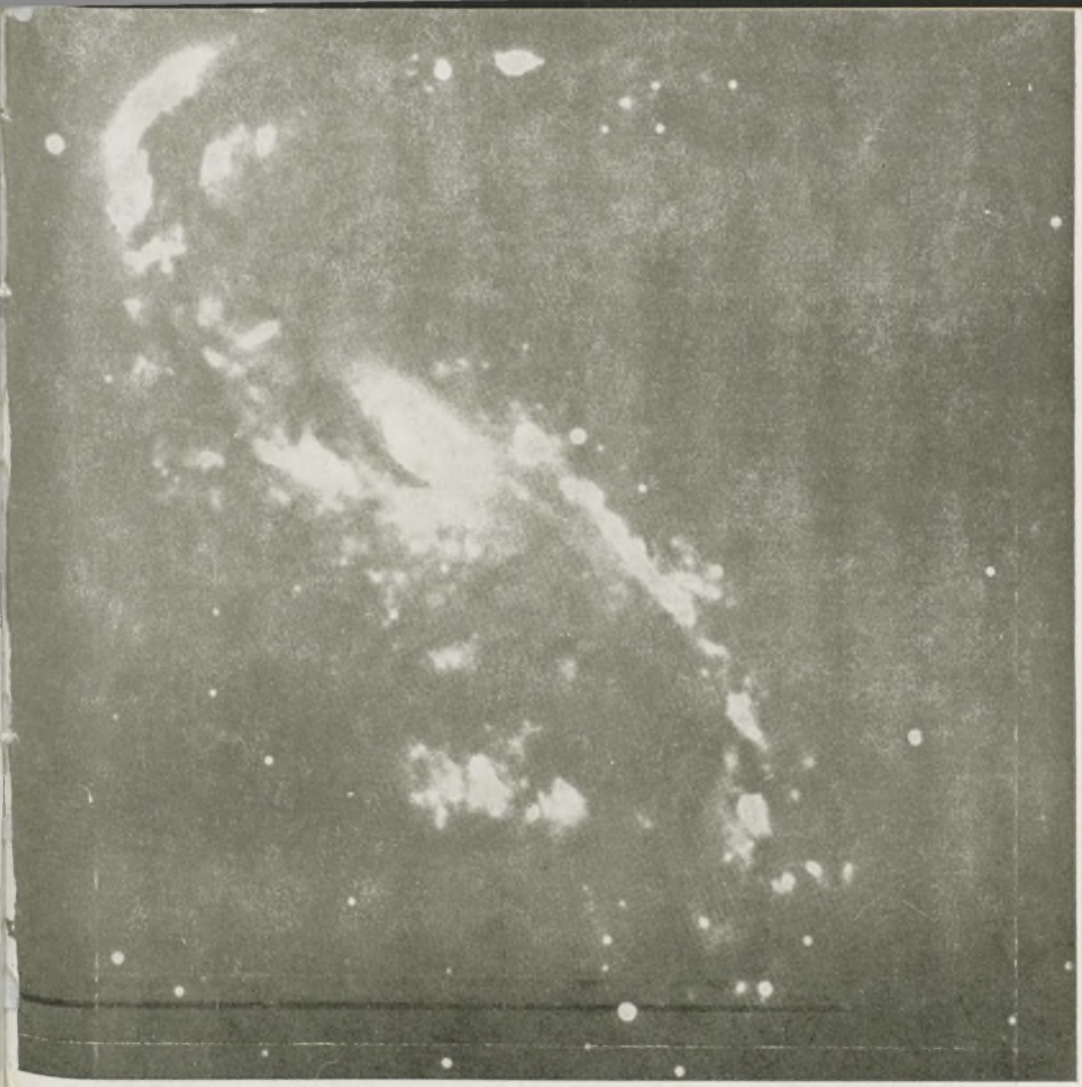
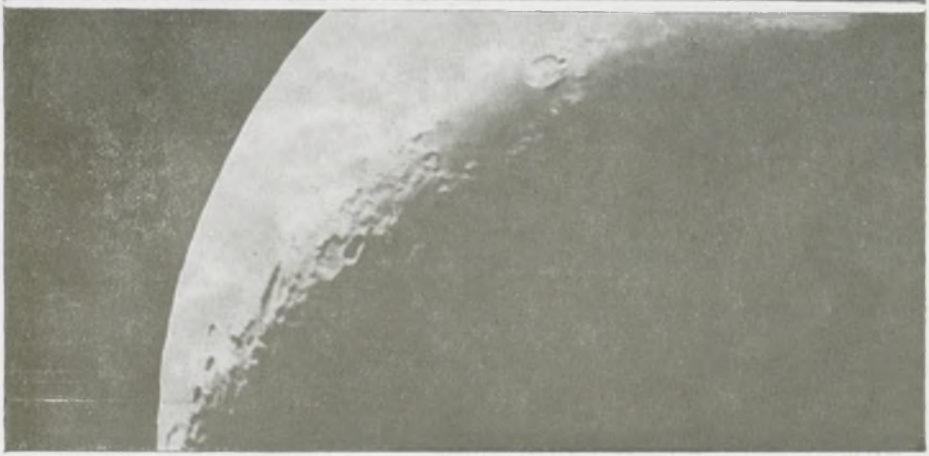


URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LX LISTOPAD 1989 NR 11 (574)

ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK



PL ISSN-0042-0794

URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LX LISTOPAD 1989 Nr 11 (574)

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).

Intrygujące pojęcie użyte w tytule wstępnego artykułu robi ostatnio w nauce coraz większą karierę. Okazuje się bowiem, że intensywnie rozwijana przez fizyków w ostatnich latach teoria strun rodzi nadzieje opisania w jednolity sposób wszystkich fundamentalnych oddziaływań w przyrodzie. Astrofizycy dostrzegają natomiast możliwość wyjaśnienia w oparciu o nią mechanizmów obserwowanych we Wszechświecie źródeł ogromnych energii takich jak kwazary czy też niedawno odkryte burstery. Podejrzewają również, że struny kosmiczne mogą nie tylko stanowić zalążek powstających galaktyk, lecz także decydować o ich przyszłym kształcie morfologicznym. Będący próbą przybliżenia tych zagadnień szkic dra Krzysztofa MAŚLANKI jest poniekąd kontynuacją refleksji o kosmologii współczesnej opublikowanych w tegorocznych numerach od 3 do 7 i dlatego jego lekturę warto rozpocząć od przypomnienia sobie tamtych tekstów.

Sporo miejsca w tym numerze poświęcamy prezentacji wyników działalności miłośników astronomii w nadziei, że zainteresują one wielu Czytelników, a niejednego zachęcą do pójścia w ślady swych bardziej zaawansowanych kolegów.

SPIS TREŚCI

Krzysztof Maślanka — Struny kosmiczne (322).

Stanisław R. Brzostkiewicz — Misja Magellan (330).

Kronika: Wiek Plejad (337) — Wiek Słońca (339).

Kącik Olimpijczyka: Zadanie 2 z pierwszego etapu XXXII Olimpiady Astronomicznej (341).

Kronika PTMA: Na górze pod chmurką (344).

Obserwacje: Komunikat nr 4/89 Sekcji Obserwacji Słońca PTMA (345).

Z korespondencji: Księżyce Jowisza — program komputerowy (II) (346).

Kalendarzyk Astronomiczny (350).

Pierwsza strona okładki: Zdjęcie galaktyki spiralnej NGC 2442 w Rybie Latającej (Volans) wykonane za pomocą 3.6 m teleskopu Europejskiego Obserwatorium Południowego w La Silla (Chile).

