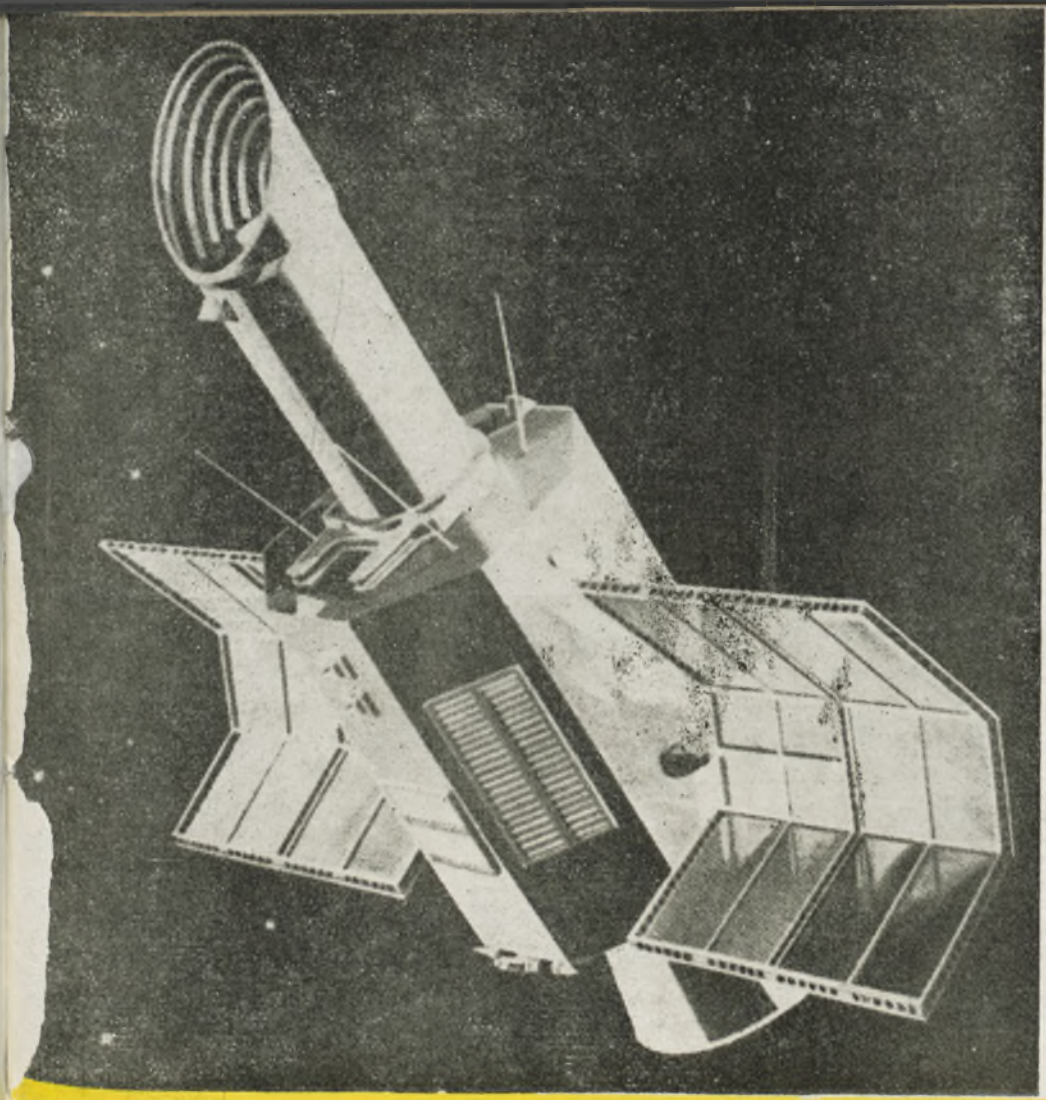


URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LIII CZERWIEC-LIPIEC 1982 Nr 6-7

ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

BIBLIOTEKA

URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LIII CZERWIEC-LIPIEC 1982 Nr 6/7

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).

ISSN-0042-07-94

Numer, który — aby przyspieszyć nadrobienie opóźnienia — wydajemy jako podwójny, rozpoczyna pierwsza część artykułu Jacka STRYCZYŃSKIEGO o kosmicznym teleskopie ultrafioletowym IUE. Jest to ciekawy przykład warsztatu pracy współczesnego astronoma, a jednocześnie opis narzędzia, któremu astrono-

atnio wiele
w. Również
wy SZUSZ-
a nową me-
nomicznych.
amkowa, o
wa, umożli-
gwiazd ze
znacznie większą zdolnością rozdzielczą niż uzyskiwana dotychczas. Także i ona dostarcza dziś nauce dużo wartościowych wyników. I wreszcie jeszcze raz powracamy do prezentacji Saturna. Misje trzech sond kosmicznych, które w ostatnich trzech latach badały tę planetę, o czym wielokrotnie informowaliśmy, podsumowuje Stanisław R. BRZOSTKIEWICZ, a jego artykuł uzupełniają dwie notatki w **Kronice** *Zbigniewa PAPROTNEGO. Miłośników astronomii, którzy chcieliby wykonywać użyteczne obserwacje między innymi zbliżającej się komety Halleya, zachęcamy do przestudiowania w* **Poradniku Obserwatora** *instrukcji fotograficznego wyznaczania współrzędnych niebieskich.*

ERRATA

Drukarnia przeprasza za odwrócenie i zamianę ilustracji umieszczonych na 2 i 3 stronie okładki.

SPIS TREŚCI

Jacek Stryczyński — Kosmiczny teleskop ultrafioletowy IUE. (162)

Ewa Szuszkiewicz — Interferometria plamkowa. (170)

Stanisław R. Brzostkiewicz — Trzy spotkania z Saturnem. (177)

Kronika: Likwidacja obserwatorium w Zurychu (187) — Pozagalaktyczne obserwacje satelity IUE (187) — Wiek Wszechświata (188) — Kwazary to odległe galaktyki (189) — Gromady bogate w galaktyki podwójne (189) — Jak powstała Galaktyka? (190) — Czyżby odkryto samotną gwiazdę? (191) — FG Sagittae (192) — Pierścień F Saturna (193) — Atmosfera Tytana: węglowodory (193) — Okno w płaszczu chmur na Wenus? (194)

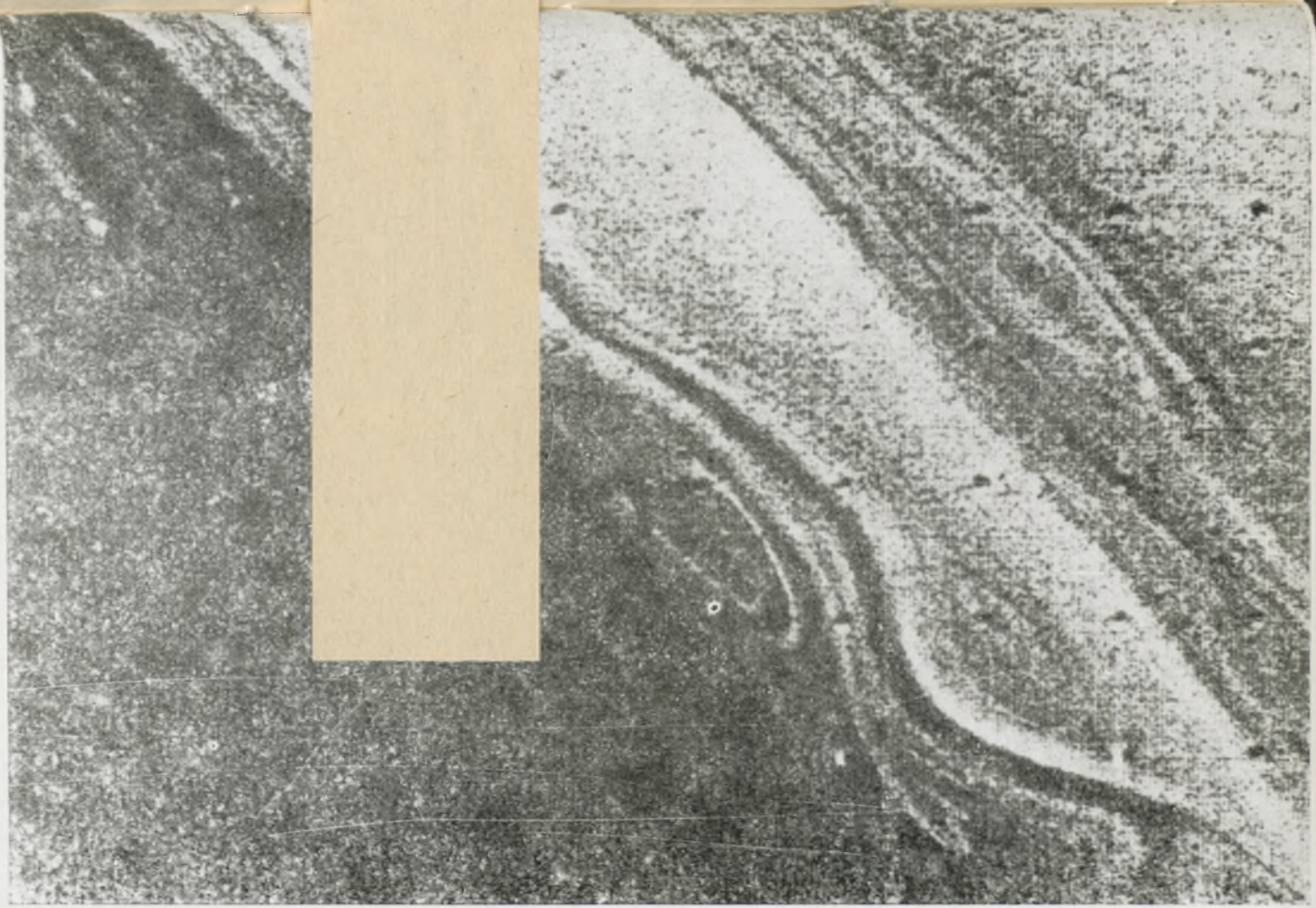
Poradnik Obserwatora: Fotograficzne wyznaczanie współrzędnych niebieskich.(195)

Kronika Historyczna: Adam Joachim Kulczycki (1808—1882). (198)

Nowości Wydawnicze. (199)

Z Korespondencji. (203)

Kalendarzyk Astronomiczny. (206)



URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LIII CZERWIEC-LIPIEC 1982 Nr 6/7

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).

ISSN-0042-07-94

Numer, który — aby przyspieszyć nadrobienie opóźnienia — wydajemy jako podwójny, rozpoczyna pierwsza część artykułu Jacka STRYCZYŃSKIEGO o kosmicznym teleskopie ultrafioletowym IUE. Jest to ciekawy przykład warsztatu pracy współczesnego astronoma, a jednocześnie opis narzędzia, któremu astronomia zawdzięcza ostatnio wiele ważnych rezultatów. Również następny artykuł Ewy SZUSZKIEWICZ przybliża nową metodę badań astronomicznych. Interferometria plamkowa, o której w nim mowa, umożliwia obserwacje gwiazd ze znacznie większą zdolnością rozdzielczą niż uzyskiwana dotychczas. Także i ona dostarcza dziś nauce dużo wartościowych wyników. I wreszcie jeszcze raz powracamy do prezentacji Saturna. Misje trzech sond kosmicznych, które w ostatnich trzech latach badały tę planetę, o czym wielokrotnie informowaliśmy, podsumowuje Stanisław R. BRZOSTKIEWICZ, a jego artykuł uzupełniają dwie notatki w **Kronice** *Zbigniewa PAPROTNEGO. Miłośników astronomii, którzy chcieliby wykonywać użyteczne obserwacje między innymi zbliżającej się komety Halleya, zachęcamy do przestudiowania w* **Poradniku Obserwatora** *instrukcji fotograficznego wyznaczania współrzędnych niebieskich.*

SPIS TREŚCI

Jacek Stryczyński — Kosmiczny teleskop ultrafioletowy IUE. (162)

Ewa Szuszkiewicz — Interferometria plamkowa. (170)

Stanisław R. Brzostkiewicz — Trzy spotkania z Saturnem. (177)

Kronika: Likwidacja obserwatorium w Zurychu (187) — Pozagalaktyczne obserwacje satelity IUE (187) — Wiek Wszechświata (188) — Kwazary to odległe galaktyki (189) — Gromady bogate w galaktyki podwójne (189) — Jak powstała Galaktyka? (190) — Czyżby odkryto samotną gwiazdę? (191) — FG Sagittae (192) — Pierścień F Saturna (193) — Atmosfera Tytana: węglowodory (193) — Okno w płaszczu chmur na Wenus? (194)

Poradnik Obserwatora: Fotograficzne wyznaczanie współrzędnych niebieskich.(195)

Kronika Historyczna: Adam Joachim Kulczycki (1808—1882). (198)

Nowości Wydawnicze. (199)

Z Korespondencji. (203)

Kalendarzyk Astronomiczny. (206)

JACEK STRYCZYŃSKI — Toruń

KOSMICZNY TELESKOP ULTRAFIOLETOWY IUE (I)

IUE (ang. International Ultraviolet Explorer — międzynarodowy badacz ultrafioletu) — satelita pracujący jako obserwatorium astronomiczne w ultrafioletowym zakresie widma — wystartował 26 stycznia 1978 roku z przylądka Kennedy na Florydzie (USA) i został umieszczony na geosynchronicznej orbicie nad Zatoką Meksykańską. Wyznaczono mu zadanie rejestracji widma obiektów astronomicznych w zakresie długości fal od 1150 Å do 3200 Å. Obserwacje w tym zakresie — niemożliwe z powierzchni Ziemi — mają duże znaczenie między innymi dla poznania składu chemicznego ciał niebieskich. W ultrafiolecie zlokalizowane są bowiem rezonansowe linie widmowe stanowiące odbicie przejść atomów z wyższych stanów energetycznych do stanu podstawowego. Linie te, jako najsilniejsze w widmach atomów, mogą stanowić wyraźny wskaźnik obecności w badanym obiekcie pierwiastków występujących nawet w znikomej ilości.

IUE nie jest pierwszym, choć niewątpliwie najlepszym z dotychczasowych satelitów tego rodzaju. Jego poprzednikiem był np. Copernicus, OAO 2. Projekt wysłania na orbitę tego satelity jest wspólnym przedsięwzięciem NASA (Narodowa Agencja Przestrzeni Kosmicznej — USA), ESA (Europejska Agencja Przestrzeni Kosmicznej) i SRC (Rada Badań Naukowych — Wielka Brytania). NASA dostarczyła rakietę nośną, optyczne i mechaniczne części instrumentów naukowych, oprogramowanie kontroli lotu i amerykańską stację kontroli. SRC we współpracy z Uniwersytetem Londyńskim skonstruowała kamery telewizyjne do rejestracji otrzymywanych w spektragrafach widm. ESA dostarczyła baterie słoneczne i europejską stację naziemną. Oprogramowanie procesu rejestracji obrazów zostało wspólnie wypracowane przez NASA i SRC. Przez 16 godzin dziennie aparatura IUE służy astronomom współpracującym z NASA, a przez 8 godzin astronomom współpracującym z ESA. Podstawowe dane o satelicie IUE zawiera Tabela 1.

1. Główne założenia projektu

Kreśląc ramy projektu przyjęto kilka podstawowych założeń. Wśród nich należy przede wszystkim wymienić określenie zdolności rozdzielczej spektrografów. Stwierdzono, że dla ba-

Tabela 1

Podstawowe dane o satelicie IUE

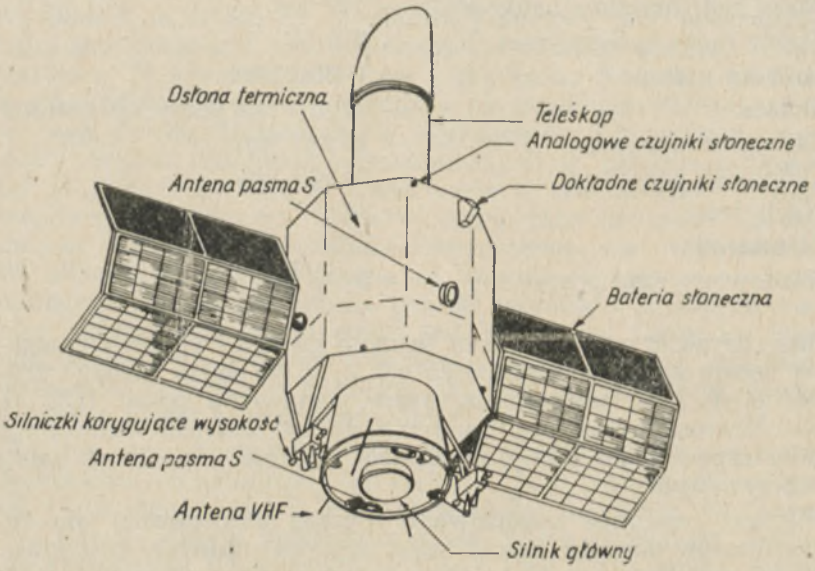
Masa startowa	— 700 kg
Masa instrumentów naukowych	— 122 kg
Pobór mocy (przeciętnie)	— 210 W
Rakieta nośna	— Delta 2914
Orbita	— eliptyczna geosynchroniczna
Odległość apogeum	— 45 887 km
Odległość perygeum	— 25 669 km
Nachylenie	— 28,6°
Mimośród	— 0,24
Planowany czas pracy	— 3—5 lat

dań charakterystyk atmosfer jasnych gwiazd i planet wymagana będzie zdolność rozdzielcza 0,2 Å, a do badań jasnych źródeł 6 Å. Inne wymaganie, które postawiono przed IUE, to umożliwienie rejestracji danych z dużego zakresu widmowego oraz zapewnienie oceny zawartości i jakości danych w czasie rzeczywistym.

Pierwszy warunek zrealizowano poprzez zastosowanie jako rejestratorów obrazów kamer telewizyjnych zdolnych integrować obraz podobnie jak klisza fotograficzna. Dla otrzymania jednakowej zdolności rozdzielczej w całym zakresie widmowym całkowity odbierany przedział długości fal podzielono na dwie części: od 1150 Å do 1950 Å i od 1900 Å do 3200 Å. W związku z tym zamontowano na IUE dwa spektrografy do rejestracji całego widma. Dobre komunikowanie między orbitą i stacją naziemną zapewnia wybrana orbita geosynchroniczna. Takie umiejscowienie IUE umożliwia nieprzerwaną kontrolę z centrum NASA (ang. Godard Space Flight Center — GSFC) koło Waszyngtonu, jak również zapewnia łączność ze stacją ESA w Villafranca niedaleko Madrytu. W stacjach kontrolnych na monitorze jest wyświetlane pole widzenia teleskopu, dzięki czemu obserwator może identyfikować obiekt i kierować obserwacjami w czasie rzeczywistym, podobnie jak podczas pracy z naziemnymi teleskopami. Można więc powiedzieć, że obserwatorium IUE składa się z naziemnych stacji kontroli i kierowania oraz teleskopu i spektrografów umieszczonych na orbicie. Ogólną budowę orbitalnej części obserwatorium IUE przedstawia rys. 1 oraz zdjęcie na pierwszej stronie okładki.

2. Oprzyrządowanie naukowe

Oprzyrządowanie naukowe składa się z teleskopu, dokładnych czujników odstrojenia (FES), spektrografów z siatką schodkową (typu „echelle") i kamer.



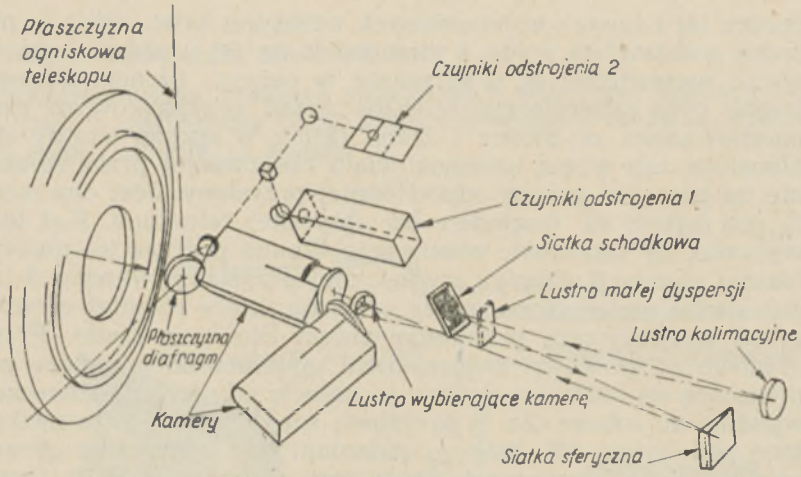
Rys. 1. Ogólny wygląd satelity IUE.

Teleskop o średnicy lustra głównego 45 cm i światłosile F/15 zbudowany jest w systemie Cassegrain'a konfiguracji Ritchey—Chretien'a. Taka konstrukcja daje pole widzenia o średnicy 16 minut łuku. Ze względu na małą wagę, średni koszt oraz termiczne i optyczne własności, do budowy głównego zwierciadła wybrano beryl, a na lustro wtórne krzemionkę. Specjalna izolacja tubusa teleskopu zapewnia stałe położenie ogniska w szerokim zakresie kątów padania promieni słonecznych (od tego pod jakim kątem pada to promieniowanie zależy temperatura satelity). Dzięki temu po umieszczeniu na orbicie i zogniskowaniu układu optycznego przez ruch wtórnego zwierciadła nie jest potrzebne przeogniskowywanie. Małe poprawki dokonywane są za pomocą grzejników umieszczonych za głównym i wtórnym zwierciadłem.

