36

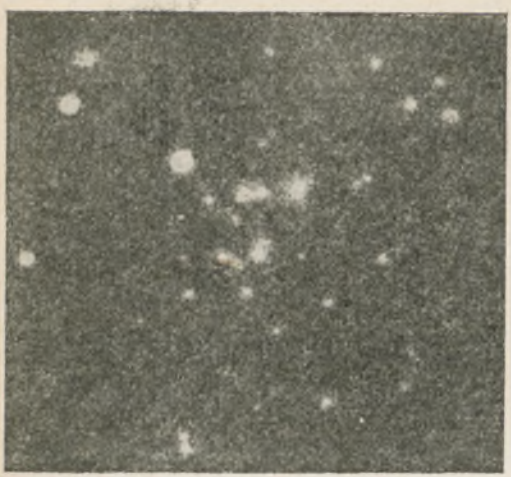
URANIA

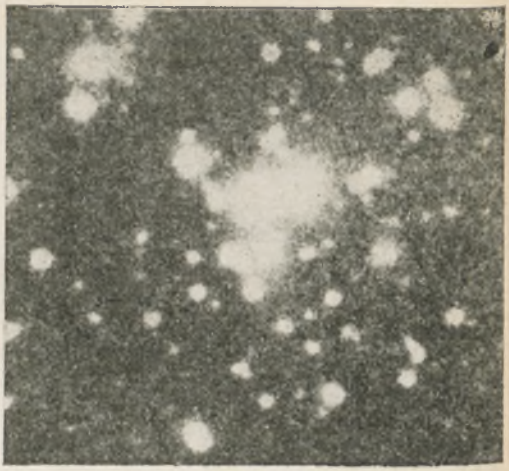
MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

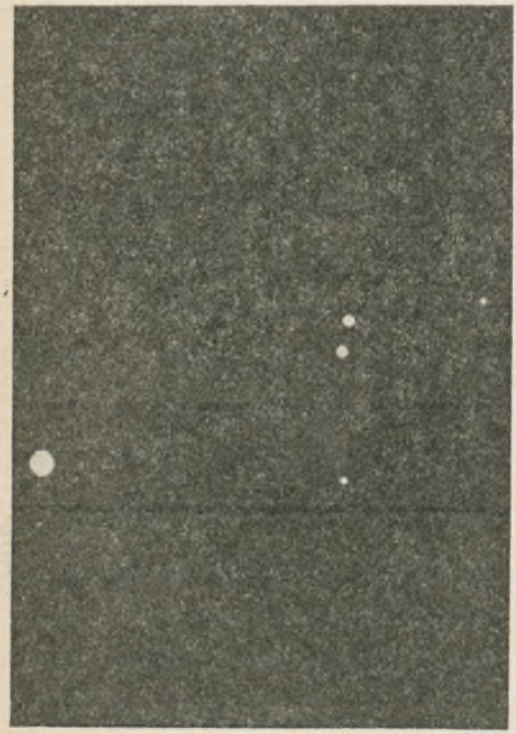
ROK LIV MAJ 1983 NR 5

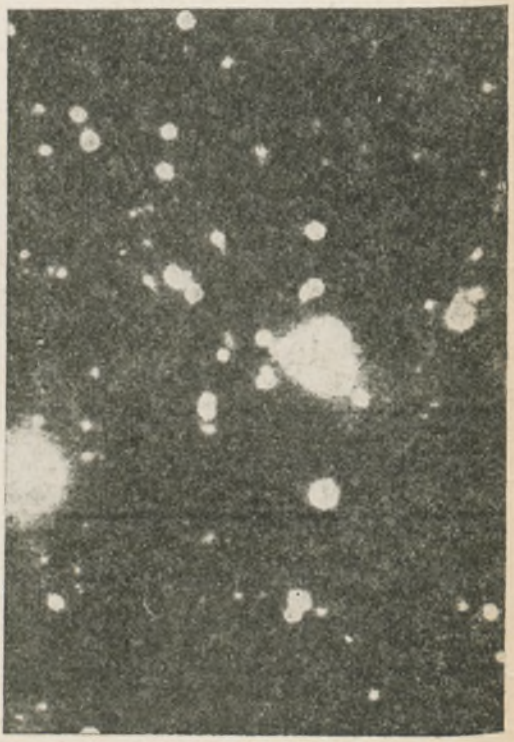
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu









PL ISSN-0042-0794

URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LIV MAJ 1983 Nr 5

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 1966 R. W-WA 5. 11. 66).

Burzliwy rozwój elektroniki pozostawia wyraźne piętno niemal w każdej dziedzinie życia. Choć przywykliśmy do tego i najczęściej nie budzi to już naszego zdziwienia, to jednak warto czasem uzmysłowić sobie, co współczesna astronomia zawdzięcza tej dziedzinie techniki. O tym, że dzięki niej powstała radioastronomia, że możliwe stały się badania Wszechświata z pokładu sztucznych satelitów i sond kosmicznych, że trudno dziś sobie nawet wyobrazić pracę astronoma bez nowoczesnego narzędzia jakim jest komputer, wiemy na ogół wszyscy. Natomiast w niniejszym numerze **Uranii** *przedstawiamy najnowszą rewelację w astronomii, jaką jest mikroelektroniczne urządzenie pozwalające rejestrować promieniowanie ze znacznie większą czułością niż dotychczas powszechnie stosowane odbiorniki jak klisza fotograficzna czy fotomnożnik. Mgr Daniel RUCIŃSKI opisuje we wstępnym artykule tzw. detektor CCD, za pomocą którego można dostrzec na niebie obiekty nawet do 25 wielkości gwiazdowej. Dzięki niemu m.in. odkryta już została kometa Halleya podczas obecnego powrotu do Słońca o czym donosiliśmy w numerze grudniowym z ubiegłego roku.*

SPIS TREŚCI

Daniel Ruciński — Detektor CCD — nowa technika w astronomii obserwacyjnej (50).

Stanisław R. Brzostkiewicz — Księżyce Jowisza (55).

Kronika: Najdalszy obiekt we Wszechświecie (63) — Pole magnetyczne a powstawanie gwiazd (64) — Badania lokalnego ośrodka międzygwiazdowego (65) — Cykle słoneczne (66) — Jeszcze o wodzie na Marsie (66) — Rozpad komety du Toit 2 (1945 II) (67) — Ptolemeusz plagiatorem? (68).

Poradnik Obserwatora: Zakrycia gwiazd przez Księżyc w II półroczu 1983 roku (69).

Kącik Olimpijczyka: Zadanie 2 z II etapu XXIV Olimpiady Astronomicznej (73).

Kalendarzyk Astronomiczny (77).

DANIEL RUCIŃSKI — Warszawa

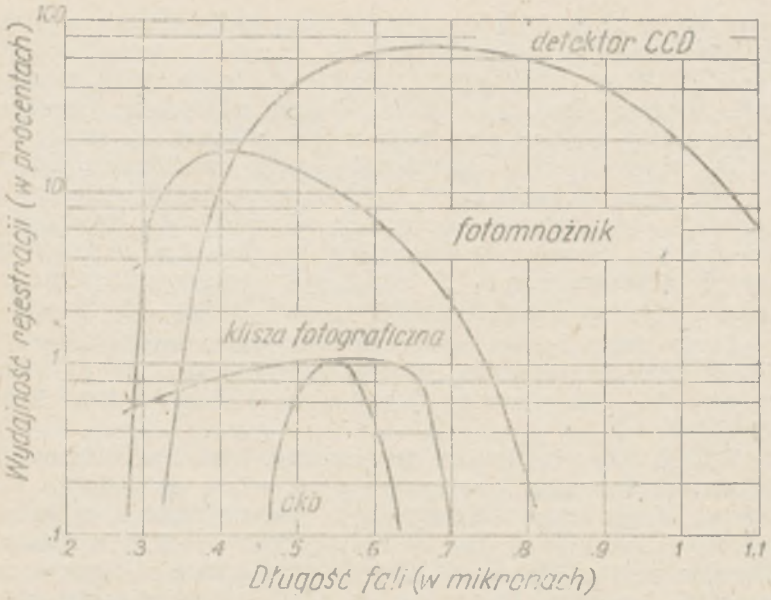
DETEKTOR CCD — NOWA TECHNIKA W ASTRONOMII OBSERWACYJNEJ

Granice poznania Wszechświata przez człowieka zawsze były determinowane czułością i charakterystyką dostępnych do użytku odbiorników promieniowania elektromagnetycznego docierającego do nas od odległych obiektów kosmicznych. Emitowane fale elektromagnetyczne stanowią praktycznie jedyny nośnik informacji o danym ciele niebieskim lub ich układzie, a szczegółowa i wszechstronna analiza odbieranego promieniowania oraz zmian jego zachowania się w czasie prowadzi do poznania własności fizycznych tych obiektów, budowania ogólniejszych teorii i w konsekwencji do systematycznego poszerzania wiedzy o procesach zachodzących we Wszechświecie. Zrozumienie tej podstawowej prawdy, iż jedynym kluczem do globalnego poznawania kosmosu jest rejestracja i późniejsza analiza promieniowania pochodzącego od rozmaitych typów obiektów znajdujących się w nim, sprawiło, że od setek lat naturalnym dążeniem człowieka było konstruowanie jak najdoskonalszego rejestratora fal elektromagnetycznych. W miarę upływu czasu i kolejnych osiągnięć myśli ludzkiej w tej dziedzinie granice poznania Wszechświata systematycznie przesuwały się w coraz to dalsze jego rejony, a technika używana w astronomii obserwacyjnej podlegała wielokrotnym, niekiedy wręcz rewolucyjnym zmianom.

Pierwszą było skonstruowanie przez Galileusza na początku XVII w. lunety — instrumentu wykorzystującego prawa optyki. Budowa następnych doskonalszych odbiorników światła, aż do współczesnych teleskopów włącznie, była prostą konsekwencją idei zaproponowanej przez Galileusza.

W XIX w. nastąpił nowy impuls, związany z opanowaniem techniki fotochemii i wykorzystaniem kliszy fotograficznej jako finalnego rejestratora przychodzącego promieniowania. Klisza, posiadająca niedostępną dla oka ludzkiego własność długotrwałej akumulacji padającego na nią promieniowania, sprawiła, że wraz z powszechnym zastosowaniem metod fotograficznych, wykorzystywanych zresztą szeroko po dzień dzisiejszy, próg postrzegalności ciał niebieskich został znacznie przesunięty, co pozwoliło na badanie słabszych, niedostępnych dotąd obiektów.

Po drugiej wojnie światowej niezależnie od wykształcenia



Rys. 1. Porównanie wydajności rejestracji promieniowania w różnych zakresach widmowych stosowanych dziś w astronomii detektorów.

się nowych dziedzin astronomii obserwacyjnej takich jak radioastronomia czy astronomia rentgenowska, kolejny krok naprzód nastąpił również w technice rejestracji „tradycyjnego" promieniowania: światła widzialnego, bliskiego ultrafioletu i podczerwieni. Wiązał się on z praktycznym wykorzystaniem dobrze już poznanego efektu fotoelektrycznego poprzez wprowadzenie do powszechnego użytku w obserwatoriach fotomnożników opartych na tym zjawisku. Również i ostatnia dekada lat siedemdziesiątych niosąca ze sobą dynamiczny rozwój mikroelektroniki, technologii ciała stałego i techniki komputerowej, przyniosła znaczący postęp w udoskonaleniu metod pomiarowych stosowanych w astronomii obserwacyjnej. Rodzina tradycyjnych już rejestratorów promieniowania poszerzyła się o nowy, znacznie czulszy przyrząd — detektor CCD (od ang. charge-coupled device) pozwalający rejestrować promieniowania obiektów pozostających dotychczas poza granicą postrzegalności, a zatem „wedrzeć się" jeszcze bardziej w głąb Wszechświata.

Pierwsze detektory typu CCD, przeznaczone pierwotnie do wykorzystania w telewizyjnej technice formowania obrazu,

powstały w 1970 roku w Laboratorium Bella (USA), a autorami ich koncepcji byli Williard S. Boyle oraz George E. Smith. W trzy lata później światło dzienne ujrzał pierwszy, rozbudowany poza fazę laboratoryjną, odbiornik. Niezaprzeczalne zalety wiążące się z odtwarzaniem obrazu techniką CCD zostały błyskawicznie dostrzeżone przez środowisko astronomiczne, a zafascynowanie możliwościami, jakie stwarzał ten odbiornik, sprawiły, że począwszy od 1976 roku detektor ten pojawiać się zaczął w praktycznym użytkowaniu w wielu czołowych obserwatoriach, a także był wykorzystany m.in. w trakcie misji próbników kosmicznych Voyager 1 i Voyager 2.

Czym jest więc ten przyrząd? Na jakiej zasadzie pracuje? Co go wyróżnia spośród dotychczasowych technik rejestracji kwantów? — oto pierwsze pytania, na które spróbujmy krótko odpowiedzieć.