Druga strona okładki: Zdjęcia Księżyca nadesłane przez Arkadiusza Olecha z Pruszcza Gdańskiego wykonane aparatem fotograficznym Zenit 11 na błonie HL 27 DIN: 23 lipca 1989 r. (górne) za pomocą refraktora 100/1000 mm z konwerterem powiększającym dwukrotnie ogniskową (czas ekspozycji 1/30 s), 24 lipca 1989 r. (środkowe) za pomocą refraktora 100/1000 mm z okularem projekcyjnym powiększającym ogniskową czterokrotnie (czas ekspozycji 1 s) i 28 lipca 1989 r. (dolne) za pomocą teleskopu 150/2250 mm z konwerterem powiększającym dwukrotnie ogniskową (czas naświetlania 1 s).

KRZYSZTOF MAŚLANKA — Kraków

STRUNY KOSMICZNE

Należy podkreślić, że my naprawdę nie mamy pojęcia, czy to wszystko może się zdarzyć. Gdyby jednak założyć, że tak, oraz że skutki tego są znaczące, to wtedy można by przystąpić do badań, jakiego te skutki mogą być rodzaju.

L. F. Abbott

Wstęp

Pierwszy rozdział cyklu artykułów *Refleksje o kosmologii współczesnej* * (*Urania*, nr 3/1989) dowodził tezy o wielkich korzyściach, jakie z kosmologii czerpie współczesna fizyka zjawisk fundamentalnych, zwana fizyką wysokich energii. W istocie czas pokazał, że cały ten, dziwaczny na pozór i zaskakujący, mariaż skrajnie małego ze skrajnie wielkim okazał się bardzo udany. Zaowocował wieloma trafnymi przewidywaniami i spektakularnymi sukcesami. W uznaniu wszystkich tych zasług, aby nikt nie wątpił w jego nienaruszalność, przyznano mu tytuł „standardowy".

Teorii strun kosmicznych, którą omówimy w tym artykule, daleko jeszcze do tego dumnego przydomka. Jeśli jednak hipoteza ta okaże się słuszna, to również współczesna astrofizyka ulegnie głębokim i trwałym przeobrażeniom. Znane są uciążliwe, a wciąż dalekie od pełnego powodzenia, wysiłki teoretyków w celu wyjaśnienia, co właściwie „napędza" radiogalaktyki, kwazary, czy odkryte niedawno, dzięki satelitom, tzw. burstery (wybuchowe źródła promieniowania rentgenowskiego), czyniąc z nich niezmiernie wydajne źródła emitujące energię w przestrzeń.

Właśnie kosmologia gorącego wczesnego Wszechświata, w naturalny sposób prowadząca do kreacji egzotycznych tworów zbudowanych z tzw. „fałszywej próżni", strun kosmicznych, budzi nadzieję na znalezienie efektywnych modeli emisji promieniowania i wyjaśnienie wielu innych, bezskutecznie jak dotąd atakowanych problemów.

Owe struny to bardzo długie i niezwykle cienkie „nici" zbudowane z „fałszywej" próżni, tej samej, która kiedyś stanowiła całe tło Wszechświata i stała się siłą sprawczą inflacji oraz Wielkiego Wybuchu. Te autentyczne relikty z czasów przed złamaniem symetrii, rządzone są niezwykle prostą fi-

---

* Niniejszy artykuł oraz wspomniany cykl o kosmologii ukażą się wkrótce w nieco rozszerzonej postaci pod wspólnym tytułem *Kosmologia współczesna* w serii PAN „Nauka dla wszystkich".

zyką, taką, jaka wcześniej rządziła całym Wszechświatem w pierwszym ułamku sekundy jego życia.

Jest to fizyka zupełnie inna od znanej nam „aktualnej" (tzn. z czasów po złamaniu symetrii; patrz *Urania* nr 3—4) fizyki. W szczególności wszelkie cząstki elementarne w strunie są bezmasowe, zatem muszą poruszać się w niej z prędkością światła; wszystkie kwarki są cząstkami swobodnymi, tzn. nie są — jak w zwykłej fizyce — „skazane" na uwięzienie wewnątrz hadronów itd.

Rozważania teoretyczne pokazują, że zasadnicze cechy strun to: olbrzymia koncentracja masy (10^{22} g/cm), zaskakująca dynamika, która prowadzi do relatywistycznych prędkości, a przede wszystkim możliwość przenoszenia olbrzymich prądów elektrycznych. Wszystko to kusi astrofizyków, by ci umieszczali je w centrach swych modeli różnych aktywnych obiektów, których tyle ostatnio — dzięki sondom pozaatmosferycznym i nowym metodom radioastronomicznym — wykryto na niebie. Dzięki strunom kosmicznym astrofizyka, być może, wyjdzie z okresu pewnej stagnacji, a wszechwładna i zaborcza kosmologia dołączy do kompletu swoich zdobyczy jeszcze jeden, brakujący, jak dotąd, element: elektryczność i nadprzewodnictwo.

W celu przybliżenia możliwych rozwiązań tych zagadnień konieczna będzie dłuższa dygresja na temat pojęcia próżni we współczesnej fizyce.

Próżnia kwantowa: dowartościowanie nicości

Żartobliwą i lapidarną definicję fizyki podał kiedyś J. I. Pomerańczuk. Zgodnie z nią, fizyka jest nauką o próżni: część 1, klasyczna — pompy i manometry, część 2 — teoria próżni kwantowej.

We współczesnej fizyce próżnia, pusta przestrzeń bez materii, jest czymś bardzo dalekim od potocznie rozumianej nicości. Jest to bardzo skomplikowany, dynamiczny twór, który może rozszerzać się i kurczyć, ulegać deformacjom, zakrzywieniom; co więcej, może przebywać w rozmaitych stanach energetycznych, posiadać określoną temperaturę, doznawać (podobnie jak zwykła materia) przejść fazowych.

Ale to nie wszystko. Próżnia kwantowa, wg dość swobodnego określenia amerykańskiego fizyka A. Zee, „mętne morze kwantowych fluktuacji, topologicznych wzbudzeń i kto wie czego tam jeszcze", nadaje, jak się zdaje, masy wszelkim za-

nurzonym w niej (lub może lepiej: wykreowanym z niej?) cząstkom elementarnym. W niej też, być może, mają swe źródło fundamentalne stałe przyrody, np. stała grawitacyjna, czy tzw. stała struktury subtelnej, wraz z najbardziej tajemniczą z nich wszystkich — stałą kosmologiczną, która w istocie jest energią próżni.

Nawet i na tym nie koniec. Pewne ostatnio wykonywane rachunki (oparte, co prawda, na dość niepewnych założeniach) sugerują, jakoby próżnia kwantowa mogła, w pewnych warunkach, wykreować cały ,nowy wszechświat, zupełnie podobny do naszego! Stąd już tylko krok do fantastycznej, choć wcale nie wykluczonej, hipotezy, jakoby nasz kosmos był tylko jednym z wielu różnych kosmosów w całej hierarchii typu „drzewa genealogicznego". Poszczególne elementy owego drzewa byłyby rozłączne i niezależne od siebie, a różniłyby się rozmiarami, typem ewolucji, stopniem inflacji, wymiarem przestrzeni, a nade wszystko — „zwykłą", tzw. niskoenergetyczną fizyką. Ta ostatnia cecha zależałaby już od indywidualnej historii (dokładniej, od ilości i typów przejść fazowych, prowadzących w kolejnych złamaniach symetrii do wyodrębnienia się różnych oddziaływań). Pojawiło się pytanie, czy i „nasz" kosmos nie jest „brzemienny" w inne wszechświaty?; czy na odpowiednim szczeblu rozwoju kosmicznej zaawansowanej cywilizacji możliwe jest sztuczne, rozmyślne wywołanie nowego wielkiego wybuchu i wykreowanie nowego * kosmosu?

Pomysły te, chociaż tak jawnie fantastyczne **, mogą jednak liczyć na pełną pobłażliwość teoretyków, mimo niepewnych założeń, niejasnego formalizmu, nie mówiąc już o jakimś potwierdzeniu doświadczalnym. Przyczyną takiego tolerancyjnego nastawienia jest pojawienie się (po raz pierwszy w dziejach fizyki) nikłej nadziei na teoretyczne — jak się to mówi: z zasad pierwszych — obliczenie wartości różnych fundamentalnych stałych przyrody, w szczególności stałej kosmologicznej, czyli energii próżni. (Ta ostatnia, najwyraźniej równa jest zero, choć pewne „rozsądne" oszacowania z teorii cząstek elementarnych sugerują, że winna być o około 120 rzędów (!) większa.