Na orbicie synchronicznej niedostępny dla obserwacji obszar nieba zasłaniany przez Ziemię jest stosunkowo niewielki w porównaniu z przypadkiem satelity na niższej orbicie. Niestety

oprócz tej i innych wymienionych wcześniej zalet orbita ta ma jedną podstawową wadę, a mianowicie na tej wysokości obserwacje prowadzone są praktycznie w pełnym Słońcu. Dlatego trzeba było zabezpieczyć teleskop przed przypadkowym promieniowaniem ze Słońca i Ziemi (które w sposób istotny zakłócałoby lub wręcz uniemożliwiało obserwacje) przez założenie na początku tubusa odpowiedniej przysłony. Jest ona ucięta pod kątem 43° względem osi optycznej teleskopu. Kąt taki wybrano, by umożliwić obserwacje Wenus podczas jej maksymalnej elongacji. Oprócz zewnętrznej przysłony, wewnątrz instrumentu umieszczono szereg przysłon, które również chronią przed zakłócającym promieniowaniem Słońca i Ziemi. Przykładowo za głównym zwierciadłem umieszczono przysłonę zamykającą się automatycznie w momencie gdy światło słoneczne wpadnie do tubusa. Za tą przysłoną znajduje się lustro nachylone pod kątem 45°, którego zadaniem jest kierowanie obrazu pola widzenia teleskopu do czujników odstrojenia (FES). Czujniki badają otrzymany obraz w celu wykrycia odchyleń w prowadzeniu instrumentu względem gwiazdy sąsiadującej z obserwowanym obiektem. W przypadku pojawienia się takich odchyleń generują one sygnały według których komputer pokładowy koryguje ustawienie instrumentu. Czułość FES pozwala na wybór jako punktów odniesienia gwiazd jaśniejszych niż 14^m.

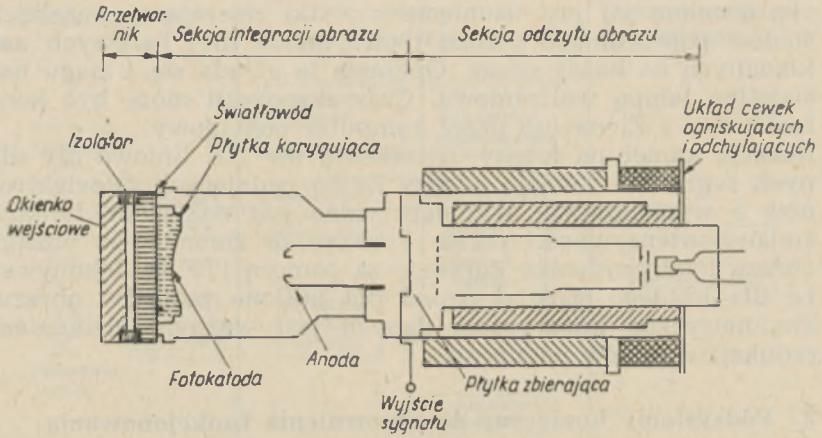
W wyposażeniu IUE znajdują się dwa spektrografy: krótkofalowy i długofalowy pracujące w zakresach odpowiednio 1150 Å — 1950 Å i 1900 Å — 3200 Å. Budowa obu przyrządów jest w zasadzie identyczna (rys. 2), z wyjątkiem dwóch płaskich luster nachylonych pod kątem 45° do osi optycznej teleskopu umieszczonych za otworami wejściowymi spektrografu długofalowego. Każdy spektrograf ma dwie diafragmy: mniejszą o średnicy 3 sekund łuku i większą o kształcie zbliżonym do elipsy o wymiarach 10×20 sekund łuku. Wybór diafragmy jest dokonywany przez takie ustawienie teleskopu, że obraz powstaje na żądanym otworze. Dla uzyskania mniejszej dyspersji wprowadza się przed siatką schodkową w bieg wiązki płaskie zwierciadło nazwane na rysunku lustrem małej dyspersji. Układ spektrografów zainstalowanych na IUE zawiera również źródła promieniowania. Pierwszym z nich jest lampa platynowo-neonowa, używana jako standard długości fali. Zamontowano ją przed głównym zwierciadłem tak, że oświetla otwory wejściowe spektrofragów, a wysyłane przez nią promieniowanie jest stosowane do kalibracji długości fali jako



Rys. 2. Schemat spektrografu krótkofalowego satelity IUE.

funkcji położenia na otrzymanym obrazie. Dwa pozostałe źródła, oświetlające obiektywy kamer to lampy rtęciowa i wolframowa. Używa się ich do tzw. procedury przygotowania polegającej na wyeliminowaniu pozostałości ładunków elektrycznych po poprzedniej ekspozycji. Lampa rtęciowa emitująca promieniowanie głównie o długości fali 2573 Å jest stosowana do wyprowadzenia tzw. funkcji zmiany intensywności (ITF) dla każdego punktu obrazu.

Kamera telewizyjna w spektrografie integruje dwuwymiarowe widmo wytwarzane przez siatkę schodkową i przekształca je w elektryczny sygnał video dogodny do transmisji na Ziemię. W każdym spektrografie są zamontowane dwie kamery: podstawowa i zapasowa, obie jednakowej konstrukcji. Budowę podstawowych części kamery przedstawia rys. 3; wraz ze wzmacniaczem wizyjnym są one umieszczone w jednej obudowie. Pozostałe układy elektroniczne są zamontowane w innej części satelity. Na szczególną uwagę zasługuje przetwornik (UVC) przekształcający obraz ultrafioletowy na obraz w zakresie optycznym. Okno wejściowe UVC jest zbudowane z fluorydu magnezu, przezroczystego dla fali 1150 Å. Po jego wewnętrznej stronie znajduje się prawie przezroczysta cezowo-tellurowa fotokatoda charakteryzująca się wydajnością kwantową (zdolność produkowania fotoelektronów) 10—15% w zakresie ultrafioletowym, a mniejszą niż 0,01% w zakresie optycznym. W obrębie UVC wysokie napięcie elektryczne



Rys. 3. Schemat kamery wizyjnej satelity IUE.

(5 kV w szczelinie 1,3 mm) przyspiesza fotoelektrony, które padają na fosforowy ekran, gdzie każdy wytwarza 60 fotonów, których maksimum energii przypada w niebieskiej części widma optycznego. Ten niebieski obraz jest przekazywany z UVC do bialkalicznej fotokatody za pomocą światłowodu. Ten podzespół nazywa się kamerą telewizyjną wtórnej emisji elektronów (SEC). SEC jest czułą tylko na światło widzialne. Fotoelektrony generowane na fotokatodzie są przyspieszane i padają na płytkę zbierającą. Pewien ułamek energii każdego fotoelektronu jest rozpraszany na produkcję kilku wtórnych elektronów w chloranie potasu, które są wyrywane przez pole elektryczne pozostawiające wzmocniony dodatni ładunek magazynowany na płytce zbierającej (jest to proces wtórnej emisji elektronów, skąd wzięła się nazwa tego podzespołu). Dzięki doskonałym zdolnościom izolacyjnym obraz może być zachowany w postaci zakodowanej na płytce przez wiele godzin przy niezauważalnych odchyleniach od stanu pierwotnego.

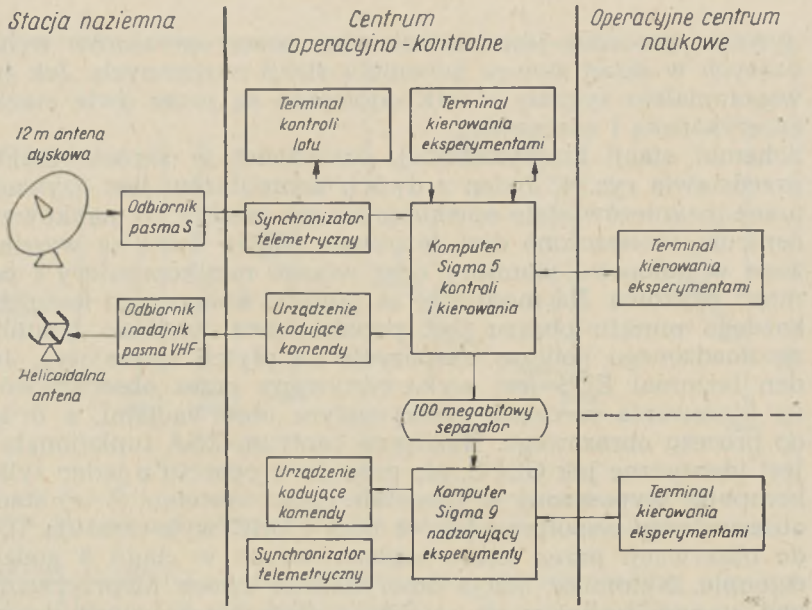
Obraz jest odczytywany po zakończeniu ekspozycji. Podzespół odczytu jest podobny do pracujących w standardowych magnetycznie ogniskowanych widikonach, chociaż jego funkcjonowanie jest nieco odmienne.

Kamery pracują na polecenie operatora, który wydaje serie rozkazów poprzez klawiaturę kierującą pracą instrumentów. Normalny tok rejestracji obrazu jest następujący: PREPARE — EXPOSURE — READ (Przygotowanie — naświetlenie — odczyt). Operacja PREPARE poprzedza każdą ekspozy-

cję, a celem jej jest usunięcie z płytki zbierającej wszelkich śladów poprzedniego obrazu i otrzymanie linii bazowych nakładanych na każdy obraz. Operacja ta składa się z ciągu naświetleń lampą wolframową. Czas ekspozycji może być kontrolowany z Ziemi lub przez komputer pokładowy.
Reakcja kamer na fotony ultrafioletu nie jest liniowa dla silnych sygnałów. Relacje między liczbą padających fotoelektronów a wychodzącym sygnałem video jest nazywana funkcją zmiany intensywności (ITF). Funkcja ta zmienia się wzdłuż obrazu i indywidualne korekcje za pomocą ITF są dokonywane dla każdego spośród ponad pół miliona punktów obrazu. Fotometryczna linearyzacja danych jest ważnym elementem redukcji wyników pomiarów.

3. Podsystemy konieczne do zapewnienia funkcjonowania instrumentów naukowych

Łączność z Ziemią odbywa się za pomocą pasma VHF i pasma S. System pasma S jest używany tylko dla przekazywania danych telemetrycznych. System VHF jest używany do odbioru wysyłanych z Ziemi rozkazów i prowadzenia transmisji sygnałów kierowania statkiem.
System kierowania gromadzeniem danych składa się ze wzmacniacza (multiplexer) i komputera pokładowego. Multiplexer służy jako urządzenie kodujące. Przez zastosowanie techniki podziału czasu przekazuje on sygnał na Ziemię lub do komputera pokładowego. Komputer pokładowy dokonuje obliczeń położenia statku względem układu odniesienia i wysyła rozkazy sterujące. Służy on ponadto do zapewnienia kontroli bezpieczeństwa statku, samonaprowadzenia, kierowania czasem ekspozycji oraz magazynowania danych.
System stabilizacji i kontroli jest używany przy manewrach na orbicie. W IUE są stosowane trzy różne układy odniesienia:
— Sześć żyroskopów o dokładności 0″,01 i integralnej szybkości rozdzielczej 600″ na sekundę;
— urządzenie prowadzące instrument względem sąsiednich w stosunku do obiektu obserwacji gwiazd, które wykorzystuje optykę teleskopu, co zapewnia kątową zdolność rozdzielczą 0″,27 w polu widzenia 16′;
— dwuosiowy cyfrowy czujnik słoneczny, który zapewnia kątową zdolność rozdzielczą do 15″ w polu widzenia 64° × 124°.
Energię potrzebną do funkcjonowania całego kompleksu orbitalnego dostarczają dwie baterie słoneczne i wysoko wydajny



Rys. 4. Schemat amerykańskiej stacji kontroli i kierowania.

system dystrybucji i regulacji. Podczas przechodzenia przez cień Ziemi pracę instrumentów zapewniają dwa kadmowo-niklowe akumulatory o wydajności 6 Ah.
Bardzo ważne dla poprawnego funkcjonowania całego systemu jest zapewnienie odpowiedniej i stałej temperatury instrumentów. W obrębie IUE wydzielono kilka stref, w których utrzymywana jest temperatura na wcześniej ustalonym poziomie np. temperatura głównego zwierciadła utrzymywana jest na poziomie 0°C.

4. Naziemne stacje kierowania

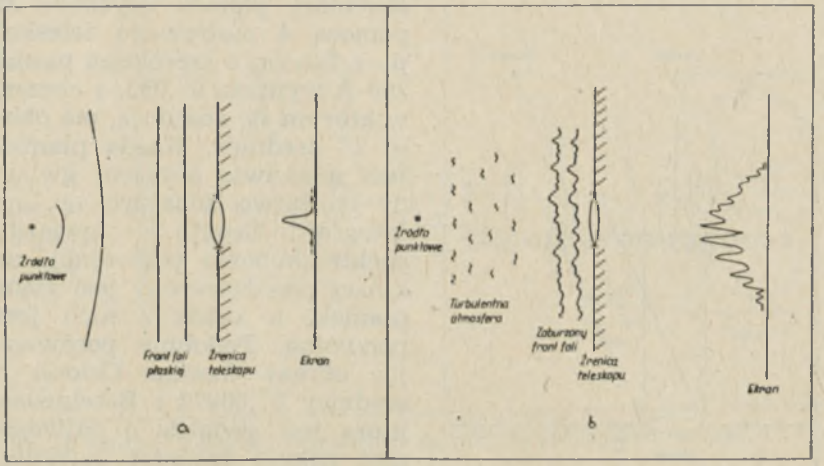
W przeciwieństwie do wcześniejszych satelitów IUE jest kierowany i wykorzystywany przez obserwatorów w czasie rzeczywistym. Naziemne stacje kontroli są oparte na wielkim systemie komputerowym pracującym w czasie rzeczywistym. System steruje telemetrią i pracą instrumentów. Dość złożona praca statku jest kierowana przez szereg procedur operacyjnych, z których każda jest przeznaczona do wykonania określonych zadań, takich jak np. odczyt obrazu z kamery. Wyko-

nywanie procedur jest kontrolowane przez operatorów wchodzących w skład stałego personelu stacji naziemnych. Jak już wspomniałem sygnały z IUE odbierane są przez dwie stacje: amerykańską i europejską.
Schemat stacji amerykańskiej, oznaczonej w skrócie GSFC, przedstawia rys. 4. Jeden z dwóch komputerów jest używany przez inżynierów stale opiekujących się satelitą. W naukowym centrum umieszczono dwa terminale (EDS), które są wyposażone w kolorowe monitory oraz własne minikomputery i pamięci dyskowe. Na monitorze za pomocą kolorowego kodu dla każdego punktu obrazu jest przedstawona wielkość ładunku zgromadzonego podczas ekspozycji na płytce zbierającej. Jeden terminal EDS jest wykorzystywany przez obserwatorów do kierowania w czasie rzeczywistym obserwacjami, a drugi do procesu obrazowego. Naziemne centrum ESA funkcjonalnie jest identyczne jak GSFC, ale pracuje w oparciu o jeden tylko komputer wyposażony w pozostałe części systemu. Z tej stacji obserwatorzy współpracujący z ESA i SRC wykorzystują IUE do obserwacji przez siebie zaplanowanych w ciągu 8 godzin dziennie. Natomiast stacja amerykańska czuwa nieprzerwanie nad stanem technicznym satelity i dlatego też używa dwóch komputerów. c.d.n.

EWA SZUSZKIEWICZ — Wrocław

INTERFEROMETRIA PLAMKOWA

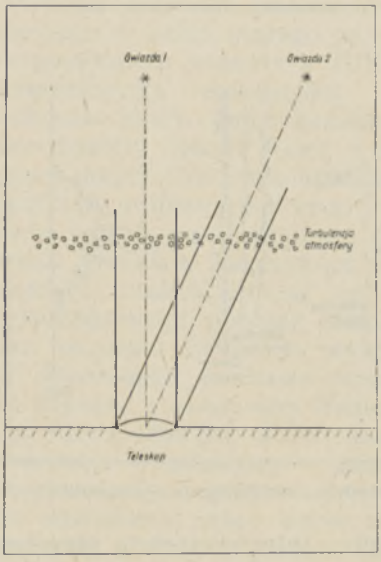
Kątowa zdolność rozdzielcza 5-cio metrowego teleskopu na Mount Palomar teoretycznie wynosi 0″,02. Niestety turbulencja atmosferyczna znacznie ogranicza tę wielkość i przeciętnie można uzyskać zaledwie 1″. Podobnie dla największych teleskopów teoretyczne zdolności rozdzielcze mniej więcej stukrotnie przewyższają otrzymywane w praktyce. Trudno się więc dziwić narastającej tendencji do umieszczania teleskopów na orbicie wokółziemskiej, gdzie atmosfera nie może już psuć obserwacji. W 1920 roku po raz pierwszy uzyskano dobrą zdolność rozdzielczą danych optycznych wykorzystując interferometryczne własności światła. Później podobnych technik używano w radioastronomii. Natomiast w 1970 roku A. Labeyrie wykazał, że astronomiczne fotografie z bardzo krótkimi czasami ekspozycji (8—20 ms) mogą dostarczać informacji ze zdolnością rozdzielczą bliską teoretycznej. Technika ta stała się jedną z najbardziej obiecujących w astronomii optycznej



Rys. 1. Schemat powstawania obrazu w metodzie interferometrii plamkowej.

chociaż nazwano ją trochę ironicznie „interferometrią plamkową". Ale — jak się przekonamy — wyniki uzyskane za pomocą tej metody należy traktować zupełnie serio.

Rozważmy punktowe źródło światła (ze względu na dużą odległość gwiazd od obserwatora możemy je uważać za źródła punktowe). Jaki otrzymalibyśmy obraz gdyby nie było atmosfery? Płaska fala dociera do zwierciadła teleskopu (patrz rys. 1a), gdzie następuje ugięcie fali i powstaje typowy obraz dyfrakcyjny. A co się stanie gdy na drodze światła znajdzie się ośrodek turbulentny czyli atmosfera? Ośrodek ten wytworzy chwilowe fluktuacje fazy o charakterystycznym rozmiarze 10 cm. Są one przypadkowo rozłożone wzdłuż średnicy teleskopu. W określonym momencie odcinek o długości 10 cm zaburzonej fazy będzie w fazie z innymi odcinkami, nastąpi więc interferencja, a uzyskany obraz przedstawia rys. 1b. Na kliszy będzie to zbiór plamek, jeśli przy jej naświetleniu będą zachowane odpowiednie warunki, a mianowicie: zdjęcie będzie wykonane z krótkim czasem ekspozycji, z dużym powiększeniem oraz w wąskim przedziale długości fal. Wszystkie te warunki są logiczną konsekwencją rozumowania przeprowadzonego wyżej. Duże powiększenie umożliwia uchwycenie drobnych plamek, krótki czas ekspozycji eliminuje zamazywanie się plamek spowodowane zmianami rozkładu fazy wzdłuż średnicy teleskopu, natomiast wąski przedział długości fal zwiększa kontrast obrazu.

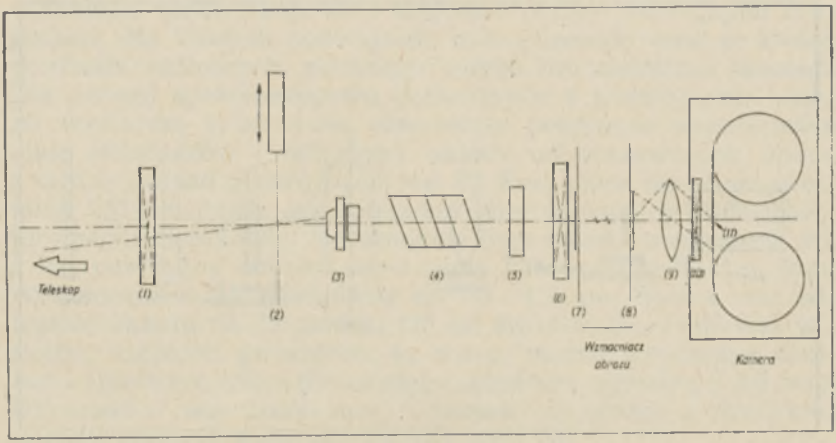


Rys. 2. Ilustracja przypadku, w którym zawodzi metoda interferometrii plamkowej.

Rozmiary plamek uzyskane za pomocą 4 metrowego teleskopu z filtrem o szerokości pasma 200 Å wynoszą 0″,035, a obszar, w którym się znajdują, ma około 2″ średnicy. Każda plamka jest właściwie obrazem gwiazdy co łatwo zobaczyć np. na fotografii Capelli — gwiazdy spektroskopowo podwójnej, na której przedstawiony jest zbiór plamek, a każda z nich jest podwójna. Podobnie porównując obrazy Gamma Orionis o średnicy 0″,00072 i Betelgeuse, która jest gwiazdą o największej znanej średnicy kątowej, okazuje się, że plamki pierwszej z nich są małe i rzadko rozmieszczone, a drugiej dużo większe i upakowane gęściej.

