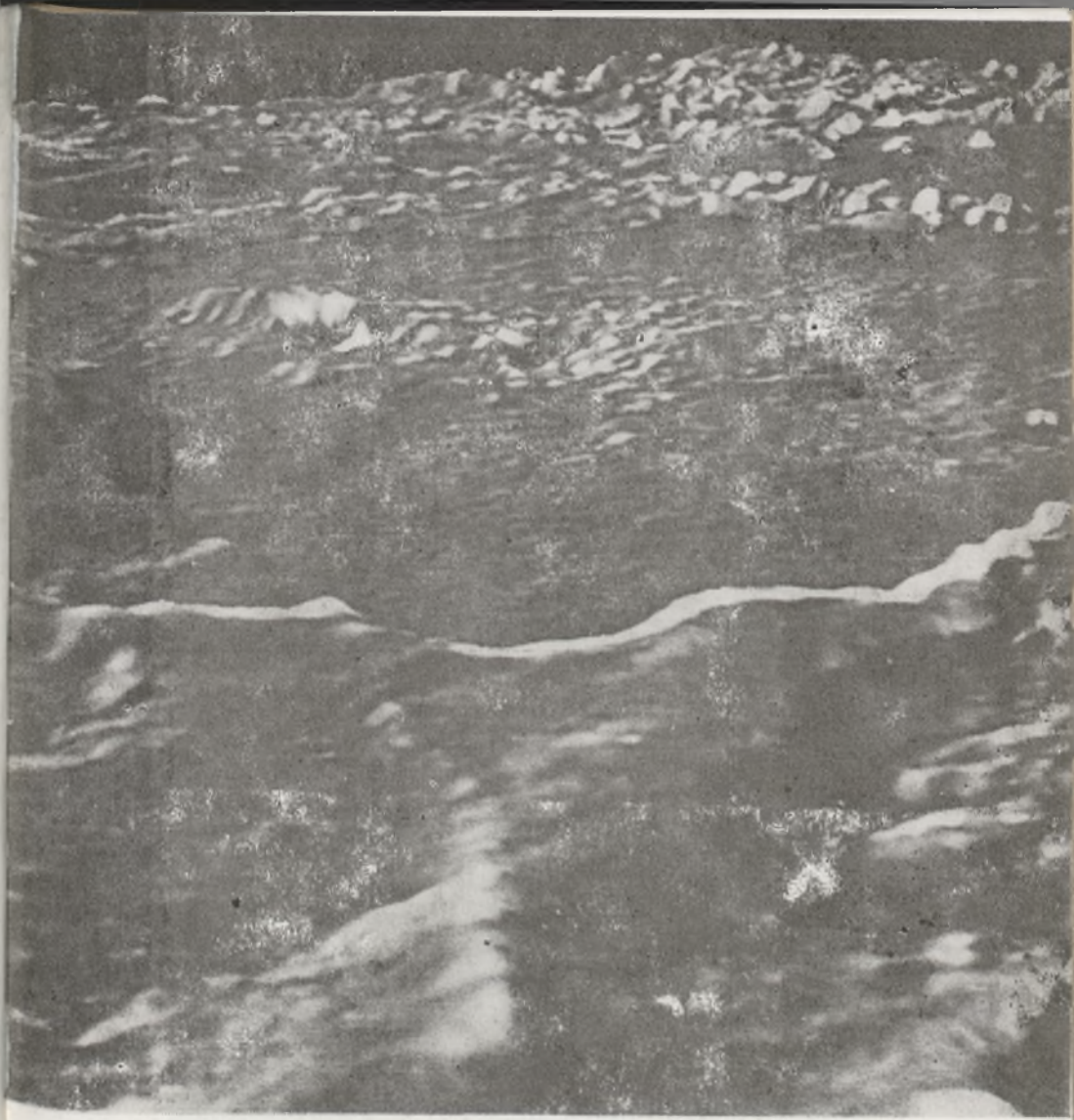
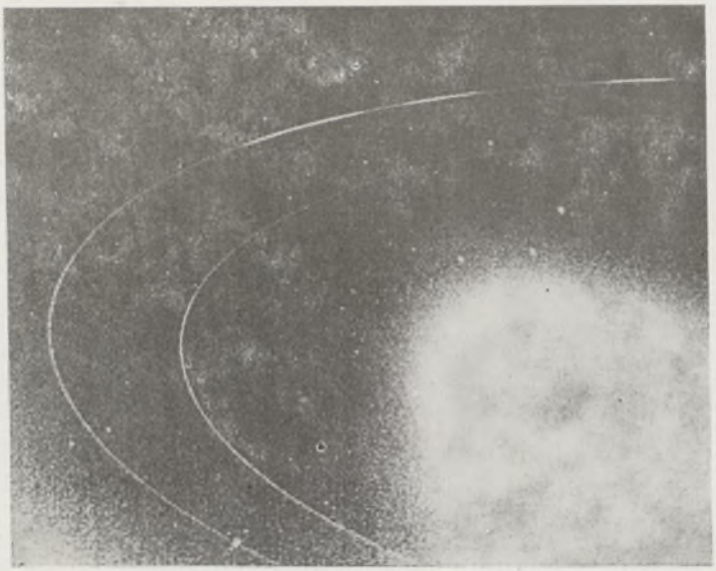
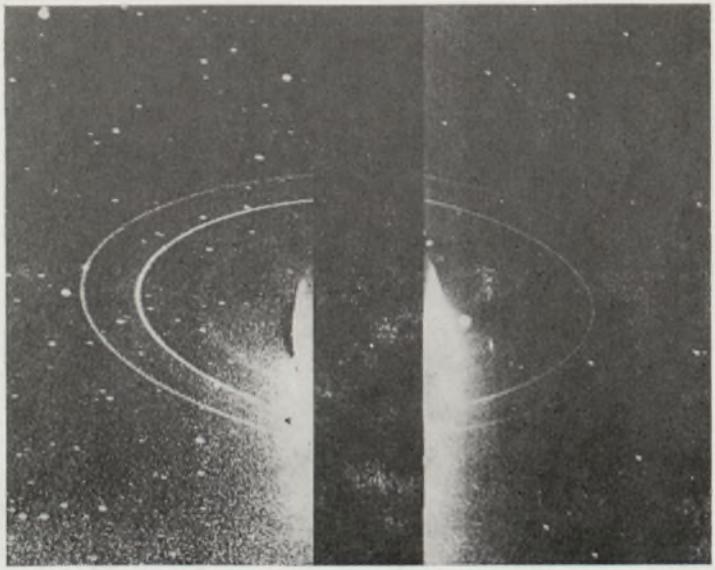


URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LXI MARZEC 1990 NR 3 (578)





PL ISSN 0042-07-94

URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LXI MARZEC 1990 Nr 3 (578)

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).

SPIS TREŚCI

Stanisław R. Brzostkiewicz — Voyager-2 odsłania tajemnice Neptuna i jego księżyców (66).

Marek Zawilski — Historyczne obserwacje zjawisk zaćmieniowych (III). Obserwacje starożytne. Kraje śródziemnomorskie (75).

Kronika: Słońce—Ziemia: pięcioletni program badań (87).

Kącik Olimpijczyka: Zadanie 3 z drugiego etapu XXXII Olimpiady Astronomicznej (90).

Poradnik Obserwatora: Obserwujmy gwiazdy zmienne długookresowe (92).

Obserwacje: Komunikat nr 8/89 Sekcji Obserwacji Słońca PTMA (93).

Kalendarzyk Astronomiczny (94).

Zdjęcia na okładce są kontynuacją rozpoczętej w ubiegłorocznym numerze grudniowym prezentacji obrazów Neptuna i jego satelitów, uzyskanych w sierpniu 1989 r. za pomocą sondy kosmicznej Voyager-2.

Najdonioślejszym i najbardziej spektakularnym wydarzeniem astronautycznym ubiegłego roku był przelot amerykańskiej sondy kosmicznej Voyager-2 w pobliżu Neptuna. O jej niezwykłych osiągnięciach pisaliśmy w **Uranii** *wielokrotnie, m. in. w numerach: 2/1989, 7—8/1987, 11/1986, 6—7/1982, 2/1982, 5/1980, 3/1978. Niniejszy numer rozpoczynamy natomiast artykułem prezentującym wyniki ostatniego już zbliżenia Voyagera-2 do najdalszej obecnie planety Układu Słonecznego.*

W minionym roku rozpoczęło pracę kilka nowych obiektów kosmicznych o przeznaczeniu astronomicznym. W Stanach Zjednoczonych wystrzelono dwie sondy międzyplanetarne: Magellan (start 4 V 1989 na pokładzie promu kosmicznego Atlantis) dla radarowej penetracji powierzchni Wenus i Galileo (start 18 X 1989 również na pokładzie wahadłowca Atlantis) dla badań Jowisza i jego księżyców oraz sztucznego satelitę COBE (start 18 XI 1989) do badań promieniowania tła. Europejska Agencja Kosmiczna umieściła na orbicie wokółziemskiej satelitę Hipparcos (start 8 VIII 1989) do pomiarów pozycji, paralaks, ruchów własnych i parametrów fotometrycznych około 120 tys. gwiazd (niestety porusza się on inaczej niż planowano, co znacznie ograniczy realizację programu misji). W Związku Radzieckim wystrzelono francusko - radzieckiego satelitę Granat (start 1 XII 1989) do obserwacji kosmicznych źródeł promieniowania rentgenowskiego i gamma.

Pierwsza strona okładki: Obraz tego samego fragmentu powierzchni Trytona co na pierwszej stronie okładki poprzedniego numeru, ale tak komputerowo przetworzony, by uzyskać perspektywiczny wygląd depresji o średnicy ok. 200 km z centralnym kraterem uderzeniowym; zdjęcie, które posłużyło do uzyskania tego obrazu zostało wykonane z odległości ok. 181 tys. km.

Druga strona okładki: Zdjęcia pierścieni Neptuna.

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ — Dąbrowa Górnicza

VOYAGER-2 ODSŁANIA TAJEMNICE NEPTUNA I JEGO KSIĘŻYCÓW

Za nami jeden z najbardziej spektakularnych eksperymentów astronautycznych kończącego się stulecia. Gdy przed dwunastu laty Voyager-2 wyruszał w swą dziewiczą podróż, mało kto z nas przypuszczał wówczas, iż ta jedna sonda kosmiczna dostarczy nam tylu rewelacyjnych informacji o wszystkich czterech planetach grupy jowiszowej i że uzyskane za jej pomocą wiadomości tak gruntownie zmienią nasze wyobrażenia o tych dalekich, a więc trudnych do obserwacji z Ziemi ciałach Układu Słonecznego. Należy przy tym uwzględnić to, że obiekty badane przez Voyagera-2 w miarę wzrostu ich odległości od Słońca są coraz gorzej oświetlone i ponadto na skutek zwiększającej się wciąż odległości sygnał radiowy wysłany przez aparaturę sondy musiał przebyć coraz dłuższą drogę, toteż docierał do Ziemi coraz słabszy i bardziej zniekształcony przez naturalny „szum" radiowy. Na szczęście w ciągu tych dwunastu lat nastąpił znaczny postęp w łączności radiowej, do odbioru sygnałów radiowych Voyagera-2 użyto większych anten, a w dodatku udoskonalono metodę opracowywania uzyskanych tą drogą danych naukowych. Dzięki temu obrazy dalekiego Neptuna pod względem jakości nie tylko dorównują, lecz w pewnych przypadkach nawet przewyższają obrazy Jowisza, które otrzymano przed dziesięcioma laty. Krótko mówiąc — misję sondy Voyager-2 zaliczyć należy do najwspanialszych osiągnięć naukowo-technicznych schyłku XX wieku.

Neptun — jak tego dowodzą obrazy otrzymane za pomocą Voyagera-2 — charakteryzuje się intensywnie błękitną barwą. Pod tym względem bardzo różni się on od pomarańczowo-błękitnego Urana i w pełni zasługuje na miano „modrej planety", co do niedawna niemal machinalnie kojarzyło się nam z Ziemią. Ma bowiem podobną do niej barwę, lecz na tym właściwie kończy się podobieństwo między naszą planetą a Neptunem, który pod wieloma innymi względami — zgodnie zresztą z dotychczasowymi przypuszczeniami — podobny jest raczej do pozostałych trzech planet grupy jowiszowej. W jego gęstej, metanowej atmosferze także przebiegają burzliwe procesy, do złudzenia przypominające procesy obserwowane w atmosferach Jowisza i Saturna. W średnich szerokościach południowej półkuli „modrą planetę" otacza ciemny pas, znaj-

dują się tam również ciemne plamy, będące — jak należy sądzić — ogromnymi wirami atmosferycznymi. Niektórzy uważają je za coś w rodzaju „tuneli", przez które metan wydostaje się ku górze. Na uwagę zasługuje zwłaszcza ciemna plama położona około 20° na południe od równika planety, przez analogię do jowiszowej Wielkiej Czerwonej Plamy (Great Red Spot) zwana Wielką Czarną Plamą (Great Dark Spot). Ma ona owalny kształt i zajmuje obszar porównywalny z rozmiarami globu ziemskiego. Towarzyszą jej białe obłoki, składające się z „kryształków" lodu metanowego. Obłoki takie widać także w innych rejonach planety, unoszą się one na wysokości od 50 do 100 km ponad jej właściwą atmosferę i przemieszczają się z prędkością dochodzącą do 1440 km na godzinę (400 m/s). Ta dynamika atmosfery Neptuna stanowi dużą zagadkę dla planetologów, znajduje się on bowiem prawie 2,5 raza dalej od Słońca niż Uran i otrzymuje dużo mniej energii (zaledwie jedną tysięczną tej energii co Ziemia). „Modra planeta" musi zatem posiadać jakieś inne, wewnętrzne źródło energii, o czym zresztą świadczy też temperatura zewnętrznych warstw jej atmosfery. Wynosi ona 70 K (—213° C), czyli jest nieco wyższa od temperatury wyznaczonej na podstawie rozważań teoretycznych.