Niezależnie od wszystkich tych spekulacji jedno wydaje się pewne: możemy o próżni mówić w liczbie mnogiej; istnieją bowiem różne próżnie. Idąc jeszcze dalej można stwierdzić:

---

* Patrz *Problemy* nr 3/1989, artykuł *Samoodtwarzający się Wszechświat*.

** Zob. np. hipotezę Poliversum w zbiorze *Wielkość urojona* Stanisława Lema, „Czytelnik", Warszawa 1973 (przypis Red.).

Ponieważ dany rodzaj próżni określa ilość i rodzaj oddziaływań fundamentalnych oraz wartości odpowiednich stałych sprzężenia, a także masy cząstek elementarnych, to możemy w istocie utożsamić pojęcie próżni (na danym etapie ewolucji Wszechświata) z pojęciem fizyki (której, na tym etapie ewolucji, podlega sam Wszechświat i jego materialna zawartość).

Nim jednak pojęcie próżni zyskało we współczesnej fizyce tak wysoką pozycję, minęło wiele lat zmagań doświadczenia i teorii ze zwykłą intuicją i — tak skądinąd cenionym! — zdrowym rozsądkiem. Ci ostatni zmuszani byli wielokrotnie do pokory i milczenia.

„Stany skupienia" przestrzeni, defekty topologiczne

W powszechnie dziś przyjętych teoriach unifikacyjnych opartych o lokalną grupę cechowania w naturalny sposób pojawił się pewien model próżni, pustej przestrzeni. Przestrzeń jest tu czymś w rodzaju cieczy, która w czasie ekspansji Wszechświata ulega przechłodzeniu, a w konsekwencji doznaje przejścia fazowego, przy którym wydziela się energia. Uświadomienie sobie, że próżnia — w sensie pustej przestrzeni bez cząstek — może posiadać różne stany energetyczne, sprawia, że nazwa ta staje się tylko symboliczna. (Podobny los spotkał kiedyś koncepcję „niepodzielnego" atomu).

Powstaje oczywiście od razu nieodparte pytanie: czy aktualna próżnia we Wszechświecie nie jest właśnie „fałszywą próżnią", którą w bliżej nieokreślonej przyszłości czeka, apokaliptyczne z naszego punktu widzenia, przejście fazowe do stanu „próżni prawdziwej"?

Wróćmy jednak do strun kosmicznych. Hipoteza, że obiekty takie istnieją we Wszechświecie opiera się na wspomnianym powyżej modelu próżni oraz na dwu oczywistych założeniach:

* zasada przyczynowości: nie istnieją (i nie istniały nigdy) sygnały rozchodzące się z nieskończoną prędkością;
* temperatura Wszechświata była kiedyś większa niż 10^{16} GeV (temperatura, w jednostkach energii, wynikająca z teorii wielkich unifikacji);

Zasadniczy dla dalszych wywodów jest (wynikający z pełnej teorii) fakt, że istnieje jedna próżnia „fałszywa", ale całe continuum próżni „prawdziwych"; co więcej, te ostatnie posiadają ważną cechę określaną przez fizyków pojęciem „degene-

racji": żadna z próżni „prawdziwych" nie jest w żaden sposób wyróżniona, istnieje pełna symetria.

W sposób formalny wyrażamy to następująco:

* kwantową próżnię Wszechświata opisuje poprawnie tzw. pole skalarne Higgsa z teorii cechowania; ważne jest, że potencjał tego pola (energia próżni) posiada stan wzbudzony (próżnia „fałszywa") oraz zdegenerowane (niewyróżnione, symetryczne) poziomy energetyczne (rozmaitość próżni „prawdziwych").

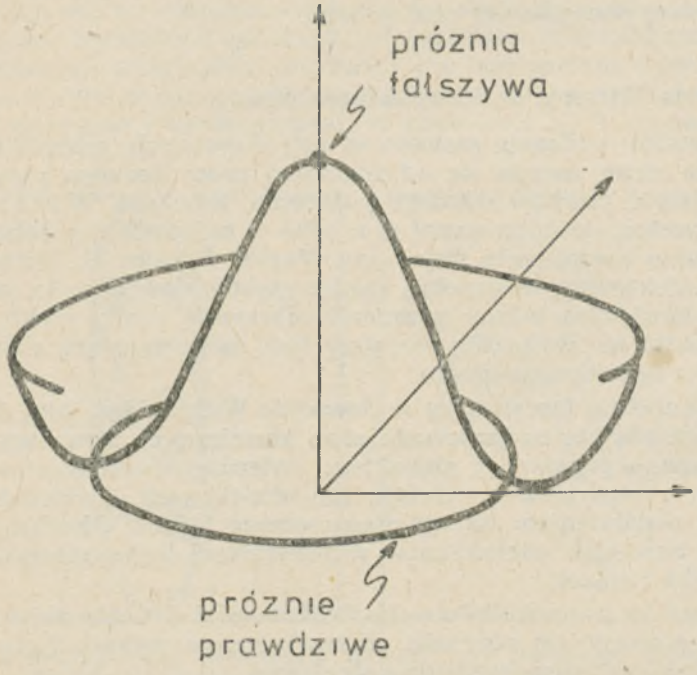
Dany obszar Wszechświata wybierając próżnię „prawdziwą" musi więc znaleźć się w rozterce: wszystkie one są dokładnie jednakowe, nierozróżnialne z zasady. Ale wybór musi być konkretny. Pomóc może jedynie przypadek, ślepy los. Z braku możliwości, by porozumieć się z odległymi obszarami Wszechświata co do wyboru rodzaju próżni, skutki tego wyboru są różne w różnych obszarach.

Powszechnie przyjęty scenariusz sugeruje następujące fakty: gwałtowna ekspansja wczesnego Wszechświata, jego nagłe ochładzanie się, sprawiły, że rozłączne przyczynowo obszary przeszły od jednej próżni fałszywej do różnych próżni prawdziwych. Wyimaginowana podróż przez przestrzeń Wszechświata w tej epoce odpowiadałaby zatem jednocześnie „podróży" w abstrakcyjnej przestrzeni prawdziwych próżni. Można pokazać, że jeśli ta ostatnia przestrzeń jest niejednospójna, czyli otacza (rys. 1) punkt odpowiadający stanowi próżni fałszywej, to w fizycznej przestrzeni muszą znaleźć się pewne punkty lub całe linie czy „ściany", które, w pewnym sensie, nie mogły „zdecydować się" na wybór prawdziwej próżni i pozostały uwięzione w stanie próżni fałszywej, tym samym skutecznie odizolowane od reszty przestrzeni, która zdążyła już przejść do stanu próżni prawdziwej. Tak właśnie powstają struny kosmiczne — jako, utworzone z pierwotnej „fałszywej" próżni, „defekty topologiczne" na granicy obszarów próżni prawdziwej. Takie dość egzotyczne twory okazują się stabilne, a ich zachowanie dość niezwykłe.