CCD w swym podstawowym założeniu miał za zadanie wiązać w sobie zalety fotomnożnika takie jak dokładność i dowolnie długi czas ekspozycji z możliwościami rejestracji obiektów rozciągłych lub nawet wycinków sfery niebieskiej, charakterystycznymi dla kliszy fotograficznej, a trudno osiągalnymi za pomocą fotomnożnika. CCD jest więc jakby pewną „ideową" krzyżówką zalet tych dwóch tradycyjnych już rejestratorów promieniowania. Na pierwszy rzut oka ten nowy detektor wygląda bardzo niepozornie. Jest to miniaturowa płytka krzemowa o kształcie prostokątnym lub częściej kwadratowym, rozmiarach wynoszących około 1 cm^2, podzielona na bardzo dużo pojedynczych, światłoczułych segmentów wyglądająca niczym jednobarwna szachownica. Największy rozmiarami detektor CCD znajdujący się w praktycznej ekspolatacji ma całkowitą powierzchnię zaledwie około 3 cm^2 (17,8 mm $\times$ $\times$ 17,8 mm), przy czym powierzchnia tworząca obraz jest jeszcze mniejsza — 12,2 mm $\times$ 12,2 mm i zawiera ogółem 640 000 segmentów, z których każdy dzieli się jeszcze na trzy podstawowe elementy. Typowy rozmiar segmentu nie przekracza więc kwadratu o boku około 15 mikronów.

Poszczególne kolumny CCD, zwane „kanałami", są od siebie oddzielone barierami, tak aby uwolniony pod wpływem padającego promieniowania elekron sieci krystalicznej detektora nie mógł swobodnie „przeskakiwać" z jednego kanału do drugiego. Ruch uwolnianych elektronów, których ilość jest miarą padającego promieniowania, musi być ściśle kontrolowany, a służy do tego cała sieć elektrod, przyłączonych do powierzchni poszczególnych elementów struktury CCD i rozciągają-

cych się w poprzek kanałów. Istnienie tych elektrod umożliwia zewnętrzne sterowanie różnicami potencjałów pomiędzy poszczególnymi elementami danego segmentu. W każdym z trójelementowych segmentów dwa z nich znajdują się na tzw. wysokim potencjale i spełniają rolę barier potencjału, podczas gdy trzeci element o niskim potencjale jest tzw. jamą potencjału. Elektrony, wybijane z sieci krystalicznej, nie mogąc wskutek istnienia barier międzykanałowych opuścić danego kanału, muszą gromadzić się w najbliższej jamie potencjału. Po zakończeniu ekspozycji zmieniając z zewnątrz w sposób cykliczny napięcia przyłożone do poszczególnych elementów sprawia się, że jedna z dawnych barier potencjału staje się obecnie jego jamą, z kolei dawna jama aktulnie jest barierą. Zatem zmieniając jednokrotnie przyłożone pierwotnie napięcia powoduje się zmianę geometrycznego położenia jamy potencjału o 1/3 segmentu w górę (lub w dół), co z kolei wymusza „przeskok" zgromadzonego w czasie ekspozycji ładunku elektronowego do nowej jamy, a więc i jego geometryczne przemieszczenie się w strukturze CCD. Po wielokrotnych, cyklicznych operacjach zmian potencjałów poszczególnych elementów elektrony zgromadzone pierwotnie w dowolnym segmencie zostają przetransportowane krok po kroku niczym na pasie transmisyjnym transportera wzdłuż danego kanału na jego górną (dolną) krawędź.

Górny (dolny) rząd części odtwarzającej obraz jest to tzw. rejestr wyjściowy, którego „zawartość" jest odczytywana i przesyłana do pamięci sprzężonego z detektorem CCD komputera przy każdorazowej zmianie przykładanych napięć. Po takim „przegonieniu" ładunków, znajdujących się po ekspozycji we wszystkich segmentach CCD do rejestru zewnętrznego, na podstawie zebranych w pamięci komputera danych o wskazaniach rejestru w poszczególnych stadiach operacji transferu elektronów można łatwo odtworzyć pierwotny stan rozkładu ładunków, wynikających z absorpcji promieniowania. Stan ten jest bezpośrednim odzwierciedleniem miary podającej na poszczególne komórki CCD promieniowania, a znając go można bez trudu w ostatecznej konsekwencji odtworzyć komputerowy obraz badanego obiektu czy wycinka nieba. Metoda ta jest więc niesłychanie efektywna czasowo w porównaniu z tradycyjną fotomnożnikową zważywszy, że dla odtworzenia niepunktowego, rozciągłego źródła promieniowania nie trzeba dokonywać wielu niezależnych pomiarów poszczególnych jego fragmentów, aby w efekcie otrzymać obraz całości.

Lista zalet detektora CCD jest zresztą bardzo długa, a najistotniejsze z nich to:

— bardzo duża, sięgająca nawet 70—80% wydajność rejestracji kwantów, w porównaniu z 10—20% przy zastosowaniu fotomnożnika, a rzędu 1% przy metodzie fotograficznej i wizualnej (patrz rys. 1);
— niski poziom szumów własnych, ograniczających się do drgań termicznych atomów i molekuł sieci krystalicznej detektora. Poziom ten może być regulowany przez dodatkowe chłodzenie czujników w temperaturze poniżej —100°C;
— liniowa zależność pomiędzy wskazaniami CCD, a miarą padającego promieniowania;
— nieograniczony czas ekspozycji, pozwalający na wykrycie szczególnie słabych obiektów;
— brak zniekształceń geometrycznych położenia badanych obiektów;
— duża amplituda między poziomem maksymalnego i minimalnego wykrywanego natężenia światła.

Wymienione powyżej zalety CCD sprawiły, że detektor ten chętnie instalowany jest przez renomowane obserwatoria. Pierwszy egzemplarz CCD wykorzystany dla celów astronomicznych rozpoczął pracę w obserwatorium Uniwersytetu Arizona na Mt. Lemmon; później detektor ten przeszedł pomyślnie próby na 5 metrowym teleskopie palomarskim, a obecnie wyposażone są weń liczne ośrodki obserwacyjne m.in.: amerykańskie obserwatorium w Las Campanas w Chile, czy też Południowe Obserwatorium Europejskie (ESO) w La Silla w tym samym kraju. Mimo upływu zaledwie kilku lat od praktycznej adaptacji CCD dla celów obserwacji astronomicznych detektory te użyte zostały już do szeregu istotnych badań. W szczególności służą one do wykrywania obiektów do 25-tej wielkości gwiazdowej czyli około pięćdziesięciokrotnie słabszych niż granica fotograficzna pięciometrowego teleskopu na Mt. Palomar, obserwacji słabych galaktyk w pobliżu kwazarów, badania jądra aktywnej galaktyki M 87, które — jak się przypuszcza — zawiera czarną dziurę. Dzięki CCD bardzo wcześnie została odkryta Kometa Halleya podczas jej obecnego powrotu do Słońca, o czym już *Urania* informowała w nr 12/1982. CCD użyty został rownież w trakcie misji sond Voyager 1 i Voyager 2, a w szczególności okazał się wielce przydatny przy analizie słabego pierścienia Jowisza, odkrytego przez te próbniki.

CCD nie jest oczywiście jeszcze całkowicie doskonałym rejestratorem promieniowania, spełniającym wszystkie wymagania

stawiane idealnemu detektorowi. Podstawową niedogodnością jest jeszcze ciągle zbyt mały rozmiar wycinków sfery niebieskiej. Automatyczne zwiększenie rozmiarów płytki nie jest technicznie możliwe, gdyż pociąga za sobą natychmiastowe zwielokrotnienie i tak olbrzymiej ilości segmentów, co z racji komputerowego sposobu przetwarzania obrazu wymagałoby od razu przyłączenia specjalnego osprzętu komputerowego o niewiarygodnej pamięci.

Pomimo tych technologicznych ograniczeń oraz faktu, że nie do wszystkich obserwacji warto używać aż tak wyrafinowanych metod, detektor CCD jest niewątpliwie ogromnie przydatnym, otwierającym nowe perspektywy badawcze, miernikiem promieniowania. Pozytywne rezultaty prób z użyciem CCD oraz „sprawdzenie się" już tej techniki w konkretnych badaniach astronomicznych zadecydowały o tym, że rejestrator tego typu wykorzystany zostanie w oczekiwanym z zainteresowaniem teleskopie kosmicznym (Space Telescope), którego uruchomienie przewidziane jest na rok 1985. Na podstawie obecnych osiągnięć badawczych w oparciu o ideę CCD, przewidując ich zwielokrotnienie oraz mając zwłaszcza na uwadze projekt Space Telescope można zaryzykować stwierdzenie, że systematyczne poszerzanie horyzontów postrzegalnego przez człowieka Wszechświata zawdzięczać będziemy w najbliższych latach właśnie tej miniaturowej płytce — detektorowi CCD.

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ — Dąbrowa Górnicza

KSIĘŻYCE JOWISZA

Do niedawna Jowisz zajmował wśród planet pierwsze miejsce pod względem liczby księżyców. Dziś już tak nie jest, gdyż wyprzedził go — przynajmniej na razie — Saturn z 20 lub nawet 23 księżycami (orbity trzech nie są dotąd znane). Jowisz tymczasem ma ich tylko 16, chociaż należy wątpić, czy astronomia powiedziała już tu ostatnie słowo. Jest ich zapewne więcej, ale mają niewielkie rozmiary i po prostu nie zostały dotychczas odkryte. Wystarczy wspomnieć o trzech najnowszych (1979 J1, 1979 J2 i 1979 J3), znalezionych na zdjęciach uzyskanych za pomocą sond Voyager. Są to bardzo małe ciała mające od około 40 do 80 km średnicy, toteż jedynie największy dostrzeżono także z Ziemi. Dwa mniejsze krążą zresztą bardzo blisko Jowisza i są ściśle związane z jego pierścieniami. Trzeci obiega pla-

netę w większej odległości niż Amaltea, która też w zasadzie należy do drobnych ciał. Ma ona kształt nieregularnej bryły, kierując „tępy" koniec swej dłuższej osi ku Jowiszowi. Krótko mówiąc — okres obiegu Amaltei jest zsynchronizowany z okresem rotacji.

Amaltea ma wyjątkowo ciemną, a przy tym najbardziej czerwonawą powierzchnię ze wszystkich znanych ciał Układu Słonecznego. Znajdują się na niej bruzdy i kratery uderzeniowe, z których największe (Pan i Gea) mają odpowiednio 90 i 70 km średnicy. Na uwagę zasługują również jasne plamy, mające lekko zielonkawe zabarwienie i rozmiary od 10 do 50 km. O ich naturze na razie nie potrafimy nic pewnego powiedzieć. Być może są to obszary pokryte innym materiałem niż reszta powierzchni Amaltei, gdzie najprawdopodobniej znajduje się dużo siarki oraz jej związków. Pochodzi ona przypuszczalnie z Io, który z kolei należy do najciekawszych i najbarwniejszych ciał w Układzie Słonecznym. Odkryto bowiem na nim czynne wulkany, co uważane jest za jedną z największych niespodzianek całej misji Voyagerów. Czy jednak dla wszystkich uczonych było to faktycznie zaskoczeniem? Raczej nie, bo przecież już w pierwszej połowie naszego stulecia kijowski astronom Sergiej K. Wsiechswiatski wystąpił z poglądem, że komety mogą powstawać w wyniku działalności wulkanicznej na księżycach wielkich planet. Hipoteza ta od początku była krytykowana, gdyż — jak przynajmniej do czasu misji Voyagerów sądzono — od dawna są to wygasłe ciała. Tylko niektóre z nich mają nieco większe rozmiary od naszego Księżyca, toteż ich wnętrza powinny być już całkowicie wychłodzone i trudno było podejrzewać, aby mógł na nich występować aktywny wulkanizm. W każdym razie przed laty mało kto wierzył w taką możliwość i pogląd ten uległ zmianie dopiero w roku 1979, kiedy to na Io odkryto czynne wulkany. Nie znaczy to oczywiście, by śmiała hipoteza Wsiechswiatskiego została udowodniona. Potwierdziły się jedynie jej założenia, a nie ona sama.

Większość czynnych wulkanów Io występuje w pobliżu jego równika. A co ważne — znajdują się one głównie na odwróconej od Jowisza półkuli księżyca, który — podobnie jak Amaltea i pozostałe księżyce galileuszowe — ma obrót zsynchronizowany z okresem obiegu i ku macierzystej planecie zwraca zawsze tę samą stronę swego globu. Wysokość erupcji wulkanicznych na Io jest bardzo duża, osiąga bowiem od 70 km (wulkany Prometeusz i Masubi *) do 280 km (wulkan Pele).

Aby materia mogła osiągnąć taką wysokość, musi być wyrzucana z wulkanu z szybkością od 0,5 do 1 km na sekundę. Interesujące jest przy tym, że nie zaobserwowano ani jednej słabszej erupcji. Jaka jest natura wulkanizmu Io, a przede wszystkim jaka siła go napędza? Nie można przecież tłumaczyć tego jedynie ciepłem powstałym w wyniku rozpadu pierwiastków promieniotwórczych, będących głównym źródłem energii ziemskiego wulkanizmu. Trudno też widzieć w tym wyłącznie skutki oddziaływania pola magnetycznego Jowisza i związanego z nim pola elektrycznego. Najprawdopodobniej dużą rolę odgrywają Europa i Ganimedes, a właściwie ich siły pływowe. Pod wpływem tego mechanizmu we wnętrzu Io wytwarza się dużo ciepła, na skutek czego dochodzi tam do stopienia materii. Powstająca w ten sposób magma zawiera głównie siarkę i jej związki. Podczas erupcji wulkanicznej zostaje ona wyrzucona do atmosfery księżyca, tam szybko zamarza i pod postacią „śniegu" opada na jego powierzchnię. W ciągu roku tworzy się z tych opadów warstwa o grubości 0,01—1 mm.