Są to oczywiście pierwsze wyniki udanego przelotu Voyagera-2 w pobliżu Neptuna. Minął on planetę zaledwie w odległości 4850 km, czyli jego trajektoria odbiegała od zaplanowanej jedynie o 43 km, co należy uznać za duże osiągnięcie uczonych z Jet Propulsion Laboratory w Pasadenie (ośrodek ten zaprojektował cały eksperyment i kierował jego przebiegiem). Uzyskane jednak za pomocą Voyagera-2 dane wymagają wnikliwego opracowania, na to zaś — jak wiadomo — potrzeba odpowiedniego czasu. Dotyczy to zarówno samych obrazów planety i jej księżyców, jak i danych uzyskanych w wyniku przeprowadzenia wielu innych eksperymentów. Wystarczy wspomnieć o radiowym zakryciu sondy przez glob Neptuna, co trwało 49 minut. Dokładna analiza przebiegu tego zjawiska powinna dostarczyć cennych informacji o składzie atmosfery planety, jej temperaturze i ciśnieniu. Nie można też wykluczyć, że na podstawie tych obserwacji uda się jeszcze dokładniej wyznaczyć masę Neptuna, która dotychczas była określona wyłącznie w oparciu o obserwacje jego dwóch znanych dotąd księżyców — Trytona i Nereidy. Z opublikowanych ostatnio danych wynika, że atmosfera Neptuna składa się z wodoru (85%), helu (13%) i metanu (2%). Jej tempera-

tura w warstwie o ciśnieniu 1,5 bara wynosi 85 K (—188° C), lecz spada wraz ze wzrostem wysokości i w warstwie o ciśnieniu 0,2 bara wynosi około 57 K (—216° C). Uściślenia wymaga także okres rotacji planety, gdyż na podstawie analizy obrazów Wielkiej Czarnej Plamy stwierdzono jedynie, że okres ten jest krótszy od okresu wyznaczonego na podstawie naziemnych obserwacji, wynosi bowiem 16 godzin i 3 minuty. * Trudno jednak powiedzieć, czy jest to wartość ostateczna, bo być może będzie ją można dokładniej ustalić na podstawie analizy tamtejszego pola magnetycznego. Neptun — zgodnie z oczekiwaniami — posiada takie pole, chociaż jest ono słabsze zarówno od pola magnetycznego Ziemi, jak i od pól magnetycznych Jowisza i Saturna. Stwierdzono przy tym, iż dipol magnetyczny „modrej planety" wykazuje znaczne odchylenie od jej osi rotacyjnej, tamtejsze bieguny magnetyczne są po prostu o 50° przesunięte względem biegunów geograficznych. Pod tym więc względem Neptun zajmuje w Układzie Słonecznym drugie miejsce (oś magnetyczna Urana jest odchylona względem jego osi rotacyjnej aż o 60°).

A zatem już te pierwsze informacje rzucają zupełnie nowe światło na naturę najdalszej aktualnie planety Układu Słonecznego. To samo można śmiało powiedzieć o księżycach Neptuna, a niektórzy idą nawet dalej i zdecydowanie twierdzą, że pod tym względem wyniki uzyskane za pomocą Voyagera-2 są szczególnie cenne, może cenniejsze od danych dotyczących samej planety. Pierwszych odkryć w tej dziedzinie dokonano na długo przed zbliżeniem sondy do Neptuna, bo już na obrazie uzyskanym 7 lipca 1989 roku zauważono jego trzeci księżyc (1989 N1), a trzy dalsze (1989 N2, 1989 N3 i 1989 N4) — na obrazach otrzymanych 3 sierpnia tegoż roku. No i wreszcie 24 sierpnia, czyli zaledwie dzień przed największym zbliżeniem Voyagera-2 do planety odkryto dwa dalsze księżyce (1989 N5 i 1989 N6). Należy przy tym dodać, że obiekt 1989 N2 najprawdopodobniej po raz pierwszy został zaobserwowany już 25 maja 1981 roku przez Harolda Reitsem (otrzymał wtedy oznaczenie 1981 N1), kiedy to nastąpiło zakrycie gwiazdy 55 Ophiuchi przez tarczę planety. Więcej jednak go nie obserwowano i wobec tego trzeba było czekać aż osiem lat, by się ostatecznie przekonać, że obiekt ten faktycznie istnieje. Przykład ten najlepiej uzasadnia nakłady finansowe, jakie w wielu krajach poświęca się na rozwój naziemnej astronomii. Dotąd nie powiedziała ona ostatniego słowa!

* *Urania* nr 7/1989, str. 194—203.

Ale jest to już inny temat i wobec tego wróćmy do zagadek Neptuna. Jedną z nich stanowiły niewątpliwie pierścienie planety, których istnienie od dawna podejrzewano, lecz mimo wysiłku wielu astronomów sprawy tej nie udało się definitywnie rozstrzygnąć. Tak więc do ostatniej chwili zadawaliśmy sobie pytanie, czy Neptun posiada pierścienie, czy też jest ich pozbawiony. Odpowiedź nadeszła 11 sierpnia 1989 roku, kiedy to na otrzymanych obrazach planety po raz pierwszy dostrzeżono jej dwa najjaśniejsze pierścienie, a ściślej mówiąc — ich najszersze i najgęściejsze części, na wspomnianych obrazach widoczne w postaci łuków o długości 10 i 50 tysięcy km. Neptun otacza jednak — jak się okazało — więcej takich tworów, pierścień trzeci odkryto 22 sierpnia, a dzień później zauważono czwarty, bardzo słaby pierścień. Ma on wprawdzie dużą szerokość, lecz nadzwyczaj małą gęstość i w związku z tym jest ledwo widoczny. Są zaś podstawy by przypuszczać, że nie stanowi on jakiegoś wyjątku i że Neptun ma więcej tego typu pierścieni. Być może coś bliższego na ten temat powie nam wnikliwa analiza przebiegu zakrycia przez pierścienie gwiazdy σ Sagitarii, do czego doszło 5 i 3 godziny przed największym zbliżeniem sondy do planety i zostało dokładnie zarejestrowane. Na razie można jedynie powiedzieć, że pierścienie Neptuna składają się zarówno z pyłu, jak i z różnej wielkości okruchów lodu. W jednym z łuków zewnętrznego pierścienia stwierdzono obecność nawet dość dużych brył lodowych, mających bowiem od 10 do 22 km średnicy. Można zaś sądzić, że podobne bryły lodu znajdują się również w pozostałych „zgrubieniach" tego pierścienia, a może także w podobnych „zgrubieniach" pierścienia środkowego. Wątpić natomiast wypada, by pierścienie Neptuna były dostępne do obserwacji dla astronomów z ubiegłego stulecia (William Lassell i James Challis) i wszystko wskazuje raczej na to, że jednak ulegli oni sugestii. Współcześni astronomowie mają przecież do dyspozycji większe i doskonalsze przyrządy obserwacyjne, a mimo to nie udało im się jak dotąd dostrzec tych tworów. W ciągu zaś jednego stulecia pierścienie Neptuna nie mogły się zbyt wiele zmienić!

Na podstawie naziemnych obserwacji nie udało się nawet poprawnie wyznaczyć wielkości Trytona. W oparciu o obserwowaną jasność tego księżyca przyjęto, że ma on około 5000 km średnicy i masę porównywalną z masą Ganimedesa, a więc jego gęstość wynosiłaby około 2100 kg/m^3. Tymczasem w rzeczywistości Tryton jest dużo mniejszy, mniejszy nawet od na-

Tabela 1

Przebieg misji sondy Voyager-2 (jej start z Ziemi nastąpił 20 sierpnia 1977 roku)

Nazwa planety	Jowisz	Saturn	Uran	Neptun
Średnia odległość planety od Słońca	5,202561 j.a.	9,554747 j.a.	19,21814 j.a.	30,10957 j.a.
Data przelotu sondy w pobliżu planety	9 VII 1979	25 VIII 1981	24 I 1986	25 VIII 1989
Czas od startu sondy do jej przelotu obok planety	23 miesiące	4 lata	8 lat 5 miesięcy	12 lat
Czas potrzebny na dotarcie sygnału radiowego z sondy do Ziemi	52 minuty	1 godz. 26 min	2 godz. 45 min	4 godz. 6 min
Najmniejsza odległość sondy od środka planety	721 670 km	161 094 km	107 000 km	29 183 km
Najmniejsza odległość sondy od zewnętrznej warstwy chmur planety	650 180 km	100 830 km	81 440 km	4 850 km

Tabela 2

Najważniejsze dane o księżycach Neptuna

Nazwa księżyca lub oznaczenie prowizoryczne	Odległość księżyca od środka planety (w km)	Okres obiegu planety przez księżyc	Średnica księżyca (w km)	Odkrywca i rok odkrycia
1989 N 6	48 200	7,1 godziny	50	Voyager-2 (1989)
1989 N 5	50 000	7,5 „	90	Voyager-2 (1989)
1989 N 3	52 500	8,0 „	140	Voyager-2 (1989)
1989 N 4	62 000	9,5 „	160	Voyager-2 (1989)
1989 N 2	73 600	13,3 „	200	Voyager-2 (1989)
1989 N 1	117 600	26,9 „	400	Voyager-2 (1989)
Tryton	354 500	5,9 dnia	2 720	W. Lassell (1846)
Nereida	5 510 660	359,4 „	340	G. P. Kuiper (1949)

Tabela 3

Niektóre dane o pierścieniach Neptuna

Tymczasowa nazwa pierścienia (w nawiasach podano oznaczenia prowizoryczne)	Promień pierścienia (odległość od środka planety wyraż. w km)	Szerokość pierścienia (w km)	Zawartość pyłu (w procentach)
Pierścień wewnętrzny (1989 N 3 A)	42 000	50	40—60
Pierścień środkowy (1989 N 2 A)	53 000	50	40—60
Pierścień ciemny	56 000	4000	10
Pierścień zewnętrzny (1989 N 1 A)	63 000	50	30—60

szego Księżyca, ma bowiem zaledwie 2720 km średnicy. Jest zatem mało prawdopodobne, aby miał taką samą masę jak Ganimedes, gdyż wówczas jego średnia gęstość byłaby co najmniej kilkanaście razy większa od gęstości wody. Ale miejmy nadzieję, że i ten problem zostanie niebawem pomyślnie rozwiązany. Wystarczy przecież dokonać analizy trajektorii Voyagera-2, który minął Trytona w odległości około 38 tys. km, toteż oddziaływanie grawitacyjne księżyca musiało w mniejszym lub większym stopniu wpłynąć na ruch sondy. Dla planetologów zaś znajomość powyższego parametru ma bardzo duże znaczenie, bo gdyby masa Trytona faktycznie okazała się tak wielka, musiałby on wówczas mieć „anormalnie" dużą gęstość, toteż budową swego wnętrza musiałby znacznie różnić się od innych księżyców tej wielkości i byłby to prawdziwy „fenomen przyrody", który nie łatwo byłoby wytłumaczyć planetologom. Lecz dane uzyskane za pomocą Voyagera-2 mówią zdaje się zupełnie coś innego... Zgodnie z oczekiwaniem masa Trytona okazała się być dużo mniejsza niż to wynikało z naziemnych obserwacji i jego średnia gęstość jest zupełnie normalna, gdyż waha się w granicach od 2020 do 2030 kg/m^3.