Dynamika strun kosmicznych

Jakkolwiek po swym powstaniu struny nie mogą „rozpuścić się" w otaczającej próżni (są trwałe w sensie topologicznym) to jednak nie mogą być wieczne. Podlegają bowiem określonym, wynikającym ze swej struktury równaniom ruchu. W istocie są one w nieustannym ruchu okresowym z okresem $T = L/2c$

(L oznacza długość pętli, c jest prędkością światła); muszą zatem wypromieniować swą energię w postaci fal grawitacyjnych. Mechanizm ten jest efektywny jedynie dla strun typu zamkniętych pętli. Istnieje prosta zasada: im krótsza jest dana pętla, tym szybciej zanika na skutek wypromieniowania swej masy przez fale grawitacyjne, kurcząc się jednocześnie. Trudno powiedzieć jaki jest dokładnie koniec życia pętli. Najprawdopodobniej jednak jest to dość spokojne zniknięcie, skurczenie obwodu do zera. Widać tu różnicę w porównaniu z czarnymi dziurami, w przypadku których, wraz z utratą masy wsku-



Rys. 1. Energia próżni (potencjał pola Higgsa) dla pewnego szczególnego modelu (tzw. „meksykański kapelusz"). Punkty płaszczyzny zmiennych niezależnych oznaczają różne stany pola, które opisuje przestrzeń; na osi pionowej odłożono energię danego stanu. Próżnię określają (z definicji) stany równowagi. Są nimi: najwyższy punkt powierzchni wykresu (próżnia fałszywa) oraz okrąg otaczający wzniesienie (rozmaitość próżni prawdziwych). Ewolucję ochładzającego się modelu możemy wyobrażać sobie jako „stoczenie się" masywnej kulki z wierzchołka wzniesienia do jakiegoś punktu otaczającego to wzniesienie rowka.

Proces ten zachodzi niezależnie w każdym miejscu Wszechświata; różne obszary wybierają więc na ogół różne próżnie. Może się nawet zdarzyć, że wokół jakiegoś punktu Wszechświata wybór ten pokryje cały, pełny okrąg. Wtedy to sam ów punkt będzie musiał pozostać w swym dotychczasowym stanie fałszywej próżni.

tek efektu Hawkinga, wzrasta temperatura; stąd koniec życia czarnej dziury jest zapewne spektakularnym błyskiem.

Elementarna analiza równań ruchu dla pętli pokazuje, że w sposób okresowy prowadzą one do osobliwych, gwałtownych zjawisk zwanych po angielsku *cusp* (ostrze). Co pół okresu, $T/2$, dwa przeciwległe fragmenty struny poruszają się przez moment z prędkością światła. Należy podkreślić, że, jakkolwiek nieoczywiste, zachowanie się takie jest skutkiem zupełnie elementarnych i jasnych równań ruchu: dowolna, swobodna relatywistyczna struna (niekoniecznie kosmiczna, tj. zbudowana z „fałszywej" próżni) musi prowadzić do „ostrzy", niezależnie od swej początkowej konfiguracji.

Teoria Wittena: nadprzewodzące struny

Z punktu widzenia zastosowań astrofizycznych, prawdziwa kariera strun zaczęła się od znaczącej pracy jednego z najzdolniejszych fizyków młodego pokolenia, Edwarda Wittena z Princeton, opublikowanej w r. 1985 w najbardziej prestiżowym obecnie czasopismie fizycznym *Nucler Physics B*. Witten podał efektowny, elegancki i bardzo głęboki dowód na to, że struny kosmiczne winny przenosić olbrzymie prądy elektryczne; ponadto nie wykazują one przy tym żadnego oporu elektrycznego: są nadprzewodzące.

Zupełnie fascynujący w dowodzie Wittena jest fakt, że „tak naprawdę" to nadprzewodnictwo kosmicznych strun wynika z pewnego pięknego i głębokiego twierdzenia matematycznego, tzw. twierdzenia o indeksie Atiyaha-Singera. Twierdzenie to jest uogólnieniem starego spostrzeżenia Eulera. Okazuje się, że dla wszelkich wielościanów w przestrzeni trójwymiarowej zachodzi związek

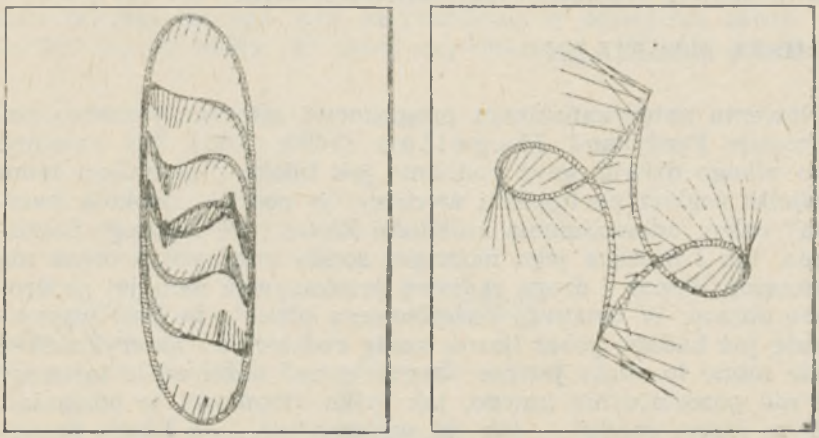
Liczba wierzchołków — liczba krawędzi + liczba ścian = 2

Niezależność tej równości od konkretnego wyboru figury jest głębokim faktem natury topologicznej.

Olbrzymie prądy (10^{30} e.s.u./s) wraz z gwałtownym fenomenem *cusp*-ów sprawiły, że niektórzy widzą w strunach rozsądnego kandydata na „maszyny centralne" kwazarów (A. Vilenkin) oraz wyjaśnienie pewnych okresowych rozbłysków w dziedzinie promieniowania γ (B. Paczyński). Zasadnicze znaczenie miałoby tu oddziaływanie, otoczonej skrajnie silnym polem magnetycznym, struny z kosmicznym ośrodkiem plazmowym.

Bardzo obiecująca jest też teoria dynama kosmicznego opartego na strunach nadprzewodzących. W tym przypadku, zanurzona w kosmicznym polu magnetycznym i poruszająca się zgodnie z określonymi prawami, nadprzewodząca struna z prądem stanowiłaby gigantyczną prądnicę. Udowodniono, że układ taki ma własności samonapędzające: płynące prądy wykazują w pewnych przypadkach tendencję do wzrastania!

Oprócz wspomnianych powyżej zastosowań astrofizycznych ważna rola strun kosmicznych we współczesnej kosmologii polega na tym, że one to właśnie zdają się być skutecznymi i długo poszukiwanymi zalążkami dla powstających galaktyk. Do tej pory bez powodzenia szukano odpowiedniego mechanizmu, który by wykreował galaktyki w modelach kosmologicznych. Najbardziej, wydawałoby się, naturalne mechanizmy (tzw. perturbacje izotermiczne i adiabatyczne) okazały się nieskuteczne, bądź sprzeczne z obserwacjami. W roku 1984 N. Turok po-



Rys. 2. Ewolucja strun kosmicznych. Rysunek lewy przedstawia nałożone na siebie „migawkowe zdjęcia" (co 1/10 okresu) konkretnego rozwiązania otrzymanego przez autora dla swobodnej struny kosmicznej. Kreseczki wzdłuż struny obrazują jej pole prędkości: kierunek każdej z nich jest zgodny z kierunkiem chwilowej lokalnej prędkości w przestrzeni danego segmentu struny; podobnie, długość każdej kreseczki jest proporcjonalna do wartości wektora prędkości.

Rysunek prawy przedstawia opisany w tekście fenomen cusp-u. Ostrza struny poruszają się przez moment w przeciwnych kierunkach z prędkością światła. Jeżeli rozważać strunę nadprzewodzącą, lub swobodną, ale zanurzoną w plazmie kosmicznej, to rzeczywista prędkość będzie mniejsza, choć bardzo bliska prędkości światła. Wariant, w którym zachodzą obydwa wspomniane warunki (tj. jeśli mamy oddziaływanie struny z prądem z plazmowym otoczeniem) wzbudził ostatnio zainteresowanie astrofizyków poszukujących wyjaśnienia mechanimu „napędu" np. kwazarów (A. Vilenkin, 1987). Przypadek ten opisuje rozwiązanie ścisłe otrzymane przez N. Turoka (1984).

stawił hipotezę, że struny mogą nie tylko inspirować początek kondensacji galaktyk, ale wręcz decydować o ich przyszłym kształcie morfologicznym (spiralnym, eliptycznym czy nieregularnym).