Atmosfera na Io istnieje właściwie dzięki nieustannemu napływowi materii z wulkanów. Składa się ona głównie z siarki, natomiast nie stwierdzono nawet śladu wodoru, węgla i azotu. Ciśnienie atmosferyczne jest bardzo małe, nad wulkanem Loki wynosiło zaledwie 10^{-2} Pa, w innych zaś okolicach nie przekraczało 10^{-4} Pa. Pary wodnej nie stwierdzono, skorupa księżyca nie zawiera też wody, co zresztą jest całkiem zrozumiałe. Jeżeli bowiem aktywność wulkaniczna na Io była kiedyś tak intensywna jak dziś, woda musiała stamtąd już dawno zniknąć. Dziś całą powierzchnię księżyca pokrywa skorupa zamarzniętej siarki. Ma ona głównie zabarwienie białe, ale ponieważ na znacznych obszarach jego powierzchni występują jej różne modyfikacje, ton tamtejszemu krajobrazowi nadają barwa żółta i czerwona. Na tym tle ostro rysują się kaldery wulkaniczne mające przeważnie nieregularne kształty i czarną barwę. Są one często otoczone systemami strumieni zastygłej lawy o różnym zabarwieniu (czarnym, czerwonym, żółtym, fioletowym, brązowym), mających niekiedy kilkaset kilometrów długości i szerokość dochodzącą do kilkudziesięciu kilometrów. Znaczne rozmiary mają również same kaldery, gdyż ich średnice też wahają się od kilkudziesięciu do kilkuset kilometrów. Są więc dużo większe i głębsze od analogicznych formacji na Ziemi,

---

* Odkryte za pomocą Voyagerów wulkany na Io noszą imiona bóstw różnych narodów.

choć nie dorównują im pod względem wysokości wałów. Po prostu siarka nie ma odpowiedniej twardości, aby mogły się z niej tworzyć wzniesienia mające więcej niż 1 km wysokości. Mimo to — jak się o tym za chwilę przekonamy — i na Io odkryto dość wysokie góry. Dowodzi to, że warstwa siarki musi spoczywać na jakimś innym, znacznie twardszym podłożu. Przypuszczalnie jest ono utworzone głównie ze skał krzemianowych.

Na powierzchni Io przeważają rozległe równiny. Tę monotonię terenu zakłócają tylko stopnie uskoków, które najprawdopodobniej powstały w wyniku kilkakrotnych, dawniejszych wylewów lawy. Jedynie w polarnych regionach Io znajdują się łańcuchy górskie i to o wysokości dochodzącej aż do 10 km ponad przyległy teren. Tamtejsze okolice mają też ciemniejszą powierzchnię, na co już w roku 1953 zwrócił uwagę astronom francuski Bernard Lyot. Na wykonanych przez niego rysunkach okolice równikowe Io pokrywa wiele jasnych plam, bieguny natomiast są wyraźnie ciemne. Być może mamy tu do czynienia z obszarami, na których widać pierwotną skorupę księżyca. Poza biegunami jego powierzchnia została pokryta warstwą lawy i dlatego nie udało się tam znaleźć nawet śladu po kraterach uderzeniowych. Ściśle mówiąc — na powierzchni Io nie ma ani jednego krateru meteorytowego o średnicy powyżej 1 km (granica zdolności rozdzielczej zdjęć Voyagerów). To zaś oznacza, że jego powierzchnia musi być bardzo młoda. Niegdyś przecież i ten księżyc musiał być silnie bombardowany meteorytami różnej wielkości, lecz w późniejszym okresie ślady ich uderzeń pokryła warstwa lawy. Pod nią zapewne znajdują się liczne kratery uderzeniowe, które są najpospolitszymi utworami topograficznymi na innych ciałach Układu Słonecznego.

Kraterów uderzeniowych brak również na powierzchni Europy. W każdym razie na zbadanej dotąd przez Voyagery części jego powierzchni znaleziono zaledwie trzy takie utwory, czyli że jeden krater przypada tam na milion kilometrów kwadratowych. Mają one po około 20 km średnicy, jeden z nich otoczony jest dwoma pierścieniowymi formacjami o średnicach 40 i 60 km. Poza tym zbadany obszar powierzchni Europy przedstawia posępną równinę, na której nie ma łańcuchów górskich, głębokich dolin ani wulkanów. Brak tych ostatnich może się na pierwszy rzut oka wydawać niezrozumiały, bo przecież księżyc ten jest niewiele mniejszy od Io. Ma jednak od niego mniejszą masę i to zapewne jest główną przyczyną,

że brak na nim wulkanizmu. Najprawdopodobniej wnętrze Europy od początku miało niższe temperatury, gdyż podstawowym źródłem ciepła był tu rozpad pierwiastków promieniotwórczych, a siły pływowe sąsiednich księżyców miały dużo mniejszy wpływ. Podczas formowania się tego księżyca ciężkie pierwiastki opadały, na powierzchnię zaś wydostawała się woda i zamarzała, tworząc coraz grubszą skorupę lodową, która dziś ma 80—120 km grubości. W późniejszym okresie „geologicznym" skorupa ta popękała, do powstałych szczelin przenikała woda o większej zawartości innych minerałów, toteż po jej zamarznięciu wytworzyły się ciemne pręgi. Przecinają one powierzchnię Europy w różnych kierunkach, ciągną się nawet na odległość powyżej 1000 km. Mają szerokość od kilku do 70 km i bardzo małą wysokość wynoszącą najwyżej kilkadziesiąt metrów. Często są one pokrzywione i nieregularne, zataczają niekiedy wielkie półkola.

Dużo bardziej urozmaicony charakter ma powierzchnia Ganimedesa. Jest on największym znanym księżycem. I on składa się głównie z lodu, o czym świadczy jego średnia gęstość, niewiele większa od gęstości wody. Najprawdopodobniej cięższe pierwiastki skoncentrowały się w jądrze Ganimedesa, skorupa zaś o grubości nie większej niż kilkaset kilometrów składa się prawie wyłącznie z lodu. Nie jest wykluczone, że między skorupą a jądrem znajduje się dość gruba warstwa wody, czyli coś w rodzaju „podziemnego" oceanu. Mimo lodowej jednak skorupy Ganimedes ma powierzchnię nieco ciemniejszą od Europy. Tłumaczy się to tym, że skorupa lodowa jest bardziej „zanieczyszczona" innymi pierwiastkami. Bo chociaż ciepło wnętrza obu księżyców pochodzi głównie z rozpadu pierwiastków promieniotwórczych, to jednak Ganimedes ma dużo mniejszą gęstość i musi zawierać mniej krzemianów niż Europa. Na skutek tego temperatura jego wnętrza osiągnęła dużo niższą wartość.

Wspomniano już, że powierzchnia Ganimedesa jest o wiele bardziej zróżnicowana niż powierzchnia Europy. Widać na niej wielkie obszary ciemniejszego terenu, mające kształt nieregularnych wielokątów, oddzielonych od siebie pasmami jaśniejszego terenu. Są one dość gęsto pokryte kraterami uderzeniowymi o wyraźnie jaśniejszych dnach. Po prostu w tych miejscach — jak się przypuszcza — zostało odkryte podłoże lodowe o mniejszej zawartości innych minerałów i przez to jaśniejsze od warstwy zewnętrznej. Większe kratery (o średnicy 50—150 km) otoczone są radialnie systemami jasnych smug,

ciągnących się czasem aż na odległość około 1000 km. Przypuszczalnie są to bryły lodu, które zostały wyrwane z przyległego krateru i rozrzucone wokół niego. Różnice wysokościowe na Ganimedesie najczęściej nie przewyższają 1 km. Występujące tam wzniesienia i wały kraterów są zazwyczaj niskie, co tłumaczy się charakterem jego skorupy. Jest ona utworzona z lodu, a ten — jak wiadomo — nie wytrzymuje takiego obciążenia jak „normalne" podłoże skalne. Skorupa lodowa powoli się rozciąga, na skutek czego wzniesienia stopniowo się obniżają i w ten sposób teren z czasem się wygładza. Świadczą o tym okrągłe lub owalne jasne plamy o średnicach od 100 do 300 km. Są to niewątpliwie resztki starych kraterów meteorytowych, których dna zrównały się już z poziomem otaczającego je terenu. W niektórych rejonach Ganimedesa skorupa musi mieć jednak większą grubość i może „udźwignąć" większe nierówności terenu. Dowodzi tego kotlina Gilgamesz, mająca 175 km średnicy i jakby wygładzone dno. Otaczają je formacje pierścieniowe i liczne kratery wtórne, powstałe w wyniku upadku brył wyrwanych ze skorupy Ganimedesa przez spadający meteoryt. Ślady uderzeń jeszcze większego ciała widać w okolicy Galileo Regio. Są to zakrzywione układy bruzd mających około 10 km szerokości i ciągnących się na odległość setek kilometrów. Występują tu również samotne bruzdy (o głębokości kilkuset metrów i z brzegami wznoszącymi się o około 100 m ponad otaczający teren), będące resztkami olbrzymiej struktury pierścieniowej. Otaczała ona duży krater uderzeniowy, po którym nie pozostało już nawet śladu. Pokryty został nowszym, jaśniejszym materiałem.

Interesującymi utworami na powierzchni Ganimedesa są dwa ogromne kopce. Jeden z nich ma podstawę o średnicy 260 km, wysokość 2200 m i płaski wierzchołek o średnicy 60 km. Jakie procesy uformowały te formacje, czy powstały one w wyniku nieznanej dotąd geologom działalności wulkanizmu lodowego? Na te pytania nie potrafimy na razie odpowiedzieć. Intrygujące jest również pochodzenie tajemniczych utworów odkrytych na jasnych obszarach Ganimedesa. Tamtejszy teren przecina system równoległych bruzd, co na pierwszy rzut oka wygląda tak, jakby ktoś pograbił powierzchnię księżyca jakimiś olbrzymimi grabiami. Poszczególne bruzdy, mające 5—15 km szerokości i głębokość 300—400 m, leżą jedna obok drugiej w odległości 3—10 km. Tworzą one niekiedy przecinające się pasma, mające 10—100 km szerokości i długość dochodzącą czasem aż do 1000 km. Na uwagę zasługuje fakt, że

w tym „pograbionym" terenie jest dziesięciokrotnie mniej kraterów meteorytowych niż na ciemnych obszarach Ganimedesa, a przy tym występujące tu kratery są znacznie lepiej zachowane. Bruzdy muszą więc być młodymi formacjami, powstałymi być może na skutek popękania lodowej skorupy księżyca. Może w jego wnętrzu z nieznanych przyczyn wzrosła temperatura i doszło do stopienia modyfikacji lodu powstałego pod dużym ciśnieniem, charakteryzującego się dużo większą gęstością od zwykłego lodu? Powstająca woda mogła przenikać do wyższych warstw i tam ponownie zamarzać, ale tu tworzył się już z niej zwykły lód, mający większą objętość od lodu powstałego pod dużym ciśnieniem. W ten sposób powierzchnia Ganimedesa mogła wzrosnąć od 5 do 7 procent.

Lodowcowym krajobrazem może się poszczycić również Kallisto. Już zresztą naziemne obserwacje wskazały na to, że i ten księżyc powinien składać się prawie wyłącznie z lodu, za czym przemawia jego mała średnia gęstość. A jednak ze wszystkich galileuszowych księżyców Jowisza ma on najciemniejszą powierzchnię. Fenomen ten można wytłumaczyć tym, że Kallisto zawiera jeszcze mniej krzemianów niż Ganimedes. W jego wnętrzu nie ma więc wielu pierwiastków promieniotwórczych, skutkiem czego od początku były tam zbyt niskie temperatury. Lodowa skorupa Kallisto jest grubsza i bardziej „zanieczyszczona" innymi pierwiastkami niż skorupa Ganimedesa. Musiała zesztywnieć zaraz po uformowaniu się księżyca, o czym świadczy wielka liczba kraterów uderzeniowych na jego powierzchni. Od czasu najintensywniejszego bombardowania meteorytami bardzo mało się ona zmieniła, nie było tu odpowiednich warunków do powstania jasnego terenu przeoranego bruzdami. Interesujące jest przy tym to, że na Kallisto kratery mają w większości tylko kilkadziesiąt kilometrów średnicy. Większe praktycznie nie występują, mało też jest kraterów z systemami jasnych smug.