Pod względem wielkości Tryton zajmuje siódme miejsce wśród księżyców Układu Słonecznego. Większą od niego średnicę mają bowiem nie tylko Ganimedes (5276 km) i Tytan (5150 km), ale także Callisto (4820 km), Io (3632 km), Księżyc (3476 km) i Europa (3126 km). Tak więc rozmiary Trytona mieszczą się „w normie", lecz mimo to powszechnie uchodzi on za najbardziej zagadkowy księżyc w całym układzie planetarnym Słońca i — jak się za chwilę przekonamy — określenie powyższe okazuje się być w pełni uzasadnione. Przede wszystkim należy przypomnieć, że w odróżnieniu od wymienionych wyżej sześciu księżyców obiega on macierzystą planetę w odwrotnym kierunku i chociaż nie jest w tym odosobniony, bo wsteczny ruch wykazuje pięć inych księżyców (cztery zewnętrzne księżyce Jowisza i najdalszy księżyc Saturna), to jednak w porównaniu z nim są to niewielkie ciała (średnice tych księżyców wahają się w granicach od 36 do 220 km). A przy tym obiegają one macierzyste planety w bardzo dużych odległościach (od 12,9 do 23,9 mln km), w związku z czym na ogół nie uważa się ich za rodzime ciała tych planet, lecz za uwięzione w ich polach grawitacyjnych planetoidy. Tryton tymczasem krąży bardzo blisko Neptuna mniej więcej w takiej samej odległości od niego, w jakiej nasz Księżyc okrąża Ziemię. Jest to intrygujące i trudne do wyjaśnienia za-

gadnienie, choć od dawna na ten temat wysuwane są różne hipotezy. Wszystkie one przy tym zakładają, że już na początku istnienia Układu Słonecznego musiało w okolicy Neptuna dojść do jakiejś katastrofy, w wyniku której gruntownie zmienione zostały orbity Trytona i Nereidy. O ile ten pierwszy — jak już wspomniano — obiega planetę ruchem wstecznym po orbicie niemal kołowej, to orbita drugiego jest dla odmiany silnie wyciągnięta (mimośród wynosi 0,75) i dość znacznie nachylona względem płaszczyzny jej równika (pod kątem 25°), ale za to satelita porusza się po niej ruchem prostym.

Niestety, do Nereidy sonda Voyager-2 zbliżyła się tylko na odległość 4,7 miliona km. Tak więc nadal o nim wiemy bardzo mało, na podstawie uzyskanych obrazów udało się jedynie dokładnie poznać wielkość tego księżyca i jego kształt. Pod tym zaś względem badania dokonane za pomocą Voyagera-2 nie wniosły nic nowego, rozmiary Nereidy okazały się być bardzo zbliżone do rozmiarów, które wyznaczono w oparciu o naziemne obserwacje. Zaskakujące może jest jedynie to, że wśród księżyców Neptuna zajmuje on dopiero trzecie miejsce, gdyż cokolwiek większy od niego okazał się obiekt 1989 N1 i na pierwszy rzut oka może się nawet wydawać dziwne, że nie został on dostrzeżony już z Ziemi. Tak by się zapewne stało, gdyby nie krążył blisko planety i nie ginął w jej blasku. Jego orbita — podobnie jak orbity wszystkich pięciu nowych księżyców Neptuna — leży wewnątrz orbity Trytona. W odróżnieniu jednak od niego obiegają one macierzystą planetę ruchem prostym!

Zgodnie z oczekiwaniem Nereida i księżyc 1989 N1 mają powierzchnie zryte kraterami uderzeniowymi. Niemałe natomiast zdziwienie wywołała powierzchnia Trytona, która okazała się zaskakująco gładka, a w każdym razie jej relief jest nieznaczny, wysokość wzniesień nie przekracza na ogół kilkuset metrów. Jest jednak ciekawie „porysowana", przede wszystkim uwagę zwracają podłużne struktury, tworzące interesujące wielokąty przeróżnych rozmiarów. Ich grzbiety — jak już wspomniano — nie są zbyt wysokie, z czego jednoznacznie wynika, iż księżyc ten ma, lub niedawno jeszcze miał, miękką i grząską skorupę, skutkiem czego wyższe formacje nie mogą się na niej utrzymać. Najprawdopodobniej tworzy ją zamrożony azot i metan, toteż dlatego Tryton ma wyjątkowo dużą jasność, znacznie większą od naszego Księżyca. Pod tym względem bardzo przypomina Europę, do którego zresztą

ma zbliżone rozmiary, a która — jak wiadomo — w całości jest pokryta lodem. Tryton natomiast ma przypuszczalnie powierzchnię pokrytą zmrożoną mieszaniną azotu i metanu, zabarwioną przy tym organicznymi składnikami powstałymi w wyniku przemiany metanu, co w efekcie daje coś w rodzaju „różowego śniegu". Tego się absolutnie nie spdziewano, oczekiwano bowiem na występowanie tam „jezior" i „mórz" ciekłego azotu, lecz to byłoby możliwe jedynie przy odpowiednio wysokiej temperaturze. Tymczasem na Trytonie jest dużo zimniej niż się spodziewano, średnia temperatura tego księżyca wynosi zaledwie 37 K (—263° C), a więc mamy tu do czynienia z najchłodniejszym, znanym ciałem Układu Słonecznego. To również zdaje się przemawiać za hipotezą, że nie jest on rodzimym satelitą Neptuna, lecz jakimś obcym ciałem, które zostało przez planetę przechwycone. W każdym razie wielkością i przypuszczalnie gęstością przypomina Plutona.

Najbardziej zaskoczyły planetologów występujące na powierzchni Trytona ciemne plamy. Do złudzenia przypominają one plamy na powierzchni Io i na pierwszy rzut oka wyglądają jak jeziora, lecz nie ma najmniejszej chyba podstawy sądzić, aby to były kotliny wypełnione jakąś cieczą. Przypuszczalnie mamy tu do czynienia z zamarzniętym azotem, który wydostał się na powierzchnię Trytona w wyniku jego aktywności wulkanicznej. Trudno oczywiście już dziś powiedzieć, czy te azotowe wulkany są nadal aktywne, chociaż takiej możliwości wykluczyć nie można. Otrzymane za pomocą Voyagera-2 obrazy zdają się świadczyć o tym, że powierzchnia Trytona w porównaniu z powierzchnią naszego Księżyca jest dużo młodsza, a to świadczyłoby o tym, iż tamtejsze wulkany niedawno jeszcze były aktywne, lub może takimi są do chwili obecnej. Gdyby to okazało się prawdziwe, byłby Tryton trzecim ciałem w Układzie Słonecznym, wykazującym aktywną działalność wulkaniczną. Pierwszym z nich to oczywiście Ziemia, drugim natomiast Io, na którym — jak to wykazały obrazy otrzymane właśnie za pomocą sond Voyager — do dziś istnieją czynne wulkany. Wprawdzie o taką aktywność podejrzewa się też Wenus, lecz jak na razie brak na to przekonywujących dowodów. W przypadku Trytona sytuacja wydaje się być bardziej „klarowna", pod jego powierzchnią — zdaniem Larry Soderbloma — mogą tworzyć się zbiorniki ciekłego azotu i od czasu do czasu wybuchać, wyrzucając podczas erupcji „produkty wulkaniczne" nawet na wysokość 40 km. Materia ta opada na powierzchnię księżyca i tworzy ciemne smugi dobrze widoczne na tle zmrożonej mieszaniny azotu i metanu.

Na zakończenie koniecznie trzeba wspomnieć o atmosferze Trytona. Jej istnienie stwierdzono już na podstawie naziemnych obserwacji i nikogo to nie dziwiło, gdyż według tych pomiarów miał on mieć znacznie większe rozmiary. Dziś istnienie atmosfery Trytona wydaje się być niezrozumiałe, poza nim może się tym poszczycić właściwie tylko Tytan, lecz ten w porównaniu z nim jest prawdziwym olbrzymem. Prawdopodobnie dużo mniejszy od niego Tryton mógł utrzymać atmosferę tylko dlatego, że krąży znacznie dalej od Słońca i otrzymuje od niego o wiele mniej energii. Jego atmosfera sięga do wysokości około 800 km, składa się zaś głównie z azotu i metanu, przy czym tego pierwszego jest prawie dziesięć tysięcy razy więcej. Ma ona oczywiście niewielką gęstość, ciśnienie przy powierzchni Trytona wynosi zaledwie 10 mikrobarów, co odpowiada mniej więcej dziesięciu milionowym częściom ciśnienia atmosferycznego na Ziemi. W tej sytuacji trudno zatem przypuszczać, aby wiały tam silne wiatry i mogły z miejsca na miejsce przenosić cząsteczki pyłu. Wspomniane więc ciemne smugi zdaje się faktycznie powstają w wyniku wybuchów tamtejszych wulkanów azotowych, lecz na ostateczne rozwiązanie tej zagadki przyjdzie chyba jeszcze nieco poczekać. Ale może coś bardziej konkretnego dostarczy bardziej wnikliwa analiza materiału uzyskanego za pomocą Voyagera-2, który obecnie oddala się już w przestrzeń międzygwiazdową? Jest jednak nadal aktywny i łączność radiowa ma być z nim utrzymywana co najmniej przez trzydzieści lat.

MAREK ZAWILSKI — Łódź

HISTORYCZNE OBSERWACJE ZJAWISK ZAĆMIENIOWYCH (III) OBSERWACJE STAROŻYTNE KRAJE ŚRÓDZIEMNOMORSKIE

Grecja i świat helleński

1. *Obserwacje zaćmień Słońca*

Wiarygodne doniesienia o europejskich obserwacjach zaćmień Słońca pochodzą właśnie z Grecji. Już poeci Archiloch z wyspy Paros (VII w p.n.e.) oraz Pindar z Teb (od —517 do — 445 r.) podają w swych dziełach pewne mało konkretne i nie datowane wzmianki o zaćmieniach Słońca. Przypuszcza

się, że mogło chodzić o zaćmienia 6 kwietnia —647 r. oraz 30 kwietnia —462 r. Jedynie one mogły być widoczne jako całkowite odpowiednio na Paros i w Tebach. Kolejnym zaćmieniem, o obserwacji którego wiemy ze źródeł greckich, było całkowite zaćmienie Słońca 28 maja —584 r. Opisał je Herodot z Halikarnasu (ok. —484 do ok. —541 r.), zwany ojcem historii, autor licznych prac historycznych, w tym omawiających historię wojen grecko-perskich. W dziele, noszącym ogólny tytuł *Dzieje*, t. I, znajduje się opis bitwy, jaką stoczyli między sobą Lidyjczycy i Medowie nad rzeką Halys w Azji Mniejszej (obecnie: Kyzył-Irmak w płn. Turcji). Opis ten cytował potem Cycero. Herodot pisze, że „[...] wśród tego raz nawet było coś na kształt nocnej potyczki. Kiedy mianowicie przy równych szansach przedłużali wojnę, zdarzyło się w szóstym roku wrogich ich zmagań, że podczas walki dzień nagle ustąpił przed nocą. Tę przemianę dnia przepowiedział był Jończykom Tales z Miletu, jako termin ustalił właśnie ten rok, w którym istotnie ona nastąpiła [...]". Co do przepowiedni Talesa (ok. —620 do ok. —540 r.) — prawdopodobnie znał on cykliczność zdarzania się zaćmień dzięki informacjom, uzyskanym od Babilończyków. Mógł więc może podać rok zaćmienia, ale nie był w stanie przewidzieć dokładnej daty zaćmienia, ani tym bardziej jego przebiegu. Wpływ zaćmienia na przebieg bitwy był podobno decydujący, gdyż zaniechano walki i zawarto pokój. Nieprzewidziane zaćmienie musiało przerazić walczące strony (rys. 1).

Najsłynniejszy z historyków greckich Tukidydes (ok. —460 do ok. —400 r.) opisał w *Wojnie Peloponeskiej* jedno z zaćmień, widoczne w Atenach lub w Tracji. Jest ono zwane odtąd zaćmieniem Tukidydesa, a stanowi pierwsze doniesienie z terenu Europy: „Podczas lata, na początku miesiąca księżycowego, Słońce zaćmiło się po południu. Widoczne jako sierp, potem wypełniło się, a podczas zaćmienia gwiazdy zaczęły być widoczne". Opisane zaćmienie nastąpiło, co nietrudno było ustalić, w dniu 3 sierpnia —430 r. W Grecji było ono faktycznie częściowym o dużej fazie, ale w takim razie informacja o widoczności gwiazd nie jest prawdziwa... Po raz pierwszy jednak opisane zostały fazy zaćmienia i podana informacja o widoczności gwiazd, które mogły być zauważone podczas jakiegoś innego zaćmienia całkowitego.