W najbliższych latach spodziewane jest wykonanie eksperymentu rozstrzygającego definitywnie ewentualną poprawność hipotezy strun. Jego istotą będzie precyzyjny pomiar częstości pulsara milisekundowego 1937 + 21. Teoria przewiduje, że zanikające, wskutek promieniowania grawitacyjnego, pierwotne struny kosmiczne winny były wytworzyć charakterystyczne reliktowe tło promieniowania grawitacyjnego, wypełniające cały Wszechświat (podobne do reliktowego promieniowania elektromagnetycznego, lecz o innym widmie). Spodziewane jest wykrycie stochastycznych fluktuacji częstości wspomnianego pulsara ze względu na takie tło.

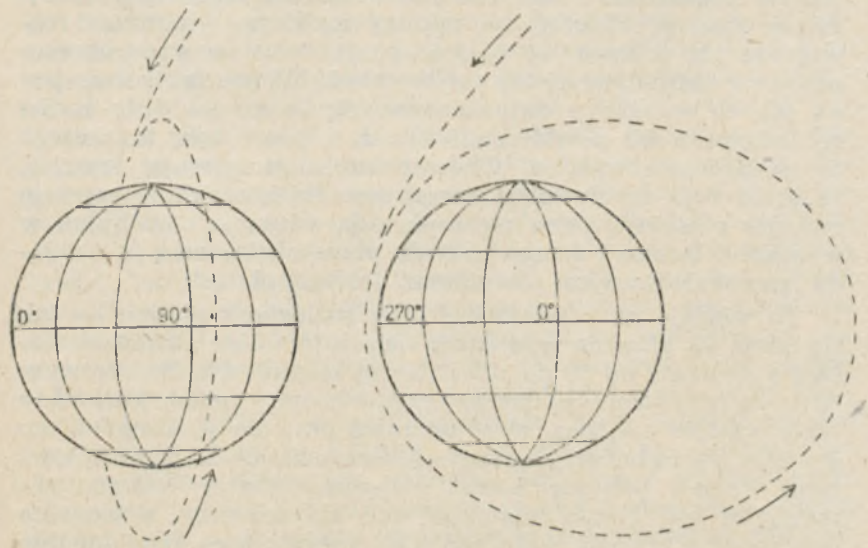
STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ — Dąbrowa Górnicza

MISJA MAGELLAN

Nowemu amerykańskiemu programowi astronautycznemu patronuje Ferdynand Magellan (1480—1521). Nie powinno to nikogo dziwić, gdyż podobnie jak blisko pięć stuleci temu wielki żeglarz portugalski wyruszył w podróż „dookoła świata" celem udowodnienia kulistości Ziemi i jej lepszego poznania, tak i nosząca jego nazwisko sonda międzyplanetarna ma okrążać Wenus i drogą radiową przekazywać nam jej radarowe obrazy. W ostatnim ćwierćwieczu planeta ta była wprawdzie już badana przez liczne sondy radzieckie i amerykańskie, ale mimo to wciąż jeszcze ukrywa przed nami wiele tajemnic i nie pozostaje nic innego, jak tylko stopniowo je odsłaniać. Tym razem chodzi — jak już wspomniano — o lepsze poznanie topografii Wenus, ściślej zaś mówiąc — o uzyskanie radarowych obrazów jej powierzchni o większej niż dotąd sile rozdzielczej, by w oparciu o nie można było sporządzić dokładną mapę planety. Według założeń ma ona obejmować od 70 do 90 procent ogólnej powierzchni globu wenusjańskiego.

Start sondy międzyplanetarnej Magellan planowany był na dzień 27 kwietnia 1989 roku. Trzeba go jednak było odłożyć do 5 maja tegoż roku, ponieważ w ostatniej chwili wykryto niesprawność pompy paliwowej promu kosmicznego Atlantis, który miał wynieść sondę na orbitę okołoziemską. Na szczęście

zauważoną ustrkę szybko usunięto i dalszy przebieg dawno oczekiwanego eksperymentu astronautycznego przebiegał już bez zakłóceń. Obecnie sonda Magellan mknie na spotkanie z Wenus ściśle po zaplanowanej, ekonomicznej pod względem energetycznym trajektorii. Jeżeli wszystko przebiegać będzie zgodnie z planem (odpukać w nie heblowane drewno!), to mniej więcej po 15 miesiącach lotu znajdzie się ona u celu swej podróży. Można by to oczywiście przyspieszyć (Venera-4 i Mariner-5 na pokonanie odległości Ziemia—Wenus potrzebowały tylko 128 dni!), lecz sonda musiałaby poruszać się po zupełnie innej, o wiele bardziej energochłonnej trajektorii, co naturalnie zwiększyłoby koszty obiecująco zapowiadającego się programu astronautycznego. On zaś przewiduje, że sonda Magellan dopiero w sierpniu 1990 roku dotrze w pobliże Wenus i zacznie ją obiegać raz na około 3 godziny po orbicie nachylonej pod kątem 86° względem równika planety, a więc ma przelatywać nad jej podbiegunowymi okolicami. Apocentrum tej orbity ma się znajdować w odległości około 8 tys. km od globu wenusjańskiego, lecz perycentrum w odległości zaledwie 250 km od niego. W czasie największego zbliżenia sonda



Rys. 1. Okołowenusjańska orbita sondy Magellan (na lewo — widok z Ziemi, na prawo — widok z bieguna orbity sondy).

będzie się poruszała z prędkością od 6,4 do 8,4 km/s i wtedy właśnie ma być dokonywana radarowa penetracja powierzchni planety, a na otrzymywanych z najmniejszej odległości obrazach mają być widoczne szczegóły o średnicy powyżej 1 km. Sonda ma być aktywna do 10 kwietnia 1991 roku, czyli mniej więcej w ciągu jednej doby wenusjańskiej, dokonując w tym czasie 1852 obiegów wokół planety. Niestety, na podstawie przekazanych przez nią obrazów radarowych nie będzie można sporządzić kompletnej Mapy Wenus, gdyż — jak się zakłada — nie będą one pokrywały jej całej powierzchni. Ze względów technicznych nie otrzymamy zarówno obrazów wąskiego pasa leżącego pomiędzy 20 a 50 stopniem długości, jak i południowych okolic podbiegunowych (od 68° szerokości). A zatem hipotetyczna Ziemia Łady (Lada Terra) nadal pozostanie „ziemią nieznaną".

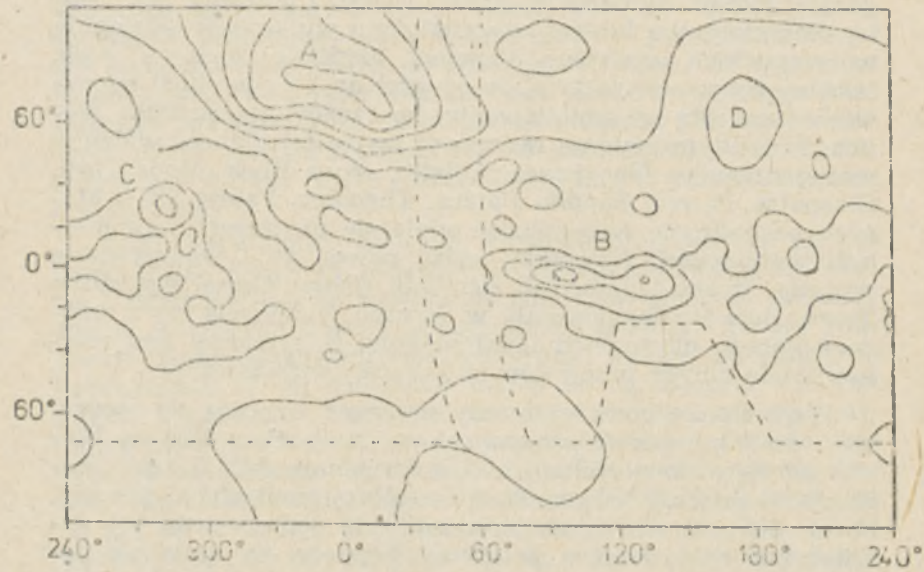
A co planetolodzy obiecują sobie po otrzymanych za pomocą sondy Magellan radarowych obrazach powierzchni Wenus? Bardzo wiele, bo dotychczas jedynie w grubych zarysach znamy ważniejsze utwory topograficzne planety i na tej podstawie trudno wysuwać jakieś konkretne wnioski na temat ich pochodzenia. W tej dziedzinie mamy do czynienia z wieloma jeszcze zagadkami i zapewne nie wszystkie one, ale przynajmniej znaczna ich część — miejmy nadzieję — zostanie rozwiązana już podczas tej właśnie misji. Może wreszcie przekonamy się definitywnie, czy powierzchnia Wenus faktycznie jest — jak to wynika z dotychczasowych badań — dużo mniej zróżnicowana od powierzchni Ziemi, a jeżeli tak, to z czego to ewentualnie wynika? Obecnie uczeni przyjmują przecież, że około 60% powierzchni naszej sąsiadki kosmicznej zajmują rozległe równiny, które nie wykazują większych odchyleń w wysokości terenu i z tego powodu planetolodzy zwą je niekiedy „przewalcowanymi równinami" (rolling plains).