Jednolity charakter powierzchni Kallisto naruszają trzy ogromne struktury pierścieniowe. W odróżnieniu od podobnych formacji na Ganimedesie nie są to bruzdy, ale wzniesienia o płaskich wierzchołkach. Najznakomitszą z nich jest struktura Walhalla, której centralny palimpsest (tym terminem nazwano pozostałość po wybitym basenie meteorytowym) ma średnicę aż 600 km. Poszczególne jej pierścienie (jest ich 24) oddalone są od siebie o około 70 km i rozpościerają się wokół środka utworu na odległość 2000 km. Nie wiele mniejsze rozmiary ma struktura Asgard, składająca się z 15 pierścieni. Najmniej-

Tabela 1

Dane liczbowe o znanych księżycach Jowisza

Nazwa księżyca lub oznaczenie tymczasowe	Odległość od Jowisza		Okres obiegu (w dniach)	Średnica (w km)	Średnia gęstość (kg • m⁻³)	Albedo geometryczne	Jasność w opozycji (w mag.)
	w promieniach planety	w tys. km					
1979 J3	1,79	128,0	0,29479	40		0,05	17,4
Adrastea (1979 J1)	1,80	128,9	0,29792	30×25×20		0,05	18,7
Amaltea	2,55	181,4	0,49818	270×165×150		0,06	14,1
1979 J2	3,11	221,9	0,67455	80		0,05	16,0
Io	5,95	421,8	1,76914	3 632	3554	0,63	5,02
Europa	9,47	671,1	3,55118	3 126	3045	0,66	5,29
Ganimedes	15,1	1 070,4	7,15455	5 276	1938	0,44	4,61
Kallisto	26,6	1 882,7	16,68902	4 820	1816	0,20	5,65
Leda	156	11 093	238,7	15			20
Himalia	161	11 458	250,566	170		0,03	14,84
Elara	164	11 733	259,65	80		0,03	16,77
Lizytea	165	11 851	263,55	35			18,4
Ananke	291	21 211	631,1	30			18,9
Karme	314	22 565	692,5	40			18,0
Pazyfae	327	23 562	738,9	70			17,03
Synope	333	23 967	758	35			18,3

sza zaś z nich, dotychczas jeszcze bezimienna, ma ich tylko 10. Otaczają one centralny palimpsest o średnicy 200 km, rozpościerając się wokół niego na odległość 800 km. W pobliżu tej starej struktury pierścieniowej znajduje się krater Adlinda, który ma 150 km średnicy i otoczony jest systemem jasnych smug. Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że krater ten musi być dużo młodszy od struktury pierścieniowej i powstał dopiero wtedy, gdy skorupa Kallisto osiągnęła już dostateczną grubość. Gdy formowały się struktury pierścieniowe musiała być jeszcze cienka, toteż popękała podczas spadków ciał meteorytowych, które wybiły opisane wyżej kotliny. Gdyby skorupa Kallisto miała w tym czasie już odpowiednią grubość, powstałyby jedynie same kratery bez otaczających je pierścieni.

Tyle informacji o galileuszowych księżycach Jowisza uzyskano za pomocą Voyagerów. Analiza przekazanego przez te sondy materiału wykazała, że każde z tych ciał to zupełnie inny, mało podobny do drugiego świat. Trudno w tej chwili powiedzieć, czy dotyczy to również pozostałych księżyców Jowisza. Są to drobne ciała, niektóre nie były dotąd obserwowane z Ziemi, nasze wiadomości o nich są nadzwyczaj skąpe. Mogą być podobne do maleńkich księżyców Marsa, chociaż i tu należy się liczyć z różnymi niespodziankami. Lecz i galileuszowe księżyce Jowisza ukrywają przed nami niejedną jeszcze tajemnicę.

Od redakcji: Wiele zdjęć powierzchni satelitów Jowisza uzyskanych za pomocą sond Voyager reprodukowaliśmy na okładkach *Uranii* od numeru lipcowego do numeru listopadowego w 1980 roku.

KRONIKA

Najdalszy obiekt we Wszechświecie

Dość długo absolutnym rekordzistą, jeśli chodzi o odległość od Ziemi, był kwazar OQ 172, którego przesunięcie ku czerwieni wynosi 3,53. Wyliczona stąd prędkość oddalania się tego kwazara sięga 0,907 prędkości światła, co odpowiada odległości równej około 16 miliardów lat świetlnych. Ostatnio jednak znaleziono obiekt położony nieco dalej. Kwazar PKS 2000—330, o nim bowiem mowa, został odkryty już we wczesnych latach siedemdziesiątych podczas przeglądu nieba południowego na fali 2,7 GHz wykonanego za pomocą 64 metrowego radioteleskopu w Parkes (Australia). Dopiero jednak niedawno wyznaczono dokładną jego pozycję wykorzystując radiointerferometr złożony z dwóch anten (o rozmiarach 26 m i 64 m) stacji śledzenia satelitów. Umożli-

wiło to dokonanie optycznej identyfikacji radioźródła. Na fotografiach w barwie zielono-niebieskiej, wykonanych przy użyciu teleskopu Schmidta w Siding Spring (Australia), znaleziono w odległości 4 sekund kątowych od oczekiwanej pozycji „gwiazdę" o jasności 19 mag. Proces identyfikacyjny został zakończony 25 marca 1982 roku, kiedy międzynarodowa grupa kierowana przez Bruce A. Petersona uzyskała widmo obiektu używając anglo-australijskiego teleskopu o średnicy zwierciadła 3,9 m. Otrzymane rezultaty pokazują, że linie widmowe odnajdowane zwykle w paśmie ultrafioletu widoczne są w czerwonej i podczerwonej części widma. W szczególności linia *H-alfa* serii Lymana o długości laboratoryjnej 1216 Å przesunięta jest do 5825 Å. Obserwatorzy dochodzą do wniosku, że wartość przesunięcia ku czerwieni dla tego kwazara wynosi 3,78. Jest to największa wartość kiedykolwiek zmierzona! W dodatku widmo PKS 2000—330 jest bardzo podobne do widm innych kwazarów o dużych przesunięciach ku czerwieni. Wszystko to świadczy, że kwazar ten jest najdalszym znanym obiektem Wszechświata. Dokładne wyznaczenie jego odległości nie jest jednak możliwe głównie z powodu niepewności wyznaczeń stałej Hubble'a. Ponieważ prędkość oddalania się PKS 2000—330 wynosi 0,916 prędkości światła, więc przyjmując na wartość stałej Hubble'a 50 km/sMpc otrzymujemy odległość kwazara równą około 16,2 miliardów lat światła czyli niewiele większą od odległości kwazara OQ 172. Na dokładniejsze rezultaty trzeba jeszcze poczekać...

Wg *Sky and Telescope*, 1982, 65, 14

ANDRZEJ SITARZ

Pole magnetyczne a powstawanie gwiazd

W Instytucie Astronomii Akademii Nauk Uzbeckiej SSR prowadzono badania zespołu mgławic pyłowo-gazowych w gwiazdozbiorze Byka. Jest to jeden z najbliższych ośrodków, w których obserwuje się powstawanie gwiazd. Ponieważ odległość do niego jest równa tylko 135 parseków, więc badaniom są dostępne drobne nawet szczegóły nie całkiem jeszcze wyjaśnionych procesów fragmentacji obłoków międzygwiazdowych i tworzenia się grup młodych gwiazd. Obserwowany zespół mgławic jest silnie wydłużony w kierunku NW — SE, zaś rotacja zawartego w nim gazu odbywa się wokół osi prostopadłej do tego kierunku, z okresem około 3 mln lat. Zgodnie z kierunkiem obrotu gazu zorientowane jest też międzygwiazdowe pole magnetyczne, którego strukturę prześledzono badając polaryzację światła przechodzącego przez ten obszar. Prędkość rotacji całego kompleksu i natężenie zawartego w nim pola magnetycznego wystarczają, żeby powstrzymać gaz od kontrakcji grawitacyjnej w kierunku NW — SE. Z obserwacji wynika, że zespół mgławic jest w istocie jednym wielkim rotującym obłokiem, spłaszczonym i wykazującym strukturę kłaczkowatą, znajdującym się w stanie równowagi, który jest wypadkową działania sił grawitacyjnych, magnetycznych i odśrodkowych. Z zespołem mgławic są związane dwie asocjacje typu T — grupy młodych, niestacjonarnych gwiazd typu T Tauri. Łączna masa obu asocjacji nie jest duża — sięga 50 mas słonecznych. Masa całego obłoku pyłowo-gazowego jest znacznie większa i wynosi około 4500 mas Słońca. Obłok składa się z wodoru czasteczkowego i atomowego, helu, prostych molekuł i drobin pyłu. Efektywność procesu powstawania gwiazd w obłoku ocenia się na około 1% (czyli jest ona dość

niska w porównaniu z innymi obszarami). Sądząc z dostępnych danych właśnie rotacja całego obłoku, a także obecność pola magnetycznego przeciwdziałającego szybkiej kontrakcji, są przyczyną obserwowanego wolnego tempa powstawania gwiazd. Pole magnetyczne wpływa również na drobnoskalowe, chaotyczne ruchy gazu w obłoku. Wiadomo, że ośrodek przewodzący (a jest nim gaz międzygwiazdowy) napotyka na opór przy ruchu prostopadłym do kierunku linii sił pola magnetycznego. Dlatego właśnie ruchy gazu w tym kierunku powinny być tłumione, zaś w kierunku równoległym do linii pola nie tylko zostają utrzymane, ale również ulegają wzmocnieniu w miarę kontrakcji obłoku. Konsekwencją tego zjawiska powinna być zwiększona dyspersja prędkości wzdłuż kierunku linii sił pola magnetycznego, wykazywana przez gwiazdy powstające z oddzielnych fragmentów obłoku gazowego. Ponieważ jednak znaczna ilość młodych gwiazd tworzy układy podwójne, prawidłowości ruchów powinny znaleźć odbicie w orientacji osi obrotu tych układów. Jak wykazały badania, orientacje te rzeczywiście nie są przypadkowe. Osie obrotu najbardziej szerokich par, obdarzonych największym momentem pędu, zorientowane są prostopadle do linii sił pola magnetycznego, to znaczy gwiazdy składowe tych par poruszają się przeważnie wzdłuż kierunku pola. Gwiazdy tworzące pary bardziej ciasne obiegają barycentra układów w tej samej praktycznie płaszczyźnie, w której rotuje cały obłok gazowy. Wydaje się, że przy powstawaniu tych ostatnich ruch gazu był słabo związany z polem magnetycznym i kształtował się według ruchów obłoku jako całości. Zdaniem autorki przedstawionej pracy, U. A. Nurmanowej, fakt równoległości osi obrotu ciasnych układów podwójnych do osi rotacji ich macierzystego obłoku międzygwiazdowego może być ogólną prawidłowością, obowiązującą we wszystkich obszarach powstawania gwiazd w Galaktyce.

Wg *Astronomiczeskij Żurnał*, 1982, 59, 61

ZBIGNIEW PAPROTNY

Badania lokalnego ośrodka międzygwiazdowego

Jedną z metod badania składu chemicznego ośrodka międzygwiazdowego jest analiza linii absorpcyjnych pierwiastków o różnych stopniach jonizacji, nałożonych na *continuum* emisyjne białych karłów. W zależności od odległości do tych gwiazd pozwala to na sondowanie składu materii międzygwiazdowej na wybranych „głębokościach" przestrzeni. W referowanej pracy przedstawiono rezultaty obserwacji czterech białych karłów (G191-B2B, W1346, HD149499B i Syriusza B), wykonanych za pomocą satelity IUE (International Ultraviolet Explorer), w zakresie ultrafioletowym 1150—3200 angstremów i z wysoką rozdzielczością. Otrzymano małe wartości średniej gęstości atomów wodoru. Zmieniają się one od 0,08 cm^{-3} dla Syriusza B (najbliższy Słońcu biały karzeł w odległości 2,7 ps), do 0,006 cm^{-3} dla G191-B2B, najdalej z badanych położonego karła w odległości 48 ps. Rezultaty badań zestawiono z wynikami niedawnych obserwacji w zakresie UV i EUV (skrajny ultrafiolet), a także z obserwacjami dyfuzyjnego promieniowania rentgenowskiego, otrzymując następujące rezultaty: (1) Słońce znajduje się w obłoku materii o małej gęstości, w którym przybliżona liczba atomów wodoru sięga 0,1 cm^{-3}, (2) w odległości 2—3 parseków od Słońca obłok otoczony jest, przynajmniej w większości kierunków, rozległym obszarem gorącej plazmy o temperaturze 10^{5-6} K, (3) w bezpośrednim otoczeniu Słońca za-

wartość węgla, azotu, tlenu, krzemu, magnezu i prawdopodobnie żelaza jest niska, co byłoby potwierdzeniem poprzednich obserwacji wykonanych w kierunku na α Vir, (4) Słońce porusza się poprzez otaczający je obłok z prędkością względną około 20 km/s.

Wg *Astrophys. J.*, 1982, 259, 232

ZBIGNIEW PAPROTNY

Cykle słoneczne

Występowanie na powierzchni Słońca plam było znane już w czasach starożytnych; o plamach mówią greckie i chińskie podania. Pierwszym człowiekiem, który do ich badania użył lunety, był Galileusz (ciekawe, że gdyby żył on 50 lat wcześniej lub później, to prawdopodobnie nie zobaczyłby ani jednej plamy, gdyż występowały wtedy duże minima aktywności odpowiadające tzw. Małej Erze Lodowcowej, kiedy to przeciętna temperatura powierzchniowa w Europie obniżyła się o 1°C). W 1851 roku Henrich Schwabe wykrył cykl aktywności słonecznej trwający 11 lat. W 1913 roku Ellery Hale badając pole magnetyczne plam wykrył, że cykl ten trwa w istocie 22 lata, gdyż w kolejnych 11-letnich okresach biegunowość plam jest odwrócona.

Czy cykl 22-letni jest jedyny? Stosując specjalną technikę badań zależności liczb plamowych od czasu można przypuszczać, że występują jeszcze: cykl 85-letni i drugi — trwający 9,8 lat — oraz mniej widoczne cykle 8 i 50 letnie. Czy możemy jednak uznać ich istnienie za pewne? Steven G. Wallenhorst używając podobnej techniki przebadał kilka ciągów losowo ustawionych cykli 11-letnich. W wyniku otrzymał — w każdym przypadku — kilka długookresowych cykli. Tak więc hipotetyczne okresy aktywności inne niż 22 lata mogą być tylko dziełem przypadku. Dopiero badania aktywności Słońca w dłuższym przedziale czasu mogłyby zweryfikować ich autentyczność.