Inne zaćmienie Słońca opisuje Hipparch. Posłużyło mu ono do wyznaczenia odległości Księżyca od Ziemi. Zaćmienie to było widoczne jako całkowite w kolicach Hellespontu, zaś

Rys. 1. Artystyczna wizja całkowitego zaćmienia Słońca 28 maja —584 r.

w Aleksandrii określono maksymalną fazę na 4/5. Była to więc pierwsza znana obserwacja z dwóch różnych, odległych miejsc. Niestety nie wiadomo, czy sam Hipparch obserwował to zjawisko, czy też wykorzystał jedno z wcześniejszych. W grę wchodzą trzy zaćmienia, które przebiegały w opisany sposób: 15 sierpnia —309 r., 14 marca —189 r. oraz 20 listopada —128 r. Hipparch żył w latach od ok. —180 do ok. — 125 r.,

Tabela 1

Ważniejsze zaćmienia Słońca, cytowane przez autorów greckich i rzymskich

L.p.	Data	Miejscowość	Dane obliczone				Nazwa zaćmienia
			Max. UT	$A_{\odot}$	$h_{\odot}$	Faza max.	
1.	-584 V 28	rz.Halys[x]	$15^h.7$	+108°	10°	1.02	z. Talesa
2.	-556 V 19	Aspadana ?	14.3	+105	11	0.93[a]	z. Ksenofonta
		Larissa ?	13.9	+81	40	0.94[a]	"
3.	-479 X 2	Salamina	11.7	+31	46	0.65[b]	z. Herodota
4.	-430 VIII 3	Ateny ?	15.6	+99	21	0.85[b]	z. Tukidydesa
5.	-399 VI 21	Rzym ?	18.6	+123	0	0.94[a]	z. Eniusza
6.	-309 VIII 15	M.Środz.[xx]	6.2	-93	23	1.01	z. Agatoklesa
7.	-128 XI 20	Hellespont[xxx]	13.9	+54	10	0.98[a]	z.Hipparcha
		Aleksandria	14.1	+60	10	0.77[a]	"
8.	+71 III 20	Cheronea ?	10.2	-9	50	0.88[a]	z. Plutarcha
9.	+364 VI 16	Aleksandria	14.8	+103	27	0.42	z. Theona
10.	+484 I 14	Ateny ?	6.3	-58	5	0.99[a]	z. Proclusa

Uwagi :

[a]) zaćmienie całkowite w pasie centralnym

[b]) zaćmienie obrączkowe w pasie centralnym

[x]) obliczone dla punktu o współrzędnych : $\lambda = 35^\circ$ E , $\varphi = 39^\circ$ N

[xx]) " " " " 13.8 36.8

[xxx]) " " " " 26.5 40.3

stąd też większość autorów skłania się do ostatniej z dat. Znając wcześniejsze pomiary Ziemi Erathostenesa z Cyreny (ok. —274 do ok. —193 r.) mógł Hipparch, znając też odległość Hellespontu od Aleksandrii i średnicę kątową Słońca, określić łatwo paralaksę Księżyca. W wyniku otrzymał, że przyjął, że opis odzwierciedla centralne odkrycie planety przy dokładnych wartościach od 56 do 64).

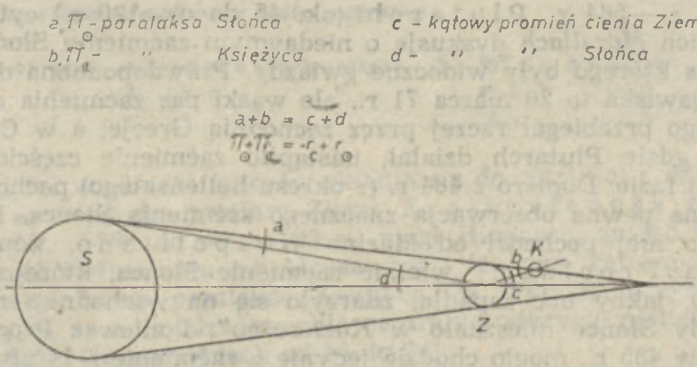
Jeszcze inny historyk grecki, Ksenofont, (ok. —430 do ok. —355) podaje, niepewną informację o całkowitym za-

ćmieniu Słońca, które miało nastąpić, gdy król perski (prawdopodobnie Cyrus II) oblegał miasto Larissę w Medii. Dzięki zamieszaniu, wywołanemu zaćmieniem, Persowie zdobyli miasto. Niestety, miasta o tej nazwie w Medii nie było i nazwa ta jest raczej podana błędnie (była m. in. Larsa w Asyrii). Cyrus zdobył stolicę Medii, Ekbatanę najpóźniej w r. —549. Mamy tu więc prawdopodobnie do czynienia z typową asymilacją, czyli przypisaniu niecodziennych zjawisk — innym wydarzeniom, ważnym w świadomości ogółu. (tu. słynnej bitwie przypisano zaćmienie, które nastąpiło kiedy indziej). Mogło chodzić o zaćmienie z 19 maja —556 r., którego pas całkowitości przebiegał przez Medię, np. w pobliżu twierdzy Aspadana. Zaćmienie to mogło być też przypisane do okresu wojen grecko-perskich i jakichś walk o miasto Larissę w Grecji, ale są to czasy znacznie późniejsze. Tego typu przykłady nie są wyjątkowe w twórczości starożytnych historyków. Dotyczy to np. rzekomego zaćmienia, jakie wydarzyło się podczas walk o Termopile (w ogóle nie było) lub podczas bitwy pod Salaminą (zamiast całkowitego było tylko częściowe, 2 października —479 r.). Autorem tych informacji był znów Herodot.

Wzmiankowane już zaćmienie z r. —309 jest znane z innego źródła, wg Diodora Siclusa. W tym czasie Agatokles, władca Syrakuz, uchodził nocą przed ścigającymi go statkami kartagińskimi. Rano następnego dnia był świadkiem niezwykłego zjawiska: „dzień zamienił się w noc, gwiazdy ukazały się na niebie". W miarę dokładnie da się określić pozycję statku na morzu i potwierdzić przebieg zjawiska. Ciekawe jest to, że na podstawie tego właśnie zaćmienia możliwe było, dzięki podaniu dat w rachubie olimpiad, ustalenie daty zaćmienia Talesa z —584 r. Plutarch (ok. 45 do ok. 120 r.) cytuje w swoich *Moraliach* dyskusję o niedawnym zaćmieniu Słońca, podczas którego były widoczne gwiazdy. Prawdopodobna data tego zjawiska to 20 marca 71 r., ale wąski pas zaćmienia całkowitego przebiegał raczej przez zachodnią Grecję, a w Cheronei, gdzie Plutarch działał, nastąpiło zaćmienie częściowe o dużej fazie. Dopiero z 484 r. (z okresu helleńskiego) pochodzi następna pewna obserwacja znacznego zaćmienia Słońca. Notatka o niej pochodzi od Marino Neapolitano, kontynuatora Proclusa: „wielkie zaćmienie Słońca, które wyglądało, jakby noc zapadła, zdarzyło się na wschodnim niebie, gdy Słońce mieszkało w Koziorożcu". Ponieważ Proclus zmarł w 485 r., mogło chodzić jedynie o zaćmienie z 14 stycznia 484 r.

2. *Obserwacje zaćmień Księżyca*

Również zaćmienia Księżyca były odnotowywane przez pisarzy i astronomów greckich. Niestety, informacje o nich są na tyle ogólnikowe, że niewiele wnoszą do nauki. Plutarch (ok. 45 do ok. 120 r.) w *Żywocie Nikiasa* podał dość obszerny opis jednego z zaćmień, zwanego odtąd „zaćmieniem Nikiasa". Chodziło o zaćmienie w 4 roku 91 olimpiady, gdy wódz armii ateńskiej, Nikias, przestraszył się tak bardzo, że było to powodem porażki w walce z armią Syrakuz (27 sierpnia —412 r.). Inne opisane przez Plutarcha zaćmienie Księżyca można odnaleźć w *Żywocie Aleksandra*. Mowa o zjawisku, które miało miejsce 11 dni przed tym, jak wojska Aleksandra Macedońskiego zwyciężyły armię perską króla Daruisza. Datę zaćmienia udało się ustalić na 20 września —330 r. Sama zaś bitwa rozegrała się na równinie między Arbelą a Gaugamelą w Asyrii. Bardzo interesujące jest to, że zaćmienie (a właściwie jego koniec, jak to wynika ze współczesnych obliczeń) obserwowano też podobno w Kartaginie, trzy godziny wcześniej, licząc wg czasu lokalnego. Byłaby to więc jedyna „równoległa" obserwacja zaćmienia Księżyca w starożytności. Ptolemeusz w innym swym dziele *Geographia* wykorzystał te dane w opracowywaniu map. Jednak uzyskana różnica długości geograficznych Arbeli i Kartaginy jest o wiele za duża (45° wobec faktycznych 34°), co spowodowało błąd skali map w kierunku wschód-zachód. Zresztą i wcześniejsze mapy też są już rozciągnięte ponad miarę w tym kierunku.



Rys. 2. Wykorzystanie zaćmień Księżyca do wyznaczania paralaksy Księżyca wg Hipparcha.

Hipparch miał zaproponować wykorzystanie obserwacji zaćmień Księżyca do dokładnego ustalania długości geograficznych, ale pomysł ten wykorzystano wieleset lat później. Z obserwacji zaćmień Księżyca udało się natomiast uzyskać Hipparchowi o wiele cenniejsze informacje naukowe innego rodzaju. Przede wszystkim potrafił on w oryginalny sposób określić paralaksę Księżyca (rys. 2). Trzeba było tylko określić promień cienia Ziemi (wg wielkości fazy zaćmienia i odległości Księżyca od węzła) oraz promień kątowy Słońca. Wieloletnie obserwacje zaćmień Księżyca (własne i wcześniejsze Timocharisa) umożliwiły mu ponadto wyznaczenie wartości rocznej precesji. Należało w tym celu wyznaczyć zmiany pozycji gwiazd (a właściwie tylko długości ekliptycznej) w dłuższym okresie. Aby to osiągnąć, można mierzyć odległość gwiazd od zaćmionego Księżyca. Jego długość ekliptyczną da się wyznaczyć dla maksimum zaćmienia jako różną o 180° od długości Słońca *, a tę z kolei ustalić z deklinacji, wyznaczanej podczas górowania Słońca w dzień. Do swoich analiz Hipparch używał Spiki oraz innych gwiazd. Wykrył, że w jego czasach Spika wyprzedza punkt równonocy jesiennej o 6°, zaś w czasach Timocharisa (przed 169 laty) wyprzedzenie to wynosiło 8°. Różnica 2° w ciągu 169 lat daje wartość precesji 45″ na rok. Wartości tej jednak Hipparch oficjalnie nie podał, a w swej pracy *O długości roku* przyjął, że dolna granica wynosi 1° na 100 lat, czyli 36″ na rok. Wartość uzyskana z zaćmień Księżyca jest więc bliższa prawdy, tj. wartości 50″.3 na rok.

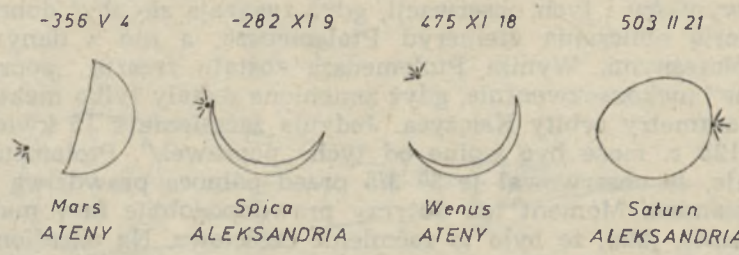
Klaudiusz Ptolemeusz także podaje kilka wyników obserwacji zaćmień Księżyca (rzekomo własnych) z lat 125 do 136, przytaczając je w *Almageście*. Dane te były wielokrotnie wykorzystywane jako wiarygodne (m. in. cytuje je Kopernik w *De Revolutionibus*). We wspomnianej już książce *Zbrodnia Klaudiusza Ptolemeusza* R. R. Newton udowadnia sfałszowanie wyników i tych obserwacji, gdyż zgadzają się zbyt dobrze z teorią obliczania efemeryd Ptolemeusza, a nie z danymi współczesnymi. Wyniki Ptolemeusza zostały zresztą „poprawione" niekonsekwentnie, gdyż zmienione zostały tylko niektóre parametry orbity Księżyca. Jedynie zaćmienie z 15 kwietnia 125 r. może być wolne od tych „poprawek". Ptolemeusz podaje, że obserwował je 3^h 3/5 przed północą prawdziwą w Aleksandrii. Moment ten dotyczy prawdopodobnie fazy maksymalnej, jako, że było to zaćmienie częściowe. Na określenie wielkości fazy Ptolemeusz używał przyjętej zapewne od Ba-

* Jest to oczywiście uproszczenie.

bilończyków jednostki, zwanej potem „puncta" (1/12 średnicy tarczy). Opisywane zaćmienie miało wg niego fazę 2 jednostek, a więc około 0.17, w dobrej zgodzie z obliczeniami obecnymi.