W przypadku gdy mamy gwiazdę podwójną o odległości składników około 3″ lub większej, metoda ta zawodzi. Łatwo to zrozumieć z rys. 2. Światło od gwiazdy 1 i gwiazdy 2 nie przechodzi przez ten sam słup atmosfery, a w konsekwencji zbiory plamek obu obiektów nie są identyczne i nie można ich oddzielić. Obraz taki nie daje się zrekonstruować.

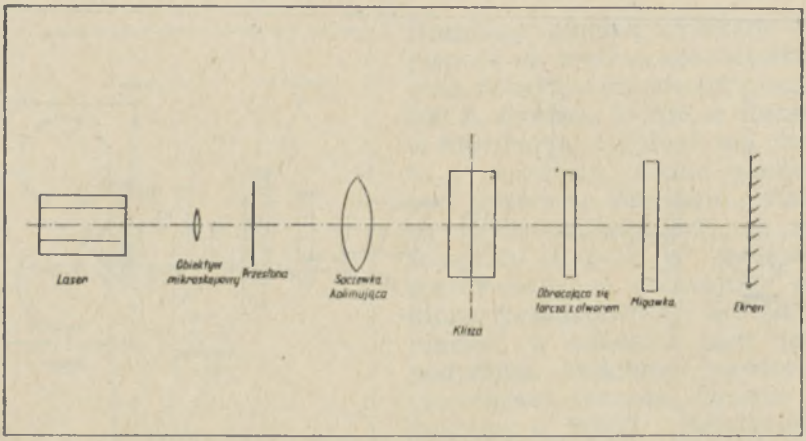
Instrument używany do rejestracji plamek, zwany kamerą „plamkową" umieszczony jest za płaszczyzną ogniskową dużego teleskopu. Duże powiększenie (1″ na 4 mm) i krótki czas ekspozycji wymagają aby obiekt był odpowiednio jasny. Stąd wynika konieczność stosowania wzmacniacza obrazu. Na rys. 3 przedstawiony jest schemat kamery fotograficznej używanej w systemie Cassegraina 4 metrowego i 2,1 metrowego teleskopów Obserwatorium na Kitt Peak (USA), która służy do rekonstrukcji obrazu plamek. Światło z teleskopu przechodzi przez migawkę sterowaną elektronicznie (1) i osiąga ognisko w płaszczyźnie obrazu teleskopowego (2). Następnie jest on powiększony przez obiektyw mikroskopowy (3) i przeniesiony przez pryzmat kompensujący aberrację atmosferyczną (4), wąskopasmowy filtr (5) i mechaniczną migawkę (6) na fotokatodę



Rys. 3. Schemat kamery fotograficznej do rekonstrukcji obrazu plamek.

(7) wzmacniacza obrazu. Powiększony i wzmocniony obraz tworzy się na fosforyzowanym ekranie (8). Soczewka (9) kieruje obraz z ekranu poprzez migawkę (10) na taśmę filmową (11). W okresie od września 1975 roku do grudnia 1977 roku uzyskano za pomocą tej kamery około 140 000 ekspozycji układów plamek dla 2755 znanych gwiazd podwójnych oraz gwiazd podejrzanych o taką naturę. Kamera ta ma dużą wydajność czasową: w ciągu jednej nocy udaje się zaobserwować około 175 gwiazd.

Wynikiem obserwacji są fotografie przedstawiające zbiór plamek, z których każda jest obrazem gwiazdy. Oczywiście już same rozmiary i rozmieszczenie plamek dają pewne wyobrażenie o parametrach gwiazdy czy układu gwiazd, ale chodzi przecież o uzyskanie bardziej precyzyjnych informacji. W tym celu dokonuje się przetworzenia obrazu na kliszy. Sposoby redukcji danych są różne. Można wykonać pomiary za pomocą optycznego przetwornika (patrz rys. 4). Promień lasera przepuszcza się przez pasek filmu, na którym zarejestrowane są plamki. Następnie jest on ogniskowany na innej kliszy. Tak postępując otrzymuje się układ równoległych pasków jako obraz końcowy. Za pojedynczą obserwację uważa się nałożenie za pomocą lasera od 50 do 100 klatek filmu. W ten sposób znacznie się zwiększa stosunek sygnału do tła. W przypadku gwiazd podwójnych fotografia zawierająca układ pasków daje bezpośrednio wartość kątowego rozdzielenia składników i kąt



Rys. 4. Schemat optycznego przetwarzania obrazu plamek.

pozycyjny. Do redukcji danych często stosuje się także techniki komputerowe. Reasumując, redukcja obserwacji uzyskanych za pomocą interferometrii plamkowej polega na superpozycji dużej ilości obrazów dyfrakcyjnych na jednej klatce filmowej, podobnie jak w holografii.

Oryginalna metoda Labeyrie została opracowana dla źródła punktowego, a więc może być stosowana do gwiazd pojedynczych lub do ciasnych układów gwiazd. Początkowe programy obserwacyjne dotyczyły zatem tylko tych klas obiektów. I tak np. grupa astronomów ze Stony Brook używając interferometrii plamkowej otrzymała w 1970 roku obrazy tarcz Betelgeuze, Antaresa, Aldebarana. Technika przetworzenia optycznego zastosowana przez tę grupę nie zachowuje informacji o fazie i dlatego nie może być użyta do rozciągłych obiektów. Nie nadaje się ona do wykonywania map elementów powierzchni planet, ale w przypadku obiektów posiadających symetrię (taką jak tarcze gwiazd) daje dobre wyniki. Najciekawszym osiągnięciem było wyróżnienie drugiego składnika Capelli, która dotychczas nigdy nie została zaobserwowana jako gwiazda podwójna wizualnie.

Za pomocą 5 metrowego teleskopu udało się zmierzyć średnice 60 gwiazd, rozdzielić nieco układów spektroskopowo podwójnych oraz wyznaczyć pociemnienie brzegowe dla niektórych gwiazd. W 1973 roku natomiast rozpoczęto program obserwacji plamkowych na 4 metrowym teleskopie obserwatorium na Kitt Peak. Program obejmował obserwacje gwiazd

wizualnie, spektroskopowo i astrometrycznie podwójnych oraz gwiazd, dla których podwójność była przewidywana ze zmian prędkości radialnych, złożonego widma lub nadmiaru jasności. Dla gwiazd spektroskopowo podwójnych z podwójnymi liniami wystarczą tylko dwie obserwacje pozycyjne aby określić masę składników i odległości układu od obserwatora. Jedną z takich gwiazd podwójnych jest 12 Per, która ma okres orbitalny 331 dni i była jako pierwsza obserwowana metodą interferometrii plamkowej. Rozdzielenie tego układu wyniosło 0″,05, a kąt pozycyjny zmienił się o około 50° w ciągu 89 dni. Stąd wyznaczono masy składników na 1,5 i 1,3 mas Słońca oraz odległość układu na 23 parseki (75 lat świetlnych). Ponieważ wizualne wielkości gwiazdowe są znane, można wyznaczyć wielkości absolutne, które dla każdego składnika wynoszą +3,9 mag. Uzyskane w ten sposób masy i jasności są zgodne z tymi, które były przewidywane dla gwiazd typu G0.

Inną gwiazdą badaną za pomocą interferometrii plamkowej jest gwiazda spektroskopowo podwójna 51 Tau w Hiadach. Ponieważ gromada Hiady służy do kalibracji odległości zarówno galaktycznych jak i pozagalaktycznych, astronomowie chcą znać dokładnie jej odległość od Ziemi. W ostatnich latach teoretycznie i obserwacyjnie pokazano, że Hiady leżą o około 10 procent dalej, niżby to wynikało z analizy ruchu własnego. Składniki kilku gwiazd podwójnych w Hiadach mają mniejszą jasność, niż daje to zależność masa—jasność. Stąd wynika, że ta zależność dla gromady jest inna niż dla gwiazd. Tak więc obserwacje 51 Tau służą jako wstępny test zarówno dla odległości jak i dla zależności masa—jasność gromady. W ciągu 89 dni rozdzielenie składników zmieniło się od 0″,080 do 0″,074, a kąt pozycyjny uległ zmianie o 13°. Pewną trudność stanowi fakt, że 51 Tau jest gwiazdą spektroskopowo podwójną, w której widmie pojawiają się linie tylko jednego składnika. W takim przypadku dwie plamkowe obserwacje nie umożliwiają jednoznacznego wyznaczenia mas i odległaści. Ale można ominąć także i tę trudność przyjmując masy gwiazd odpowiadające typom widmowym składników i stąd wyznaczyć odległość. Najlepszą wartością odległości, jaką udało się znaleźć, jest 43 ± 0,6 parseka. Uzyskał ją W. F. A l f e n w 1974 roku właśnie metodą interferometrii plamkowej.

Następną gwiazdą obserwowaną na Kitt Peak była Eta Orionis. Jest to gwiazda podwójna wizualnie, której składniki A (4 mag.) i B (5 mag.) są oddalone od siebie o 1″,5. W odległości 115″ od tej pary znajduje się składnik C (9 mag.). Zmiany pręd-

kości radialnych w widmie gwiazdy A wskazują na istnienie dwóch innych członków układu z okresami orbitalnymi 9,2 lat i 8 dni (D i E). Składnik E oraz składnik A tworzą układ zaćmieniowy, który był znany już w 1916 roku. Zatem Eta Orionis jest gwiazdą przynajmniej pięciokrotną. Z obserwacji plamkowych znaleziono, że łączna masa A i B wynosi 50 mas Słońca, a składnik główny (A) typu O9 ma masę 17 mas Słońca. Składniki D i E typu wcześniejszego niż B4 mają masy około 12 mas Słońca każdy. Odległość do układu wynosi około 400 parseków. Jest to pierwszy przypadek bezpośredniego wyznaczenia mas i jasności dla gwiazd tak wczesnych typów widmowych.

Metodą interferometrii plamkowej znaleziono również rozdzielenie układu Eta Virginis wynoszące 0″,12. Jest to jednak około trzy razy więcej niż można byłoby oczekiwać dla składnika o okresie 72 dni. Może obserwacje plamkowe umożliwią odkrycie dotychczas nieznanych składników tego układu? Podobne nadzieje wiąże się z gwiazdą Theta Virginis, dla której obserwacje plamkowe dają rozdzielenie 0″,48.

Słynny układ zaćmieniowy Algol jest zbyt ciasny, aby za pomocą interferometrii plamkowej udało się rozdzielić składniki A i B. Ma on jednak bardziej odległego towarzysza C o okresie 1,862 roku, którego można obserwować. Wyniki obserwacji plamkowych dla Algola zgadzają się z przewidywaniami astrometrycznymi i potwierdzają nachylenie orbitalne.

Obserwacje plamkowe ciasnej gwiazdy wizualnie podwójnej są szczególnie przydatne, jeśli są wykonywane w momencie gdy jeden składnik jest w pobliżu peryastronu. Odległość między składnikami jest wtedy taka jak w rzeczywistości (tzn. bez skrótu perspektywicznego). W tym czasie kąt pozycyjny zmienia się najszybciej i kilka dokładnych pomiarów może w krótkim czasie określić większy łuk orbity. W 1976 roku wykonano obserwacje plamkowe gwiazdy wizualnie podwójnej 46 Tau o okresie 7,2 lat na 2,5 miesiąca przed peryastronem. Uzyskana na ich podstawie wartość rozdzielenia układu 0″,037 okazała się o połowę mniejsza od oczekiwanej. Podobnie było z Epsilon Eridani: gdy obserwowano ją w pobliżu peryastronu rozdzielanie wynosiło o 25 procent więcej niż przewidywane 0″,060. Dokładne obserwacje takich układów mogą znacznie polepszyć wyznaczanie ich orbit.

Ponieważ interferometria plamkowa jest stosunkowo nową techniką badania gwiazd podwójnych, koniecznie trzeba pokazać, że jest ona wolna od poważnych błędów systematycznych.

Obserwatorzy na Kitt Peak postawili sobie za cel wyznaczenie orbit gwiazd podwójnych i porównanie ich ze znanymi skądinąd wartościami. W pierwszej serii 70-ciu pomiarów plamkowych było 25 układów, które miały dobrze znane orbity. Średnie odchyłki od przewidywanych wielkości dla tych obserwacji wyniosły $0''{,}001 \pm 0''{,}009$ w rozdzieleniu i $-0''{,}003 \pm 0''{,}014$ w kierunku prostopadłym. To, że średnie odchyłki są mniejsze od ich niepewności, świadczy o braku wykrywalności błędów. Pomierzone rozdzielenia wynoszą od $0''{,}037$ do $1''{,}877$ (są to najmniejsze i największe rozdzielenia jakie można otrzymać metodą interferometrii plamkowej).

Dobra kalibracja może zwiększyć dokładność nawet poniżej $0''{,}01$ czyli teoretycznej dokładności konwencjonalnych technik. Obecnie znamy współrzędne gwiazdy Eta Orionis z dokładnością $0''{,}007$. Jeśli uda się osiągnąć dokładność rzędu $0''{,}001$ to będzie można wykrywać perturbacje w orbitalnym ruchu gwiazd wywołane istnieniem niewidocznych obiektów o masach rzędu mas planet.

Technika interferometrii plamkowej daje szerokie perspektywy rozwoju badań gwiazd podwójnych umożliwiając bezpośredni pomiar mas, odległości i jasności gwiazd z dużą dokładnością. Ale na tym nie kończą się możliwości tej metody. Co prawda zrodziła się ona na obserwacjach gwiazd podwójnych, ale znalazła także zastosowanie do wyznaczania średnic asteroid i planet. Doskonaląc technikę rejestracji i redukcji danych umożliwiono zastosowanie jej do obiektów rozciągłych: gromad gwiazd, granulacji na Słońcu oraz radioźródeł i otoczek gwiazdowych. Oczywiście w wielu przypadkach (otoczki gwiazdowe czy radiogalaktyki) wychodzi się poza obszar promieniowania widzialnego. Tak więc modyfikując metodę interferometrii plamkowej można otrzymać sposób pozwalający na obserwacje z dużą zdolnością rozdzielczą ($0''{,}001$) w całym dostępnym na Ziemi obszarze widma elektromagnetycznego.

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ — Dąbrowa Górnicza

TRZY SPOTKANIA Z SATURNEM

Świat wielkich planet — Jowisz, Saturn, Uran i Neptun — do niedawna wydawał się nam jakiś daleki i całkowicie obcy. Ale czy można się temu dziwić, skoro dzielą je od nas tak duże odległości,

że największe aktualnie teleskopy świata są właściwie bezsilne i oparte o naziemne obserwacje wiadomości na temat ich przyrody są bardzo skąpe? Sytuacja uległa radykalnej poprawie dopiero w ostatnim dziesięcioleciu, gdy te odległe planety zaczęto badać za pomocą sond kosmicznych. Pierwszym ich celem był oczywiście Jowisz i jego księżyce, o których w ciągu tego krótkiego czasu dowiedzieliśmy się o wiele więcej niż przez wiele poprzednich stuleci. Przede wszystkim mogliśmy się naocznie przekonać, iż każde z tych ciał to zupełnie inny, mało podoby do innych świat. Dowodzi to różorodności procesów, jakie niegdyś i zapewne dziś jeszcze przebiegają w układzie Jowisza. Podobnej sytuacji należało oczekiwać w układzie Saturna, do którego w odstępie dwóch lat zbliżyły się trzy sondy kosmiczne. Otrzymane z ich pomocą dane też zmuszają do rewizji dotychczasowych poglądów na temat przyrody tej planety i obiegających ją księżyców.

Początek zrobił Pionier-11, który 1 września 1979 r. przeleciał obok Saturna w odległości 36 400 km. Za pomocą zainstalowanej aparatury uzyskano wiele ciekawych danych, a między innymi interesujące obrazy planety i jej sławnych pierścieni. Jednak prawdziwie sensacyjny materiał otrzymano rok później, gdy do tej planety zbliżyła się sonda Voyager-1. Była ona wtedy oddalona od Ziemi ponad 10 jednostek astronomicznych i sygnał z niej wysłany leciał do nas około 85 minut. Do największego zbliżenia doszło 12 listopada 1980 roku o 23^h45^m UT, kiedy odległość między Voyagerem-1 a zewnętrzną powłoką chmur Saturna wynosiła 123 600 km. W tym czasie sonda poruszała się z szybkością 120 000 km na godzinę i w stosunku do „rozkładu jazdy" opóźniła się o 2 minuty, zbaczając z wyznaczonego toru o 19 km, co — biorąc pod uwagę długość przebytej trasy (ponad 2 miliardy km) — jest bardzo mało. Zgodnie z „rozkładem jazdy" poruszał się również Voyager-2, który 26 sierpnia 1981 roku o 5^h24^m UT przeleciał obok Saturna w odległości 101 380 km (odchylenie od zaplanowanego toru wynosiło 43 km). I on zadawalająco wywiązał się z powierzonego zadania, głównym zaś jego celem było jeszcze dokładniejsze poznanie struktury pierścieni. Uzyskano przy tym nie tylko ich doskonałe obrazy w różnych przedziałach widma, ale też dokonano obserwacji zakrycia przez nie gwiazdy δ Scorpii, otrzymując w ten sposób interesujący materiał na temat przyrody tych niezwykłych tworów. Niestety, przelot Voyagera-2 w pobliżu Saturna nie odbył się bez przeszkód. W momencie przejścia przez płaszczyznę pierścieni przestał działać mechanizm ustawiający kamery w pożądanym kierunku. Powodem tego — jak się później okazało — był pył, który dostał się do łożysk i utrudniał wykonanie odpowiednich ruchów. Na szczęście awarię tę w krótkim czasie usunięto i chociaż nie wszystkie zaplanowane zdjęcia zostały wykonane, to jednak uzyskany materiał fotograficzny jest tak bogaty, że

jego pełna analiza potrwa zapewne parę lat. Dotyczy to zresztą także innych danych otrzymanych za pomocą obu Voyagerów o przyrodzie Saturna i jego księżycach.

Pierwsze zdjęcia Saturna uzyskane za pomocą Voyagera-1 nieco wszystkich rozczarowały. Na bladej bowiem tarczy planety, wyraźnie spłaszczonej na biegunach, widać było zaledwie kilka słabo zarysowanych pasów. Dopiero obrazy otrzymane z mniejszej odległości wykazały, iż struktura obłoków w atmosferze Saturna jest bardziej złożona niż w atmosferze Jowisza, zachodzą tam o wiele burzliwsze procesy, w strefie równikowej planety wieją prawie pięć razy silniejsze wiatry (ich szybkość dochodzi do 1800 km na godzinę). Ponadto liczba pasów jest większa, sięgają one wyższych szerokości, widać je nawet blisko biegunów. Są one jednak na Saturnie dużo cieńsze niż na Jowiszu i dlatego z daleka trudno je rozróżnić. W całej krasie widać je dopiero na obrazach otrzymanych z bliska.

Podczas przelotu Voyagera-1 zewnętrzną pokrywę chmur zasłaniała warstwa żółtawej mgły. Najprawdopodobniej pojawia się ona sezonowo, bo gdy dziewięć miesięcy później do Saturna zbliżał się Voyager-2, kontrast między obłokami chmur znacznie się zwiększył i widać je było także tam, gdzie przedtem w ogóle nie były obserwowane. Jasne i ciemne pasy na północnej półkuli planety są tym razem widoczne aż do samego brzegu obserwowanego aktualnie dysku, co świadczy o większej przezroczystości górnych warstw atmosfery Saturna. Tłumaczy się to tym, że jego oś obrotu* nachylona jest do płaszczyzny orbity pod kątem 63° i w związku z tym występują tam pory roku, toteż opisane wyżej zjawisko może mieć charakter sezonowy. W czasie przelotu Voyagera-2 na północnej półkuli planety zaczynała się akurat wiosna i wzrost światła słonecznego mógł wzmóc procesy fotochemiczne. W każdym razie uczeni mogli przez parę tygodni śledzić zjawiska zachodzące w górnych warstwach atmosfery Saturna. Na otrzymanych obrazach (patrz np. zdjęcie na trzeciej stronie okładki) widać tysiące białych, nieuszeregowanych chmur, a wśród niektórych pasów równoleżnikowych przewijające się długie, faliste prądy atmosferyczne o ciemnym odcieniu i szerokości setek kilometrów (najmniejsze szczegóły na zdjęciach otrzymanych z najmniejszej odległości mają 85 km średnicy). Dotyczy to oczywiście północnej półkuli planety, bo południowej nie można było zbadać dokładnie ze względu na wspomniane już zakłócenia w pracy sondy.

Na zbadanej półkuli Saturna zaobserwowano wiele interesujących szczegółów. Należy do nich zaliczyć dużą owalną plamę o brunatnej barwie,

* Dane otrzymane za pomocą Voyagera-1 pozwoliły uściślić okres rotacji Saturna na 10h39m54s (dotąd przyjmowano 10h14m).

która jest przełożona na 74° szerokości północnej. Ponieważ przypomina ona Wielką Czerwoną Plamę na Jowiszu, przez analogię nazwano ją Wielką Brunatną Plamą. Lecz nie tylko te twory są charakterystyczne dla obu planet, gdyż i pasmowa struktura ich chmur jest bardzo podobna. Występują jednak również pewne różnice między tymi olbrzymami planetarnymi. Przede wszystkim na Saturnie wieją dużo silniejsze wiatry — o czym zresztą już była mowa — i sięgają one znacznie wyższych szerokości. Obserwowane bowiem były aż na 78° szerokości północnej, podczas gdy na Jowiszu występują tylko do 60° szerokości. Ponadto zmiany kierunku i szybkość wiatru na Saturnie nie jest skorelowana z jasnymi i ciemnymi pasami. Zauważono też, że niestabilne twory koliste powstawały w okolicach planety, gdzie szybkość wiatru nie była duża. Świadczy to o tym, że powstają one w głębszych warstwach jego atmosfery. Temperatura górnych jej warstw waha się w granicach od 86 do 92 K, przy czym najchłodniejsze obszary są nie tylko na biegunach, ale także w środku pasa równikowego. Po prostu pierścienie rzucają cień na Saturna.