Pewnych danych mogłyby dostarczyć badania geologiczne osadów iłowych piaskowca drobnoziarnistego w Południowej Australii pochodzących z Prekambru (680 milionów lat temu). Cykl 11-letni rozpoznawalny jest poprzez analizy grubości 11 warstw oddzielonych ciemnymi przerwami (dowodzi to raz jeszcze wpływu aktywności słonecznej na klimat). G. E. Williams na podstawie badań 157 cykli wykrył silny 290-letni cykl i słabszy 90-letni oraz 145-letni. Dane te nie są jednak pewne. Williams wysunął bowiem hipotezę, że ziemskie pole magnetyczne było wtedy słabsze, co mogło być spowodowane zmianą biegunowości. Ponieważ nie znamy dokładnie zachowania pola magnetycznego w takim okresie, nie możemy być pewni, że cykle te są związane z aktywnością Słońca. Czyli nadal jedynym cyklem, który na pewno istnieje jest odkryty w 1851 roku przez Schwabego i obserwowany już 23 razy.

Wg *Sky and Telescope*, 1982, 64, 234

ANDRZEJ SITARZ

Jeszcze o wodzie na Marsie *

Za istnieniem ciekłej wody na Marsie przemawiają obserwacje radarowe planety. W każdym razie do takiego wniosku doszli niedawno

* Tematowi temu poświęcony był artykuł pt. „Woda na Marsie", (*Urania*, 1982, 52, 328)

Zisk i Mouginis-Mark ze Stanów Zjednoczonych, którzy przeanalizowali dane uzyskane w latach 1971 — 1973 przez G. S. Dowsona i jego współpracowników za pomocą radioteleskopu o średnicy 64 m w Goldstone (Kalifornia, USA). Odbite na Ziemię sygnały dostarczają informacji dwojakiego rodzaju: na podstawie osłabienia sygnału można wyznaczyć stałą dielektryczną warstw powierzchniowych Marsa, z czasowego zaś opóźnienia uzyskać dane o rzeźbie tamtejszego terenu. Najmniejsze przy tym wzniesienie, jakie można w ten sposób zarejestrować, w przybliżeniu odpowiadają długości fali sygnału radarowego (12,6 cm). Analizując uzyskany w Goldstone materiał Zisk i Mouginis-Mark stwierdzili, iż okolica Solis Lacus (współrzędne areograficzne: 20—30° szerokości południowej, 70—90° długości) ma dużą stałą dielektryczną, a radarowy obraz tego obszaru zupełnie nie przypomina obrazów uzyskanych za pomocą sond Viking. Ich zdaniem fale radarowe odbijały się nie od powierzchni planety, ale od lustra wody znajdującej się gdzieś na głębokości 50—100 cm. Za obecnością ciekłej wody na Marsie mają też przemawiać — jak sądzą wymienieni wyżej badacze — właściwości „odlaskowe" jego powierzchni, które zmieniają się w ciągu marsjańskiego roku. Zjawisko powyższe tłumaczą tym, że znajdująca się od powierzchnią planety woda zimą zamarza, w ciągu zaś lata taje.

Wg *Nature*, 1980, 288, 126 i 735

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ

Rozpad komety du Toit 2 (1945 II)

Australijski astronom Marc Hartley odkrył dwie interesujące komety (1982b i 1982c). Znalazł je na zdjęciach, które otrzymano 5 i 6 lutego 1982 roku za pomocą 1,2 m kamery Schmidta obserwatorium w Siding Spring. W chwili odkrycia znajdowały się one blisko siebie w gwiazdozbiorze Panny świecąc tam jako obiekty 14 i 17 wielkości gwiazdowej. Na podstawie obserwacji wykonanych w okresie od 5 do 8 lutego znany astronom amerykański B. Marsden obliczył orbity obu komet. Okazało się wówczas, że mają one bardzo podobne elementy. W związku z tym Z. Sekanina wystąpił z poglądem, iż są to produkty rozpadu jednego większego ciała i że doszło do tego w roku 1976. Jeszcze dalej w swych rozważaniach poszedł japoński miłośnik astronomii S. Nakano, który utożsamił odkryte przez Hartleya komety z kometą du Toit 2 (1945 II). Jego śmiałe przypuszczenia potwierdziły późniejsze obliczenia Marsdena.

Kometa du Toit odkryta została 9 kwietnia 1945 roku w obserwatorium Bloemfontein (Republika Południowej Afryki) i otrzymała prowizoryczne oznaczenie 1945c. W tym czasie była oddalona od Ziemi o 0,27 jednostki astronomicznej świecąc na niebie jako obiekt 10 wielkości gwiazdowej, a więc dużo jaśniej niż którykolwiek z jej dzisiejszych fragmentów. Przez peryhelium przeszła 18 lutego i była obserwowana do 6 czerwca. Obliczenia wykazały, iż jest to kometa krótkookresowa, obiegająca Słońce raz na 5,28 roku po dość wydłużonej orbicie (mimośród 0,59). W peryhelium zbliża się do niego na odległość 1,25 jednostki astronomicznej, w aphelium zaś oddala na odległość 4,81 jednostki astronomicznej. Zapędza się zatem aż do orbity Jowisza, do którego ro-

dziny kometarnej też należy. Od odkrycia więcej jej nie obserwowano, co jednak łatwo można wytłumaczyć. Z wykonanych bowiem obliczeń wynika, że w grudniu 1963 roku zbliżyła się do największej planety Układu Słonecznego zaledwie na odległość 0,34 jednostki astronomicznej i pod wpływem jej oddziaływania grawitacyjnego płaszczyzna orbity komety du Toit 2 zmieniła swe nachylenie o 50°, a podczas jednego z następnych powrotów po prostu się rozpadła. Według obliczeń Sekeniny głównym (masywniejszym) fragmentem rozpadu powinien być obiekt 1982c, co potwierdzają obserwacje japońskiego astronoma T. Seki. Okazało się bowiem, że blask pierwotnie jaśniejszego składnika 1982b wkrótce po odkryciu znacznie zmalał.

Na uwagę zasługuje to, że jeden z fragmentów komety du Toit 2 został sfotografowany przez astronomów amerykańskich E. Helinową i E. Shoemakera. Na zdjęciu otrzymanym 28 lutego 1982 roku za pomocą 1,2 m kamery Schmidta obserwatorium na Mt Palomar znalazł się on razem z nieznaną dotąd planetoidą typu Apollo (1982 DB), która 23 stycznia zbliżyła się do Ziemi zaledwie na odległość 0,029 jednostki astronomicznej. Obiega ona Słońce raz na 1,88 roku, poruszając się po orbicie z peryhelium w odległości 0,95 j. i aphelium w odległości 1,52 j. a. Następny powrót tej planetoidy oczekiwany jest w roku 1984, ale tym razem minie naszą planetę w większej odległości.

Wg *Sky and Telescope*, 1982, 63, 362
IAU Circular, 1982, 3675 i 3677

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ

Ptolemeusz plagiatorem?

Opublikowano ostatnio kolejną pracę poświęconą kwestii oryginalności astronomicznych obserwacji Ptolemeusza. Posługując się kilkoma niezależnymi testami autor referowanej publikacji przekonywująco wykazał całkowitą bezpodstawność twierdzeń tego astronoma, jakoby katalog 1025 gwiazd, będący częścią *Almagestu*, oparty był na jego własnych obserwacjach. Zamieszczony w *Almageście* opis astrolabium armilarnego i stosowanych metod obserwacyjnych pozwolił ocenić wielkość błędów i wykazać, że zupełnie nie odpowiada ona danym ze wspomnianego katalogu. Analiza potwierdziła dokonane już wcześniej spostrzeżenie, iż do katalogu weszły tylko te gwiazdy, które można było obserwować na wyspie Rodos (szerokość geograficzna 36°), nie ma zaś w nim żadnej spośród dostrzegalnych z bardziej na południe położonej Aleksandrii (31°). Wykorzystując tablice refrakcji atmosferycznej oceniono prawdopodobieństwo prowadzenia obserwacji z Rodos i z Aleksandrii. Pierwsze wynosi około 90%, drugie zaś tylko 10^{-13}! Taki rezultat stanowi kolejne potwierdzenie podejrzenia o to, że nie Ptolemeusz jest autorem katalogu włączonego do *Almagestu* lecz Hipparch. Ptolemeusz, jak się wydaje, przepisał po prostu katalog dodając jedynie do długości wszystkich gwiazd poprawkę na precesję (i to błędną!). Dzięki szczegółowej analizie wspomnianego katalogu i wszystkich zachowanych informacji o pracach Hipparcha możliwa była rekonstrukcja ogólnego zarysu i chronologii wykonanych przezeń obserwacji, a także ujawnienie szeregu interesujących szczegółów wiążących się z nimi — pracami teore-

tycznymi Hipparcha i historią powstania katalogu. Przykładem może być odkrycie, iż Hipparch posługiwał się dwiema różnymi wartościami kąta między płaszczyznami równika i ekliptyki — początkowo 23°55′, później 23°40′. Referowany artykuł uzupełniony jest dodatkami, omawiającymi między innymi sposób posługiwania się astrolabium.

Wg *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 1982, 94, 359

ZBIGNIEW PAPROTNY

PORADNIK OBSERWATORA

Zakrycia gwiazd przez Księżyc w II półroczu 1983 roku

Z powodu późnego otrzymania efemeryd zakryć gwiazd przez Księżyc dla Polski, zmuszeni jesteśmy podać dane tylko dla II półrocza br. Na podstawie oryginalnych efemeryd udostępnionych przez US Naval Observatory dla czynnych obserwatorów Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć PTMA opracowano dane skrócone przedstawione w tabelach 1 i 2. Wybrano zakrycia dostępne dla niewielkich teleskopów i widoczne przy dobrych warunkach bez większych trudności.

Wartości kątów pozycyjnych i współrzędnych horyzontalnych są podane z dokładnością ±5° i dotyczą centrum kraju. Wysokość Słońca pod horyzontem jest podana wtedy, jeśli wynosi od 0 do —10°, co oznacza, że gwiazda może być jeszcze dostrzegalna przez teleskopy. Miasta bazowe, dla których w tabeli 2 podano dokładne momenty zjawisk, odpowiadają punktom obserwacyjnym SOPiZ. Z uwagi na konieczność szybszego opublikowania efemeryd zrezygnowano tym razem z podawania danych dla sieci 10 miast, natomiast dodatkowo podano w tabeli 2 współczynniki przeliczeniowe momentów zjawisk dla dowolnego punktu w Polsce. Dokładność takiego przeliczenia zależy od wartości A i B oraz od odległości od danego miasta bazowego i może wynosić od $\pm 0^m,1$ do $\pm 0^m,5$. Przeliczenie, o którym mowa wykonuje się wg wzoru:

$$T = T_0 + A(\lambda - \lambda_0) + B(\varphi - \varphi_0)$$

gdzie:

T — moment zjawiska w danym punkcie obserwacyjnym,
T_0 — moment zjawiska w mieście bazowym,
A, B — współczynniki przeliczeniowe,
λ — długość geograficzna (wschodnia, ujemna) punktu obserwacyjnego,
λ_0 — długość geograficzna miasta bazowego,
φ — szerokość geograficzna (północna, dodatnia) punktu obserwacyjnego,
φ_0 — szerokość geograficzna miasta bazowego.

Iloczyny $A(\lambda - \lambda_0)$ i $B(\varphi - \varphi_0)$ otrzymuje się w minutach czasu przy czym wartości współrzędnych geograficznych należy podstawiać w stopniach.

Tabela 1. Wykaz zakryć gwiazd przez Księżyc w drugiej połowie 1983 roku w Polsce

UT		Gwiazda	ZC	Jasność	Zjawisko	P	T	A_k	H_k	H_e	Faza Księżyca
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
VII	$1^d 01^h$	257 B. Aqr	3374	$6^m,3$	k	210°	45 S	-30°	20°	-10°	73- %
	3 01	-4° 0051	X 00562	7,1	k	230	70 S	- 55	20	-10	55-
	17 20	97 Vir	2032	7,3	p	90	70 N	+55	10		58+
	17 21	κ Vir	2033	4,3	p	165	35 S	+65	5		58+
	19 20	-18° 4182	2264	7,4 P	p	140	55 S	+25	15	-10	77+
	19 21	-18° 4191	X 21799	7,0	p	100	90 N	+40	10		78+
	22 20	λ Sgr	2672	2,9	p	175	-5 S	-15	10	-10	96+
	22 20	λ Sgr	2672	2,9	k	195	-25 S	-10	10	-10	96+
	22 20	-21° 13170	2678	6,2	p	105	65 S	-10	10	-10	96+
	25 23	κ Cap	3089	5,3 P	k	290	75 N	+5	15		99-
VIII	5 01	109 Tau	0792	5,1	k	285	70 N	-100	20		19-
	6 02	36 B. Gem	0983	6,0 P	k	180	0 S	-105	20	-5	10-
	25 23	30 Psc	3536	4,7	k	255	85 S	-15	30		95-
	26 01	33 Psc	0005	4,7 P	k	205	40 S	+25	30		95-
	27 20	117 G. Psc	0210	6,6 P	k	265	75 N	-80	10		84-
	31 00	163 B. Tau	0593	5,8 P	k	275	75 N	+25	35		55-
IX	1 03	ι Tau	0752	4,7 P	k	210	40 S	-40	55	-5	43-
	2 02	+23° 1149	X 08077	7,4	k	200	20 S	-80	40		32-
	4 01	9 Cnc	1221	6,2	k	260	65 S	-105	15		13-
	4 01	+220 1854	1222	7,2	k	215	20 S	-105	15		13-
	12 18	Jowisz	4005	-1,6	p	100	90 N	+45	5		37+
	25 03	ξ^1 Cet	0327	4,5	k	180	15 S	+60	30	-5	92-
	26 20	33 B. Tau	0527	6,3 P	k	225	60 S	-100	15		80-
	27 22	129 H1 Tau	0700	5,7 P	k	260	90 S	-85	30		70-
	29 01	+23° 1007	0859	6,5	k	240	60 S	-60	50		59-
	29 23	+24° 1332	1019	6,7	p	5	0 N	-105	20		48-
	29 23	+24° 1332	1019	6,7	k	340	25 N	-100	25		48-