3. *Obserwacje zakryć księżycowych*

Dzięki astronomom greckim mamy pierwsze obserwacje zakryć. Ptolemeusz cytuje w *Almageście* trzy obserwacje Timocharisa zakryć Spiki i gwiazdy β Skorpiona, wykonane w Aleksandrii w latach od —294 do —282 (tab. 2), jak też kilka mało dokładnych zakryć Plejad. Arystoteles (—383 do —321 r.) w dziele *O niebie* podaje informację o zakryciu Marsa przez Księżyc, pisząc: „[...] widzieliśmy, jak Księżyc, będąc w kwadrze, przechodził poniżej planety Marsa, która była wtedy zasłonięta ciemną częścią Księżyca, i pojawiła się następnie od jasnej i lśniącej strony. To samo o innych gwiazdach świadczą Egipcjanie i Babilończycy, którzy obserwowali gwiazdy od bardzo wielu lat [...]". To zjawisko miało miejsce w dniu 4 maja —356 r., za życia Arystotelesa. Z czasów dużo późniejszych, bo z okresu hellenistycznego, pochodzą dwie obserwacje zakryć planet. Obserwacja Proclusa zakrycia Wenus z 18 listopada 475 r. nie ma, niestety, podanej godziny. Wiadomo tylko, że zakrycie musiało nastąpić wieczorem, co wynika z położenia Wenus względem Słońca w tym dniu. Bardzo cenna jest natomiast druga z obserwacji, którą wykonali dwaj bracia, uczniowie Proclusa — Heliodorus i Ammonius, 21 lutego 503 r. Tego wieczoru doszło w Aleksandrii do zakrycia Saturna przez Księżyc. Obaj astronomowie czekali, aż Saturn ukaże się po zakryciu przy jasnym brzegu Księżyca i podali ten moment, mierząc czas przy pomocy astrolabium. W kulminacyjnym momencie Saturn zdawał się przepoławiać oświe-



Rys. 3. Niektóre z zakryć, odnotowanych przez autorów greckich wg obliczeń autora.

Tabela 2

Ważniejsze obserwacje zakryć, podawane przez autorów greckich do r. 600

L.p.	Data	Miejscowość	UT	Ciało zakryw.	Dane obliczone UT	Dane obliczone A ☉	Dane obliczone h ☉	Dane źródłowe
1.	-294 XII 21	Aleksandria	$1^h.6$	β Sco	k.2:5	-62°	21°	Obs. Timocharisa pocz. 10^h nocy, brzegowo
2.	-293 III 9	Aleksandria	18:1	Spica	z.18.3	-78	22	Obs. Timocharisa zakr. pocz. 3^h nocy
3.	-282 XI 9	Aleksandria	1.65	Spica	k.0.6	-91	2	Odkrycie $9^h.5$ nocy krótko po wsch. Księżyca
4.	-356 V 4	Ateny ?	-	Mars	z.17.4 o.18.4	+49 +70	67 57	Obs. Arystotelesa Brak momentów
5.	+98 I 11	Rzym	4:5- 4.7	Spica	z. 4.6 o. 5.9	+19 +45	46 38	Obs. Menelaosa Moment szacowany
6.	+475 XI 18	Ateny	-	Wenus	z.15.4 o.16.8	+26 +43	22 15	Obs. Proclusa Brak momentów
7.	+503 II 21	Aleksandria	22.0	Saturn	z.21.1 o.22.0	+90 +96	51 40	Obs. Heliodorusa i Ammoniusa Odkr. $5^h 3/4$ (nier.) nocy

U w a g i:

z — zakrycie, o — odkrycie, k — bliska koniunkcja

ad. 1. Obliczona koniunkcja 8′. Gwiazda przy płn. brzegu Księżyca.

ad. 3. Obliczona koniunkcja 2′. Gwiazda przy płn. brzegu Księżyca.

ad. 5. Oryginalna informacja podaje dane, umożliwiające określenie momentu odkrycia gwiazdy.

ad. 6. Moment obserwowany musiał być późniejszy niż 15h2 UT (Zachód Słońca) i wcześniejszy niż 20h2 UT (zachód Wenus).

ad. 7. Moment obserwacji odnosi się do pierwszej widoczności Saturna po odkryciu i jest wyznaczony z dokładnością ok. 1/8 godziny. Moment koniunkcji widomej obserwatorzy podali na 5h 1/8 nocy (= 21h4 UT).

Dane o obserwacjach nr 1, 2, 3 oraz 5 pochodzą od Ptolemeusza.

tlony brzeg Księżyca. R. R. Newton, analizując to zakrycie przyjął, że opis odzierciedla centralne odkrycie planety przy jasnym brzegu Księżyca. Tymczasem chodziło o opis zakrycia, bliskiego brzegowemu (jakim faktycznie było), zaś „połowienie" tarczy Księżyca było chyba rozumiane „wertykalnie" (rys. 3). W każdym razie jest to cenna obserwacja, wykonana z użyciem przyrządu, i jedna z najcenniejszych, jakie zachowały się do naszych czasów.

Rzym

1. *Obserwacje zaćmień Słońca*

Raporty z obserwacji rzymskich są w większości niejasne, a często wręcz nieprawdziwe. Szczególnie dotyczy to zaćmień Słońca. Kwintus Enniusz (od —238 do —168 r.) w *Rocznikach* (Annales), pisanych heksametrem epopei historycznej od założenia Rzymu, umieścił przekaz, mówiący o tym, iż „czerwcowe słońce zostało przesłonięte przez księżyc i noc". Wiąże się ów przekaz z zaćmieniem 21 czerwca —399 r., które w rejonie Rzymu nastąpiło około zachodu Słońca. Byłoby to w takim razie zacytowanie jakichś wcześniejszych informacji, bowiem innego podobnego zjawiska w innym okresie w Rzymie nie można było oglądać. Przekroczenie Rubikonu przez wojska Cezara także jest wiązane z jakimś zaćmieniem Słońca, co podaje Dion Kasjusz. Znaczniejsze zaćmienie nastąpiło 7 marca —50 r. (bliskie obrączkowemu w Italii), zaś za datę przekroczenia Rubikonu przyjmuje się 10 stycznia —48 r. Także śmierci Cezara (15 marca —43 r.) miało towarzyszyć zaćmienie Słońca. Informacje takie podają Pliniusz, Plutarch i Tibullus, zaś Seneka i Swetoniusz dodają jeszcze kometę. Niestety, w dniu tym żadnego zaćmienia nie było. Filostratus z kolei pisze o zaćmieniu, którego wprawdzie nie było, ale opisuje być może koronę słoneczną: „Korona, podobna do Iris (jutrzenki) otoczyła tarczę Słońca i zaćmiła jego promienie". W tym czasie w Rzymie można było obserwować co najwyżej zaćmienie częściowe...

W r. 45 cesarz Klaudiusz puścił w obieg informację, że na jego urodziny (1 sierpnia) nastąpi całkowite zaćmienie Słońca. Dion Kasjusz przekazuje, że cesarz życzył sobie, aby wszyscy znali naturalne przyczyny zaćmień. Jest to godne uznania, ale zaćmienia nie było i tym razem. Ciekawą informację podaje Pliniusz Starszy w swojej *Historii Naturalnej*. Wspominając o zaszłym przed kilku laty, w dniu 30 kwietnia, zaćmieniu Słońca, pisze, że było ono widoczne w Kampanii między siódmą a ósmą godziną dnia, podczas, gdy wódz Korbulo miał je widzieć w Armenii między dziesiątą a jedenastą godziną dnia. Jest to zatem pierwsza europejska notatka o obserwacji zaćmienia Słońca w dwóch odległych od siebie miejscach. Zaćmienie to łatwo zidentyfikować obliczeniem — zdarzyło się ono 30 kwietnia 59 r. i w obydwu miejscach miało fazę około 0.8.

Począwszy od III w n.e. spotyka się sporadyczne notatki o zaćmieniach Słońca w kronikach rzymskich. Dwie istotne wzmianki, datowane, dotyczą zaćmień z 11 listopada 402 r. (w Italii częściowo o dużej fazie) i 19 lipca 418 r. W tym drugim przypadku zjawisko zostało opisane w licznych źródłach, ale są kłopoty z jego umiejscowieniem. W każdym razie mówi się o „strasznym znaku bożym", zaś wkrótce potem miała być widoczna kometa na wschodnim niebie. Pas zaćmienia całkowitego przebiegał przez Italię i Grecję.

2. *Obserwacje zaćmień Księżyca*

Z zaćmień Księżyca najbardziej znane jest bodaj tzw. „zaćmienie Liwiusza (lub Gallusa)". Autorem opisu jest Liwiusz. Opis ten dotyczy zdarzeń, związanych z kampanią rzymską w Macedonii. Gajusz Sulpicjusz Gallus przewidział zaćmienie Księżyca na noc późniejszą, niż to się faktycznie zdarzyło. Wywołało ono wielki popłoch wśród żołnierzy (3 września —171 r.). Historyk Korneliusz Tacyt podaje informację o zaćmieniu, w czasie którego żołnierze wszczęli hałas przy użyciu bębnów, trąb i talerzy, czym starali się przebłagać gniew bogini Księżyca (!) (27 września 14 r.). Można odnieść wrażenie, że zaćmienia Księżyca były wygodnym tłumaczeniem przy okazji przegranych bitew...

3. *Obserwacje zakryć księżycowych*

Jedyna pewna obserwacja zakrycia, wykonana w Rzymie, pochodzi od Menelaosa, greckiego „geometry", który obserwował koniunkcję Księżyca ze Spiką rano 11 stycznia 98 r. Informację o tej obserwacji mamy znów od Ptolemeusza. Właściwie było to nie tyle dostrzeżenie zakrycia, ile obserwacje odległości gwiazd od Księżyca już po odkryciu, zaś moment odkrycia można stąd jedynie ekstrapolować.

4. *O zaćmieniu podczas Ukrzyżowania*

„Wielka ciemność", jaka zapadła wg Ewangelii po Ukrzyżowaniu Chrystusa, bywa interpretowana jako zaćmienie Słońca. Należałoby jednak traktować ten przekaz w przenośni, gdyż całkowitego zaćmienia Słońca w Izraelu w tym czasie nie było. Prawie całkowite zaćmienie było widoczne w Jero-

zolimie jedynie 24 listopada 29 r. Zapis o zaćmieniu pochodzi właściwie od historyka i pisarza katolickiego Euzebiusza (IV w.). Ten z kolei opierał się o zaginioną pracę historyka Phlegona (II w.), który nawiązał do niezanego źródła z I wieku. To tzw. „zaćmienie Phlegona" jest znów przykładem asymilowanego „zaćmienia literackiego".

Nie tak dawno (1983) C. J. Humphreys i W. G. Waddington opowiedzieli się stanowczo za datą Ukrzyżowania 3 kwietnia 33 r. (piątek), kiedy to w Jerozolimie mógł być widoczny koniec zaćmienia Księżyca. Jest to zgodne z prawdą, jednak nie sposób się zgodzić z interpretacją autorów dotyczącą omawianego tu zjawiska. Podają bowiem oni, że wschodzący Księżyc, jeszcze częściowo zaćmiony (przy fazie ok. 0.2) przybrał krwistą barwę, zaś niektóre przekazy mówią, iż „Księżyc zalał się krwią". Jest to interpretacja nie wytrzymująca krytyki, ponieważ czerwona barwa cienia jest zauważalna dopiero przy fazie większej niż 0.4, i to przy ciemnym tle nieba oraz nie przy horyzoncie. Wprawdzie autorzy sugerują, że barwa Księżyca mogła powstać za przyczyną uniesionego z pustyń pyłu, lecz do tego nie potrzebne jest zaćmienie...

Tabela 3

Obserwacje bliskich koniunkcji planetarno-gwiezdnych wg autorów greckich

L.p.	Data	Ciała, będące w koniunkcji				Przyj. UT	Obliczona różn. $\beta_A - \beta_B$
		A		B			
		Nazwa	Jasność	Nazwa	Jasność		
1.	-271 I 16[a]	Mars	$+0^m.9$	β Sco	$+2^m.9$	4^h	$+0^\circ.05$
2.	-271 X 12	Wenus	-3.9	η Vir	+4.0	3	-0.21
3.	-240 IX 4	Jowisz	-1.5	δ Cnc	+4.2	2	+0.25
4.	+498 V 1	Mars	+0.1	Jowisz	-1.7	18.5	+0.11

[a]) Data podana przez Ptolemeusza błędnie jako I 18 .

Obserwacje 1-3 Ptolemeusz cytuje wg wcześniejszych źródeł , prawdopodobnie wg Timocharisa i Dionizosa.

Obserwację nr 4 wykonał Heliodorus.

Koniunkcje planetarno-gwiezdne

Obserwacje bliskich koniunkcji planet z gwiazdami i planet między sobą są odnotowane w źródłach starożytnych wraz z opisami, sugerującymi zakrycia. Są to szczególne zjawiska i z tego powodu są przedstawione osobno. Dane o zachowanych obserwacjach starożytnych zawarto w tab. 3. Jak wynika ze współczesnych obliczeń, we wszystkich przypadkach doszło jedynie do bliskich koniunkcji bez zakryć. Jedynie w przypadku koniunkcji Marsa z β Sco, obserwator mógł widzieć oba ciała jako jeden obiekt. Oryginalne stwierdzenie „dotykania się" ciał na niebie było więc, być może, rozumiane jako bliska koniunkcja, albo też było przesadzone.

c.d.n.

KRONIKA

Słońce—Ziemia: pięcioletni program badań

Nazywa się to STEP, a dlaczego tak, wyjaśni się w dalszym ciągu.