Mimo wymienionych wyżej różnic Saturn jest „bliźniaczym bratem" Jowisza. I on zachował prawie cały podstawowy materiał z pierwotnej mgławicy prasłonecznej, składa się niemal wyłącznie z wodoru i helu, które występują mniej więcej w takich samych proporcjach jak na Słońcu. Jedynie w samym wnętrzu planety może znajdować się jądro skaliste, mające 15—20 razy większą masę niż jądro naszego globu. Jej zewnętrzna powłoka gazowa pokryta jest warstwą chmur utworzonych ze związków wodoru, węgla, azotu, tlenu i innych cięższych pierwiastków. Głębiej, wraz ze wzrostem temperatury i ciśnienia, wodór występuje w stanie ciekłym. Jeszcze głębiej, przy ciśnieniu około 1—3 milionów atmosfer, przechodzi w fazę metaliczną. Prawdopodobnie to zewnętrzne, przewodzące jądro wodorowe Saturna ma analogiczne właściwości jako niklowo-żelazne jądro Ziemi. W każdym razie występująca w nim konwekcja ma przyczyniać się do powstania magnetycznego pola Saturna i jego magnetosfery, której kształt — prawdopodobnie jak kształty magnetosfer innych planet (Ziemia, Jowisz) — uzależniony jest od wiatru słonecznego. W zależności od jego intensywności i szybkości zmienia się położenie fali uderzeniowej, powstającej w kierunku do Słońca. Średnia jej odległość od planety wynosi 1,8 milionów km, ale właściwa magnetosfera znajduje się o 500 tysięcy km bliżej. Ma ona bardzo złożoną strukturę, za co w dużym stopniu odpowiedzialne są księżyce i pierścienie Saturna. Na przykład Tytan obiega planetę w odległości 1 222 000 km i około jednej piątej swego obiegu orbitalnego wystawiony jest na wpływ wiatru słonecznego. Pozostały czas obiegu znajduje się wewnątrz magnetosfery, toteż jego atmosfera stanowi źródło neutralnych i zjonizowanych cząstek odkrytych na zewnątrz orbity

Dione i Rhei. Ruch ich oczywiście uzależniony jest od pola magnetycznego Saturna.

Za pomocą obu Voyagerów uzyskano również wiele nieznanych dotąd danych o pierścieniach Saturna. Zresztą już obrazy przekazane przez aparaturę Pioniera-11 dostarczyły bardzo ciekawych informacji na temat struktury tych niezwykłych, po raz pierwszy przez Galileusza obserwowanych tworów. Wyraźnie na nich widać dwa pierścienie: zewnętrzny (słabszy) i wewnętrzny (jaśniejszy). Jeżeli fotografie te porównamy ze zdjęciami naziemnymi, bez trudu zauważymy istotną różnicę w wyglądzie pierścieni. Zewnętrzny pierścień to po prostu pierścień A, a wewnętrzny — to z wielką trudnością widoczny z Ziemi pierścień C. Rozdzielająca zaś je ciemna przerwa to pierścień B, który na naziemnych fotografiach jest jaśniejszy. Różnica w wyglądzie pochodzi stąd, że z Ziemi obserwujemy jedynie te powierzchnie pierścieni Saturna, które w danym czasie oświetlone są przez Słońce. A ponieważ pierścień B jest najgęstszy, on właśnie odbija najwięcej światła słonecznego i na naziemnych fotografiach najokazalej się prezentuje. Tymczasem dzięki Pionierowi-11 mogliśmy po raz pierwszy w historii astronomii obejrzeć je z nieoświetlonej strony. O ile więc rzadsze pierścienie A i C przepuszczają dość dużo światła słonecznego, to leżący między nimi pieścień B jest na tyle gęsty, że światło przez niego prawie nie przechodzi na drugą stronę i dlatego w tym miejscu na fotografii otrzymanej za pomocą Pioniera-11 widać ciemną przerwę. Najwięcej światła przepuszcza pierścień C i on też na tej fotografii jest najjaśniejszy.

Ale prawdziwą niespodzianką było dopiero odkrycie za pomocą Voyagera-1 złożonej struktury pierścieni Saturna. Na obrazach otrzymanych z bliska rozpadły się one na setki cienkich pierścieni, przy czym im większa jest zdolność rozdzielcza obrazu, tym więcej owych podpierścieni można się doliczyć. Analiza zaś dokonanej przez aparaturę Voyagera-2 obserwacji zakrycia gwiazdy δ Scorpii pozwoliła uzyskać przekrój struktury pierścieni ze zdolnością rozdzielczą wynoszącą zaledwie 100 m, czyli dziesięć razy lepszą niż na zdjęciach. Na tej podstawie stwierdzono, iż składają się one nie z setek, ale tysięcy wyraźnie oddzielnych struktur. Ostro zarysowane brzegi tych tworów świadczą o ich nieznacznej grubości. Ocenia się, że wynosi ona maksymalnie 150 m, a najprawdopodobniej nie więcej niż 100 m. A zatem pierścienie Saturna są dużo cieńsze niż to wynikało z naziemnych obserwacji, według których miały mieć około 1 km grubości. Ich złożoną strukturę tłumaczy kilka teorii, a między innymi teoria wysunięta przez Petera Goldreicha i Scotta Tremaine'a. Badacze ci założyli, że we wnętrzu pierścieni poruszają się miniaturowe księżyce, nazwane przez nich „księżycami pasterskimi", powodujące swym grawitacyjnym oddziaływaniem powstawanie obserwowanych zagęszczeń i rozrzedzeń ma-

terii. Na przykład „podpierścienie" odkryte w przerwie Cassiniego można dobrze wyjaśnić obecnością dwóch takich księżyców, z których każdy musiałby jednak mieć około 30 km średnicy. Niestety, szczegółowe badania wykazały, iż w tym obszarze nie występują utwory o średnicy powyżej 5 km. W związku z tym do łask powróciła stara teoria, tłumacząca powstanie przerwy Cassiniego rezonansem 2 : 1 z czasem obiegu Mimasa. Najprawdopodobniej zjawisko to odpowiedzialne jest również za eliptyczny kształt zewnętrznych struktur pierścienia B. Tworzące je składniki obiegają bowiem planetę raz na 22,5 godzin, czyli prawie w takim samym czasie jak Mimas. Może jednak odpowiedzialne za to są fale gęstościowe, może mamy tu do czynienia z tym samym mechanizmem, który doprowadza do powstawania spiralnych struktur galaktyk? Krótko mówiąc — ogólna grawitacja Saturna, jego księżyców i samych pierścieni może przyczyniać się do powstawania podpierścieni, utworzonych właściwie z coraz to innych cząstek materii. W takim przypadku mielibyśmy w pobliżu coś w rodzaju naturalnego „modelu laboratoryjnego", pozwalającego śledzić zjawiska rozgrywające się w zupełnie innej skali.

Obrazy przekazne przez aparaturę Voyagera-1 potwierdziły istnienie pierścieni D, E i F. Dwa pierwsze zostały odkryte na podstawie obserwacji naziemnych, trzeci zaś za pomocą Pioniera-11. A ponieważ udało się uchwycić ślady pierścienia G, obecnie znamy już siedem układów pierścieni Saturna, które — licząc od planety — uporządkowane są następująco: D, C, B, A, F, G i E. Jednym z najdziwniejszych okazał się pierścień F, składający się z trzech podpierścieni o szerokości około 50 km *. Nie są one jednak koncentryczne, lecz zdają się być nawzajem przeplatane i na pierwszy rzut okaz wygląda to tak, jakby struktura pierścienia F przeczyła prawom mechaniki. Przecież bliżej planety cząstki muszą poruszać się szybciej niż te dalsze, toteż pierścień nie może stale zachowywać jednakowego kształtu. Zdjęcia uzyskane w pewnych odstępach czasu wykazały, że tak faktycznie jest i że bliższe części pierścienia przesuwają się względem dalszych. Natomiast na zdjęciach otrzymanych za pomocą Voyagera-2 nie stwierdzono owych tajemniczych przeplatań podpierścieni ani zagęszczeń materii w obszarach, gdzie księżyce 1980 S 26 i 1980 S 27 do siebie się zbliżają. Pierwszy z nich obiega planetę po wewnętrznej, drugi po zewnętrznej granicy pierścienia F. Księżyce te — jak się przypuszcza — zapobiegają rozkładowi cząstek wzdłuż obwodu i tym samym nie dopuszczają do powstania kolistego pierścienia jednorodnego. Swym przyciąganiem grawitacyjnym wyznaczają po prostu poszczególnym strukturom ich minimalną i maksymalną odległość od planety. Czyżby odpowiedzialne były także za powstawanie owych przeplatań, które okresowo występują nie

* Patrz również notatka w KRONICE.

tylko w pierścieniu F, ale także w przerwie Enckego? A może są to przejawy oddziaływania sił elektrostatycznych w pierścieniach Saturna? Należy bowiem dodać, że były w nich obserwowane wyładowania elektryczne. Obserwowano je tylko na falach radiowych, gdyż ze względu na małą gęstość środowiska nie mogą być obserwowane w optycznej części widma.

Do równie tajemniczych tworów zaliczyć należy odkryte na zdjęciach Voyagera-1 pasy radialne w pierścieniu B. Wyglądają one jak szprychy koła i — co na pierwszy rzut oka wydaje się dziwne — zachowują pierwotny kierunek. Utwory te są ciemne przy oglądaniu ich od strony Słońca, jasne zaś przy patrzeniu na nie w kierunku Słońca. Dowodzi to, że tworzą je drobiny pyłu lub cząsteczki lodu, które rozpraszają światło w kierunku padania. Film powstały z szeregu kolejnych zdjęć wykazał, iż owe „szprychy" rodzą się w ciągu 15—60 minut, rozchodzą się radialnie w kierunku od planety i potem się rozpraszają. Z początku geneza tych tworów wydawała się bardzo zagadkowa, lecz wkrótce Richard J. Terrile wystąpił z roboczą hipotezą, która dość dobrze tłumaczy to zjawisko. Uczony ten sądzi po prostu, że i za nie odpowiedzialne są siły elektrostatyczne. Już bowiem aparatura Pioniera-11 wykazała, iż pierścienie Saturna przechwytują cząsteczki z otaczających planetę pasów radiacyjnych. Gdy taka naładowana cząsteczka (idzie tu głównie o protony) zderza się z cząsteczką pierścienia, wówczas przekazuje jej swój ładunek. Dalszy los cząstki obdarzonej ładunkiem zależny jest nie tylko od grawitacji, ale także od sił elektrycznych i magnetycznych. W przypadku większych cząstek materii ładunek w stosunku do masy jest bardzo mały, przeto porusza się ona dalej zgodnie z prawami mechaniki nieba. W przypadku jednak cząstek małych rozstrzygający głos mogą mieć siły elektrostatyczne i ruch takiej cząsteczki uzależniony już jest od pola magnetycznego planety. Unoszą one cząsteczkę, która opuszcza płaszczyznę pierścienia i porusza się tak, jakby z planetą była sztywno połączona. Potwierdział to już zresztą analiza zdjęć otrzymanych za pomocą Voyagera-1. Wykazały one bowiem, że „szprychy" pierścienia B rzeczywiście obracają się z taką samą szybkością kątową jak Saturn *.

Po przelocie sond Voyager uczeni mają do dyspozycji doskonałe zdjęcia księżyców Saturna. Mimo to powierzchnia Tytana nadal pozostała nieznana, gdyż zakrywa ją nieprzezroczysta warstwa gęstej atmosfery. Składa się ona głównie z azotu (85%) i argonu (12%), na resztę zaś przypada metan i inne związki chemiczne, a między innymi acetylen,

* Warto w tym miejscu wspomnieć o obserwacjach Saturna wykonanych w roku 1896 przez E. Antoniadiego, w roku 1943 przez B. Lyota i w roku 1958 przez W. Livingdtona. Wymienieni astronomowie zaznaczyli na swych rysunkach zarówno pewną liczbę „podpierścieni", jak i owe tajemnicze „szprychy". Wynika z tego, że naziemnych obserwacji nie można ignorować nawet w wieku kosmicznym.

propan i cyjanowodór. Ten ostatni jest o tyle intrygujący, że pod działaniem nadfioletowego promieniowania Słońca polimeryzuje, tworząc złożone związki o czerwonawo-brązowym zabarwieniu. Mogą to więc być składniki owego smogu, nadające pomarańczową barwę Tytanowi. W każdym razie wszystko przemawia za tym, że odpowiedzialność za powyższe zjawisko ponoszą kryształki lub kropelki węglowodorowe, skoncentrowane gdzieś na wysokości 100—200 km *. Ciśnienie na powierzchni Tytana jest 1,5 razy większe niż na powierzchni Ziemi, a temperatura wynosi około 100 K. Należy się więc liczyć z tym, że może się tam znajdować ciekły azot, który może występować w postaci kałuż, jezior lub nawet oceanów. Widoma średnica tego księżyca wynosi około 5600 km, ale jest ona znacznie powiększona przez gęstą i dość grubą warstwę „mgły". Średnica twardego globu Tytana ma bowiem tylko 5120 km (± 52 km), z czego wynika, iż na jego średnią gęstość wypada 1,9 g/cm^3 (± 0,6 g/cm^3). Pod tym więc względem jest on podobny do Ganimedesa i Callisto.

Interesującą grupę tworzą Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Hyperion, Iapetus i Phoebe. Ciała tej wielkości nie były dotąd badane za pomocą sond kosmicznych, a przecież stanowią one jakieś pośrednie ogniwo między maleńkimi księżycami Marsa a obiektami tej wielkości co Tytan, nasz Księżyc, galileuszowe księżyce Jowisza i Tryton. Przekazane przez Voyagery zdjęcia pokazują, że powierzchnie wszystkich wymienionych tu księżyców Saturna usiane są kraterami (patrz np. zdjęcia na drugiej stronie okładki). Wyjątkiem zdawała się być powierzchnia Enceladusa, gdyż na obrazach uzyskanych za pomocą Voyagera-1 wygląda ona zupełnie gładka, a w każdym razie nie widać na niej ani jednego krateru o średnicy powyżej 12 km (graniczna zdolność rozdzielcza zdjęć). Usiłowano to w różny sposób tłumaczyć, tymczasem zagadka sama się wyjaśniła, gdy do tego księżyca zbliżył się Voyager-2 na odległość 100 tysięcy km. Na przekazanych przez niego obrazach widać nie tylko doliny i inne nierówności terenu, ale także liczne kratery. Zdjęcia uzyskane z większej odległości nie mogły ich uchwycić, bo powierzchnia Enceladusa pokryta jest warstwą lodu. Bez tej przeszkody można natomiast oglądać relief Dione, którego powierzchnia do złudzenia przypomina powierzchnię naszego Księżyca i Merkurego. Obok licznych kraterów widać na niej — podobnie jak na powierzchni Rhei — szereg jasnych plam. Jedni uważają je za szczeliny w skorupie księżyca, przez które „prześwieca" jaśniejsza warstwa podpowierzchniowa, inni zaś za smugi utworzone z materiału wyrzuconego podczas formowania się wielkich kraterów meteorytowych. Jeden z nich ma prawie 100 km średnicy, ale największa w układzie Saturna formacja tego typu znajduje się na powierzchni Tethys. Krater ten ma wyraźną górkę

* Patrz również notatka w KRONICE.

centralną, około 400 km średnicy i głębokość dochodzącą do 15 km. Stosunek jego wielkości do średnicy macierzystego księżyca (1050 km) jest prawie taki sam, jak krateru o średnicy 130 km na Mimasie, którego glob ma tylko 390 km średnicy. Ustępuje mu jednak pod względem stosunku głębokości do średnicy krateru, gdyż ten mimo mniejszych rozmiarów ma aż 9 km głębokości. Krateru o podobnych właściwościach nie znamy w całym Układzie Słonecznym.

Na uwagę zasługuje również ogromna rozpadlina Tethys, mająca około 60 km szerokości i około 750 km długości. Obecność tak wielkiego utworu mówi o silnej aktywności wnętrza tego księżyca, przynajmniej w tym okresie, gdy powyższa rozpadlina powstawała. Najprawdopodobniej nastąpiło to w wyniku zamarzania ciekłego pierwotnie wnętrza Tethysa, kiedy to musiało dojść do powiększenia jego powierzchni o 5—10%, co akurat odpowiada powierzchni zajmowanej przez rozpadlinę. Ale o wiele bardziej złożona jest geologiczna historia Enceladusa. Wystarczy powiedzieć, że Laurence S o d e r b l o m rozróżnia na jego powierzchni formacje powstałe w pięciu różnych epokach geologicznych, począwszy od starego terenu pokrytego kraterami, a skończywszy na młodych, prawie zupełnie gładkich obszarach. Ponieważ te ostatnie nie zostały uformowane wcześniej niż 100 milionów lat temu (stanowi to około 2% wieku księżyca), bardzo prawdopodobne, że Enceladus wciąż jeszcze ma aktywne wnętrze, na skutek czego nadal nieustannie zmienia wygląd swej powierzchni. Aktywność tę Charles F. Y o d e r tłumaczy siłami pływowymi Saturna i Dione. Inni autorzy mówią o gejzerach wody (lub metanu), która od czasu do czasu przebija słabą skorupę księżyca i wypływa na jego powierzchnię. Być może ma to jakiś związek z pierścieniem E, który przecież leży blisko orbity Enceladusa. Gdyby bowiem stwierdzono, iż składa się on z cząstek lodowych, źródłem ich mógłby być ten właśnie księżyc.

Niespodziankę innego rodzaju sprawiły obrazy Hyperiona uzyskane za pomocą Voyagera-2. Seria trzech zdjęć wykonanych z różnych odległości (1180, 700 i 500 tysięcy km) wykazała, iż księżyc ten ma kształt owalnego dysku o rozmiarach 210 i 360 km. O ile jednak u innych księżyców o takim kształcie oś podłużna skierowana jest w kierunku macierzystej planety, to w przypadku Hyperiona nachylona ona jest pod kątem 45° względem płaszczyzny jego orbity. To wychylenie można wyjaśnić zderzeniem księżyca z innym ciałem niebieskim i — jak się przypuszcza — mogło to nastąpić w stosunkowo niezbyt odległym czasie. Nie mniej zagadkowy okazał się Iapetus, gdyż albedo poszczególnych jego półkul znacznie się różni. Półkula zwrócona w kierunku ruchu orbitalnego odbija zaledwie 4—5% światła słonecznego, podczas gdy przeciwna aż 50%. Ponieważ księżyc ten (a prawdopodobnie dotyczy to większości satelitów Saturna) składa się przypuszczalnie głównie z lo-

du, powodem tego może być jakiś inny materiał, którego albedo można porównać do albeda chondrytów. Po prostu jedna półkula Iapetusa pokryta musi być czymś ciemnym.

Skąd się on jednak wziął na powierzchni tego księżyca i dlaczego znajduje się tylko na jednej jego półkuli? Oto zagadnienie, które usiłują rozwiązać trzy różne teorie. Pierwsza z nich zakłada, że ciemny materiał został wyrzucony z wnętrza Iapetusa. Hipoteza ta tłumaczy więc tylko to, w jaki sposób jego powierzchnia mogła być „zalana" substancją słabo odbijającą światło słoneczne, ale nie wyjaśnia, dlaczego akurat ta półkula. Do tego potrzeba jakiegoś zewnętrznego wpływu i na nim oparta jest druga teoria. Zakłada ona, że Iapetus zderzył się z wysoko energetycznymi cząsteczkami, które zdolne były erodować jasną powierzchnię na jego „przedniej" półkuli i stopniowo obnażać znajdujący się głębiej ciemny materiał. I wreszcie trzecia teoria tłumaczy to zjawiskiem „przepływu" ciemnej materii z najdalej od Saturna krążącego Phoebe. Ale nie wyjaśnia ona, dlaczego kratery leżące na granicy obu obszarów też mają ciemne dna. Sam księżyc Phoebe jest faktycznie ciemny, ma bardzo małe albedo, odbija bowiem zaledwie 5% światła słonecznego. Jego glob szybko wiruje (raz na 9—10 godzin), ma około 200 km średnicy (nieco więcej niż to wynikało z naziemnych pomiarów), a co ważne — w odróżnieniu od innych księżyców tej wielkości — jest dokładnie kulisty. Te niezwykłe przymioty, orbita nachylona pod dużym kątem i wsteczny ruch Phoebe sugerują, że może to być przechwycone przez Saturna jądro starej komety. Krąży on dokoła macierzystej planety w odległości 12,9 milionów km. Dziwne więc, że został w ogóle odkryty przez astronomów i to już w roku 1898. Ale poznanie jego przyrody może być pomocne przy rozwiązywaniu wielu problemów związanych z naszym układem planetarnym.