X	2	00	γ Cnc	1308	4,7P	k
	5	03	ν Vir	1702	4,2	k
	16	21	161 B. (Cap) Aqr	3227	6,4	p
	17	20	69 Aqr	3343	5,7P	p
	17	22	τ Aqr	3349	4,2	p
	23	02	38 Ari	0404	5,2	k
	25	19	108 Tau	0784	6,2P	k
	26	20	+24° 1182	0954	6,1P	k
	31	02	167 B. Leo	1535	7,1	k
	31	04	46 Leo	1544	5,7	k
XI	1	03	376 B. Leo	1659	6,8	k
	12	19	-20° 6266	X 29964	7,1	p
	12	20	143 B. Cap	3178	6,2P	p
	14	16	-12° 6444	3408	7,0P	p
	15	20	30 Psc	3536	4,7	p
	15	23	33 Psc	0005	4,7P	p
	18	02	ν Psc	0249	4,7	p
	18	16	ξ¹ Cet	0327	4,5P	p
	19	00	ξ¹ Ari	0354	5,5	p
	21	00	43 Tau	0614	5,7	k
	23	00	M 35	G 7	5,3	k
	23	02	5 Gem	0936	5,9P	k
	23	20	ω Gem	1070	5,2	k
	25	00	35 B. Cnc	1239	6,4	k
XII	8	15	30 B. Cap	2985	6,9P	p
	9	17	-21° 5992	X 29583	7,1	p
	12	16	252 G. Aqr	3484	6,8	p
	13	20	64 B. Cet	0060	7,0	p
	14	20	35 Cet	0178	6,8	p
	16	00	+7° 0324	0308	6,7	p
	16	18	38 Ari	0404	5,2	p
	21	06	ω Gem	1070	5,2	k
	22	18	γ Cnc	1308	4,7P	k
	25	03	+12° 2284	1598	6,4P	k
	25	23	ν Vir	1702	4,2	k
	29	04	4 G. Lib	2064	6,5P	k

285	90 S	-110	10		26-
300	80 S	-90	10	-10	2-
95	60 S	+40	15		77+
120	30 S	+20	20		85+
70	80 S	+35	15		85+
245	70 S	+60	35		99-
210	30 S	-105	15		84-
230	50 S	-110	15		75-
265	60 S	-80	30		28-
290	85 S	-55	40		27-
275	65 S	-65	30		18-
145	20 S	+35	10		51+
130	30 S	+45	10		51+
120	35 S	-20	25		69+
65	90 S	+30	30		79+
115	35 S	+65	10		79+
120	30 S	+90	5		93+
40	70 N	-80	20		96+
25	50 N	+55	35		97+
300	65 N	+40	55		100-
245	65 S	-5	60		93-
255	75 S	+35	60		92-
190	5 S	-100	20		87-
265	75 S	-55	50		76-
100	70 S	+25	10	-10	16+
15	30 N	+35	10		24+
345	10 N	-10	30		51+
85	70 S	+55	20		62+
10	35 N	+35	35		71+
110	45 S	-15	15		81+
10	35 N	-30	45		87+
235	55 S	+115	10	0	98-
200	10 S	-110	10		90-
350	30 N	+10	50		58-
255	50 S	-70	20		59-
270	70 S	-40	20		25-

Oznaczenia: „P" przy wartości jasności — gwiazda podwójna wielokrotna
P — kąt pozycyjny od bieguna
T — kąt pozycyjny od terminatora Księżyca
+ zjawisko przy ciemnym brzegu
— zjawisko przy jasnym brzegu
A_k, H_k — azymut i wysokość Księżyca, H_s — wysokość Słońca
Faza Księżyca — procent oświetlonej tarczy
+ faza rosnąca
— faza malejąca

Współrzędne geograficzne miast bazowych są następujące:

Po — Poznań:	$\lambda_0 = -16°55'$	$\varphi_0 = +52°24'$
Op — Opole:	—17 55	+50 40
Tu — Tuchola:	—17 49	+53 34
Łd — Łódź:	—19 27	+51 47
Wa — Warszawa:	—21 04	+52 13
Ol — Olsztyn:	—20 29	+53 47
Kr — Kraków:	—19 50	+50 03

Tabela 2.
Momenty zjawisk dla 7 miast bazowych oraz współczynniki przeliczeniowe

Data		Miasto							Współczynniki przeliczeniowe	
		Po	Op	Tu	Łd	Wa	Ol	Kr	A	B
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
VII 1d	01h	09m,0	06m,5	12m,0	10m,5	12m,8	14m,9	07m,6	-1,0	+1,8
3	01	07,1	04,4	10,0	07,8	09,8	12,4	04,6	-0,7	+2,0
17	20	51,1	54,6	50,2	54,3	55,0	52,1	57,3	-0,9	-1,5
17	21	28,9	33,6	26,7	31,7	31,7	27,7	36,2	-0,6	-2,4
19	20	24,5	28,2	24,2	28,6	30,0	-	31,5	-1,2	-1,4
19	21	38,5	42,1	37,9	42,2	43,4	-	45,2	-1,1	-1,5
22	20	04,0	-	00,0	03,7	03,2	00,8	-	+0,3	-3,0
22	20	13,0	-	20,0	19,3	24,9	26,9	-	(-3,2)	(+3,7)
22	20	17,1	18,0	18,8	20,6	23,2	-	20,8	-1,5	+0,3
25	23	44,0	46,9	45,3	49,5	52,6	50,5	51,2	-2,1	-0,5
VIII 5	01	26,5	24,7	28,1	26,3	27,2	29,0	24,3	-0,2	+1,2
6	02	27,2	17,9	30,1	21,1	19,2	28,2	-	(+2,2)	(+5,5)
25	23	39,0	39,2	41,3	42,6	45,4	45,6	41,7	-1,6	+0,8
26	01	55,3	54,2	57,0	56,5	58,0	59,1	54,6	-0,7	+1,1
27	20	35,9	33,2	38,2	35,3	36,7	39,3	32,6	-0,3	+1,7
31	00	28,0	26,4	30,3	29,3	31,8	32,9	27,2	-0,9	+1,4
IX 1	03	26,2	22,2	29,6	26,4	28,6	32,2	21,5	-0,7	+2,7
2	02	14,8	09,0	18,3	12,5	13,5	18,8	05,6	+0,3	+3,5
4	01	51,6	48,9	53,2	50,4	50,9	53,3	47,7	+0,1	+1,5
4	01	49,0	43,8	51,3	45,9	46,1	50,6	40,4	+0,6	+2,8
12	18	38,6	42,2	37,8	42,1	43,0	40,1	45,1	-1,0	-1,5
25	03	41,5	-	46,1	-	40,4	47,8	-	(+0,4)	(+8,8)
26	20	08,8	05,3	10,7	07,1	07,6	10,6	03,7	+0,2	+1,9
27	22	36,2	33,9	38,5	36,4	37,9	40,2	33,7	-0,5	+1,6
29	01	28,1	25,7	31,0	29,2	31,4	33,7	25,9	-0,9	+1,9
29	23	-	-	-	-	-	-	03,7	(+2,2)	(+5,7)
29	23	-	-	-	-	-	-	15,5	(-2,4)	(-2,8)

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	2 00	14,4	12,6	15,5	13,7	14,1	15,7	11,8	0,0	+1,0
	5 03	53,0	51,9	53,7	52,9	53,4	54,2	51,7	-0,1	+0,7
	16 21	34,8	38,7	34,5	39,2	40,8	37,7	42,6	-1,4	-1,5
	17 20	48,8	54,7	49,3	56,7	60,4	55,3	63,4	-2,9	-2,4
	17 22	10,7	23,2	11,0	13,9	15,3	13,5	15,7	-1,1	-0,8
	23 02	29,5	31,2	29,6	32,3	33,6	32,0	33,3	-1,0	-0,5
	25 19	29,9	25,7	31,8	27,2	27,2	30,9	23,2	+0,6	+2,2
	26 20	13,9	10,4	15,6	11,8	11,9	15,0	08,4	+0,4	+1,9
	31 02	19,8	17,4	22,0	20,2	21,9	23,9	17,3	-0,6	+1,6
	31 04	02,4	02,5	03,8	04,7	06,7	06,5	04,3	-1,1	+0,5
XI	1 03	43,5	41,8	45,6	44,6	46,4	47,8	42,3	-0,8	+1,3
	12 19	05,1	16,6	04,4	16,7	25,6	10,9	-	(-5,0)	(-6,9)
	12 20	00,2	08,4	58,7	07,6	09,8	03,0	23,4	-2,4	-4,0
	14 16	53,8	55,5	56,2	59,4	63,5	02,1	60,7	-2,5	0,0
	15 20	51,0	52,4	52,0	54,1	55,9	54,8	55,0	-1,2	-0,2
	15 23	10,7	17,6	08,5	15,4	15,7	10,5	22,9	-1,1	-3,4
	18 02	26,8	32,8	23,4	28,7	27,3	23,0	35,2	0,0	-3,3
	18 16	17,0	13,5	19,5	16,0	17,0	20,2	12,4	-0,1	+2,1
	19 00	08,0	06,3	10,7	09,0	10,7	12,8	07,2	-0,7	+1,3
	21 00	19,6	25,2	17,9	25,4	26,9	21,8	29,5	-1,6	-2,3
	23 00	32,0	31,5	34,3	35,0	37,7	38,1	33,5	-1,4	+1,0
	23 02	01,2	02,7	02,3	04,9	07,1	05,8	05,4	-1,4	-0,1
	23 20	00,5	-	04,2	-	-	01,3	-	(+1,9)	(+5,8)
	25 00	24,2	23,0	26,5	26,3	28,7	29,7	24,3	-1,2	+1,2
XII	8 15	49,5	53,0	49,8	54,2	56,2	53,5	56,9	-1,6	-1,2
	9 17	25,5	23,9	26,6	24,9	25,2	26,3	23,8	0,0	+0,7
	12 16	-	-	-	-	29,1	-	21,9	(+1,2)	(+3,9)
	13 20	54,5	57,9	54,1	58,0	59,0	56,4	60,9	-1,0	-1,4
	14 20	16,1	12,7	19,3	15,6	17,0	20,2	12,6	-0,4	+2,0
	16 00	25,4	30,3	23,0	27,5	26,8	23,2	32,4	-0,2	-2,5
	16 18	28,0	22,9	31,7	26,5	28,1	32,4	21,8	-0,2	+2,8
	21 06	32,2	33,6	31,4	33,0	32,8	31,4	34,3	-0,1	-0,8
	22 18	29,4	-	33,1	-	-	30,1	-	(+1,7)	(+5,1)
	25 03	47,7	52,9	44,8	50,2	49,5	44,5	55,1	-0,3	-2,8
	25 23	60,5	57,0	63,4	60,8	62,8	65,6	56,6	-0,7	+2,3
	29 04	01,8	00,4	04,4	04,0	06,6	07,6	02,2	-1,3	+1,3

W przypadku zakryć zbliżonych do brzegowych wartości bezwzględne współczynników A i B są duże i podanego wzoru przeliczeniowego nie należy w zasadzie stosować, gdyż daje on wyniki obarczone bardzo dużym błędem. Wartości A i B są w takich przypadkach podane w nawiasach. Zakres ich stosowania jest ograniczony jedynie do najbliższej okolicy miasta bazowego.

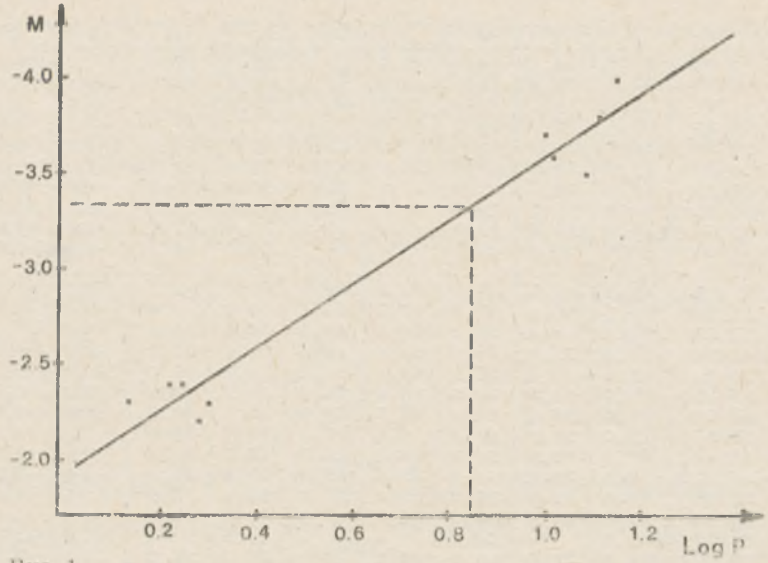
MAREK ZAWILSKI

KĄCIK OLIMPIJCZYKA

Opracował M. T. Szczepański

Zadanie 2 z II etapu XXIV Olimpiady Astronomicznej

Tabelka zawiera jasności obserwowane m i okresy pulsacji P dla dziesięciu przykładowych cefeid klasycznych z Małego Obłoku Magellana odległego o $D_0 = 55$ kps.



