą było się spodziewać, że będzie inaczej, skoro książka ma stron 999, a indeks do niej tylko 8. *Encyklopedia* napisana jest w formie zbioru artykułów przeglądowych na różne tematy i bez dokładnych odnośników trudno z niej w pełni, poprawnie, szybko korzystać. I tak na przykład: reakcje jądrowe w gwiazdach są opisane co najmniej na str. 229 i 929—930 — w indeksie podano tylko te ostatnie; plazma we Wszechświecie w ogóle nie ma odnośników do części astronomicznej a tylko do... obrazka na str. 228 w dziale „Energia termojądrowa"; w sposób dowolny umieszczane są w indeksie nazwiska — jest Einstein, ale nie ma Alfvéna; o magnetosferze Ziemi jest sporo napisane na str. 648, ale w indeksie jest podana tylko str. 840, gdzie nie ma prawie nic; Landau, tłumienie landauowskie — w ogóle nie istnieje itp. Podobnych przykładów można podać niestety mnóstwo.

Astronomiczna część *Encyklopedii* składa się z 16 artykułów napisanych przez 8 autorów — Marka Demiańskiego, Michała Hellera, Marcina Kubiaka, Bronisława Kuchowicza, Michała Różyczkę, Józefa Smaka, Kazimierza Stępnia i Stanisława Zięby. Niestety, mimo że poszczególne partie są bardzo spójne i jak na swoją objętość dość wyczerpująco ujmują temat, całość sprawia wrażenie pracy niedokończonej. Zarówno kolejność tematów jak ilość poświęconego im miejsca budzą pewne zastrzeżenia. I tak np. po radioastronomii następuje astronomia X i potem dopiero astronomia podczerwieni. Albo po ewolucji gwiazd — galaktyki, a dopiero potem gwiazdy zmienne pulsujące, by znów wrócić do kwazarów i... pulsarów, czarnych dziur i zapadania się grawitacyjnego. Tymczasem w książce popularnonaukowej uporządkowanie materiału jest konieczne! Ponadto wydaje się, że przy doborze tematów decydowała głównie ich atrakcyjność. Na 100 stron poświęconych astronomii 8,5 jest o pulsarach, 4 o falach grawitacyjnych, natomiast zabrakło nawet jednej na... Układ Planetarny. Słów: planety, Merkury, Mars itp. w ogóle nie ma w indeksie, bo rzeczywiście nie ma o nich chyba żadnych informacji w *Encyklopedii* (o Jo-

wiszu jest na str. 929, że promieniuje w podczerwieni, ale Jowisza w indeksie też brak). Pominięcie planet w tak dużym wydawnictwie jest tak paradoksalne, że aż śmieszne. Chyba że przyjmiemy definicję fizyki z „Przedmowy" do *Encyklopedii*: „gdy w latach trzydziestych naszego stulecia dzięki rozwojowi fizyki jądrowej udało się wskazać źródło energii gwiazd, częścią fizyki stała się astrofizyka, natomiast część astronomii zajmująca się badaniem ruchu ciał niebieskich stała się częścią fizyki jeszcze w czasach Newtona" i uznamy, że fizyka Układu Planetarnego częścią fizyki jeszcze się nie stała.

Niemniej jednak książkę tę oczywiście gorąco polecam wszystkim, którzy interesują się tak astronomią jak fizyką. A tych, których odstrasza cena, namawiam do kupienia *Encyklopedii* dla szkolnej biblioteki, kółka fizycznego itp.

MAGDALENA SROCZYŃSKA-KOŻUCHOWSKA

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski **Październik 1983 r.**

Słońce

W październiku wstępuje w znak Skorpiona (Niedźwiadka); jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 210°. Dni ciągle są coraz krótsze (w ciągu miesiąca dnia ubywa o 2 godziny), co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca w Warszawie: 1 października Słońce wschodzi o 5^h35^m, zachodzi o 17^h15^m, a 31 października wschodzi o 6^h28^m, zachodzi o 16^h10^m.

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

Data 1983	P	B_0	L_0	Data 1983	P	B_0	L_0
X 1	+26°00	+6°71	227°86	X 17	+26°16	+5°70	16°88
3	+26.12	+6.62	201.58	19	+26.04	+5.55	350.50
5	+26.22	+6.50	175.18	21	+25.90	+5.38	324.12
7	+26.28	+6.39	148.80	23	+25.72	+5.21	297.74
9	+26.32	+6.27	122.42	25	+25.52	+5.04	271.36
11	+26.32	+6.14	96.03	27	+25.28	+4.84	244.90
13	+26.30	+6.00	69.64	29	+25.01	+4.66	218.62
15	+26.24	+5.86	43.26	31	+24.71	+4.46	192.24

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
$18^d19^h43^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w pierwszej połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w październiku następująca: nów 6^d12^h, pierwsza kwadra 13^d21^h, pełnia 21^d23^h, ostatnia kwadra 29^d5^h.

W perygeum Księżyc znajdzie się 4, a w apogeum 16 października. Przed południem 10 października tarcza Księżyca zakryje kolejno Urana i Jowisza, ale zjawisko to będzie u nas niewidoczne.