To właśnie na powierzchni tych rozległych równin — jak się zdaje — głównie występują owe tajemnicze struktury koliste o średnicy od 20 do 100 i więcej kilometrów. Na pierwszy rzut oka przypominają one zwyczajne kratery meteorytowe i za takie właśnie uchodzą, choć na razie brak na to konkretnego dowodu. Na radarowych obrazach otrzymanych za pomocą sond typu Venera odkryto nawet podwójny krater, którego zewnętrzny wał górski ma około 140 km średnicy, a średnica wewnętrzna wynosi około 105 km. Utwory tego typu (double ring) nie są oczywiście jedynie domeną Wenus, występują bowiem zarówno na Księżycu, jak i na innych planetach ziem-

skiej grupy. Na razie jednak uczeni nie potrafią powiedzieć, czy wspomniany wyżej utwór wenusjański ma jakiś związek z podobnymi formacjami księżycowymi? Nie wiadomo po prostu, czy odkryty na Wenus podwójny krater też jest kosmogennego pochodzenia? A co już dziś możemy powiedzieć o wenusjańskim wulkanizmie? Tak nazywamy ogół zjawisk związanych z wydobywaniem się z głębi Ziemi na jej powierzchnię gorącej materii zarówno w postaci ciekłej i gazowej, jak i stałej. W mniejszym lub większym stopniu wulkanizm występuje na wszystkich właściwie planetach ziemskiej grupy i wiele faktów przemawia za tym, że odegrał on i może nadal odgrywa ważną rolę w kształtowaniu się rzeźby powierzchni Wenus. W każdym razie na radarowej mapie tej planety widzimy szereg utworów (Sacajawea, Colette, Mons Rhea, Mons Thea, Cleopatra Patera, Sappho Patera, Theodora Patera itd.), których pochodzenie wulkaniczne zdaje się nie ulegać najmniejszej wątpliwości. Niektórzy sądzą nawet, że i wenusjańskie wyżyny, zwane lądami lub ziemiami (Ishtar Terra, Aphrodite Terra, Beta Regio) powstały w wyniku wydobycia się z wnętrza planety olbrzymich ilości magmy. Znajdziemy tam również wiele innych przejawów aktywności wulkanicznej.

Wspomniane powyżej tereny wyżynne wznoszą się średnio od 1 do 3 km ponad poziom zerowy (za poziom taki na Wenus przyjęto powierzchnię kuli o promieniu 6051,5 km). Formacje te zajmują jedynie 8—9% ogólnej powierzchni planety, co w przybliżeniu odpowiada zaledwie jednej czwartej powierzchni kontynentów na Ziemi. Niestety, na razie nie potrafimy nic pewnego powiedzieć ani o leżącej w pobliżu północnego bieguna globu wenusjańskiego Ziemi Isztar, ani o położonej w rejonie równika planety Ziemi Afrodyty. Już jednak dziś wiemy, że obie wyżyny mają wyraźnie zróżnicowaną rzeźbę terenu, występują bowiem na nich zarówno górskie grzbiety o mniej lub bardziej stromych stokach, jak i rozległe płaskowyże i inne struktury o nieznanym pochodzeniu. Za przykład mogą służyć odkryte w południowej części Ziemi Afrodyty doliny ciągnące się na przestrzeni wielu setek kilometrów, do złudzenia przypominające rowy tektoniczne we wschodniej Afryce, w których — jak wiadomo — leżą wielkie jeziora (Niasa, Tanganika, Alberta, Rudolfa), a których przedłużeniem jest rów Morza Czerwonego, Morza Martwego i dolina Jordanu. To samo można powiedzieć o wenusjańskiej wyżynie Beta Regio, gdzie również występują owe tajemnicze „rowy", wykazujące przy tym wyraźny związek ze znajdującymi się

tam stożkami potężnych wulkanów. Wszystko to razem dowodzi, że i na Wenus mamy do czynienia nie tylko z przejawami aktywności wulkanicznej, ale i ze zjawiskami porównywalnymi do ruchów tektonicznych na naszej planecie. A może — jak niektórzy sądzą — i tam dochodzi do rozciągania się lub przesuwania płyt litosferycznych?



Rys. 2. Schematyczna mapka Wenus, na której zaznaczono najważniejsze utwory topograficzne (A — Ishtar Terra, B — Aphrodite Terra, C — Beta Regio, D — Atalanta Planitia) oraz obszary nie objęte badaniami radarowymi podczas misji Magellan (wyodrębnione linią przerywaną).

Wiele kontrowersji wywołuje wysokość największych gór wenusjańskich — Maxwell Montes (wschodnia część Ziemi Isztar). Szczyty tych gór wznoszą się bowiem aż o 11 km ponad poziom zerowy, co zdaje się przeczyć naszym dotychczasowym wyobrażeniom o budowie wnętrza tej planety i... „zdrowemu rozsądkowi". Wiadomo przecież od dawna, że istnieje limit ograniczający wysokość gór na tej czy innej planecie i że jest on zależny zarówno od wytrzymałości materii tworzącej jej skorupę, jak i od siły ciążenia na powierzchni. Gdybyśmy na przykład mieli pod dostatkiem wyciosanych z granitu lub innego twardego materiału sześciennych bloków, z których

chcielibyśmy wybudować na Ziemi mur, to jego wysokość absolutnie nie mogłaby być dowolnie duża, gdyż na przeszkodzie stanęłyby wytrzymałość podłoża i ziemskie przyciąganie. Pewnej określonej tymi zależnościami granicy nie da się przekroczyć nawet wtedy, gdy będziemy zwiększać grubość tego muru, wznosić go na solidniejszym fundamencie lub nawet nadawać mu najbardziej optymalny kształt. W miarę zwiększania się wysokości muru ciśnienie w podłożu będzie się coraz bardziej zwiększało, materia będzie tam coraz bardziej stłoczona i w związku z tym będzie się uwalniało coraz więcej ciepła, w końcu zaś najtwardsze skały zaczną się topić i ten hipotetyczny mur musi się stopniowo zapadać w podłożu. A zatem jaką maksymalną wysokość może mieć na Ziemi sztucznie wznoszony mur lub powstała w naturalny sposób góra? Z obliczeń jednoznacznie wynika, że ów limit dla naszej planety wynosi około 10 tys. metrów, czyli że wysokość Mt Everestu (8883 m n.p.m.) całkowicie się w nim mieści. Ponieważ glob marsjański ma dużo mniejszą masę od globu ziemskiego, a siła ciążenia na powierzchni Marsa też jest dużo mniejsza niż na powierzchni Ziemi, mogą tam — według teoretycznych rozważań — istnieć góry nawet o wysokości 28 800 m. I w tym przypadku wszystko się zgadza, podana wyżej wartość nieco przewyższa wysokość najwyższej góry marsjańskiej, za którą uchodzi — jak wiadomo — Olympus Mons (około 25 km ponad przyległy teren). Jest to jednocześnie największa znana dotąd góra w całym Układzie Słonecznym.