Rys. 1

Lp.	m	P	Lp.	m	P
1	15^m2	12^d2	6	16^m4	1^d36
2	14.9	12.9	7	16.5	1.93
3	14.7	13.8	8	16.3	1.66
4	15.0	9.9	9	16.3	1.76
5	15.1	10.2	10	16.4	2.00

Wykorzystując informacje zawarte w tabelce oblicz odległość do cefeidy o okresie $P \approx 7^d$, $m_{max} \approx 9^m47$, $m_{min} \approx 10^m05$.

Rozwiązanie

Jeśli dla dowolnego ciała niebieskiego zdołamy wyznaczyć jego jasność obserwowaną m oraz potrafimy ocenić jego jasność absolutną M, to pomijając absorpcję promieniowania można obliczyć odległość do tego ciała D na podstawie wzoru określającego jasność absolutną:

$$M = m + 5 - 5 \log D, \tag{1}$$

skąd:

$$D = 10^{0,2\,(m+5-M)} \tag{2}$$

Do jasności obserwowanej cefeidy z zadania dochodzimy na podstawie krzywej blasku, przy czym w przypadku cefeid za jasność obserwowaną przyjmuje się tzw. średnią jasność obserwowaną m definiowaną jako:

$$m = \frac{m_{max} + m_{min}}{2}, \text{ natomiast } \qquad M = \frac{M_{max} + M_{min}}{2}.$$

Pozostaje jeszcze do wyznaczenia jasność absolutna cefeidy, ale w tym miejscu rozwiązania natrafiamy na trudność. Wiadomo jednak, że dla cefeid klasycznych istnieje wyraźna zależność między jasnością absolutną M (rozumianą jako wartość średnia) i okresem zmian jasności P. Przyjmuje się, że M zależy liniowo od wartości logarytmu okresu:

$$M = a \log P + b, \tag{3}$$

gdzie a i b są współczynnikami zależności nazywanej okres—jasność.

Okres zmian jasności był wyznaczony z krzywej blasku. Problem w zadaniu sprowadza się teraz do wyznaczenia jasności absolutnej cefeidy przy pomocy zależności (3). Na podstawie danych z tabelki możemy skonstruować wykres tej zależności. W tym celu w oparciu o dane dla cefeid z Małego Obłoku Magellana wyznaczamy potrzebne wielkości, tzn. log P oraz M (na podstawie wzoru (1)). Wyniki obliczeń zestawiamy w tabelce (patrz też rys. 1).

Lp.	Log P	M	Lp.	Log P	M
1	1.086	—3.5	6	0.134	—2.3
2	1.111	—3.8	7	0.286	—2.2
3	1.140	—4.0	8	0.220	—2.4
4	0.996	—3.7	9	0.246	—2.4
5	1.009	—3.6	10	0.301	—2.3

Każdej z cefeid na wykresie okres—jasność odpowiada jeden punkt o współrzędnych (log P_i; M_i). Okazuje się, że punkty te nie układają się wzdłuż jednej prostej. Jest to zrozumiałe, gdyż odpowiadające im wielkości obarczone są błędami pomiarów. W związku z tym pojawia się kolejny problem, jak znaleźć taką prostą (na wykresie lub w postaci równania) aby była ona najlepiej dopasowana do punktów wynikających z obserwacji.

Część uczestników (około 10%), przy analitycznym dochodzeniu do równania prostej (3) posłużyła się metodą najmniejszych kwadratów. Mimo, iż metoda ta nie znajduje się w programie szkoły średniej, to została przez nich poprawnie wykorzystana. Prześledźmy, jak za pomocą metody najmniejszych kwadratów można wyznaczyć współczynniki a i b równania prostej.

Przez każde dwa punkty wykresu (okres—jasność) można poprowadzić prostą. Ponieważ w rozwiązywanym przypadku dysponujemy danymi dla $n = 10$ punktów, w związku z tym możemy poprowadzić aż 45 różnych prostych. Jak z tej gmatwaniny prostych wybrać tę najlepszą, najlepiej dopasowaną do wszystkich punktów wykresu? A może to nie jest żadna z nich, tylko jeszcze inna? Właśnie wyboru tego można dokonać posługując się metodą najmniejszych kwadratów.

Dla każdej cefeidy, a więc dla każdego punktu można napisać odpowiednie równanie:

$$a N_i + b = M_i, \qquad i = 1, 2, ..., 10$$

gdzie dla skrócenia zapisu przyjęto $\log P_i = N_i$. Równań tych jest 10.

Każda ich para, traktowana jako układ równań może dać inne wartości współczynników a, b. Oczywiście te współczynniki nas nie interesują, natomiast jesteśmy zainteresowani w wyznaczeniu współczynników szukanej prostej, która ma być w możliwie najlepszy sposób dopasowana do wszystkich punktów. Oznaczmy współczynniki tej prostej przez A, B. Zastosowanie metody najmniejszych kwadratów daje w naszym przypadku następujący układ równań:

$$\left.\begin{aligned} A\sum_{i=1}^{10} N_i^2 + B\sum_{i=1}^{10} N_i &= \sum_{i=1}^{10} N_i M_i \\ A\sum_{i=1}^{10} N_i + 10\,B &= \sum_{i=1}^{10} M_i \end{aligned}\right| \qquad (4)$$

Po wykonaniu obliczeń poszczególnych sum, układ równań (9) przyjmie postać:

$$6{,}023\,A + 6{,}529\,B = -22{,}648$$

$$6{,}529\,A + 10\,B = 90{,}2$$

skąd wyznaczenie $A = -1{,}665$ oraz $B = -1{,}933$ nie przedstawia trudności. Równanie poszukiwanej prostej jest zatem:

$$-1{,}665 \log P - 1{,}933 = M \qquad (5)$$

Znaleźliśmy w ten sposób szukaną zależność okres—jasność.

Po znalezieniu zależności (10), dokończenie rozwiązania zadania nie przedstawia już istotnych trudności.

Podany okres cefeidy wynosi $P \simeq 7^d$. Po wstawieniu tej wartości do (5) uzyskamy na średnią jasność absolutną $M \simeq -3^M.34$. Znaleziona na podstawie danych średnia jasność obserwowana $m \simeq 9^m76$. Teraz można już na podstawie (2) obliczyć $D \simeq 4170$ ps. Tak więc odległość do cefeidy z zadania wynosi około 4 kps.

Należy zaznaczyć, że zastosowanie metody najmniejszych kwadratów przy wyznaczaniu zależności okres—jasność nie było warunkiem koniecznym uzyskania poprawnego rozwiązania. Przy niewielkiej ilości punktów o niezbyt dużym rozrzucie, nasze oko z powodzeniem zastępuje tę metodę. Prostą $A \log P + B = M$ lub niewiele od niej odbiegającą można poprowadzić bezpośrednio, bez konieczności stosowania tak skomplikowanej metody.

Przytoczone w omówieniu rozwiązanie nie jest jedyną możliwością merytorycznego postawienia problemu. Np. wyznaczanie jasności absolutnej można potraktować inaczej. Np. dla cefeid z Małego Obłoku Magellana znajdujemy w sposób analogiczny zależność okres—jasność obserwowana. Stąd wyznaczamy jasność obserwowaną jaką miałaby nasza cefeida gdyby znajdowała się w tym Obłoku. Wówczas znając odległość D_0 można znaleźć przy pomocy (1) jej jasność absolutną i dalsze rozumowanie przebiega już w sposób podobny.

Natomiast typowym błędem było zbyt dosłowne potraktowanie nazwy zależności „okres—jasność" i w związku z tym znajdowanie wykresów funkcji liniowej typu $M = cP + d$ czy $m = k\,P + l$. Przy tak po-

stawionym problemie, mając na osiach wykresu *P* oraz *M*, należy szukać zależności logarytmicznej a nie liniowej między *M* i *P*. Okazuje się, że dobór punktów nie jest w tym przypadku sprzymierzeńcem. Przez dwie skupione grupy punktów niesposób jednoznacznie poprowadzić krzywej logarytmicznej.

Poprawnie zadanie to rozwiązało 25% uczestników.

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski — Czerwiec 1983 r.

Słońce

W czerwcu Słońce wstępuje w znak Raka i osiąga najwyższy punkt na ekliptyce ponad równikiem niebieskim; od tej chwili liczymy początek lata astronomicznego. W tym czasie mamy też najdłuższe dni i najkrótsze noce na naszej półkuli; dla kilku dat podajemy momenty wschodu i zachodu Słońca w Warszawie: 1^d wsch. 4^h21^m, zach. 20^h47^m; 11^d wsch. 4^h15^m, zach. 20^h56^m; 21^d wsch. 4^h14^m, zach. 21^h1^m; 1^d 1 lipca wsch. 4^h18^m, zach. 21^h1^m.

Rankiem 11 czerwca wydarzy się całkowite zaćmienie Słońca widoczne na półkuli południowej.

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

Data 1983	P	B_0	L_0	Data 1983	P	B_0	L_0
VI 1	—15°48	—0°64	41°04	VI 17	—8°98	+1°28	189°28
3	—14.73	—0.40	14.58	19	—8.11	+1.52	162.80
5	—13.96	—0.16	348.10	21	—7.23	+1.75	136.33
7	—13.16	+0.08	321.64	23	—6.34	+1.98	109.85
9	—12.36	+0.32	295.16	25	—5.44	+2.22	83.38
11	—11.53	+0.56	268.69	27	—4.54	+2.44	56.90
13	—10.69	+0.81	242.22	29	—3.64	+2.67	30.43
15	—9.84	+1.04	215.75	VII 1	—2.73	+2.90	3.96

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
$4^d16^h24^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w pierwszej połowie czerwca, kolejność faz Księżyca jest bowiem w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra 3^d23^h, nów 11^d7^h, pierwsza kwadra 17^d22^h, pełnia 25^d11^h. W perygeum Księżyc znajdzie się 13 czerwca, a w apogeum dwukrotnie, 1 i 29 czerwca. 25 czerwca zdarzy się częściowe zaćmienie Księżyca widoczne na półkuli południowej. W czerwcu tarcza Księżyca zakryje

Merkurego i Jowisza, obydwa zjawiska będą widoczne na półkuli południowej.

Planety i planetoidy

Wysoko nad zachodnim horyzontem pięknym blaskiem błyszczy Wenus jako Gwiazda Wieczorna —4 wielkości. Natomiast rankiem nad wschodnim horyzontem widoczny jest Merkury jako gwiazda około zerowej wielkości. Dwie jasne planety widoczne są prawie całą krótką noc: Jowisz —2 wielkości na granicy gwiazdozbiorów Wężownika i Skorpiona oraz Saturn +0.7 wielkości w gwiazdozbiorze Panny. Przez lunety odnajdziemy także Urana 6 wielk. gwiazd. (przebywa w tej samej okolicy nieba co Jowisz), Neptuna 8 wielk. gwiazd. na granicy gwiazdozbiorów Strzelca i Wężownika, a Plutona 14 wielk. gwiazd. dostrzeżemy tylko przez duże instrumenty w gwiazdozbiorze Panny. Mars jest niewidoczny. Spośród najjaśniejszych planetoid widoczna będzie Pallas ok. 10 wielk. gwiazd. na granicy gwiazdozbiorów Lisa i Herkulesa. Podajemy jej współrzędne równikowe dla kilku dat: maj 31^d rekt. 19^h13^m2, dekl. $+21°29'$; czerwiec 10^d rekt. 19^h7^m6, dekl. $+22°18'$; 20^d rekt. 19^h0^m6, dekl. $+22°43'$; 30^d rekt. 18^h52^m5, dekl. $+22°41'$.

Meteory

Od 10 do 21 czerwca promieniują meteory z roju czerwcowych Lirydów. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma współrzędne: rekt. 18^h32^m, dekl. $+35°$. Rój nie jest zbyt bogaty, ale warunki obserwacji są w tym roku dobre.

* *
*

3^d13^h Złączenie Marsa ze Słońcem.

$3/4^d$ Obserwujemy przejście księżyca 1 i jego cienia na tle tarczy Jowisza. Księżyc 1 rozpoczyna przejście o 0^h56^m, a jego cień pojawi się na tarczy planety o 1^h6^m; księżyc kończy przejście o 3^h6^m, a cień o 3^h17^m.

$4/5^d$ O 22^h5^m obserwujemy początek zakrycia 1 księżyca Jowisza przez tarczę planety, a o 0^h26^m koniec zaćmienia tego księżyca (pojawi się on blisko prawego brzgu tarczy planety patrząc przez lunetę odwracającą). O 2^h59^m obserwujemy też początek zakrycia 2 księżyca Jowisza przez tarczę planety.

6^d Na tle tarczy Jowisza wędruje księżyc 2 i jego cień. Księżyc rozpoczyna przejście o 21^h13^m, a cień o 21^h40^m, natomiast koniec przejścia księżyca nastąpi o 23^h31^m, a jego cienia o 24^h2^m.

8^d8^h Merkury w największym zachodnim odchyleniu od Słońca (kąt odchylenia 24°).

9^d12^h Bliskie złączenie Księżyca z Merkurym. Zakrycie planety przez tarczę Księżyca widoczne będzie we wschodniej części Ameryki Północnej, na Północnym Atlantyku, na Grenlandii, w Północnej Europie i w Północnej Azji.