Mówiono dawniej, że plamy na Słońcu są groźne. Opinia ta była tak powszechna, że wspomniał o tym nawet Szekspir w *Hamlecie*. Twierdzono że sprzyjają one rewolucjom, wojnom, zarazom, trzęsieniom Ziemi i wszelkim innym tragediom. Mimo tej ogólnej opinii gdy po raz pierwszy pokazał je przez lunetę Galileusz, nie chciano mu wierzyć. Dominowało przekonanie, że Słońce, jak dla Egipcjan przed wiekami, zawsze jest jasną czystą tarczą. Minęło od tego czasu wiele lat i problem wpływu plam słonecznych na zjawiska naziemne, rozpatrywany był i jest dalej w tysiącach, o ile nie milionach, prac statystycznych. Jednym z nurtów tych badań było szukanie powiązań plam słonecznych z klimatem, a u podstawy takich prac było założenie, że plamy zasłaniają częściowo promieniującą powierzchnię Słońca, które w przypadku ich dużej liczby wysyła mniej energii w stronę Ziemi i w ogóle w przestrzeń. Pomiary stałej słonecznej prowadzone od r. 1980 z satelitów wyraźnie wskazywały na to, że liczba plam tylko nieznacznie wpływa na jasność Słońca i na ilość emitowanej energii, która wzrasta wtedy, gdy plam tych jest więcej. Słońce jest więc „gorętsze" w okresie maksimum aktywności (liczby plam), a nieco chłodniejsze wtedy, gdy tarcza jego jest „czysta". Odwrotnie więc niż to zakładało wielu klimatologów.

Wiemy więc dziś, że ilość energii emitowanej przez Słońce wzrasta w okresie wzmożonej aktywności plamowej. Ale jakiej energii? I jak zmiany tej energii działają na zmiany w atmosferze ziemskiej? Odpowiedź na to pytanie nie jest dziś łatwa, ale stanie się nieco łatwiejsza po 5 latach, gdy zakończy pracę kilkanaście satelitów i ogromna ilość naziemnych obserwacji zorganizowanych w mającej trwać od 1990 do 1995 r. akcji badania, jak wydostaje się ze Słońca energia i jakiego jest ona rodzaju. Jak ta energia wędruje poprzez miliony kilometrów dzielące Ziemię od Słońca i co dzieje się z nią w obrębie magnetosfery i atmosfery ziemskiej, a więc i jaki jest jej wpływ na zjawiska w tych

warstwach przestrzeni okołoziemskiej. Program tych badań właśnie nazywa się STEP co jest skrótem angielskiej nazwy Solar-Terrestrial Energy Program i o tym programie pragnę opowiedzieć w możliwie krótki sposób, choć opis problemów, jakie ten program ma rozstrzygnąć, mieści się z trudem na blisko 200 stronach tekstu referatów informujących o STEP na kongresie COSPAR w Helsinkach w ubiegłym roku.

A więc od początku. Co trzeba zbadać na samym Słońcu? Oczywiście w dalszym ciągu będą prowadzone pomiary stałej słonecznej przez aparaturę umieszczoną na jednym z satelitów. Prócz tego ma być zwrócona pilniejsza uwaga na drobne nawet rozbłyski, zaniedbywane w obecnych pracach, gdyż gros uwagi bywało poświęcane silnym, bardziej efektownym zjawiskom. Niemniej silnie od rozbłysków działają na to co dzieje się w przestrzeni międzyplanetarnej tzw. „tranzienty" — wybuchy materii koronalnej. A z drugiej strony dziury koronalne. Wszystkie te zjawiska albo powodują powstanie wypływu plazmy ze Słońca, albo modyfikują jej dynamizm i pole magnetyczne — innymi słowy wpływają, lub są źródłem wiatru słonecznego. Wiatr ten nie wynosi w przestrzeń pozasłoneczną znacznych energii, ale jest to strumień i cząstek materialnych, i pól magnetycznych. Trafiając na pole magnetyczne Ziemi modyfikuje je, wpływa na kształt magnetosfery ziemskiej. Protony i elektrony wkraczają do wnętrza magnetosfery, zarówno bezpośrednio z kierunku od Słońca przez biegunowe szpary, jak i są porywane dalej opływając Ziemię z daleka aż do ogona magnetosfery po stronie odsłonecznej, skąd następnie wracają z powrotem ku biegunom ziemskim. I te bezpośrednio docierające do Ziemi i te opóźnione powodują zmiany w jonosferze ziemskiej, są przyczyną burz magnetycznych i innych zjawisk. Ale nie na tym koniec. Jeżeli zmienia się stan fizyczny czy chemiczny którejś z warstw atmosfery ziemskiej, zmiana ta wpływa na warstwy leżące wyżej i niżej. Jeżeli wiatr słoneczny zmienia się, to zmienia się okresowo i nieregularnie stan całej prawie górnej atmosfery ziemskiej, zależnie od tego jaki strumień plazmy płynie ze Słońca. Można prawie mówić o jednym zespole fizycznym, Ziemia-Słońce uzależnionym co prawda jednostronnie, bo na samo Słońce na ogół nie wpływa to, co się dzieje dalej w przestrzeni, poza jego koroną. Ale wszystko inne dalej to jedna zmienna rzeczywistość zależna od Słońca. Otóż właśnie wszystkie cechy tej rzeczywistości będą tematem badań setek obserwatoriów i dziesiątek satelitów przez najbliższe pięć lat.

Program tych badań można by krótko tak streścić: głównym celem STEP będzie postęp w ilościowym zrozumieniu powiązań mechanizmów odpowiedzialnych za transfer energii i masy z jednego regionu układu Słońce-Ziemia do drugiego. Tak program ten w sposób najogólniejszy został opisany w biuletynie Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Chcąc jeszcze nieco bliżej zorientować czytelników w tym co rozumiemy przez współzależność stanu fizycznego i chemicznego różnych obszarów przestrzeni międzyplanetarnej, magnetosfery i atmosfery ziemskiej naszkicuję ilustrujące najlepiej to powiązanie zmiany zachodzące w magnetosferze ze zmianami sięgającymi aż do głębokich warstw atmosfery. Przypomnę dla lepszego zrozumienia, że magnetosefra zaczyna się w odległości równej kilkunastu promieniom Ziemi od jej środka. Górne warstwy atmosfery ziemskiej to te pomiędzy kilkudziesięciu i kilkuset kilometrami. Tam rozciąga się jonosfera, której górną warstwę nazywamy warstwą F. Cały obszar atmosfery ponad około 80 km

odległości od powierzchni Ziemi nazywamy termosferą (bliższe szczegóły można znaleźć w podręczniku J. S. Stodółkiewicza *Astrofizyka ogólna z elementami geofizyki*, albo w mojej książeczce *Słońce-Ziemia* lub w podręcznikach geofizyki). Przypuśćmy więc, że na skutek oddziaływania zmian w natężeniu lub w polu magnetycznym wiatru słonecznego powstaje prąd elektryczny w magnetosferze, indukuje on wielkoskalowe ruchy w okołobiegunowych warstwach górnej jonosfery, a te powodują zmiany morfologii rozkładu gęstości elektronów i jonów. Te zmiany w jonosferze wpływają na cyrkulację, strukturę i temperaturę termosfery. Zmiany te nie nadążają za zmianami przyczyn i powstają w tych warstwach ruchy pionowe plazmy, pionowe wiatry powodujące zmiany stosunku ilości tlenu do azotu. Zmiany w atmosferze i jonosferze wywołują z kolei modyfikację procesów w magnetosferze i wielkoskalowych systemów prądów łączących te dwa obszary. Nie bez wpływu pozostaje także produkcja strumieni energicznych jonów w okolicach okołobiegunowych. Te wszystkie zajwiska, z grubsza dziś znane, wymagają właśnie dokładniejszego poznania.

Równie wyraźne są procesy chemiczne w atmosferze, powodowane z jednej strony przez wiatr słoneczny i promieniowanie krótkofalowe Słońca, a z drugiej przez przemysł, np. spalanie węgla, przy czym powstaje dwutlenek węgla, którego nie zdążą pochłonąć lasy, gdyż są systematycznie wycinane. W rezultacie pojawia się efekt szklarniowy, wzrost średniej temeperatury dolnej atmosfery, a jednocześnie wzrost zachmurzenia, oraz wzrost albeda Ziemi i zwiększenie ilości odbitego światła słonecznego, a więc silniejsze ogrzewanie termosfery, co wpływa na zmiany stanu jonizacyjnego tej ostatniej i zapewne nie jest bez wpływu na stan magnetosfery w jej warstwach bliższych Ziemi.

O trudności badań jakie trzeba będzie przeprowadzić, może świadczyć to, jak zachowuje się warstwa ziemskiej atmosfery powyżej 10 km. Stan jej jest prawie dokładnie określany przez zjawiska zachodzące w niższej atmosferze, takie jak przypływy, jak około półroczny cykl zmiany kierunków dominujących wiatrów i in. Ale prócz tego warstwa ta (jej wyższe nieco okolice) pochłania całkowicie krótkofalowe promieniowanie słoneczne o długości fali mniejszej niż około 200 nm. Ale energia tego promieniowania stanowi zaledwie około 1% stałej słonecznej, jest więc znikoma, także w porównaniu z energiami uzyskiwanymi przez tę wysoką atmosferę od jej niższych przyziemnych warstw. Wyselekcjonowanie więc wpływu zmiennej aktywności słonecznej z działania dolnej warstwy atmosfery jest zadaniem niezmiernie trudnym, tym trudniejszym, że dotychczasowe pomiary krótkofalowej części widma słonecznego są prowadzone dopiero od niedawna, a 5-letni okres, w czasie którego będzie ono mierzone systematycznie niewiele przedłuży czas badań w stosunku choćby nawet do 11 letniego cyklu. Trzeba by rozporządzać właściwie wielokrotnością lat 11, żeby uzyskać możliwość statystycznie wartościowych wyników. Jeżeli jednak okaże się, że nie tylko statystycznie można rozpatrywać ten problem, a pozna się dokładniej fizykę zjawisk, może i ten krótki okres wzmożonych badań przynieść rozwiązanie niektórych przynajmniej ważniejszych zagadnień.

Niewątpliwie w następnych latach w *Uranii* znajdą się kolejne notatki o pracach STEP, a co najmniej po zakończeniu prac tej akcji za lat 5 lub 6.

JAN MERGENTALER

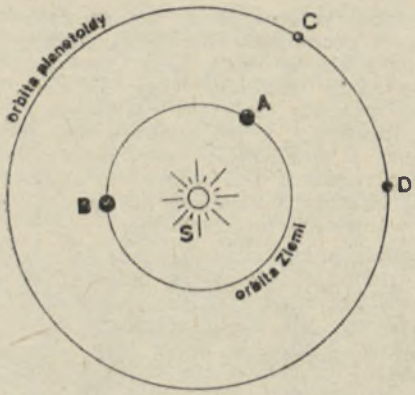
KĄCIK OLIMPIJCZYKA

Zadanie 3 z drugiego etapu XXXII Olimpiady Astronomicznej

Jasność planetoidy między jej koniunkcją a opozycją zmienia się o Δm. Oblicz odstęp czasu między tymi konfiguracjami. Przyjmij, że orbity Ziemi i planetoidy są kołowe i współpłaszczyznowe, oraz że planetoida nie zmienia jasności na skutek ruchu obrotowego.

Rozwiązanie:

Z kursu szkolnego astronomii wiemy, że planetoidy to niewielkie ciała niebieskie krążące wokół Słońca pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza. Znamy obecnie około 4000 planetoid o wyznaczonych elementach orbit. Średnia arytmetyczna wielkich półosi dla tych planetoid wynosi 2,8 j.a. Dla prawidłowego rozwiązania zadania istotne jest, czy wszystkie planetoidy krążą po orbitach zewnętrznych w stosunku do orbity Ziemi.



I tak jest istotnie. Wprawdzie są planetoidy, które zbliżają się do Słońca na odległość mniejszą niż 1 j.a., ale krążą one po wydłużonych elipsach o dużym mimośrodzie. W rozwiązaniu zadania takie planetoidy nas nie interesują, gdyż w treści zadania założono, że planetoida ma orbitę kołową. Tak więc sytuację występującą w zadaniu przedstawia rysunek. Mniejszy okrąg na rysunku przedstawia orbitę Ziemi, a większy orbitę planetoidy. A i B to dwa wyróżnione położenia Ziemi, a C i D to położenia planetoidy.

Musimy jeszcze odpowiedzieć sobie na pytanie, co to jest koniunkcja i opozycja? Koniunkcja to takie położenie planetoidy (lub planety), w którym różnica długości ekliptycznych planetoidy i Słońca wynosi 0°, a opozycja to położenie, w którym wspomniana różnica długości ekliptycznych wynosi 180°. Przekładając to na prostszy język można powiedzieć, że koniunkcja to sytuacja, w której planetoida świeci w tym samym miejscu co Słońce (jest schowana za Słońcem, jeśli jej orbita leży w płaszczyźnie orbity Ziemi), a w czasie opozycji planetoida świeci na nocnym niebie dokładnie po przeciwnej stronie niż (niewidoczne) Słońce. Na rysunku koniunkcję przedstawiają punkty B, S, D, a opozycję punkty A, S, C. W obydwu tych konfiguracjach Słońce, Ziemia i planetoida leżą na jednej prostej. Oznacza to, że w obu przypadkach planetoida znajduje się w tej samej fazie tzn. w pełni. Ponieważ odległość dzieląca planetoidę i Słońce nie zmienia się (bo orbitą jest okrąg), to dochodzimy do wniosku, że w obu wymienionych w treści zadania położeniach planetoida odbija w kierunku Ziemi tyle samo światła tzn. ma tę samą jasność.