A jaką maksymalnie wysokość mogą mieć góry na Wenus? Pod względem rozmiarów i masy planeta ta niewiele ustępuje Ziemi, ma podobną średnią gęstość (5250 kg/m^3), siła ciążenia na jej powierzchni też jest niewiele mniejsza niż na powierzchni globu ziemskiego. Należałoby zatem sądzić, że i góry wenusjańskie będą miały zbliżoną wysokość do gór na naszej planecie, a w każdym razie pod tym względem nie powinny się od nich zbyt różnić. A tymczasem oczekiwań tych zdają się nie spełniać Góry Maxwella, wydają się one mieć nieco większą wysokość niż to wynikałoby z teoretycznych rozważań. Nie znaczy to jednak wcale, że przyjęte założenia są błędne i że wobec tego trzeba je w ogóle odrzucić. Dużo przecież zależy od temperatury wnętrza planety, a ta w przypadku Wenus może być cokolwiek niższa niż dotąd sądzono i w związku z tym mogą się na niej wznosić nieco wyższe góry niż na Ziemi. Z ostatecznym jednak wnioskiem na ten temat trzeba się wstrzymać do czasu uzyskania zarówno ścisłych danych o wy-

sokości Gór Maxwella, jak i o temperaturze wnętrza Wenus. Należy zresztą być przygotowanym na inne jeszcze niespodzianki.

Dużą na przykład zagadkę dla planetologów stanowią zajmujące około 30% ogólnej powierzchni planety nieznaczne depresje terenu. Mają one mniej lub bardziej nieregularne kontury, pod tym względem żadna z nich nie przypomina podobnych formacji na Księżycu (Mare Imbrium, Mare Serenitatis, Mare Nectaris), na Marsie (Hellas Planitia, Argyre Planitia) lub na Merkurym (Caloris Planitia). Ich powierzchnie wydają się być niemal zupełnie gładkie i jeżeli występują na nich jakieś formacje topograficzne, to muszą mieć niewielkie rozmiary i nieznaczną wysokość, przez co nie zostały zarejestrowane na otrzymanych dotychczas obrazach radarowych. A przy tym wenusjańskie depresje są stosunkowo płytkie, za przykład zaś może służyć Atalanta Planitia, jedna z największych i najwyraźniejszych tego typu obiektów na powierzchni naszej sąsiadki kosmicznej, której „dno" obniżone jest w stosunku do poziomu zerowego zaledwie o około 1,4 km Mimo to wielu planetologów skłania się do poglądu, iż może istnieć pewna analogia między wspomnianymi depresjami na Wenus a morzami na Księżycu. Należy bowiem uwzględnić fakt, że nieodłączny towarzysz Ziemi niemal bez zmian zachował swój pierwotny wygląd, ukształtowanego tam przed miliardami lat reliefu prawie nie naruszyła działalność wulkaniczna, na jego zmianę nie miała również żadnego wpływu atmosfera, gdyż tej Księżyc po prostu od dawna nie ma. Tymczasem pierwotna rzeźba powierzchni Wenus została niewątpliwie mocno naruszona, wygląd jej uległ zapewne dużej zmianie przede wszystkim na skutek silnej aktywności wulkanicznej, choć nie mały na to wpływ mogła mieć także gęsta atmosfera, która niegdyś miała prawdopodobnie inny skład chemiczny niż dziś. No i wreszcie trzeba pod uwagę brać niszczące działanie hydrosfery, bo w przeszłości mogła przecież na Wenus istnieć ciekła woda i ślady po niej dotychczas tam się może zachowały. Może właśnie znajdziemy je na radarowych obrazach uzyskanych podczas misji Magellan.

Badania wykonane podczas tej misji być może przyczynią się do rozwiązania wielu innych zagadek Wenus. Wszystkie na przykład znane nam już fakty wskazują na to, że ta planeta przebyła nieco inną drogę ewolucyjną niż Ziemia, ale wciąż przecież nie możemy powiedzieć, co było tego powodem i dlaczego jej losy tak się akurat potoczyły? Głównego źródła tej

odrębności Wenus należy zapewne dopatrywać się zarówno w budowie wnętrza, jak i nadzwyczaj wolnej rotacji (jeden obrót raz na 243 doby zmieskie), skutkiem czego ma ona bardzo słabe pole magnetyczne. Pewnie jednak złożyły się na to i inne przyczyny, o których na razie nie mamy najmniejszego pojęcia lub najwyżej posiadamy o nich jedynie skąpe wyobrażenia. Nie należy oczywiście oczekiwać, że wszystkie te zagadnienia zostaną rozwiązane już podczas misji Magellan, bo to jest wprost nierealne. Ale w wyniku jej pomyślnego przebiegu zmniejszy się niewątpliwie liczba „białych plam" na temat natury Wenus.

KRONIKA

Wiek Plejad

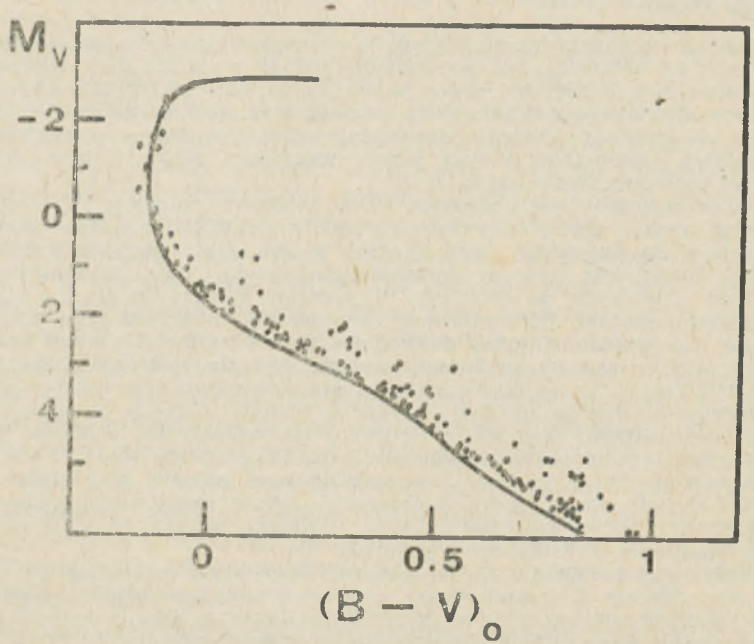
Należą do najpiękniejszych klejnotów naszego nieba — to pewnie główny sens ich istnienia Dla astronomów jednak mają też inne znaczenie. Są jedną z najbliższych i bodaj najliczniejszą, najlepiej zbadaną gromadą otwartą. Z tego względu służą jako wzorzec, do którego przyrównuje się inne gromady. Dlatego niezwykle ważna jest dokładna znajomość wszelkich parametrów Plejad, przede wszystkim wieku. Z tym niestety nie było dotychczas najlepiej.

Jak policzyć lata gwiazdom? Dla obiektów pojedynczych jest to bardzo trudne, choć i to próbuje się ostatnio robić. Dla gromad gwiazd jest to dużo łatwiejsze, przynajmniej w idei. Obserwacyjną podstawą takich badań jest diagram Hertzsprunga-Russela (H-R), zbudowany dla gwiazd należących do gromady. Najczęściej konstruuje się go nie w klasycznej postaci, jako zależność jasności absolutnej od typu widmowego, lecz w formie wygodniejszej dla obserwatorów (i prawdziwszej): jasność obserwowana w funkcji koloru gwiazdy (jakiegoś wskaźnika barwy). Potrzebny do wyznaczenia wieku jest również wynik pracy teoretyków — modele ewolucji gwiazd o różnych masach. Z modeli takich dowiadujemy się, jak z upływem lat zmienia się dzielność promieniowania i temperatura gwiazdy, czyli jak gwiazda wędruje po wykresie H-R. Linie na tym diagramie łączące gwiazdy o jednakowym wieku nazywa się z grecka izochronami. Wyznaczenie wieku polega na znalezieniu takiej izochrony, która najlepiej pasuje do obserwacyjnego diagramu H-R dla danej gromady.