Planety i planetoidy

Nad wschodnim horyzontem pięknym blaskiem błyszczy Wenus jako Gwiazda Poranna —4.3 wielkości, a w pobliżu niej świeci także znacznie słabszy Mars, jako czerwona gwiazda +2 wielkości. W pierwszych dniach miesiąca możemy także obserwować Merkurego rankiem nisko nad horyzontem jako gwiazdę około zerowej wielkości. O zmroku zachodzi Jowisz i możemy go jeszcze odnaleźć nisko nad zachodnim horyzontem. Pozostałe planety nie są widoczne. Przez całą noc natomiast widoczna jest planetoida Juno około 7,5 wielk. gwiazdowej. Przebywa w gwiazdozbiorze Wieloryba, jej współrz. równikowe na 16 października wynoszą: rekt. 2^h18^m, dekl. —2°15′.

Meteory

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

* * *

1^d O 8^h Wenus osiąga maksimum swego blasku w tym okresie widoczności. O 11^h Merkury w największym zachodnim odchyleniu od Słońca w odl. 18°.

3^d Księżyc znajdzie się w złączeniu kolejno z dwiema planetami: o 8^h z Wenus w odl. 9°, a o 17^h z Marsem w odl. 4°.

5^d4^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 4°.

7^d O 8^h Wenus znajdzie się w złączeniu z Regulusem (w odl. 4°), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Lwa. O 24^h nastąpi złączenie Księżyca z Saturnem w odl. 1°4.

10^d Księżyc znajdzie się w bliskim złączeniu kolejno z dwiema planetami, przy czym nastąpi zakrycie planet przez tarczę Księżyca. O 9^h nastąpi zakrycie Urana widoczne na północnym Pacyfiku, a o 12^h zakrycie Jowisza widoczne w południowej Europie, w Północnej Afryce, w Arabii Saudyjskiej i na Oceanie Indyjskim.

11^d23^h Księżyc w złączeniu z Neptunem w odl. 2°.

13^d2^h Jowisz znajdzie się w złączeniu z Antaresem (w odl. 5°), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Skorpiona.

23^d12^h Pluton w złączeniu ze Słońcem.

$24^d0^h40^m$ Słońce wstępuje w znak Skorpiona, jego długość ekliptyczna wynosi 210°. O 6^h planetoida Juno w przeciwstawieniu ze Słońcem względem Ziemi.

28^d14^h Wenus w złączeniu z Marsem w odl. 1°7.

30^d18^h Górne złączenie Merkurego ze Słońcem.

31^d7^h Złączenie Saturna ze Słońcem.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie środkowo-europejskim.

CONTENTS

A. Kus — VLBI — The Largest Radio Telescope of the World.

B. Todorovic-Juchniewicz — Charon — The Satellite of Pluto.

K. Ziołkowski — The International Program of Explorations of Halley's Comet.

Chronicle: The Largest Radio Telescopes — Gravitational Waves in Gravitational Lenses — Is Galaxy a Dozing Quasar? — ZZ Ceti Stars — Did One Discover Ring of Neptun? — A Continental Crust of the Moon.

Historical Chronicle: In the Circle of Hevelius.

New Books.

Astronomical Calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

А. Кус — VLBI — Самый большой радиотелескоп в мире.

Б. Тодоровиц-Юхневич — Харон — Спутник Плутона.

К. Зиолковски — Международная программа исследований кометы Галлея.

Хроника: Самые большие радиотелескопы — Гравитационные волны в гравитационных линзах — Является Галактика дремлющим квазаром? — Звёзды ZZ Ceti — Неужели открыли кольца Нептуна? — Континентальная кора Луны.

Историческая хроника: В кругу Гевелия.

Новые книги.

Астрономический календарь.

Sprzedam tanio teleskop Ø 66 ze statywem.

Jacek Uniwersał
ul. Poniatowskiego 9, 34-300 Żywiec

Sprzedam roczniki „Uranii" lata 1950—1975.

J. Złonkiewicz
Kraków, ul. Ulanów 38 a/30, tel. 11-77-55 wew. 320, po 17-tej

Trzecia strona okładki: Pojedyncza antena o średnicy 25 m radiointerferometru „Very Large Array" w Socorro (USA).

Czwarta strona okładki: Radioteleskop w Agassiz (USA) o średnicy anteny 25 m.

URANIA — Miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. **Redaguje kolegium** w składzie: Krzysztof Ziołkowski — redaktor naczelny, Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska — sekretarz redakcji, T. Zbigniew Dworak — redaktor techniczny. **Adres redakcji:** ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa. **Adres administracji:** Zarząd Główny PTMA, ul. Solskiego 30/8, 31-027 Kraków, tel. 22 38 92; nr konta PKO I OM Kraków 35510-16391-132. **Warunki prenumeraty:** roczna dla członków PTMA — 294 zł, cena pojedynczego egzemplarza — 25 zł, zgłoszenia w administracji, adres j.w. Nakład 3150 egz.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław. Oddział w Krakowie, 1983. Nakład 3150 egz. Objętość ark. wyd. 2,70, ark. druk. 2,0. Pap. druk. sat. kl. V, 55 g, 61×86.
Indeks 38001

Drukarnia Związkowa, Kraków, ul. Mikołajska 13 — Zam. 3785/83 — T-20 — 3500+32

Cena zł 25.—

Indeks 38001