Obserwowana z Ziemi zmiana jasności jest więc spowodowana jedynie zmianą odległości dzielącej planetoidę i Ziemię w koniunkcji

i opozycji. Ponieważ zmiana jasności została w zadaniu wyrażona w wielkościach gwiazdowych, musimy skorzystać z prawa Pogsona:

$$\Delta m = -2{,}5 \cdot \lg \frac{J_1}{J_2}. \tag{1}$$

Przyjmując, że J_1 oznacza natężenie światła docierającego od planetoidy do Ziemi w momencie koniunkcji, J_2 w momencie opozycji, nakładamy jednocześnie na Δm warunek by była to wielkość dodatnia.

Jeżeli źródło światła posiada stałą jasność (a tak jest w przypadku rozważanej w zadaniu planetoidy), to natężenie światła obserwowane w odległości r jest:

$$J \sim \frac{1}{r^2}.$$

Wstawiając tę zależność do (1) odpowiednio dla J_1 i J_2 oraz korzystając z własności logarytmów otrzymujemy:

$$\Delta m = -5 \cdot \lg \frac{r_2}{r_1}, \tag{2}$$

gdzie r_1 — odległość planetoidy od Ziemi w koniunkcji, r_2 — odległość planetoidy od Ziemi w opozycji.

Jeśli przez a oznaczymy promień orbity Ziemi a przez r_p promień orbity planetoidy, to na podstawie rysunku możemy zapisać:

$$r_1 = r_p + a,$$

$$r_2 = r_p - a.$$

Po wstawieniu r_1 i r_2 do (2) otrzymujemy:

$$\Delta m = -5 \cdot \lg \frac{r_p - a}{r_p + a}.$$

Z tego równania po łatwych przekształceniach możemy wyliczyć r_p:

$$r_p = a \cdot \frac{10^{0{,}2 \cdot \Delta m} + 1}{10^{0{,}2 \cdot \Delta m} - 1}. \tag{3}$$

Z założenia, że $\Delta m > 0$ wynika, że w ostatnim wzorze $r_p > a$, czego należało się spodziewać.

Znając odległość r_p planetoida — Słońce możemy wyliczyć z trzeciego prawa Keplera okres P obiegu planetoidy wokół Słońca:

$$\left(\frac{P}{T_Z}\right)^2 = \left(\frac{r_p}{a}\right)^3, \tag{4}$$

gdzie T_Z — okres obiegu Ziemi wokół Słońca (rok gwiazdowy).

Po wstawieniu (3) do (4) i przekształceniach otrzymujemy:

$$P = T_Z \cdot \left(\frac{10^{0{,}2 \cdot \Delta m} + 1}{10^{0{,}2 \cdot \Delta m} - 1}\right)^{3/2}. \tag{5}$$

Poczynione wcześniej założenie: $\Delta m > 0$ gwarantuje to, że wyrażenie w nawiasie jest dodatnie, co umożliwia podniesienie do potęgi 3/2. Widać też, że $P > T_Z$.

Okres obiegu planetoidy wokół Słońca P wyrażony jest w latach gwiazdowych T_Z, które stanowią tu jednostkę czasu i zależy jedynie od danego w treści zadania Δm. Mamy więc wszelkie dane do tego by dać odpowiedź na postawione pytanie. Czas upływający między opozycją a koniunkcją to, przy założeniu kołowości orbit, połowa okresu synodycznego S. Okres synodyczny w przypadku planetoidy (lub planety) to czas upływający między dwoma kolejnymi opozycjami lub koniunkcjami planetoidy.

Dla planetoidy lub planety zewnętrznej okres synodyczny S dany jest wzorem:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_Z} - \frac{1}{P}.$$

Jeśli ktoś nie zna tego wzoru, to może go łatwo wyprowadzić np. rozważając ruch Ziemi i planetoidy na orbitach kołowych i biorąc pod uwagę odpowiednie prędkości kątowe.

Poszukiwany w zadaniu czas

$$\Delta t = \frac{1}{2}\frac{T_Z P}{P - T_Z},$$

gdzie P dane jest wzorem (5), a jednostką czasu jest T_Z.

Dla uzupełnienia naszych rozważań należy jeszcze zastanowić się nad tym, czy jesteśmy w stanie mierzyć Δm. Otóż Δm bezpośrednio nie możemy zmierzyć, bo nie mierzymy jasności ciał niebieskich w pobliżu Słońca. Jasność planetoidy w koniunkcji możemy ocenić jedynie teoretycznie.

Większość uczestników II etapu XXXII Olimpiady Astronomicznej próbowała rozwiązać to zadanie, wielu z dobrym skutkiem. Jednak część rozwiązujących miała duże kłopoty z prawidłowym zapisem równania (1). Na przykład zamiana ze sobą J_1 i J_2 w tym równaniu bez jednoczesnego przyjęcia $\Delta m > 0$ powoduje, że wyrażenie w nawiasie w (5) jest ujemne, co jest niedopuszczalne.

opracował: TADEUSZ FIRSZT

PORADNIK OBSERWATORA

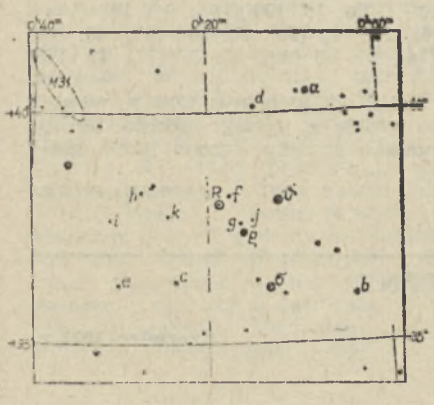
Obserwujmy gwiazdy zmienne długookresowe

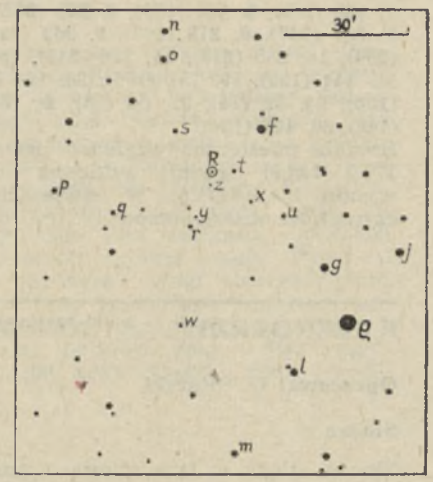
R Andromedae

$\alpha = 0^h21^m23^s$, $\delta = +38°18'0$ (1950.0); A = 5m8—14m9 V

Max = JD 2443135 + 409d33 · E; $M - m = 0.38$; Sp = S3.5e—S8.8e (M7e)

Tę najjaśniejszą zmienną długookresową w gwiazdozbiorze Andromedy odkryto w 1858 roku w Bonn. Znajduje się ona w pobliżu trzech dość jasnych gwiazd ϑ, ϱ i σ And, a ok. 4° na płd. zach. od Wielkiej Mgławicy Andromedy (M 31). R And jest gwiazdą cyrkonową, podobnie jak χ Cyg (*Urania*, nr 7 (558), 1988). Obok pasm absorpcyjnych ZrO, w widmie R And widoczne są też słabe, zanikające w pobliżu maksimum pasma TiO, charakterystyczne dla gwiazd typu M. Okres, znaczną, bo sięgająca 9 wlk. gw. amplituda, oraz asymetryczna krzywa jasności, dodatkowo upodabniają ją do znanej mirydy z gwiazdozbioru Łabędzia.





Mapki okolic R Andromedae. Epoka współrzędnych 1900.0.
Jasności gwiazd porównania (na podstawie *AAVSO Chart*).

ϱ = 5m2	g = 7m0	n = 8m3	t = 9m7
a = 5.7	h = 7.0	o = 8.6	u = 9.8
b = 6.1	i = 7.4	p = 9.0	w = 10.2
c = 6.4	j = 7.4	q = 9.2	x = 10.6
d = 6.4	k = 7.5	r = 9.4	y = 11.0
e = 6.8	l = 7.7	s = 9.5	z = 11.6
f = 6.9	m = 8.1		

W średnim maksimum R And osiąga 6m9, widoczna jest więc wtedy za pomocą lornetki. Natomiast w średnim minimum, kiedy to jej jasność spada do 14m3, znajduje się poza zasięgiem niewielkich instrumentów amatorskich. Najbliższe maksimum R And wystąpi na początku lipca 1990 r.

JERZY SPEIL

OBSERWACJE

Komunikat nr 8/89 Sekcji Obserwacji Słońca PTMA

Wyniki obserwacji Słońca we wrześniu 1989 r. przysłało 10 obserwatorów: Marcin Betlej, Robert J. Bodzoń, Janusz Kosiński, Andrzej Martyna, Andrzej Pilski, Robert Szaj, Mieczysław Szulc, Marek Szymocha, Jerzy Ułanowicz, Grzegorz Wrześniak. Łącznie wykonano 145 obserwacji w 30 dniach. Średnie dzienne względne liczby Wolfa we wrześniu 1989 r. wynoszą:

1. 158 (150), 2. 150 (138), 3. 258 (263), 4. 218 (220), 5. 221 (214), 6. 246 (227), 7. 257 (247), 8. 278 (263), 9. 303 (290), 10. 306 (276), 11. 267 (270), 12. 256 (234), 13. 235 (216), 14. 206 (247), 15. 130 (133), 16. 194 (198), 17. 147 (135), 18. 141 (138), 19. 151 (156), 20. 124 (114), 21. 101 (98), 22. 104 (92), 23. 102 (106), 24. 82 (74), 25. 60 (53), 26. 71 (74), 27. 89 (89), 28. 81 (77), 29. 144 (146), 30. 136 (134).

Średnia miesięczna względna liczba Wolfa we wrześniu 1989 r. wynosi 174,0 (168,9). Średnia względna liczba Wolfa z jednego obrotu Słońca wynosi 184,4 (171,5). W nawiasach podano średnie liczone bez współczynników obserwatorów.

ANDRZEJ PILSKI

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski **Czerwiec 1990 r.**

Słońce

Słońce osiąga w tym miesiącu punkt przesilenia letniego na ekliptyce, wstępując 21 czerwca w znak Raka. W związku z tym mamy najdłuższe dni i najkrótsze noce: w Warszawie 1 czerwca Słońce wschodzi o 4^h21^m, zachodzi o 20^h47^m, 23 czerwca wschodzi o 4^h14^m, zachodzi o 21^h2^m, a 30 czerwca wschodzi o 4^h18^m, zachodzi o 21^h1^m.

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

Data 1990	P	B_0	L_0	Data 1990	P	B_0	L_0
VI 1	—15°34	—0°62	131°74	VI 17	—8°83	+1°30	279°98
3	—14.59	—0.38	105.28	19	—7.96	+1.54	253.50
5	—13.82	—0.14	78.81	21	—7.08	+1.77	227.03
7	—13.02	+0.10	52.34	23	—6.18	+2.00	200.56
9	—12.20	+0.34	25.86	25	—5.28	+2.24	174.08
11	—11.38	+0.58	359.40	27	—4.38	+2.46	147.61
13	—10.54	+0.82	332.92	29	—3.48	+2.68	121.14
15	— 9.70	+1.06	306.45	VII 1	—2.58	+2.90	94.66

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
$11^d12^h54^m$ — heligraficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Kolejność faz Księżyca jest w czerwcu następująca: pełnia 8^d13^h, ostatnia kwadra 16^d7^h, nów 22^d21^h i pierwsza kwadra 29^d24^h. Najdalej od Ziemi Księżyc znajdzie się 6 czerwca, a najbliżej Ziemi 21 czerwca. W czerwcu tarcza Księżyca zakryje Antaresa, najjaśniejszą gwiazdę w gwiazdozbiorze Skorpiona, ale zjawisko to będzie u nas niewidoczne.

Planety i planetoidy

Rankiem nad wschodnim horyzontem pięknym blaskiem świeci Wenus jako Gwiazda Poranna —4 wielkości. Rankiem też, ale znacznie niżej nad horyzontem świeci też Merkury, który widoczny jest w pierwszej połowie miesiąca jako gwiazda około zerowej wielkości. Nad ranem także widoczny jest Mars jako czerwona gwiazda na granicy gwiazdozbiorów Ryb i Wieloryba. Jowisz zachodzi wieczorem jako jasna gwiazda —1.8 wielkości w gwiazdozbiorze Bliźniąt. Saturn, Urani Neptun przebywają w gwiazdozbiorze Strzelca, gdzie górują po północy: Saturn świeci jak gwiazda +0.2 wielkości, natomiast Uran (6 wielk.) i Neptun (8 wielk.) widoczne są przez lunety. Pluton widoczny jest na granicy gwiazdozbiorów Węża i Wagi, ale tylko przez duże instrumenty. W pierwszej połowie nocy przez lunetę możemy odnaleźć planetoidę Juno (10 wielk.), której równikowe współrzędne podajemy dla kilku dat: maj 31^d: rekt. 14^h59^m5, dekl. —0°42′; czerwiec 10^d: rekt. 14^h53^m5, dekl. —0°31′; 20^d: rekt. 14^h49^m2, dekl. —0°35′; 30^d: rekt. 14^h46^m8, dekl. —0°52′.