Badania wykonane za pomocą sond kosmicznych zmieniły nasze wyobrażenia o układzie Saturna i o Układzie Słonecznym. Pojawiły się też zupełnie nowe zagadnienia, wiele z nich zostanie zapewne rozwiązanych na podstawie uzyskanego już materiału, inne prawdopodobnie będą musiały czekać do następnych eksperymentów kosmicznych, podjętych po wnikliwym opracowaniu danych uzyskanych przez Pioniera-11 i oba Voyagery. Miejmy bowiem nadzieję, że nie spełnią się pesymistyczne przewidywania B. C. Murray'ego, który — prawdopodobnie w związku z kolejnym obcięciem budżetu NASA — powiedział: „Zdaje się, że wiek kosmiczny zaczął i skończy się za życia jednej generacji. Docieramy do planet, przyglądamy się im, a potem znowu się od nich oddalamy i dalej nic nie robimy" *.

* Voyager-2 ma jeszcze zbadać Urana (przelot obok tej planety planowany jest na 24 stycznia 1986 roku) i — jeżeli nie zajdą jakieś nieprzewidziane okoliczności — także Neptuna (do przelotu obok tej planety ma dojść 24 sierpnia 1989 roku).

KRONIKA

Likwidacja obserwatorium w Zurychu

Nie do wszystkich zapewne miłośników astronomii dotarła wiadomość, że Obserwatorium Federalne w Zurychu przestało istnieć. Ta zasłużona dla heliofizyki placówka, wybudowana w latach 1861—1864 według projektu znanego architekta niemieckiego Gottfrieda Sempera, nie mogła już dobrze spełniać swej roli. W ciągu ostatnich stu lat miasto znacznie się rozrosło, obserwatorium znalazło się w jego centrum, zostało otoczone wysokimi budowlami. Czy jednak decyzja o likwidacji tej sławetnej przecież w świecie placówki naukowej była słuszna? Trudno odpowiedzieć na to pytanie bez znajomości bliższych faktów, które faktycznie mogły przemawiać za takim, a nie innym rozwiązaniem. Wydaje się jednak, że obserwatorium w Zurychu mogło spełniać rolę muzeum historii badań heliograficznych, dotychczasowe zaś prace mogły być prowadzone w oparciu o obserwacje wykonywane przez filie w Arosa i Locarno. Pierwsza z nich wybudowana została w roku 1939, druga w roku 1957. Były one wyposażone w nowoczesne przyrządy obserwacyjne i dokonywane w nich obserwacje stanowiły właśnie podstawę do wyznaczania wzorcowych liczb plam słonecznych, co — jak wiadomo — w roku 1848 zapoczątkował Rudolf Wolf (1813—1893) i stąd liczby te zwane są liczbami Wolfa. Kontynuatorami jego działalności byli wybitni astronomowie: A. Wolfer, W. Brunner (1878—1958) i M. Waldmeier. Po przejściu tego ostatniego w roku 1979 na emeryturę kierownictwo obserwatorium objął J. O. Stenflo i za jego to krótkiej kadencji przestano wyznaczać liczby Wolfa, a następnie przystąpiono do likwidacji obserwatorium. Przyrządy obserwacyjne zostały przekazane innym placówkom naukowym lub sprzedane do zbiorów muzealnych. Podobnie postąpiono z bogatą biblioteką, której specjalnością były wydawnictwa o tematyce heliofizycznej. Budynku obserwatorium nie zburzono, ponieważ jest to obiekt zabytkowy. Po odpowiedniej adaptacji będzie służył bardziej „przyziemnym" sprawom, gdyż ma w nim być zlokalizowany instytut technologii drewna.

Taki sam los spotkał filię w Arosa i dziś znajduje się tam ośrodek wypoczynkowy. Jedynie w Locarno pozostał obserwator i nadal obserwuje Słońce. One to stanowią materiał „wyjściowy" do obliczania wzorcowych liczb Wolfa, które od 1 stycznia 1981 roku wyznaczane są w Brukseli i publikowane przez *Sunspot Index Data Center* (SIDC). Idzie po prostu o to, aby utrzymana była ciągłość między dawnymi a obecnymi obserwacjami.

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ

Pozagalaktyczne obserwacje satelity IUE

Podczas 92 Sympozjum Międzynarodowej Unii Astronomicznej, które odbyło się w sierpniu 1979 roku w Los Angeles (USA) M. V. Penston przedstawił bilans najważniejszych rezultatów obserwacji wykonanych w nadfioletowym zakresie widma przez satelitę IUE (International Ultraviolet Explorer). Oto one w telegraficznym skrócie: 1 — widma „normalnych" galaktyk w zakresie 2000—3000 angstremów zdetermino-

wane są przez widma gwiazd późnych typów spektralnych. Stwierdzoną w pojedynczych takich galaktykach nadwyżkę promieniowania nadfioletowego w obszarze poniżej 2000 angstremów tłumaczy się zróżnicowaniem galaktyk określanych jako normalne. Pod to określenie podciąga się przecież także galaktyki, które wykazują szereg osobliwości, np. M 87 czy NGC 1052. 2 — w strumieniu materii wyrzucanym z M 87 (tzw. „jet") satelita IUE wykrył obecność jasnego, prawie punktowego zgęszczenia, którego promieniowanie obserwowano aż do 1150 angstremów. Widmo zgęszczenia przypomina widmo lacertyd (obiektów typu BL Lacertae). 3 — obserwowane przez IUE nadfioletowe widma lacertyd charakteryzują się obecnością continuum, brakiem linii emisyjnych i spłaszczeniem w obszarze poniżej 2000 angstremów. Penston podkreśla złożoność interpretacji tych wyników akcentując jednocześnie niewątpliwy wniosek, iż gaz odpowiedzialny za promieniowanie lacertyd znajduje się tam w innym stanie fizycznym niż w kwazarach. 4 — wykonane przez IUE obserwacje kwazarów wykazały, że strumień ich promieniowania nadfioletowego pozostaje w dobrej zgodzie z rezultatami ekstrapolacji widma optycznego. Za najważniejszy wynik obserwacji uznaje się podobieństwo nadfioletowego widma kwazara 3 C 273 z widmami optycznymi kwazarów o dużych redshiftach. 5 — widma nadfioletowe galaktyk Seyferta podobne są do optycznych widm kwazarów.

Wg Penston M. V., *Objects of Hight Redshift*, materiały sympozjum IAU nr 192, Dordrecht, 1980, 247.

ZBIGNIEW PAPROTNY

Wiek wszechświata

W referowanej pracy przedstawiono problem zgodności pomiędzy ocenami wieku Wszechświata będącymi rezultatem stosowania różnych metod obserwacyjnych. Oceniony według zawartości pierwiastków lekkich na $10 - 15 \times 10^9$ lat, wiek Wszechświata zgodny jest z wielkością $12 - 20 \times 10^9$ lat, otrzymaną z prac nad ewolucją najstarszych gwiazd w Galaktyce. Trzecia ocena wieku jest pochodną odkrytej przez Hubble'a zależności między prędkościami galaktyk a odległościami do nich.

Otrzymane w ostatnich latach rezultaty obserwacyjne sugerują, że w procesie kosmologicznej ekspansji Wszechświata występuje lokalne zaburzenie, wywołane grawitacyjnym oddziaływaniem supergromady galaktyk w Pannie. Różnego rodzaju obserwacje tego efektu dają póki co sprzeczne ze sobą oceny jego wielkości, wyrażonej prędkością „upadku" lokalnego układu galaktyk na supergromadę w Pannie (od 0 do 500 km/s). W związku z tym, wielkość stałej Hubble'a, wyznaczona z obserwacji najbliższych galaktyk (z prędkościami radialnymi mniejszymi od 2000 km/s) pozostaje nieokreślona. Z drugiej strony oczywista jest niepewność oceny stałej Hubble'a, wynikającej z obserwacji galaktyk odległych, ze względu na małą dokładność z jaką znane są odległości do nich. Wszystko co można na ten temat powiedzieć to to, że wiek Wszechświata oceniony z wielkości stałej Hubble'a zawarty jest w przedziale $10 - 20 \times 10^9$ lat.

Wg *Science*, 1981, **213**, 825.

ZBIGNIEW PAPROTNY

Kwazary to odległe galaktyki?

Twierdzenie, że kwazary są w rzeczywistości bardzo oddalonymi galaktykami wydaje się zyskiwać coraz więcej dowodów obserwacyjnych. Wiąże się to z wprowadzeniem do astronomii nowych technik detekcji, w rodzaju przyrządów ze sprzężeniem ładunkowym (CCD, od ang. charge—coupled device). Fotografie kwazarów wykonywane metodami tradycyjnymi przedstawiają obiekty podobne do gwiazd — zastosowanie instrumentów CCD wykazało, że tym „gwiazdom" towarzyszą mgliste otoczki. Wysnuto stąd wniosek o pokrewieństwo kwazarów i jąder galaktycznych [1], co jako pierwszy sugerował J. S. Szkłowski. Ponieważ brakowało dowodów na gwiezdna naturę otoczek próbowano ich istnienie wyjaśniać obecnością rozległej korony gazowej, pobudzonej do świecenia promieniowaniem kwazara. Było to zgodne z wyglądem otoczek, znacznie większych i jaśniejszych od halo otaczających normalne galaktyki. Dopiero niedawno, w listopadzie i grudniu ubiegłego roku, za pomocą 5-metrowego teleskopu Hale'a wykonano obserwacje spektroskopowe dowodzące gwiezdnej natury otoczki wokół kwazara 3C48 [2]. Widma otrzymane dzięki urządzeniu CCD objęły zakres od 5 do 10 tysięcy angstremów. Oprócz znanych już przedtem linii emisyjnych, w widmie otoczek wykryto szczegóły absorpcyjne wywołane obecnością wodoru i zjonizowanego wapnia. Świadczy to o istnieniu w otoczce gorących gwiazd, których średnia klasa to A7, sądząc po względnym natężeniu linii. Zdaniem autorów relacjonowanej pracy ich odkrycie jest owym brakującym ogniwem, które wiąże kwazary z aktywnymi jądrami galaktycznymi i normalnymi galaktykami. Odkrycie gorących, niebieskich gwiazd wokół 3C48 wskazuje, że w okresie ostatniego miliarda lat kwazar ten przeszedł przez okres intensywnego formowania gwiazd. Potwierdzeniem jest obecność linii emisyjnych w widmie, oznaczających obecność znacznych ilości gazu w kwazarze, pozostałych po procesach gwiazdotwórczych. 3C48 zdaje się więc w rzeczywistości być galaktyką spiralną o jasności absolutnej —23 mag. lub większej, nie zaś starą galaktyką eliptyczną jak się tego w swoim czasie spodziewano. 3C48 jest w przybliżeniu 100 razy jaśniejszy od systemów takich jak galaktyka Drogi Mlecznej i porównywalny z najjaśniejszymi galaktykami eliptycznymi.

[1] *Sky and Telescope*, 1981, 61, 200.
[2] *Sky and Telescope*, 1982, 63, 567.

ZBIGNIEW PAPROTNY

Gromady bogate w galaktyki podwójne

Definiując galaktykę podwójną jako parę galaktyk posiadającą wspólną otoczkę lub połączoną jasnym mostem międzygalaktycznym, M. Struble dokonał niedawno przeglądu *Palomarskiego Atlasu Nieba* w poszukiwaniu podobnych obiektów. Okazało się, że niektóre odległe gromady galaktyk (np. Abell 667 i 2244) zawierają niezwykle dużo takich par, znacznie więcej niż można by oczekiwać z przypadkowego rozkładu galaktyk wzdłuż linii widzenia. Sprawdzono pod tym względem ponad tysiąc gromad i odkryto dziesięć szczególnie bogatych w galaktyki podwójne. W porównaniu ze względnie bliskimi i dobrze poznanymi gromadami

w Herkulesie i Warkoczu Bereniki te ostatnie zawierają od dwu do siedmiu razy więcej par galaktyk. Jeszcze bardziej wyrazisty jest stosunek ilości par do liczby wszystkich galaktyk w danej gromadzie, od 10 do 70 razy większy od podobnego stosunku obliczonego dla gromad w Warkoczu i Herkulesie. Autorzy referowanej pracy, M. Struble i H. Rood, odkryli ponadto, iż **liniowa** odległość między galaktykami tworzącymi pary w danej gromadzie jest niezależna od odległości do gromady w której para się znajduje. Średnia odległość galaktyk w parach wynosi 32 kiloparseki (zakładając, że stała Hubble'a H = 50 km/s × Mpc) czyli w przybliżeniu tyle ile wynosi średnica naszej Galaktyki. Znaczenie tego odkrycia dla kosmologii polega na tym, że mierząc **kątową** odległość między galaktykami związanymi w parę otrzymać można bezpośrednio odległość do gromady w której się ona znajduje. Referowana praca wnosi również wkład w badania nad problemem tak zwanej „masy ukrytej" w gromadach galaktyk. Wiadomo, że masa niezbędna do utrzymania gromad w stanie związania grawitacyjnego jest znacznie większa niż suma mas wchodzących w nie galaktyk, mas ocenianych na podstawie rotacji galaktyk, ich oddziaływań z sąsiednimi obiektami czy w końcu jasności. Ta ostatni metoda oceny masy jest szczególnie przydatna wtedy, kiedy odległość do gromady jest tak duża, że inne, bardziej precyzyjne metody nie mogą być zastosowane. W tej sytuacji każdej jednostce zmierzonej jasności przypisuje się pewną liczbę mas słonecznych. Galaktyki podwójne pozwalają na określenie stosunku masa/jasność odrębnie dla każdej pary i porównanie go ze stosunkiem wyprowadzonym z dyspersji prędkości galaktyk składowych gromady.

Wg *Astrophys. J.*, 1981, **251**, 471.

ZBIGNIEW PAPROTNY

Jak powstawała Galaktyka

Za pomocą satelity ANS (holenderski satelita astronomiczny) badano niedawno ultrafioletowe widma kulistych gromad gwiazd wokół galaktyki Drogi Mlecznej. Wybór zakresu ultrafioletowego podyktowany był jego czułością na zmiany składu chemicznego i wieku gwiazd. Wybór celu obserwacji tym, że czułość współczesnej aparatury, nie pozwalając na rejestrację widm pojedynczych bardzo odległych gwiazd, jest wystarczająca dla analizy promieniowania całych skupisk gwiezdnych, zawierających, jak to jest w przypadku gromad kulistych, setki tysięcy gwiazd. Ponieważ gromady kuliste są najstarszymi skupiskami gwiazd w Galaktyce (powstawały jednocześnie z nią), określenie ich składu chemicznego i wieku ma ogromne znaczenie dla zrozumienia przebiegu wczesnych etapów ewolucji Galaktyki. W odróżnieniu od rezultatów otrzymanych przez astronomię naziemną, wyniki otrzymane z satelity ANS pozwalają stwierdzić, że galaktyczne gromady kuliste, mające często istotnie różny skład chemiczny, praktycznie nie różnią się wiekiem — wszystkie mają po około 12 miliardów lat. Rezultat ten ma szczególną wagę w odniesieniu do gromad poruszających się z zewnętrznej części Galaktyki — w jej halo. Różnice wieku między nimi nie przekraczają miliarda lat. Zgodnie ze współczesnymi poglądami skład chemiczny gwiazd jest uzależniony w zasadniczy sposób od momentu, w którym powstały. Im później powstała gwiazda lub ich gromada, tym więcej pier-

wiastków ciężkich powinno wejść w jej skład, w miarę wzbogacania ośrodka międzygwiezdnego w te pierwiastki, zachodzącego w rezultacie wybuchów gwiazd supernowych. Ponieważ skład chemiczny badanych gromad jest bardzo różny, można by sądzić, że równie różne były epoki ich powstawania. Wszystkie gromady poruszają się jednak daleko od płaszczyzny Galaktyki, w halo, co oznacza, że powstawały na etapie początkowego kolapsu Galaktyki, aż do momentu kiedy cały gaz międzygwiazdowy skupił się w płaszczyźnie galaktycznej. Różnice wieku gromad kulistych uznano w związku z tym za wskaźnik długotrwałości kolapsu młodej Galaktyki. Wspomniane już obserwacje naziemne stały się w ubiegłych latach podstawą do przypuszczeń, że różnice wieku gromad kulistych sięgają 4—6 miliardów lat. Zgodnie z tymi ocenami kolaps Galaktyki zachodził niezwykle powoli, znacznie wolniej niż trwałby swobodny spadek materii pod wpływem jej własnej grawitacji. Aby wytłumaczyć powolność kolapsu młodej Galaktyki, składającej się w owym czasie głównie z gazu, należało znaleźć mechanizm odpowiedzialny za hamowanie tego procesu. Założono więc, że istniały wtedy bardzo wydajne źródła energii, utrzymujące gaz w stanie nagrzanym. Jego ciśnienie mogłoby przez jakiś czas opóźniać kolaps grawitacyjny. Nadal niewyjaśniona pozostawała jednak natura owych źródeł energii. Zmianę sytuacji przyniosły dopiero relacjonowane obserwacje astronomów holenderskich i brytyjskich, pozwalające na znaczne uściślenie wieku gromad kulistych. Jeśli zostaną one potwierdzone wtedy można będzie przyjąć, że kolaps Galaktyki trwał nie dłużej niż miliard lat, co jest czasem porównywalnym z czasem swobodnego spadku. Zbędna stanie się w ten sposób hipoteza źródeł nagrzewających pierwotny gaz galaktyczny.

Wg *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1981, **196**, 823.

ZBIGNIEW PAPROTNY

Czyżby odkryto samotną gwiazdę?

Wszystkie gwiazdy, które dotąd znaliśmy, wchodzą w skład jakiegoś układu gwiazdowego. Należą albo bezpośrednio do tej czy innej galaktyki, albo do gromady kulistej, która jej towarzyszy. Tymczasem niedawno brytyjscy astronomowie Gerard G l i m o r e i I. Neil R e i d odkryli zupełnie samotną gwiazdę, znajdującą się daleko od jakiejkolwiek znanej galaktyki. Ten interesujący obiekt, mający oznaczenie RG 0044-2958, jest — podobnie jak Betelgeuze — czerwonym nadolbrzymem. Ściśle mówiąc — należy do klasy widmowej M. Są to nadolbrzymy charakteryzujące się nadmiarem promieniowania w zakresie fal o długości 9000 Å (900 nm) i absolutną jasnością M_v od —6 do —8. Na zdjęciach otrzymanych przez brytyjskich astronomów gwiazda RG 0044-2958 świeci bardzo słabo ($m_v = 20{,}5$). Jej moduł odległości $m_v - M_v$ wynosi zatem około 27 wielkości gwiazdowych, co odpowiada odległości 2,5 Mps. To znaczy, że odkryty nadolbrzym znajduje się od nas dalej niż galaktyka w Andromedzie! Świeci w kierunku małej grupy galaktyk w gwiazdozbiorze Rzeźbiarza, z których najjaśniejsza i najpiękniejsza jest NGC 253 (obiekt dostępny nawet dla miłośniczych instrumentów). Pozorna odległość samotnego nadolbrzyma od najbliższej znanej galaktyki wynosi więcej niż 4°, co w odległości 2,5 Mps odpowiada 200 kps. W jaki sposób czerwony nadolbrzym RG 0044-2958 znalazł się w tak dużej odległości od wszystkich galaktyk? Jest nieprawdopodobne, aby mogła powstać zupełnie samotna gwiazda i w związku z tym proponо-

wane są dwa inne rozwiązania. Jedno z nich zakłada, że odkryty nadolbrzym po prostu zabłądził. Innymi słowy — obiekt RG 0044-2958 powstał w jakiejś galaktyce, którą później z jakiejś nieznanej na razie przyczyny opuścił. Biorąc jednak pod uwagę jego odległość do najbliższego układu gwiazdowego i wiek nadolbrzymów tej klasy obliczono, iż musiałby on „uciekać" od macierzystej galaktyki z szybkością około 6000 km/s, a to też nie byłoby łatwo uzasadnić. Już z tego choćby powodu drugi pogląd jest poniekąd bardziej możliwy do przyjęcia. Według niego nadolbrzym RG 0044-2958 ma być otoczony niewielkimi gwiazdami, dla nas niedostępnymi do obserwacji. To znaczy, że wcale nie jest on samotną gwiazdą, ale jedynie najjaśniejszym obiektem karłowatej galaktyki. Przyszłość pokaże, która z powyższych koncepcji była bliższa prawdy.

Wg *Sterne und Weltraum*, 1981, **20**, 374.

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ

FG Sagittae

Bardzo interesującą gwiazdą zmienną jest FG Sagittae. Obecnie świeci jako obiekt 9 wielkości gwiazdowej i można ją dostrzec nawet małymi lunetami, ale na początku bieżącego stulecia blask jej był słabszy o cztery wielkości gwiazdowe. Fotografie uzyskane za pomocą wielkich teleskopów wykazują, że jest ona otoczona słabą mgławicą planetarną, odrzuconą od gwiazdy centralnej około 6000 lat temu. Obecnie następuje dalszy odpływ materii, co po raz pierwszy zauważył astronom niemiecki Karl Henize w roku 1955. Nowo powstająca otoczka ma dość dużą grubość i wygląda jakby była fotosferą gwiazdy. Jej średnica nieustannie wzrasta, a najlepiej obrazują to pomiary wykonane przez astronoma amerykańskiego Charlesa A. Whitneya [1]. O ile w roku 1962 promień otoczki wynosił 24 promienie Słońca, to w roku 1977 osiągnął już 70 promieni Słońca. Jednocześnie ze zmianami średnicy otoczki zmienia się też widmo gwiazdy. W roku 1955 zaliczana ona była do gwiazd klasy B4, w końcu zaś lat siedemdziesiątych widmo jej zbliżone było do widma gwiazd klasy G. Tak więc wraz ze wzrostem średnicy otoczki temperatura FG Sagittae spada, światło jej staje się coraz bardziej czerwone. Obserwowany rozwój gwiazdy jest zatem bardzo podobny do rozwoju nadolbrzymów.