10^d Wieczorem na tle tarczy Jowisza przechodzi księżyc 3 i jego cień. Początek przejścia księżyca o 21^h6^m, ale jego cień pojawi się na tarczy planety dopiero o 22^h21^m. Księżyc zakończy przejście o 23^h13^m, a jego cień widoczny będzie do 24^h41^m.

11^d W rannych godzinach naszego czasu zdarzy się całkowite zaćmienie Słońca widoczne na półkuli południowej. Pas cienia całkowitego przebiega przez Ocean Indyjski i Indonezję.

12^d Księżyc 1 i jego cień przechodzi na tle tarczy Jowisza. Obserwujemy koniec przejścia: księżyca o 23^h17^m, księżyca o 23^h17^m, księżyca o 23^h40^m.

$13/14^d$ Księżyc 2 wraz ze swym cieniem przechodzi na tle tarczy Jowisza. Początek przejścia księżyca 2 o 23^h28^m, jego cienia o 0^h14^m; koniec przejścia księżyca o 1^h46^m, a cienia o 2^h36^m.

14^d13^h Wenus w złączeniu z Księżycem w odl. 1°5.

16^d9^h Wenus w największym wschodnim odchyleniu od Słońca w odległości 45°.

$17/18^d$ Księżyc 3 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Obserwujemy początek przejścia: księżyca o 0^h24^m, cienia o 2^h19^m (warto dodać że księżyc 3 kończy przejście o 2^h34^m).

$18/19^d$ O 1^h34^m obserwujemy początek zakrycia 1 księżyca Jowisza przez tarczę planety.

19^d19^h Neptun w przeciwstawieniu ze Słońcem względem Ziemi.

$19/20^d$ Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Księżyc rozpocznie przejście o 22^h52^m, a cień o 23^h24^m. Księżyc 1 kończy przejcie o 1^h2^m, a jego cień o 1^h35^m.

20^d5^h Saturn w złączeniu z Księżycem w odl. 2°.

$20/21^d$ O 22^h43^m obserwujemy koniec zaćmienia księżyca 1, który pojawi się blisko prawego brzegu tarczy Jowisza (w lunecie odwracającej). O 1^h43^m obserwujemy początek przejścia księżyca 2 na tle tarczy planety.

21^d8^h Merkury w złączeniu z Aldebaranem (w odl. 4°), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Byka.

22^d O 1^h6^m Słońce wstępuje w znak Raka, jego długość ekliptyczna wynosi 90°; mamy początek lata astronomicznego. O 23^h Jowisz znajdzie się w bliskim złączeniu z Księżycem; zakrycie planety przez tarczę Księżyca będzie widoczne w Arktyce.

$22/23^d$ Księżyc 2 Jowisza ukryty jest za tarczą i w cieniu planety; o 0^h15^m obserwujemy koniec zaćmienia tego księżyca.

23^d5^h Uran w złączeniu z Księżycem w odl. 1°7.

24^d24^h Neptun w złączeniu z Księżycem w odl. 1°5.

25^d Częściowe zaćmienie Księżyca niewidoczne w Polsce (zaćmienie widoczne będzie w Ameryce, na Oceanie Spokojnym, na Antarktydzie i w Australii). Podczas największej fazy 0.34 średnicy tarczy księżyca ukyte będzie w cieniu Ziemi.

$26/27^d$ Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza. Obserwujemy początek przejścia: księżyca o 0^h38^m, cienia o 1^h19^m.

$27/28^d$ Księżyc 1 ukryty jest za tarczą i w cieniu Jowisza. O 0^h38^m obserwujemy koniec zaćmienia księżyca.

28^d O 22^h33^m obserwujemy koniec zaćmienia 3 księżyca Jowisza.

29^d O 22^h59^m początek zakrycia 2 księżyca Jowisza przez tarczę planety.

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

CONTENTS

D. Ruciński — The Detector CCD — New Technics in Observational Astronomy.

S. R. Brzostkiewicz — Moons of Jupiter.

Chronicle: The Farthest Object in the Universe — The Magnetic Field and Origin of Stars — Studies of Local Interstellar Medium — Solar Cycles — More about the Water on Mars — The Decay of comet du Toit 2 (1945 II) — Was Ptolemaeus a Plagiarist?

Vade-mecum for Observers: Occultation of Stars by the Moon in the II Half-year of 1983.

Corner of an Astronomical Olympian.

Astronomical Calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

Д. Ручиньски — Детектор CCD — новая техника в наблюдательной астрономии.

С. Р. Бжосткевич — Луны Юпитера.

Хроника: Самый дальний объект во Вселенной — Магнитное поле и возникновение звезд — Исследования локальной межзвёздной среды — Солнечные циклы — Ещё о воде на Марсе — Распад кометы дю Туа 2 (1945 II) — Птолемей плагиатор?

Справочник наблюдателя: Покрытия звёзд Луной во второй половине 1983 г.

Уголок участника астрономической олимпиады.

Астрономический календарь.

Pierwsza strona okładki: Uzyskany za pomocą detektora CCD obraz galaktyki spiralnej NGC 6951. Trochę rozmyty w wyniku „szumu fotonowego" pierwotny obraz (lewa część) może być przetworzony za pomocą komputera (prawa część), co zwiększa zdolność rozdzielczą ale zmniejsza możliwość obserwacji tworów o małej kontrastowości jak np. obszarów zjonizowanego wodoru.

Druga strona okładki: U góry — zdjęcie fotograficzne (z lewej) i obraz CCD (z prawej) gromady galaktyk Abell 1689 w gwiazdozbiorze Panny odległej od nas o około miliard lat świetlnych. Prędkość ucieczki tej gromady jest rzędu 1/6 prędkości światła. U dołu — uzyskane za pomocą 5 m teleskopu na Mt. Palomar z detektorem CCD obrazy tego samego obszaru nieba, na których po raz pierwszy zidentyfikowano tzw. soczewkę grawitacyjną (patrz *Urania* nr 5/1981). Dwa jasne obiekty w środku lewego zdjęcia są podwójnym obrazem kwazara Q 0957+056. Rozdzielenie nastąpiło wskutek działania galaktyki, która jest widoczna na prawym zdjęciu wykonanym podczas dłuższej ekspozycji. Na obrazie tym widoczne są obiekty słabsze niż 25 mag.

Trzecia strona okładki: Mapka okolic gwiazdy zmiennej ε Aur (objaśnienia oznaczeń można znaleźć w nr 8—9/1982).

Czwarta strona okładki: Uzupełniając serię zdjęć największych teleskopów z poprzedniego numeru przedstawiamy jeszcze fotografię 3 metrowego teleskopu Shane'a w Obserwatorium Licka (USA).

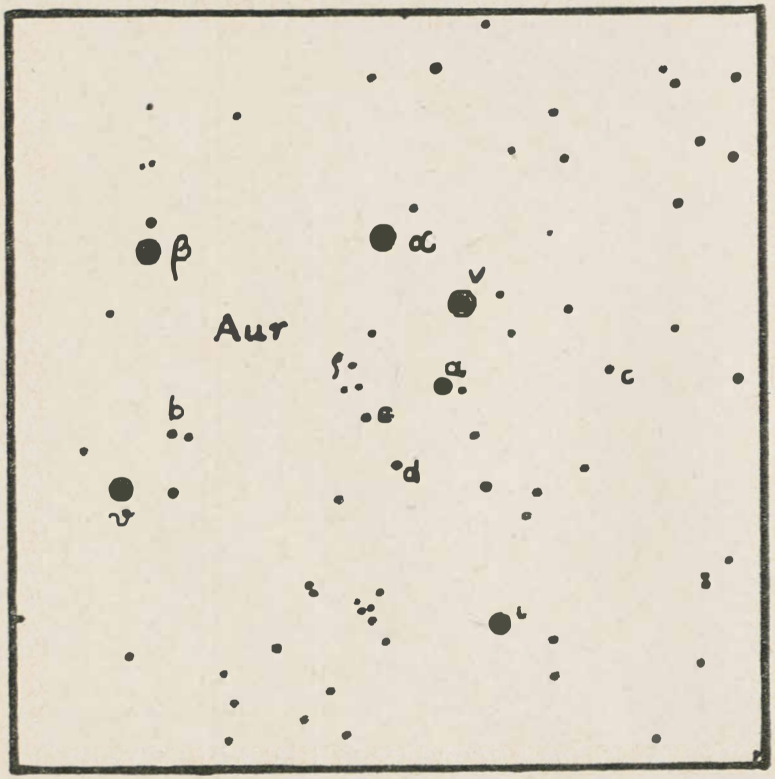
URANIA — Miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. **Redaguje kolegium** w składzie: Krzysztof Ziołkowski — redaktor naczelny, Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska — sekretarz redakcji, T. Zbigniew Dworak — redaktor techniczny. **Wydawca:** Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław, Oddział w Krakowie. **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 — 156 zł, cena pojedynczego egzemplarza — 25 zł, zgłoszenia w administracji, adres j.w. Nakład 3500 egz.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław. Oddział w Krakowie, 1983. Nakład 3500 egz. Objętość ark. wyd. 2,70, ark. druk. 2,0. Pap. druk. sat. kl. V, 65 g, 61 × 86.
Indeks 38001

Drukarnia Związkowa, Kraków, ul. Mikołajska 13 — Zam. 1584/83 — T-22 — 3 500

EPOKA 1980

$\alpha = 05^h 00^m,5$ $\delta = +43°48'$



ε Aur

Min JD = 2435629^d

Period = 9892^d

$M = 3^m,5$ $A_1 = 1,04$

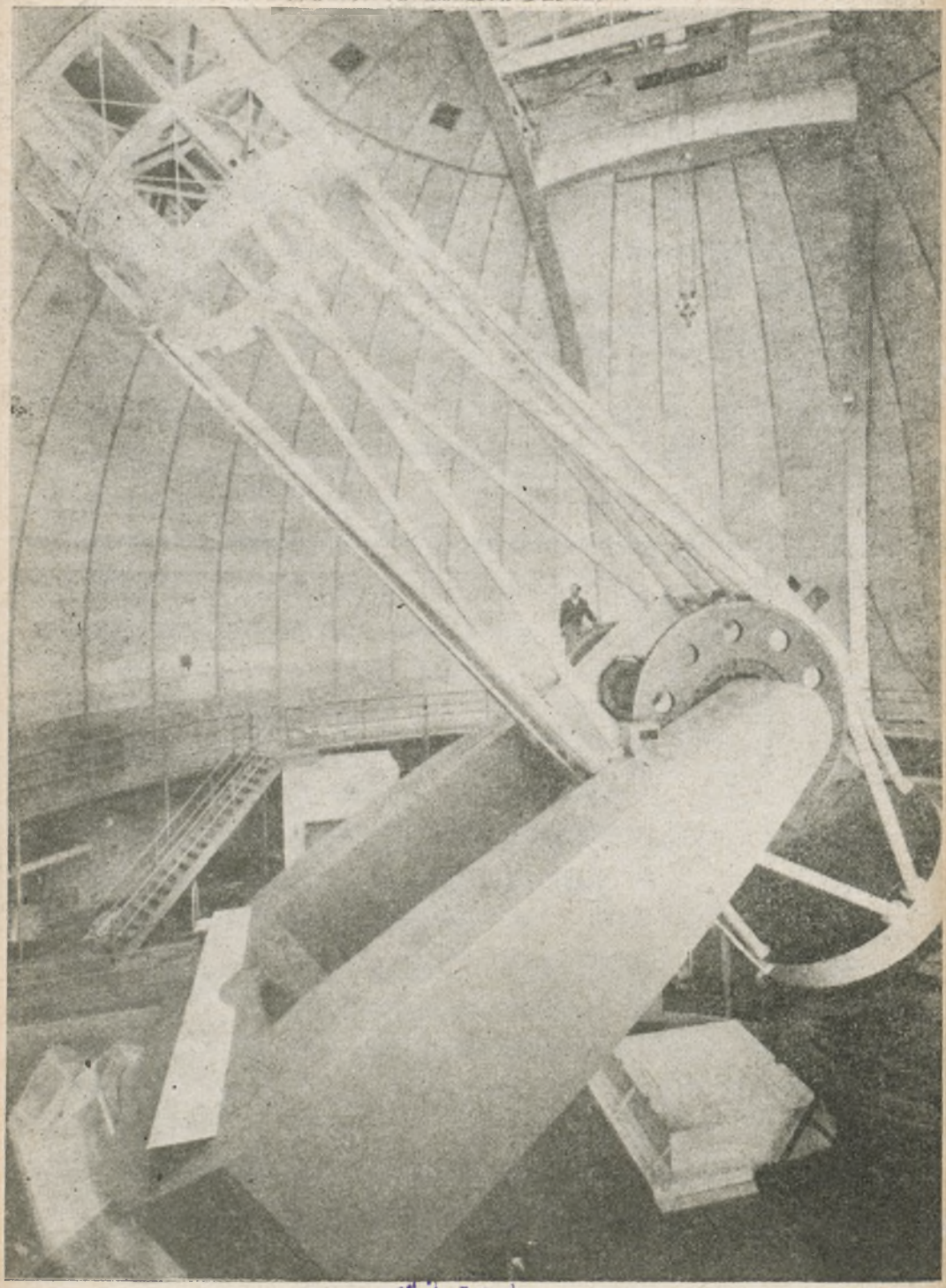
$m = 4,54$

$D = 790^d$ $d = 366^d$

JASNOŚCI GWIAZD PORÓWNANIA

$a = 3^m,28$	$d = 4^m,78$
$b = 4,18$	$e = 4,85$
$c = 4,46$	$f = 5,12$

Cena zł 25.—



Indeks 38001