Meteory

Od 10 do 21 czerwca promieniują meteory z roju czerwcowych Lirydów; maksimum aktywności przypada 16 czerwca. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma współrzędne: rekt. 18^h32^m, dekl. +35°. Warunki obserwacji są w tym roku niezłe.

* *
*

1^d Do 23^h9^m na tarczy Jowisza widoczny jest cień jego 2 księżyca.

7^d21^h Bliskie złączenie Księżyca z Antaresem, gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Skorpiona. Zakrycie gwiazdy przez tarczę Księżyca widoczne będzie w Afryce Środkowej, na Madagaskarze, na Oceanie Indyjskim i w Indonezji.

8^d Dwa księżyce Jowisza zbliżają się do brzegu tarczy planety. O 21^h50^m księżyc 2 rozpocznie przejście na tle tarczy, a o 22^h47^m nastąpi początek zakrycia 1 księżyca.

10^d Księżyc znajdzie się w złączeniu z dwiema planetami: o 7^h z Uranem w odl. 2° i o 17^h z Neptunem w odl. 3°.

11^d14^h Saturn w złączeniu z Księżycem w odl. 1°4.

17^d18^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 7°.

18^d4^h Merkury znajdzie się w złączeniu z Aldebaranem (w odl. 4°), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Byka.

20^d O 13^h Wenus w złączeniu z Księżycem w odl. 7°.

$21^d17^h33^m$ Słońce wstępuje w znak Raka, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 90°. Mamy początek lata astronomicznego.

23^d24^h Księżyc w złączeniu z Jowiszem w odl. 1°6.

29^d17^h Uran w przeciwstawieniu ze Słońcem względem Ziemi.

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

CONTENTS

S. R. Brzostkiewicz — Voyager-2 Uncovers the Mystery of Neptune and Its Moons.

M. Zawilski — Historical Observations of Eclipsing Phenomena (III). Ancient Observations. Lands of Mediterranean Sea.

Chronicle: The Sun—Earth: the Five-year Program of Investigations.

Corner of an Astronomical Olympian.

Vade-mecum for Observers.

Observations.

Astronomical Calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

С. Р. Бжосткевич — Вояджер-2 открывает тайны Нептуна и его лун.

М. Завильски — Исторические наблюдения затменных явлений (III). Наблюдения древних. Средиземноморские страны.

Хроника: Солнце—Земля: пятилетняя программа наблюдений.

Уголок астрономического олимпийца.

Справочник наблюдателя.

Наблюдения.

Астрономический календарь.

Trzecia strona okładki: Fragment powierzchni Neptuna sfotografowany z odległości ok. 157 tys. km z widocznymi obłokami na wysokości ok. 50 km nad powierzchnią i ich cieniami na powierzchni.

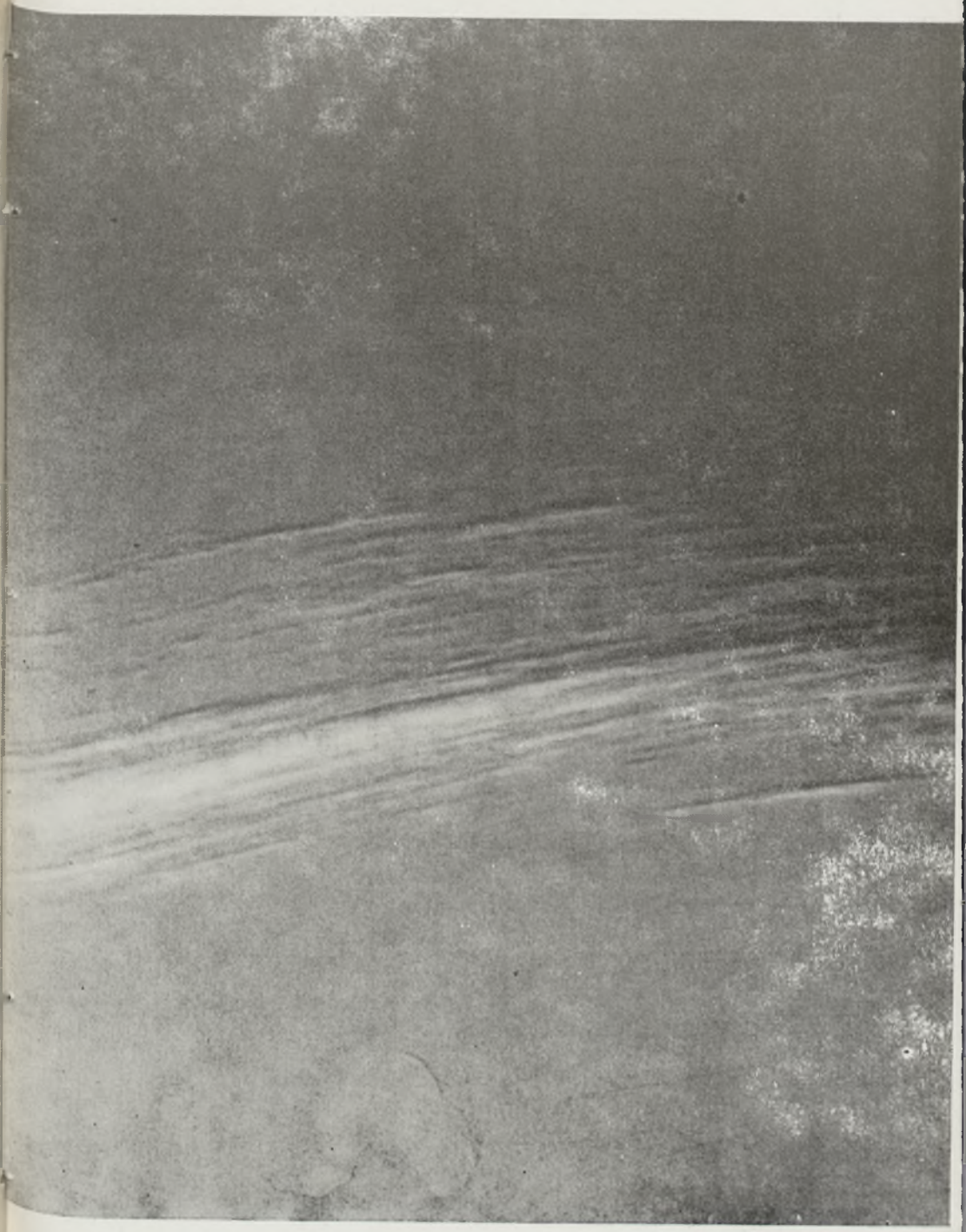
Czwarta strona okładki: Odkryty w czerwcu 1989 r. księżyc Neptuna 1989 N1 o średnicy ok. 400 km.

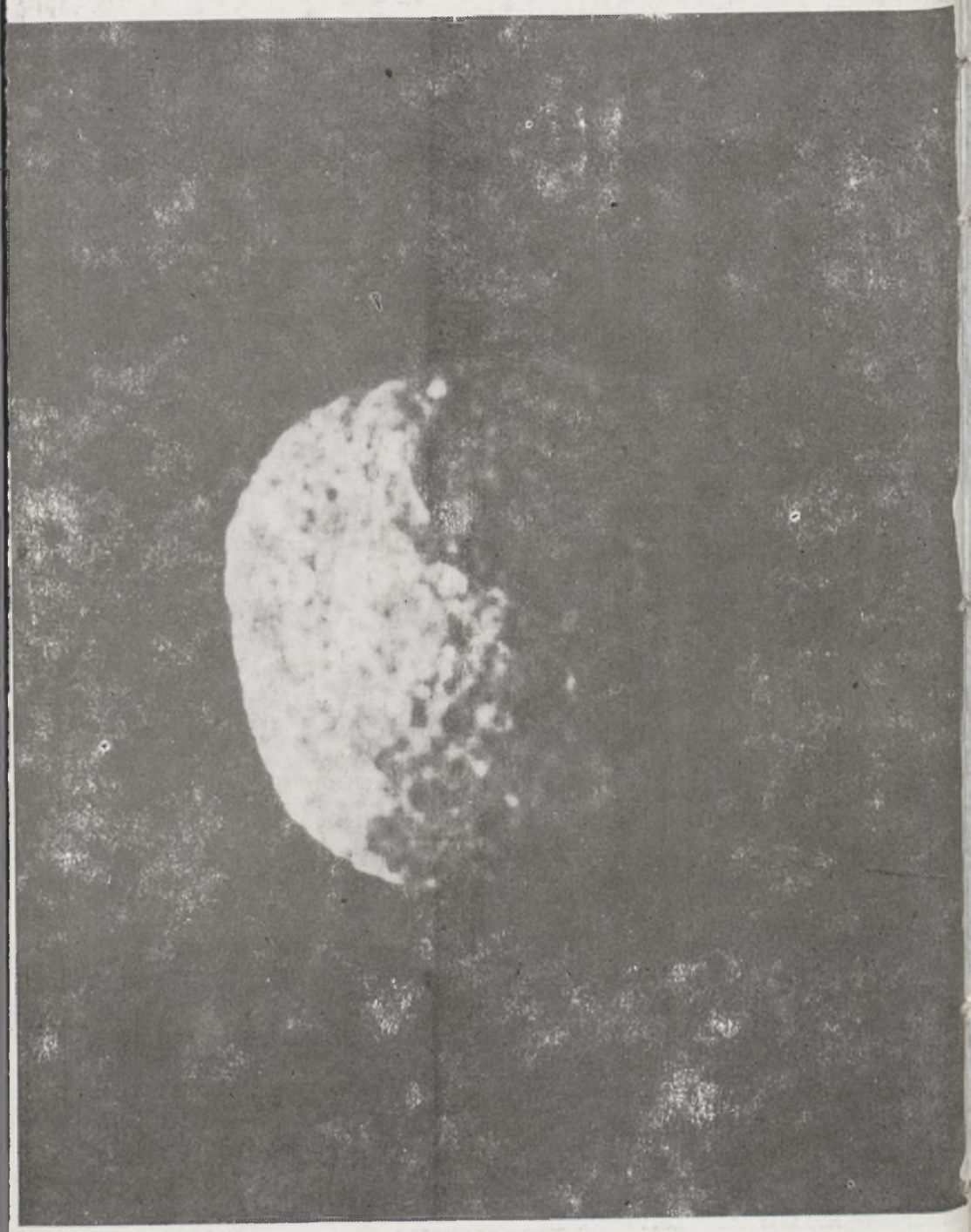
Komunikaty Zarządu Głównego PTMA:

Wpisowe 2000 zł, składka członkowska (od 1 czerwca 90) 16000 zł (kto już zapłacił składkę nie musi dopłacać, chyba, że chce). Przedpłata na prenumeratę *Uranii* 25000 zł, z tego rozliczymy się. Całkowity koszt wydania nr. 1, 2 i 3 po około 3.500 zł wraz z kolportażem. Pod koniec roku rozliczymy przyznaną nam dotację na *Uranię*. Zamierzamy wydać *Poradnik Obserwatora Pozycji i Zakryć* (200 stron), warunek wydania 400—500 chętnych, przybliżony koszt 15000 zł, również zamierzamy wydać *Amatorski teleskop zwierciadlany*, przybliżony koszt 5000 zł. Prosimy o pisemną informację, kto chce zakupić. Mając rozeznane zapotrzebowanie będziemy mogli przystąpić do ewentualnych prac związanych z wydaniem. Akcje zaopatrzenia, które chcemy prowadzić, są tylko dla członków i będą prowadzone jako bezdochodowe. Przepraszamy, ale obiektywów nie będzie, pieniądze zwracamy. Członkowie Towarzystwa winni kontaktować się z Oddziałami w sprawie płyt do szlifowania zwierciadeł. Ewentualnie kontakt osobisty z ZG. Przypominamy: wszyscy szukamy SPONSORÓW.

URANIA — Miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Redaguje kolegium w składzie: Krzysztof Ziołkowski — redaktor naczelny, Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska — sekretarz redakcji, T. Zbigniew Dworak — redaktor techniczny. Adres redakcji: ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa. Adres administracji: Zarząd Główny PTMA, ul. Solskiego 30/8, 31-027 Kraków, tel. 22 38 92; nr konta PKO I OM Kraków 35510-16391-132. Cena umowna.

Drukarnia Związkowa w Krakowie — Zam. nr 980-90 — L-16 — Nakł. 2600 egz.





ndeks 38001