Obok okresowego wzrostu jasności możemy u FG Sagittae obserwować mniej regularne zmiany o amplitudzie kilku dziesiątych wielkości gwiazdowej. Mają one charakter pulsacji, powtarzających się w roku 1962 co około 19 dni. Od tego czasu okres pulsacji stopniowo wzrastał i w końcu roku 1979 wynosił już 108 dni. Z obserwacji wykonanych przez węgierskich astronomów Joahanny Jurosikowej i L. Szabadosa wynika, że okres ten wzrasta z szybkością około 4,9 dni na rok [2]. Jest to następstwo rozszerzającej się otoczki, w wyniku czego jej średnia gęstość maleje. Na wykresie Hertzsprunga—Russela gwiazda FG Sagittae szybko przemieszcza się z obszaru gorących nadolbrzymów do obszaru czerwonych nadolbrzymów. W niedalekiej jednak przyszłości winna opuścić obszar niestabilności.

[1] *Astrophysical Journal*, 1978, **220**, 245.
[2] *Information Bulletin of Variable Stars*, 1979, No 1722, 4.

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ

Pierścień F Saturna

Zarejestrowany na zdjęciach wykonanych przez sondy Voyager zewnętrzny pierścień Saturna F składa się jak wiadomo z kilku jasnych „nitek", wzajemnie splecionych, czasem dziwnie zakrzywionych i wykazujących niejednakową grubość. Do hipotezy tłumaczącej jego wygląd wyłącznie na gruncie mechaniki nieba (oddziaływaniem dwóch małych księżyców usytuowanych na orbitach wewnątrz których znajduje się pierścień), a pomijającej kwestię jego pochodzenia, doszła jeszcze hipoteza W. D. Dawydowa z Instytutu Badań Kosmicznych Akademii Nauk ZSRR. Jego zdaniem na kołowej orbicie wokół Saturna porusza się satelita o masie rzędu 10^{15} kg, obficie wydzielający mikrocząsteczki. Ponieważ prędkość ich ucieczki z satelity jest dużo mniejsza niż prędkość orbitalna tego ostatniego, orbity wszystkich cząsteczek zawarte są w wąskim tunelu, osią którego jest orbita satelity. Okresy obiegu cząsteczek wyrzuconych w kierunku ruchu orbitalnego księżyca są różne od okresów obiegu wyrzuconych w kierunku przeciwnym. Powoduje to, że zbliżające się po pewnym czasie do miejsca spotkania strumienie cząsteczek wyprzedzających i odstających w istocie się nie spotkają, czyli nie nastąpi zamknięcie powstałego w ten sposób pierścienia. Obie jego nitki będą stopniowo rozciągać się wzdłuż orbity by w końcu wrócić do macierzystego księżyca, jako że każda cząsteczka, wyprzedziwszy go lub odstawszy o jeden obieg wokół planety, wróci w pobliże punktu, w którym księżyc opuściła. Ponieważ jednak jego średnica jest znacznie mniejsza od średnicy strumienia cząsteczek, a nadto na różne fragmenty strumienia wywierane są niejednakowe oddziaływania ze strony pozostałych księżyców Saturna, cząsteczki nie będą zderzały się z wytwarzającym je księżycem. W rezultacie powyższych procesów powstać może podwójny a nawet bardziej złożony pierścień, składający się z kilku zwojów jednej nitki. Obliczenia wykazują, że w miarę oddalania się cząsteczek od księżyca ich strumień może tracić na jasności tak, że jasność drugiego zwoju powinna być mniejsza od pierwszego. Potwierdzają to zdjęcia sondy Voyager-1 na których można rozróżnić trzy nitki pierścienia F — jasną, słabszą i ledwo zauważalną. Według Dawydowa macierzysty księżyc tego pierścienia ma naturę kometarną, lecz w odróżnieniu od komet porusza się po orbicie planetocentrycznej wokół Saturna. Wiadomo, że w miarę zbliżania się komety do Słońca wokół jej jądra zaczyna rosnąć dyfuzyjny obłok pyłowo-gazowy, koma. Ponieważ uważa się, że jądra komet wydzielają cząsteczki pyłowe o średnicach większych od 0,01 cm na odległościach heliocentrycznych od 5 do 15 j.a., jest rzeczą zupełnie możliwą, iż taki sam proces zajść może na wchodzącej w grę odległości 9,54 j.a. od Słońca. Hipoteza kometarna tłumaczy zdaniem Dawydowa nie tylko dziwne właściwości saturnowego pierścienia F lecz również cały system pierścieni tej planety a także naturę wąskich pierścieni Urana i rozmytego pierścienia Jowisza.

Wg *Kosmiczeskije Issledowanija*, 1981, **19**, 436.

ZBIGNIEW PAPROTNY

Atmosfera Tytana: węglowodory

Atmosfera Tytana składa się głównie z węglowodorów oraz zawierających azot związków organicznych — pomijając jej warstwy przypowierzchniowe, w których przeważa cząsteczkowy azot, metan i cząstecz-

kowy wodór, być może również argon. W atmosferze nie znaleziono związków, w skład których wchodziłby tlen. Obserwacje prowadzone z powierzchni Ziemi doprowadziły do odkrycia w atmosferze tego księżyca Saturna metanu (CH_4) a następnie etanu (C_2H_6), acetylenu (C_2H_2) i etylenu (C_2H_4). Liczne związki organiczne znajdujące się w stratosferze Tytana zostały zidentyfikowane dopiero w rezultacie analizy wyników otrzymanych z sond Voyager. Spektrograf pierwszej z nich zarejestrował silną emisję w podczerwonym zakresie widma, w której wykryto cztery znane już składniki atmosfery a nadto cyjanowodór (HCN) oraz małe ilości metyloacetylenu (C_3H_4) i propanu (C_3H_8). W stratosferze znaleziono jeszcze dwuacetylen (C_4H_2), cyjanoacetylen (HC_3N) i cyjanogen (C_2N_2). Uważa się, że obecność C_4H_2 związana jest z przekształceniem metanu zawartego w górnych warstwach atmosfery Tytana w C_2H i następującą potem syntezą cząsteczek C_4H_2. Cyjanoacetylen tworzy się w reakcjach CN z C_2H_2 i C_2H_4, rodnik cyjanowy podczas dysocjacji cyjanowodoru, acetylen w rezultacie fotolizy metanu zaś cyjanogen wskutek połączenia dwóch rodników cyjanowych. Skład chemiczny atmosfery Tytana istotnie różni się od składu chemicznego węglowodorów w atmosferach Jowisza i Saturna co związane jest z różnym poziomem miękkiego i twardego promieniowania kosmicznego mającego wpływ na reakcje chemiczne, a także ze względnie mniejszą zawartością H_2 i większą N_2 i CH_4 w atmosferze Tytana w porównaniu z atmosferami obu planet gigantów.

Wg *Nature*, 1981, **292**, 683.

ZBIGNIEW PAPROTNY

Okno w płaszczu chmur na Wenus?

Gęsta warstwa obłoków uniemożliwia, jak wiadomo, obserwacje powierzchni Wenus. Jak jednak wynika z badań F. Taylora i jego współpracowników z Jet Propulsion Laboratory (USA), istnieją w tej warstwie „okna", niestety niedostępne dla obserwacji z Ziemi bo znajdujące się w rejonach biegunowych planety. Analiza Taylora objęła dane z satelity *Pioneer—Venus*, którego orbita przechodzi nad biegunami Wenus. W obszarach równikowych planety i na umiarkowanych szerokościach planetograficznych zarejestrowane przez instrumenty satelity wahania temperatur w warstwie obłoków sięgały najwyżej kilka stopni. Te same różnice mierzone w rejonach biegunowych wynoszą nawet 45 stopni Celsjusza. Zanotowano tutaj najwyższą temperaturę wierzchniej warstwy chmur równą —13°C. Równie gwałtowny wzrost temperatury razem z wynikami równoczesnych pomiarów temperatury przezroczystej warstwy atmosfery znajdującej się nad chmurami świadczą o tym, że duży kontrast termiczny nad biegunami planety jest rezultatem obniżenia górnej granicy chmur o około 15 km lub nawet całkowitego braku chmur w tym rejonie, w żadnym zaś wypadku efektem rzeczywistego wzrostu temperatury w badanym poziomie atmosfery. Wynika stąd, że w pobliżu biegunów występuje skierowany w dół prąd atmosferyczny, rozrywający płaszcz chmur. Warto zauważyć, że podobna cyrkulacja w atmosferze Wenus proponowana była w modelu opracowanym na podstawie zdjęć wykonanych z sondy *Mariner-10* w roku 1974. Obserwowano wtedy ruch chmur po liniach spiralnych od równika ku biegunom, tworzący dwa olbrzymie wiry, z których każdy obejmował jedną półkulę planety. Ruchy wznoszące zachodziły w obszarach równikowych zaś opadające w rejonach biegunów. Model

ten znalazł obecnie niezależne potwierdzenie podczas pomiarów temperatury warstwy chmur. Pozostaje jeszcze do wyjaśnienia, dlaczego okno w chmurach nad północnym biegunem Wenus, o rozmiarach sięgających 1100 km, położone jest w odległości 500—1000 km od bieguna planety, a nie dokładnie nad nim.

Wg *Nature*, 1979, **279**, 613.

ZBIGNIEW PAPROTNY

PORADNIK OBSERWATORA

Fotograficzne wyznaczanie współrzędnych niebieskich

Wyznaczenie położenia komety lub innego obiektu na niebie na podstawie zdjęcia fotograficznego jest jednym z głównych zadań astrometrii. Sprowadza się on do pomierzenia różnic współrzędnych prostokątnych komety i gwiazd o znanych współrzędnych równikowych i przeliczeniu ich na różnice rektascensji i deklinacji. Praktyczne szczegóły tej dość standardowej procedury nie są prawdopodobnie powszechnie znane, dlatego przedstawimy je tu w postaci gotowej do zastosowania przez każdego wytrawniejszego obserwatora, aczkolwiek bez dowodów formuł rachunkowych.

W ogólności potrzebny jest następujący sprzęt:

— astrograf — oczywiście z montażem równikowym i mechanizmem zegarowym. Lepszy lub gorszy astrograf znajduje się w każdym obserwatorium uniwersyteckim, lecz w praktyce amatorskiej mogą być trudności z dostępem do przyrządu tego typu.

— płytomierz — idealnym byłby przyrząd umożliwiający jednoczesny pomiar w obu współrzędnych, jednak ma go nawet nie każde obserwatorium. Przewidując użycie prostszych płytomierzy trzeba pamiętać, że musimy mieć możliwość mierzenia na kliszy współrzędnych w kierunkach precyzyjnie równoległych i prostopadłych względem siebie.

— atlas gwiazdowy — do identyfikacji fotografowanego obszaru nieba i gwiazd porównania. Z reguły dostępny w bibliotekach nawet miłośniczych.

— katalog gwiazd — zawierający dokładne współrzędne równikowe α i δ gwiazd porównania oraz ich ruchy własne μ_α i μ_δ. Również na ogół dostępny w bibliotekach miłośniczych.

— kalkulator — najlepiej programowany, ale oczywiście może być zastąpiony przez zwykły arytmometr i tablice trygonometryczne.

Do potrzeb zagadnień orbitalnych pozycje komet na niebie należy wyznaczać z dokładnością nie gorszą niż ok. 1″. Zważywszy, że płytomierz łatwo daje dokładność 1 μm, widzimy, że w zasadzie wystarczyć powinien astrograf o ogniskowej $F = 206\,265$ μm $\approx$ 20 cm, czyli nawet większy teleobiektyw. Jednak przy dłuższej ogniskowej większa będzie skala zdjęcia, a więc lepsza dokładność pomiarów, za to mogą być trudności ze znalezieniem gwiazd porównania w otoczeniu komety. Czas ekspozycji nie powinien być nadmiernie długi, gdyż najdokładniejsze po-

miary uzyskuje się, gdy obrazy gwiazd i komety są jak najmniejsze. Gwiazd porównania musi być co najmniej trzy w miarę równomiernie rozłożonych wokół komety w odległości rzędu stopnia.
Przygotowanie zdjęcia do pomiarów polega na naniesieniu na nie krzyża stanowiącego osie układu współrzędnych prostokątnych, względem którego będzie się mierzyć położenie gwiazd porównania i komety. Krzyż może być naniesiony na innej kliszy, z którą zdjęcie należy złożyć, bądź na samym zdjęciu. Linie muszą być możliwie cienkie i precyzyjnie prostopadłe względem siebie. Krzyż orientujemy w przybliżeniu południkowo i równoleżnikowo ze środkiem w pobliżu środka zdjęcia. Przyjmujemy umowę, że współrzędną x liczymy w kierunku rosnącej rektascensji, zaś y w kierunku rosnącej deklinacji.

Komplet danych ma zawierać:
— przybliżone współrzędne równikowe A i D środka krzyża odczytane z atlasu,
— współrzędne równikowe (α, δ), ruch własny (μ_α, μ_δ), oraz współrzędne prostokątne (x, y) każdej gwiazdy,
— współrzędne prostokątne x_o, y_o komety,
— moment środka ekspozycji z dokładnością do sekundy,
— lokalny czas gwiazdowy środka ekspozycji Θ,
— szerokość geograficzną obserwatora φ.

Oto kolejne etapy obliczeń.

1. Obliczenie aktualnych współrzędnych równikowych gwiazd porównania (gdy np. epoką katalogu jest 1950.0):

$$\alpha = \alpha_{1950.0} + \mu_\alpha\,(t - 1950.0)$$
$$\delta = \delta_{1950.0} + \mu_\delta\,(t - 1950.0)$$

t oznacza tu datę obserwacji (zazwyczaj wystarcza rok).

2. Wyznaczenie ogniskowej astrografu $F = s/\vartheta$, gdzie

$$s^2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2$$
$$\cos\vartheta = \sin\delta_1 \sin\delta_2 + \cos\delta_1 \cos\delta_2 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)$$

Ogniskową wyznaczamy z każdej pary gwiazd i uśredniamy. Daje to lepszą dokładność wyniku i możliwość uchwycenia błędów.

3. Obliczenie tzw. współrzędnych standardowych gwiazd:

$$\xi = \frac{\sin(\alpha - A)}{\sin D \tan\delta + \cos D \cos(\alpha - A)} F$$

$$\eta = \frac{\tan\delta - \tan D \cos(\alpha - A)}{\tan D \tan\delta + \cos(\alpha - A)} F$$

Takie byłyby współrzędne prostokątne gwiazd, gdyby krzyż był idealnie zorientowany, a jego środek miał dokładne położenie A i D.

4. W rzeczywistości krzyż względem tego położenia idealnego jest z pewnością nieco przesunięty i obrócony, dlatego współrzędne standardowe i zmierzone gwiazd różnią się:

$$\xi - x = ax + by + c$$
$$\eta - y = dx + ey + f$$

Ten układ równań powtórzony trzykrotnie (dla trzech gwiazd porównania) zawiera 6 równań na 6 niewiadomych a, b, c, d, e, f zwanych stałymi kliszy.

5. Mając już zmierzone współrzędne prostokątne x_o i y_o komety możemy teraz obliczyć jej współrzędne standardowe ξ_o i η_o za pomocą tego układu równań, a następnie jej współrzędne równikowe α_o i δ_o:

$$\tan(\alpha_o - A) = \frac{\xi_o}{\cos D - \eta_o \sin D}$$

$$\tan \delta_o = \frac{(\eta_o \cos D + \sin D)\sin(\alpha_o - A)}{\xi_o}$$

kończąc w ten sposób tytułowe zadanie. Wynik jest, rzecz jasna, w epoce katalogu.
Pozostaje jeszcze przedstawić sposób postępowania w dwóch ważnych przypadkach: gdy mamy więcej niż trzy gwiazdy porównania oraz gdy trzeba uwzględnić refrakcję (np. przy obserwacjach blisko horyzontu).

6. W przypadku więcej niż trzech gwiazd porównania stałe kliszy wyznacza się metodą najmniejszych kwadratów, która wymaga od obserwatora przeprowadzenia następujących obliczeń. Przygotowujemy pomocnicze wielkości:

$A = \Sigma x^2$
$B = \Sigma y^2$
$C = \Sigma xy$
$D = \Sigma x$
$E = \Sigma y$
$n =$ liczba gwiazd

$L = \Sigma x\xi$
$M = \Sigma y\eta$
$N = \Sigma \xi$
$P = \Sigma x\eta$
$Q = \Sigma y\eta$
$R = \Sigma \eta$

i teraz stałe kliszy a, b, c, d, e, f wyznaczamy z układu równań

$$\begin{aligned}
A(1+a) + Cb + Dc &= L \\
C(1+a) + Bb + Ec &= M \\
D(1+a) + Eb + nc &= N \\
Ad + C(1+e) + Df &= P \\
Cd + B(1+e) + Ef &= Q \\
Dd + E(1+e) + nf &= R
\end{aligned}$$

Pozostałe etapy obliczeń nie zmieniają się.

7. Uwzględnienie refrakcji różnicowej polega na tym, że współrzędne standardowe ξ i η (punkt 3) wszystkich gwiazd oblicza się nie na podstawie katalogowych współrzędnych równikowych, lecz obliczonych uprzednio współrzędnych widomych (oznaczać je będziemy primami). I tak dla każdej gwiazdy liczymy prawdziwą odległość zenitalną z i azymut A ze wzorów

$$\cos z = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos(\Theta - \alpha)$$

$$\tan A = \frac{\sin(\Theta - \alpha)}{\cos\varphi \tan\delta - \sin\varphi \cos(\Theta - \alpha)}$$

Widomą odległość zenitalną z' obliczamy z zależności

$$z' = z - 58'',2 \tan z'$$

metodą kolejnych przybliżeń, a następnie widome współrzędne równikowe α' i δ' z formuł

$$\sin \delta' = \sin \varphi \cos z' + \cos \varphi \sin z' \cos A$$

$$\tan (\Theta - \alpha') = \frac{\sin A \tan z'}{\cos \varphi - \sin \varphi \cos A \tan z'}$$

Te wielkości używamy do obliczenia współrzędnych standardowych i stałych kliszy. Prowadząc dalej cykl obliczeń ze wzorów punktu 5 dostajemy widome współrzędne równikowe α'_0 i δ'_0 komety, które trzeba przeliczyć na prawdziwe przechodząc znowu przez horyzontalne i uwzględniając refrakcję. Tak więc widome współrzędne horyzontalne komety z'_0 i A_0 liczymy ze wzorów

$$\cos z'_0 = \sin \varphi \sin \delta'_0 + \cos \varphi \cos \delta'_0 \cos (\Theta - \alpha'_0)$$

$$\tan A_0 = \frac{\sin (\Theta - \alpha'_0)}{\cos \varphi \tan \delta'_0 - \sin \varphi \cos (\Theta - \alpha'_0)}$$

prawdziwą odległość zenitalną z_0 z zależności

$$z_0 = z'_0 + 58'',2 \tan z'_0$$

i wreszcie jej prawdziwe współrzędne równikowe z formuł

$$\sin \delta_0 = \sin \varphi \cos z_0 + \cos \varphi \sin z_0 \cos A_0$$

$$\tan (\Theta - \alpha_0) = \frac{\sin A_0 \tan z_0}{\cos \varphi - \sin \varphi \cos A_0 \tan z_0}$$

Tak kończymy wyznaczenie pozycji komety z dokładnością zapewniającą naszym obserwacjom znaczenie naukowe.

TOMASZ KWAST

KRONIKA HISTORYCZNA

Adam Joachim Kulczycki (1808—1882)

W setną rocznicę śmierci warto wyciągnąć na światło dzienne nie znaną chyba u nas postać Adama Joachima Kulczyckiego. Wprawdzie jego działalność była bardzo skromna, ale też warunkowały ją okoliczności, w jakich działał.

Kulczycki urodził się 2 października 1808 r. O jego młodości nic pewnego nie wiemy. Przed 1830 r. był prawdopodobnie konduktorem Korpusu Inżynierów lub wychowankiem Szkoły Zimowej Artylerii. W powstaniu listopadowym uczestniczył jako podporucznik 7 kompanii artylerii pozycyjnej. Za swe czyny bojowe otrzymał Złoty Krzyż Virtuti Militari. Po upadku powstania udał się na emigrację do Francji. W latach 1836—1838 był zaangażowany przez rząd brazylijski do prac inżynieryjnych. W 1843 r. wstąpił do francuskiej służby kolonialnej i w kwietniu tego roku wyruszył statkiem wzdłuż wybrzeży Ameryki Południowej i przez cieśninę Magellana na Tahiti, która właśnie przed

dwoma laty została objęta protektoratem Francji. Na Tahiti przybył w styczniu 1844 r. i pozostał tam do 1858 r. Uczestniczył w wyprawie, która rozciągnęła protektorat Francji na archipelag Markizów (1844). Z czasem został kierownikiem urzędu dla spraw krajowców. W stolicy wyspy, Papeete, założył małe obserwatorium astronomiczne przy ulicy nazwanej (zapewne przez niego z tęsknoty za krajem) „rue de la Petite Pologne" (ulica Małej Polski względnie Małopolski). Na podstawie własnych obserwacji astronomicznych wyznaczył współrzędne geograficzne różnych wysp, między innymi Tahiti, Ana, Faarava, Tarao, Maniki, Anura, Rairoa. Wykonywał też mapy tego regionu.
W 1859 r. Kulczycki przeniósł się do Numea (Port de France), stolicy Nowej Kaledonii, zaanektowanej przez Francję sześć lat wcześniej. Objął tu kierownictwo spraw wewnętrznych tej kolonii .Za czasów cesarstwa otrzymał Legię Honorową. W 1865 r. już jako emeryt wrócił na Tahiti.
Zapewne z tym drugim pobytem Kulczyckiego na Tahiti wiążą się jego obserwacje wykonane przenośnym kołem południkowym z obiektywem o średnicy 5,5 cm i o ogniskowej 59 cm. Wyniki tych obserwacji obejmujące pozycje 38 gwiazd dla epoki 1867,4 zostały ogłoszone w publikacji *Observations sur η Navire et les étoiles voisines faites à Papeete (Tahiti) par M. Kulczycki* (Obserwacje η Okrętu i gwiazd sąsiednich wykonane w Papeete (Tahiti) przez p. Kulczyckiego) a zamieszczonej w dodatku do *Connaissance des Temps* na 1870 r.
Kulczycki zmarł na Tahiti 11 czerwca 1882 r.

PRZEMYSŁAW RYBKA

NOWOŚCI WYDAWNICZE

Klim Iwanowicz Czuriumow, **Komiety i ich nabliudienije.** (Komety i ich obserwacje). Wydawnictwo „Nauka", seria „Bibliotieka Liubitiela Astronomii", Moskwa 1980, nakład 75 000 egz., stron 160, ilustracji 38, cena 25 kop.

Z pewnym opóźnieniem pojawiła się książka, która bez wątpienia zainteresuje polskich miłośników astronomii, ponieważ brak jest jak dotąd wśród pozycji wydawniczych PTMA instrukcji dla obserwatorów komet. W przedstawianej pracy są podane w popularno-naukowej formie współczesne poglądy na naturę komet. Omówione zostały również metody badania komet, a także sposoby ich obserwacji przez miłośników astronomii.

Książka składa się z dwóch części. Pierwszą, zatytułowaną *Natura i pochodzenie komet*, otwiera krótki rozdział *Komety w historii ludzkości*, zawierający wiele ciekawostek, m. in. rok pierwszej, odnotowanej w kronikach obserwacji komety (w 2296 r. p.n.e. przez astronomów chińskich), daty pojawień komet poprzedzających śmierć nieprzeciętnych ludzi (336 r. — Konstantyna Wielkiego, 453 r. — Attylli, 632 r. — Mahometa, 837 r. — Ludwika Pobożnego, 1024 r. — Bolesława Chrobrego, 1060 r. — Henryka I, 1198 r. — Ryszarda Lwie Serce, 1250 r. — Fryderyka II, 1254 r. — Innocentego IV, 1264 r. — Urbana IV). Autor pominął jednak milczeniem prace Michała Kamieńskiego, poświęcone komecie Halleya, której kolejne pojawienia zostały powiązane ze zdarzeniami historycz-

nymi (zob. np. *Astronomia w służbie chronologii*, Urania nr 3/1971). Następny rozdział — *Od Katalogu Edmunda Halleya do Katalogu Briana Marsdena* — przedstawia historię powstawania najpierw spisów, list, a później właściwych już katalogów komet. Dzięki tym pierwszym zestawieniom Halley mógł odkryć okresowość pojawienia się pewnej jasnej komety, która otrzymała potem nazwę na cześć tego wybitnego astronoma. Omawiając katalogi komet Autor nic jednak nie wspomina o dziele *Theatrum Cometicum* Stanisława Lubienieckiego, ani też o przygotowanym obecnie przez astronomów polskich katalogu komet jednopojawieniowych.

W dalszym ciągu Części I książki Autor przeprowadza systematyczne omówienie parametrów geometrycznych orbit kometarnych oraz ich ewolucję, a także budowę komet — jądra głowy, komy i warkocza (nazywając go nieprawidłowo ogonem) — przedstawiając ich morfologię wraz z charakterystyką typologiczną tych wyróżniających się części komet.

Obszerny rozdział został poświęcony widmom i chemii komet. Autor przedstawił w nim, na podstawie istniejących danych obserwacji spektralnych, skład chemiczny komet (głowy i warkocza) wraz z podaniem reakcji chemicznych zachodzących przypuszczalnie pomiędzy molekułami gazowej otoczki komet. Czurlumow omawia również możliwość występowania mechanizmu maserowego w „atmosferze" komet.

Następnie Autor przedstawia komety jako swego rodzaju naturalne sondy międzyplanetarne dostarczające informacje o wietrze słonecznym, polu magnetycznym Układu Słonecznego, aktywności słonecznej — a to dzięki interakcji materii kometarnej ze strumieniami promieniowania korpuskularnego Słońca oraz z polem magnetycznym układu planetarnego.

Oddzielny rozdział został poświęcony zadziwiającym strukturom kometarnym, a mianowicie: tzw. promieniom, pierścieniowym strukturom w kształcie halo, kurczącym się otoczkom, tworom obłokokształtnym i omegokształtnym zakrzywieniom warkocza. Natomiast kolejny rozdział przedstawia niestacjonarne procesy w jądrach i głowach komet — rozbłyski komet, „katastrofy" kometarne, czyli rozpad komety (częściowy bądź całkowity — ten ostatni prowadzi do powstawnia nowych rojów meteoroidowych).

Dwa dalsze rozdziały naruszają dotychczasowy tok wykładu. Jeden z tych rozdziałów mówi o modelowaniu zjawisk zachodzących w kometach, drugi — o badaniu komet za pomocą aparatów kosmicznych. Wydaje się, iż bardziej właściwe byłoby umieszczenie tych rozdziałów na końcu Części I i w dodatku w odwrotnej kolejności. Rozdział poświęcony bezpośredniej eksploracji komet jest bardzo krótki i w zasadzie zawiera tylko sugestie odnośnie wykorzystania sond międzyplanetarnych do badań komet. Natomiast rozdział o modelowaniu zjawisk kometarnych przedstawia eksperymenty wykonane zarówno w przestrzeni okołoziemskiej jak i w laboratoriach (sztuczne komety, modelowanie zjawisk zachodzących na powierzchni jądra komety, modelowanie warkocza magnetycznego komety, reakcji chemicznych zachodzących w materii kometarnej w próżni).

Problem „narodzin, życia i śmierci komet", czyli ich pochodzenia oraz ewolucji fizycznej naświetla przedostatni rozdział Części I. Autor nie ustrzegł się w tym miejscu pewnych niekonsekwencji powtarzając za-

gadnienia poruszone w trakcie rozważania ewolucji orbit komet. Najwięcej jednak uwagi poświęca Czuriumow hipotezom o pochodzeniu komet. Znajdujemy więc w tym rozdziale omówienie hipotezy o międzygwiazdowym (galaktycznym) pochodzeniu komet, hipotezy Oorta o obłoku na peryferiach Układu Słonecznego, fantastycznej hipotezy Fiesenkowa o Faetonie, hipotezy Whipple'a, hipotezy poliwulkanizmu planetarnego Lagrange'a-Wsjechswiatskiego, hipotezy Kowala, Drobyszewskiego i innych, o których tylko pokrótce wspomia. Sam Autor z niewiadomych bliżej powodów opowiada się za hipotezą... Faetona, jakby nie znał prac negujących w ogóle możliwość powstania planety pomiędzy orbitą Marsa a Jowisza. Nic też nie wspomina o kosmogonicznej hipotezie Camerona, która stara się wyjaśnić powstanie Obłoku Oorta na ogólnym tle planetogenezy.

Zamyka Część I rozdział *Unikatowe komety*, do których Autor zalicza Kometę Halleya, Enckego, tzw. Wielką Południową (1887 I), Schustera, kometę 1743 I, Bennetta (1970 II), Schwassmana-Wachmana-1, Sandage'a (1972 IX), a także jeszcze 8 innych komet poświęcając im tylko krótkie wzmianki.

Część II — *Obserwacje Komet* — jest znacznie skromniejsza i zawiera tylko dwa rozdziały: *Poszukiwania i odkrycia komet* oraz *Wizualne i fotograficzne obserwacje komet*. Nie jest to jednak ściśle instrukcja dla amatorskich obserwacji komet, jakby się mogło wydawać, lecz zbiór pewnych danych i wiadomości o odkrywaniu komet przez astronomów zawodowych wraz z zasadami określania jasności widomej komet, ilości molekuł węgla w gazowej otoczce komet, kąta pozycyjnego warkocza, współrzędnych α i δ wektora promienia wodzącego, a także zalecenia co do sposobów prowadzenia fotograficznych obserwacji komet. Tym niemniej miłośnicy astronomii mogą, po przeczytaniu Części II, podjąć samodzielne próby odkrycia i obserwacji komet, zwłaszcza że Autor przytacza wykaz gwiazdozbiorów zalecanych do poszukiwania na ich tle komet w ciągu całego roku, jak również podaje zasady postępowania w przypadku odkrycia nowej komety. Czuriumow udziela też pewnych porad co do wyboru instrumentu, metodyki prowadzenia obserwacji wizualnych i fotograficznych wraz z podaniem sposobów opracowania wykonanych obserwacji.

Jako zakończenie książki Autor dołącza pięć *Dodatków*, z których cztery to listy komet należących do rodzin (w nawiasie liczba komet): Jowisza (87), Saturna (12), Urana (3) i Neptuna (10), natomiast *Dodatek V* to poprostu wykaz 109 obiektów z Katalogu Messiera.

Książka jest przeznaczona dla miłośników astronomii, nauczycieli i popularyzatorów wiedzy astronomicznej.

T. ZBIGNIEW DWORAK

Małgorzata Hanna Malewicz, **Zjawiska przyrodnicze w relacjach dziejopisarzy polskiego średniowiecza.** Zakład Narodowy im. Ossolińskich, wyd. PAN, seria „Monografie z dziejów nauki i techniki", t. CXVIII, Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk 1980, stron 188, nakład 1000 egz., cena zł 45,—.

Ukazało się (z jakimż opóźnieniem!) bardzo cenne opracowanie, którego nie powinno zabraknąć w biblioteczce miłośnika astronomii interesującego się dziejami tej nauki w Polsce. Poczynając już od *Wstępu* — od

pierwszej strony — astronomia dominuje wśród innych, omawianych w tej książce, dziedzin wiedzy przyrodniczej, uprawianych w Średniowieczu. Nie ma w tym zresztą nic niezwykłego — sklepienie niebieskie (jak to sobie podówczas wyobrażano) jest dostępne do obserwacji dla każdego, powtarzalność pewnych zjawisk astronomicznych jest znana co najmniej od Starożytności, a pewne fenomeny (*mirabilia*) zwracały na siebie powszechną uwagę bądź to dzięki ich spektakularności, bądź też z powodu unikatowości występowania. W kolejności rozdziałów astronomia jest omawiana dopiero w drugim. Poprzedza ją rozdział *Wiedza o Ziemi*, jako że to Ziemia (chociaż grzeszna) jest bliższa jednak człowiekowi niż Niebo ze wszystkimi jego wspaniałościami. Rozdział ten zawiera omówienie wzmianek o trzęsieniach ziemi odczuwanych w Polsce w wiekach od XI do XV, o złożach mineralnych *i* o osobliwościach ziemi polskiej (zjawiska krasowe, szczątki skamieniałych drzew, wykopaliska naczyń glinianych).

Rozdział poświęcony relacjom o zjawiskach astronomicznych oraz astrometeorologicznych (czyli zjawiskom optycznym w atmosferze) jest najdłuższy i zawiera opis wzmianek o zaćmieniach Słońca i Księżyca, o pojawianiu się komet, zórz polarnych i halo. Brak jest natomiast — jak stwierdza M. H. Malewicz po przestudiowaniu materiałów źródłowych — oryginalnych wzmianek o meteorach (i meteorytach) oraz o dziennej widzialności planet. Omawiając wzmianki o zaćmieniach Księżyca Autorka zauważa, że w kronikach polskich nie napotyka się ich wcale — jedynie w *Rocznikach* Długosza są dwie wzmianki na temat tego zjawiska. M. H. Malewicz nie znajduje uzasadnienia dla tego „niejako programowego przemilczania zaćmień Księżyca". Być może jest to świadectwo, iż Polacy w Średniowieczu spali mocno i bez potrzeby naprawdę koniecznej nie opuszczali nocą domostw. Tłumaczyłoby to również brak wzmianek o meteorach. Natomiast zaćmienie Słońca obserwuje się z definicji w ciągu dnia, toteż pomimo rzadkości występowania tego zjawiska dla danego terytorium wzmianek o nim, gromadzonych w ciągu pół tysiąclecia, jest więcej. Domniemaniu o niechęci do podziwiania nocnego nieba mogłaby przeczyć dość znaczna liczba wzmianek o pojawieniu się komety. Trzeba jednak pamiętać, że najlepsza widzialność komet przypada na godziny wieczorne (bądź przed świtem). Należałoby więc — chcąc uprawdopodobnić postawioną hipotezę — przebadać statystycznie pory zaćmień Księżyca (tj. określić ilość zaćmień przypadających na godziny wieczorne do ilości zaćmień zdarzających się głęboką nocą) i powtórzyć ten rachunek również dla komet (zresztą kometę widać przez pewien okres, a zaćmienie — tylko przez parę godzin). Pewnym potwierdzeniem słuszności domniemania o braku obserwacji **nocnych** są słowa Autorki (str. 29): „O ile wzmianki o zaćmieniach Księżyca pochodziły od autorytetów naukowych, o tyle wiadomości o zaćmieniach Słońca wydają się wynikiem potocznej obserwacji (...)".

Po omówieniu wzmianek i opisów zaćmień Słońca, których w Polsce w kronikach zarejestrowano 18 (w latach 961—1433) pani Malewicz poświęca wiele uwagi kometom. Dziejopisarze polscy odnotowali w latach 941—1472 aż 19 pojawień komet, w tym tzw. komet polskich, czyli zarejestrowanych w polskich kronikach niezależnie od obcych źródeł narracyjnych. Na szczególną uwagę zasługują wzmianki o pojawieniu się komety (1222, 1301, 1378 i 1456), którą obecnie znamy pod nazwą komety Halleya. I wreszcie najcenniejszą informacją jest wzmianka o komecie

z 1468 roku, odkrytej przez Marcina Bylicę z Olkusza. W artykule „Komety odkryte przez Polaków" (*Urania* nr 4/1981, str. 101) kometa Bylicy z 1468 roku została pominięta — zwracamy więc uwagę, że listę polskich odkrywców komet należy powiększyć do sześciu.

Ze zjawisk optycznych w atmosferze, zwanych astrometeorologicznymi, Autorka wymienia osiem wzmianek o widoczności zorzy polarnej i cztery o zjawisku halo.

Na zakończenie rozdziału poświęconego astronomii pani Malewicz omawia mało znany polski tekst astrologiczny, tzw. *Speculum astrologicum* z rękopisu Gertrudy Piastówny (córki króla Mieszka II), pochodzący najprawdopodobniej z roku 1068/69! Inne wzmianki o praktykach astrologicznych w polsce pochodzą z późniejszych wieków, głównie z II połowy XV stulecia. Znajdują się one w *Kronice oliwskiej*, *Rocznikach* Długosza i w *Historii wrocławskiej* Eschenloera.

Kolejny rozdział jest poświęcony omówieniu wzmianek z dziedziny meteorologii, dotyczących głównie zjawisk klimatycznych, przy czym pani Malewicz krytycznie ocenia wcześniejsze próby wykrycia cykli klimatycznych na podstawie niepełnych i dalekich od ścisłości potocznych spostrzeżeń. Rozdział III zawiera również opis wzmianek o kataklizmach pogodowych (ulewy, powodzie, wichury, wyładowania atmosferyczne).

Następne rozdziały (IV i V) są poświęcone medycynie (głównie epidemiom i pandemiom) oraz biologii (botanice i zoologii), o których jako niespecjalista wypowiadać się nie zamierzam.

Treści astronomiczne powracają w ostatnim rozdziale zatytułowanym *Kształtowanie wiedzy przyrodniczej dziejopisarzy polskiego średniowiecza (wnioski)*. Omawiając *Kronikę* mistrza Wincentego Kadłubka M. H. Malewicz nie wspomina jednak o jego wiadomościach astronomicznych. Większą uwagę poświęca natomiast krakowskiej szkole astronomicznej, która szczególnie zasłynęła w Europie w XV stuleciu.

Przedstawione opracowanie zawiera również *Aneksy*, w których *in extenso* są opublikowane (po łacinie) wzmianki o zjawiskach omawianych w tekście głównym. Zjawiskom astronomicznym (zaćmieniom Słońca i Księżyca, kometom, meteorytom) astrometeorologicznym (zorze polarne, zjawiska halo), a także prognostykom astrologicznym jest poświęcony *Aneks II*, gdzie Czytelnik może się zaznajomić z oryginalnym tekstem wzmianek, zaś w razie potrzeby może sięgnąć do źródeł dzięki zamieszczonej, starannie opracowanej bibliografii.

T. ZBIGNIEW DWORAK

Z KORESPONDENCJI

Uwagi o artykule S. R. Brzostkiewicza pt. „Komety — dylemat życia i śmierci"

Po lekturze tej zajmującej publikacji w *Uranii* z października 1981 roku pragnę podzielić się z Czytelnikami garścią spostrzeżeń.

Autor pisze na str. 301: „...najnowsze badania sugerują, że równocześnie z wielkimi gadami w ciągu kilku tysięcy lat wyginęło prawie dwie trzecie ówczesnej populacji zwierząt na Ziemi. Dotyczy to głównie gatunków o wadze większej niż 25 kg, ale kataklizm dotknął także plankton w oceanach łącznie z głowonogami (amonity, belemnity)". Skala geologiczna nie operuje przedziałami czasowymi rzędu „kilku tysięcy lat" (poza współczesnym nam holocenum). Żadnego znaleziska z górnej kredy nie da się jakąkolwiek metodą datować nawet z dokładnością do stu tysięcy lat. Mówienie o nagłym wyginięciu „prawie dwóch trzecich ówczesnej populacji zwierząt" sugeruje, że ta klęska dotknęła przede wszystkim owady, jako gromadę liczniejszą (i wtedy, i dzisiaj) od całości pozostałej fauny. Ale masowego wymierania owadów nie stwierdzono nigdzie na szlaku ich bardzo długiej historii. Zwierzęta lądowe „o wadze większej niż 25 kg" znajdziemy u schyłku kredy wyłącznie wśród gadów. Nieraz spotykane (ale nie w źródłach naukowych) pogłoski o wygaśnięciu niemal całej mezozoicznej herpetofauny w zagadkowo krótkim czasie miliona lat (o „kilku tysiącach lat" nikt dotąd nie pisał) grzeszą sensacyjnym efekciarstwem. W rzeczywistości proces ten ciągnął się przez cały mezozoik trwający 150 milionów lat. Już w triasie spośród gadów lądowych przepadły kotylozaury, a wodnych — notozaury. W górnej kredzie najpierw wygasły plezjozaury, a pod koniec te formy dinozaurów i gadów, które nie wymarły wcześniej. Pamiętajmy, że górna kreda trwała 50 milionów lat!

Włączenie do tej hekatomby również belemnitów jest nieporozumieniem. Po pierwsze, przetrwały one do eocenu, czyli przeżyły ostatnie dinozaury o ponad 20 milionów lat. Po drugie, trudno mówić o wyginięciu wskutek „tajemniczego kataklizmu" takiego rzędu, którego potomkami (według zdania większości specjalistów) są dwa dziś żyjące rzędy głowonogów: mątwy i kalmary.

Na str. 302 czytamy: „Odkryto natomiast anomalię, która świadczy raczej na korzyść zapomnianej już teorii katastrof Georga Cuviera (powinno być: Georges'a albo Jerzego — przyp. A. T.) z ubiegłego stulecia. Ten sławny biolog i paleontolog przyjmował, że na Ziemi miała miejsce seria kataklizmów, podczas których wyginęły prawie wszystkie żywe stworzenia. W każdym razie z kataklizmów tych miały się ratować tylko pojedyncze egzemplarze i one to potem zasiedliły naszą planetę". Wprawdzie Autor dalej przyznaje, że hipoteza Cuviera „ma już historyczne znaczenie", ale proponuje by „na jej fundamentach zbudować nową". W czasach podarwinowskich na tych fundamentach nie sposób zbudować niczego, bo wspierają się one na dogmatycznie forsowanej przez Cuviera tezie o niezmienności gatunków, stanowiącej meritum jego słynnego sporu z Lamarckiem. Również „pojedyncze egzemplarze" ocalałe z pogromu nie uratowałyby gatunków zwierzęcych od zguby. Na to niezbędna jest **populacja** danej formy — choćby skromna liczebnie, ale o zróżnicowanej puli genetycznej. Arka Noego — do której Cuvier nawiązywał mówiąc o potopie jako najpóźniejszej z serii globalnych katastrof wymyślonych przez siebie — tylko w legendzie mogła uchronić faunę i florę od zagłady.

Od problemów zoologicznych przejdźmy do astronomicznych. Autor stwierdza na str. 304: „...uczony amerykański John A. O'Keefe sądzi, że upadki takie (planetoid bądź komet — przyp. A. T.) w plejstocenie mogły wytworzyć nie tylko występujące w różnych miejscach Ziemi tektyty, lecz i opasujący ją wokół dość gęsty pierścień, który również

mógł zasłonić Słońce i wywołać okresową zmianę klimatu. Wspólnie z Allanem F. Cookiem wysunął on nawet tezę, iż pierścień taki istniał jeszcze w eocenie (około 34 milionów lat temu)". W tym cytacie (łącznie z tekstem sąsiadującym) jest szereg sprzeczności. Coś co się wydarzyło w plejstocenie (więc nie dawniej niż dwa miliony lat temu) nie mogło wywrzeć skutków „jeszcze"... 34 miliony lat temu! Nawiasem mówiąc, ta ostatnia data odnosi się nie do eocenu, lecz oligocenu.

Autor kończy artykuł stwierdzeniem, że „średni interwał między tymi wydarzeniami ocenia się na 60 milionów lat". Nadal chodzi o upadki planetoid bądź jąder kometarnych na powierzchnię Ziemi. Kłóci się to z przytoczonym urywkiem, gdzie mowa o czasach znacznie późniejszych. Te zdarzenia nie mogły — również w interpretacji Autora — mieć z sobą jakiegokolwiek związku, gdyż wcześniej stwierdza on, że upadek takiego ciała kosmicznego do oceanu „mógłby wokół naszej planety wytworzyć na okres kilku lub nawet kilkudziesięciu lat dość gęsty woal". A więc na czas bardzo krótki!

Budzi zdziwienie, czemu Autor bliżej nie uzasadnił tych danych liczbowych (60 milionów oraz kilka do kilkudziesięciu lat) skoro diametralnie różnią się one od podawanych w dostępnych źródłach naukowych. Średnią częstotliwość upadku na Ziemię planetoidy bądź jądra komety ocenia się na paręset tysięcy do miliona lat. Efektem wstrząsu był każdorazowo zanik pola magnetycznego Ziemi na okres szacowany przez różnych autorów od tysiąca do kilku tysięcy lat. Pozbawiona w tym czasie magnetosfery Ziemia znajdowała się pod silnym obstrzałem wiatru słonecznego, co musiało wpływać na wzmożenie tempa mutacji, a przez to przyspieszać procesy gatunkotwórcze — ze szkodą jednych form i roślin, a z pożytkiem innych.

Przytoczone przez Autora datowanie: 34 miliony lat, nie jest wyssane z palca. Dotyczy jednak najdawniejszego ze znanych upadków dużych brył, którego skutkiem są tektyty z Teksasu. Należało chyba wymienić najświeższy taki upadek, zresztą wyjątkowo masywnego ciała, przez które wybite i stopione „krople" ziemskich skał opadły pod postacią tektytów na olbrzymi obszar od Australii przez Archipelag Malajski i Filipiny do Półwyspu Indochińskiego.

Reszta uwag dotyczy drobnych nieścisłości oraz niedopatrzeń korektorskich, mało istotnych dla zrozumienia tekstu, lecz rzutujących na walor estetyczny skądinąd ciekawego i potrzebnego artykułu. Na str. 298 Autor pisze o warkoczu komety: „Ma jeszcze mniejszą gęstość niż głowa komety i raczej należy tu mówić o rozproszonym świetle słonecznym, nieznacznie wzbogaconym wzbudzonym promieniowaniem umykających z jądra atomów i molekuł". Jest to przykład gmatwania rzeczy prostych. Chodzi przecież o to, że światło rozprasza się właśnie na atomach, molekułach i drobnych pyłach pochodzących z rozgrzewającego się jądra komety. Na tej samej stronie mowa o „średnicy gęstości od 0,5 do 4 g cm^3" (powinno być: średniej gęstości). Podobny błąd korektorski spotykamy na str. 303: „Mogło wreszcie dojść do zachwiania równowagi klimatycznej na skutek nadmiernego nasycenia atmosfery tlenku węgla" (zamiast: tlenkiem węgla). Wreszcie Autor trzykrotnie mówi (str. 299 i str. 300) o „cząstkach organicznych" wykrytych w obłokach międzygwiazdowych. Chodzi oczywiście o cząsteczki (czyli molekuły) organiczne.

ANDRZEJ TREPKA

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski **Lipiec—sierpień 1982 r.**

Słońce

W swym ruchu rocznym po ekliptyce obniża się w kierunku równika niebieskiego, w związku z czym dni stają się coraz krótsze i w ciągu miesiąca dnia ubywa o ponad godzinę. W Warszawie 1 lipca Słońce wschodzi o 4^h18^m, zachodzi o 21^h1^m, 1 sierpnia wschodzi o 4^h56^m, zachodzi o 20^h27^m, a 31 sierpnia wschodzi o 5^h45^m, zachodzi o 19^h27^m. W lipcu Słońce wstępuje w znak Lwa, a w sierpniu w znak Panny. Wieczorem 20 lipca przypada częściowe zaćmienie Słońca, widoczne w okolicach bieguna północnego; początek zaćmienia około zachodu Słońca widoczny będzie jedynie w północnej części Polski (patrz *Urania* nr 4 z bieżącego roku).

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

Data 1982	P	B_0	L_0	Data 1982	P	B_0	L_0
VII 1	— 2°62	+2°92	141°51	VIII 1	+10°90	+5°82	91°34
3	— 1.71	+3.14	115.04	3	+11.68	+5.96	64.88
5	— 0.80	+3.36	88.56	5	+12.46	+6.09	38.42
7	+ 0.10	+3.56	62.09	7	+13.22	+6.22	11.98
9	+ 1.01	+3.77	35.62	9	+13.96	+6.34	345.53
11	+ 1.91	+3.98	9.16	11	+14.68	+6.46	319.09
13	+ 2.80	+4.18	342.68	13	+15.38	+6.56	292.65
15	+ 3.70	+4.37	316.22	15	+16.07	+6.66	266.22
17	+ 4.58	+4.56	289.76	17	+16.74	+6.76	239.78
19	+ 5.46	+4.74	263.30	19	+17.40	+6.92	213.34
21	+ 6.32	+4.92	236.84	21	+18.02	+6.84	186.92
23	+ 7.18	+5.10	210.38	23	+18.64	+6.98	160.49
25	+ 8.03	+5.27	183.92	25	+19.24	+7.04	134.06
27	+ 8.86	+5.43	157.46	27	+19.80	+7.10	107.64
29	+ 9.68	+5.59	131.00	29	+20.36	+7.15	81.22
31	+10.50	+5.74	104.55	31	+20.88	+7.18	54.80

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
VII $12^d5^h36^m$ i VIII $8^d11^h45^m$ — momenty, w których heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Kolejność faz Księżyca była następująca: w lipcu pełnia 6^d10^h, ostatnia kwadra 14^d6^h, nów 20^d21^h, pierwsza kwadra 27^d20^h, a w sierpniu pełnia 5^d1^h, ostatnia kwadra 12^d13^h, nów 19^d5^h, pierwsza kwadra 26^d12^h. W perygeum Księżyc znalazł się 19 lipca i 17 sierpnia, a w apogeum 5 lipca i w sierpniu dwukrotnie, 1 i 29. Rano 6 lipca przypadło całkowite zaćmienie Księżyca, u nas niewidoczne.

Planety i planetoidy

Merkury widoczny był w lipcu nad ranem, a w sierpniu wieczorem. Wenus widoczna była jako Gwiazda Poranna coraz niżej jednak nad wschodnim horyzontem. Cztery planety widoczne były w pierwszej połowie nocy w gwiazdozbiorze Panny: Mars, Jowisz, Saturn i Pluton (ten ostatni tylko przez duże teleskopy). Przez lunety były też widoczne: Uran w gwiazdozbiorze Skorpiona i Neptun w gwiazdozbiorze Wężownika. Można także było obserwować dwie z czterech najjaśniejszych planetoid, Ceres i Pallas.

Meteory

Pod koniec lipca promieniowały meteory z roju delta Akwarydów. Podwójny radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Wodnika i ma współrzędne: rekt. 22^h36^m, dekl. —17° i 0°. Natomiast w pierwszej połowie sierpnia promieniują Perseidy. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Perseusza i ma współrzędne: rekt. 3^h4^m, dekl. +58°.

* *
*

Lipiec 4^d O 16^h Ziemia najdalej od Słońca na swej orbicie (w odl. 152 mln km). O 19^h Neptun w złączeniu z Księżycem w odl. 0°4.

6^d9^h Całkowite zaćmienie Księżyca, u nas niewidoczne. Zaćmienie widoczne było w obydwu Amerykach, na Oceanie Atlantyckim, w Zachodniej Afryce, na Antarktydzie i na Oceanie Spokojnym.

10^d2^h Złączenie Marsa z Saturnem w odl. 3°.

18^d21^h Księżyc w złączeniu z Wenus w odl. 0°7.

20^d21^h Częściowe zaćmienie Słońca w Polsce widoczne jedynie na północy (patrz *Urania*, nr 4 z bieżącego roku).

23^d6^h Słońce wstępuje w znak Lwa, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 120°.

25^d10^h Górne złączenie Merkurego ze Słońcem.

26^d Księżyc znalazł się w złączeniu kolejno: o 9^h z Saturnem (w odl. 4°) i o 24^h z Marsem (w odl. 6°).

27^d12^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 4°.

29^d22^h Uran w złączeniu z Księżycem w odl. 4°.

31^d24^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 0°6.

Sierpień 9^d3^h Uran nieruchomy w rektascensji.

10^d3^h Złączenie Marsa z Jowiszem w odl. 2°.

17^d16^h Księżyc w złączeniu z Wenus w odl. 1°.

20^d17^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 5°.

22^d22^h Saturn w złączeniu z Księżycem w odl. 3°.

23^d13^h Słońce wstępuje w znak Panny, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 150°.

24^d Księżyc znalazł się w złączeniu: o 3^h z Jowiszem (w odl. 4°) i o 17^h z Marsem (w odl. 6°).

26^d6^h Złączenie Księżyca z Uranem w odl. 3°.

28^d7^h Księżyc w złączeniu z Neptunem w odl. 0°4.

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

CONTENTS

J. Stryczyński — The Space Ultraviolet Telescope IUE (I).

E. Szuszkiewicz — The Speckle Interferometry.

S. R. Brzostkiewicz — Three Rendez-vous with Saturn.

Chronicle: The Liquidation of the Observatory in Zurich — Extragalactic Observations of IUE — The Age of the Universe — Quasars Are Distant Galaxies — Clusters Riched of Double Galaxies — How Did the Galaxy Origin? — Is an Alone Star Discovered? — FG Sagittae — The Ring F of Saturn — The Atmosphere of Titan: Hydrocarbons — A Window in Clouds on Venus?

Vade-mecum for observers: A Photographic Determination of Celestial Co-ordinates.

Historical Chronicle: Adam Joachim Kulczycki (1808—1882).

New Books.

From Correspondence.

Astronomical Calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

Я. Стрычиньски — Спутниковый, ультрафиолетовый телескоп IUE (I).

Е. Шушкевич — Спекл-интерферометрия.

С. Р. Бжосткевич — Три встречи с Сатурном.

Хроника: Упразднение обсерватории в Цюрихе — Внегалактические наблюдения IUE — Век Вселенной — Квазары это далёкие галактики — Скопление богатые двойными галактиками — Как возникла галактика? — Неужели открыли одинокую звёзду? — FG Стделы — Кольцо F Сатурна — Атмосфера Титана: углеводороды — Окна в облачности Венеры?

Справочник наблюдателя: Фотографические определение небосных координат.

Историческая хроника: Адам Иоахим Кульчицки (1808—1882).

Новые книги.

Из корреспонденции.

Астрономический календарь.

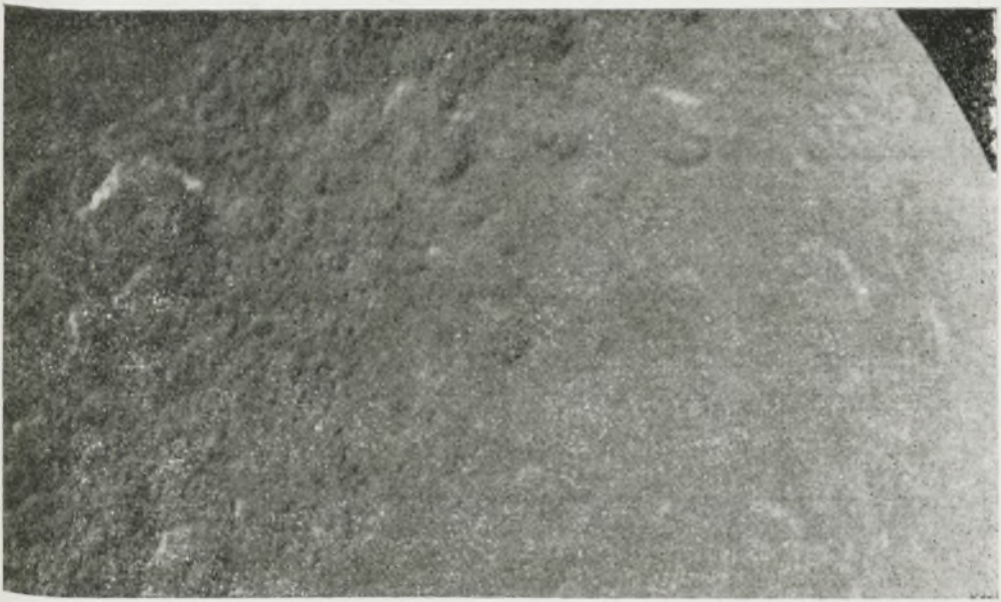
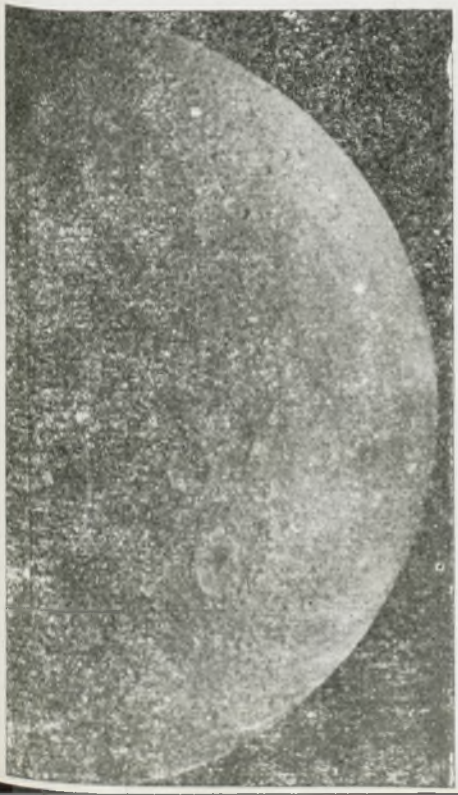
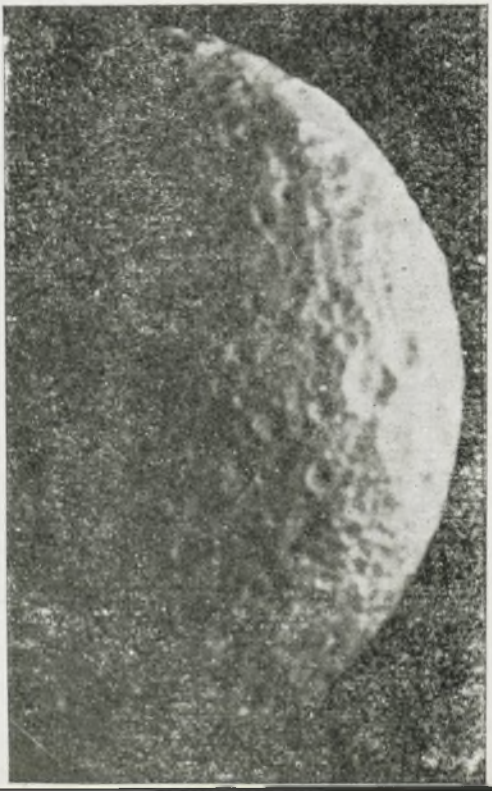
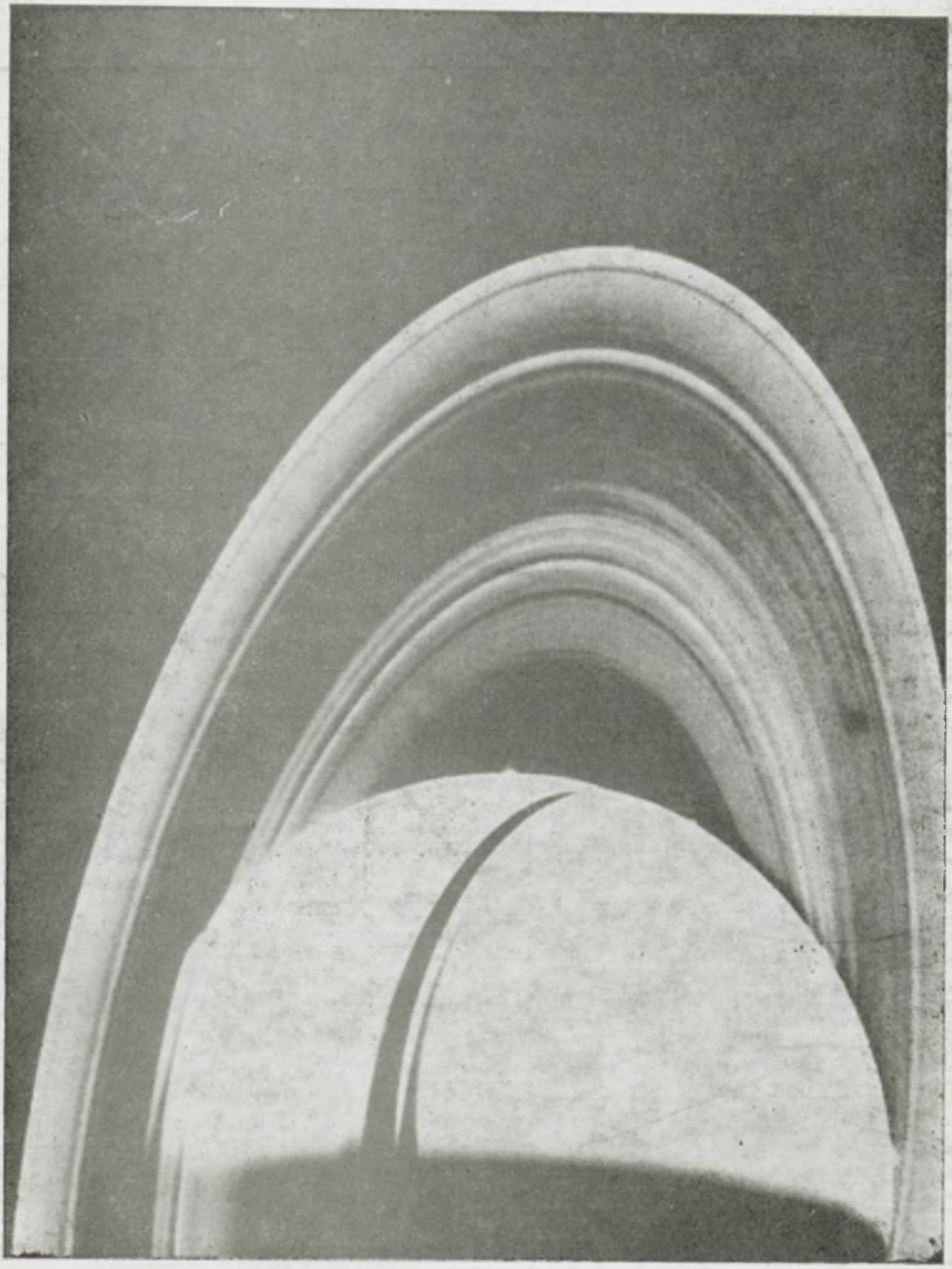
Pierwsza strona okładki: Ogólny wygląd kosmicznego teleskopu ultrafioletowego IUE.

Druga strona okładki: Wykonane 12 listopada 1980 roku przez sondę Voyager-1 zdjęcia satelitów Saturna: Mimas z odległości 129 000 km (u góry z lewej strony), Dione z odległości 162 000 km (u góry z prawej strony) i Rhea z odległości 128 000 km (u dołu).

Trzecia strona okładki: Zdjęcie fragmentu powierzchni Saturna wykonane 26 sierpnia 1981 roku przez sondę Voyager-2 podczas największego zbliżenia do planety.

Czwarta strona okładki: Jedno ze zdjęć pierścieni Saturna wykonane przez sondę Voyager-2.

Redakcja i Administracja: Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Zarząd Gł., 31-027 Kraków, Solskiego 30/8, tel. 22 38 92; Nr k-ta PKO I OM 35510-16391-132. Red. nacz.: L. Zajdler, 02-590 Warszawa, ul. Drużynowa 3, tel. 44 49 35. Sekr. red.: K. Ziołkowski. **Red. tech.:** T. Z. Dworak. **Przewodn. Rady Redakcyjnej:** S. Piotrowski. Warunki prenumeraty: dla członków PTMA (25% zniżki) — zł 156,— (bez składki członkowskiej), cena 1 egz. — zł 15,—. Zgłoszenia w Redakcji, adres j.w.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław. Oddział w Krakowie, 1982. Nakład 3500 egz. Objętość ark. wyd. 3, ark. druk. 2,25. Pap. druk. sat. kl. V. 65 g, 61×86.
Indeks 38001

Drukarnia Związkowa, Kraków, ul. Mikołajska 13 — Zam. 3837/82 — K-14 —3.500