Idea jest prosta ale... licho nie śpi. W praktyce pojawiają się pewne komplikacje. Z jednej strony, modele teoretyczne opisują ewolucję prawdziwych gwiazd tylko w przybliżeniu, lepszym lub gorszym. Z drugiej strony, diagram H-R skonstruowany przez obserwatorów bywa czasem zafałszowany. Trafiają się na nim gwiazdy z tła, nie należące do gromady. W każdej gromadzie jest też wiele gwiazd podwójnych, które obserwator widzi jako jeden obiekt. Lokują się one na diagramie H-R wyżej niż powinny. Wreszcie, u podstaw całej metody leży założenie, że wszystkie gwiazdy gromady rozpoczęły przemianę wodoru w hel mniej więcej jednocześnie, co wcale nie musi być prawdą.

Rezultatem istnienia wyliczonych wyżej przykrych okoliczności (i jeszcze wielu nie wspomnianych), jest w przypadku Plejad utrzymująca się do niedawna dziwna rozbieżność uzyskiwanych ocen wieku. Gwiazdy tworzące górną część ciągu głównego zdawały się mieć 60—70 mln lat, a gwiazdy z dolnej części ponad 220 mln lat Był to efekt na tyle wyraźny, że wysunięto tezę o dwóch etapach rodzenia się Plejad. Najpierw miały powstać mniejsze gwiazdy, a dużo później gwiazdy bardziej masywne. Z pewnych względów trudno było w to uwierzyć.

Z tej przyczyny nową próbę wyznaczenia wieku Plejad podjęli ostatnio dwaj astronomowie włoscy P. Mazzei i L. Pigatto. Wykorzystali oni nowe modele ewolucji gwiazd (opublikowane parę lat temu przez innych badaczy), przy liczeniu których uwzględniono zjawisko wymiany materii pomiędzy jądrem gwiazdy a otoczką (overshooting). Na skutek tego procesu jądro gwiazdy jest stale zasilane „świeżą" materią, bogatą w wodór. Dzięki temu gwiazda ma więcej paliwa i spędza więcej czasu na ciągu głównym. Drugim krokiem naprzód, jakiego dokonali Mazzei i Pigatto było poprawienie obserwacyjnego diagramu H-R dla Plejad (wykonanego już 30 lat temu przez Johnsona i Mitchella) na efekt rotacji gwiazd. Od dawna wiadomo, że na



Rys. 1. Diagram H-R dla Plejad. Jasności absolutne gwiazd wykreślono w funkcji wskaźników barwy B-V, przy czym usunięto wpływ poczerwienienia międzygwiazdowego (stąd indeks „o"). Obie współrzędne wyrażone są w wielkościach gwiazdowych. $(B-V)_0 = 0$ odpowiada typowi widmowemu AO, zaś $(B-V)_0 = 1$ typowi K2. Linią ciągłą zaznaczono izochronę dla 150 mln lat. Niech nas nie martwi duża liczba gwiazd powyżej izochrony. Są to zapewne nierozdzielone układy podwójne.

skutek wirowania gwiazdy i działania siły odśrodkowej otoczka gwiazdy staje się lżejsza, zmienia się struktura jej atmosfery i w rezultacie również położenie gwiazdy na diagramie H-R. Mazzei i Pigatto docenili wagę tego zjawiska.

Ta drobiazgowość przyniosła włoskim badaczom wymarzony sukces. Udało im się znaleźć izochronę pasującą zarówno do górnej jak i dolnej części ciągu głównego (rys. 1). Okazało się więc, że małe i duże gwiazdy z Plejad mają jednak ten sam wiek — około 150 mln lat. Zdecydowanie udało się więc odrzucić hipotezę o narodzinach Plejad „na dwa tempa".

Oczywiście, nie należy traktować tej liczby zbyt dosłownie. Owo „około" może oznaczać kilkadziesiąt milionów lat mniej lub więcej. Zresztą, sam proces powstawania gromady nie mógł być błyskawiczny. Musiał trwać kilka-kilkanaście milionów lat. Najwłaściwiej więc jest stwierdzić, używając geologicznej skali czasowej, że Plejady zabłysły na naszym niebie dopiero w okresie jurajskim, kiedy na Ziemi królowały dinozaury, a pod ich nogami biegały już pierwsze ssaki.

Wg *Astronomy and Astrophysics*, 1989, 231, L1

MAREK MUCIEK

Wiek Słońca

Mogłoby się wydawać, że ta sprawa przestała już być zagadką. Przecież w każdym podręczniku astronomii ogólnej można znaleźć informację na ten temat. Owszem to prawda, ale dane, jakie tam znajdujemy, są zwykle nieprecyzyjne i w każdej książce inne. Najczęściej można przeczytać, że Słońce świeci od 5 mld lat. Niektórzy podają bardzo szerokie „widełki": 5 do 6 mld, lub 4.5—5 mld lat. Przyczyną tych rozbieżności jest to, że dotychczas wiek Słońca w pewnym stopniu brano z... sufitu. Jedyną konkretną podstawą tych oszacowań był wiek najstarszych meteorytów — ok. 4.5 mld lat. Przyjmowano, że Słońce jest starsze od układu planetarnego (i meteorytów), więc do owych 4.5 mld lat dodawano pewną liczbę. Jaką? To już zależało od wyczucia danego autora.

A tymczasem wiek Słońca, a ściślej czas jaki upłynął od momentu gdy w jego wnętrzu rozpoczęła się przemiana wodoru w hel, jest bardzo ważnym parametrem modeli Słońca. W ostatnich latach w pracach, w których wykorzystywano ten parametr, przyjmowano wartość 4.6 lub 4.7 mld lat. Również te liczby brały się z dodania do wieku najstarszych meteorytów 100 lub 200 mln lat, zależnie od gustu badacza.

Ta sytuacja wyraźnie zirytowała amerykańskiego astronoma D. B. Guenthera. Postanowił on rozważyć wreszcie kwestię wieku Słońca w świetle najnowszych poglądów na wiek meteorytów, powstawanie układów planetarnych i ewolucję bardzo młodych gwiazd, przed ich wejściem na ciąg główny (a więc zanim zaczną spalać wodór).

Opinie na temat powstawania gwiazd i układów planetarnych są bardzo rozmaite i rzadko zgodne ze sobą. Jednak generalnie można na-

szkicować następujący schemat. W wielkim obłoku molekularnym materii międzygwiazdowej pojawia się zgęszczenie, na które zaczyna spadać gaz i pył. Owa akrecja nie zachodzi sferycznie symetrycznie, lecz tworzy się dysk, przez który materia spływa na tworzącą się w środku gwiazdę. Dysk jest gęsty, a więc są w nim warunki do zlepiania się cząstek w planety i drobniejsze ciała — również meteoroidy. Płaskość naszego układu planetarnego i znany fakt, że większość całkowitego momentu pędu niosą w nim planety a nie Słońce, wskazują na to, że Układ Słoneczny również powstał z takiego dysku. To właśnie na tym etapie musiały utworzyć się najstarsze znane nam meteoryty. Nawet jeśli w pierwotnej materii, z której utworzył się nasz dysk akrecyjny istniały już jakieś starsze meteoroidy, to i tak musiałyby one ulec przetopieniu, ponieważ temperatura takich dysków bywa dość wysoka (ponad 1000 K).

Gęsty dysk akrecyjny istnieje bardzo krótko — mniej niż 10 mln lat. Szybko bowiem z powstającej gwiazdy zaczyna wiać silny wiatr materii, który rozdmuchuje dysk. W tym momencie gwiazda staje się widoczna jako zmienna typu T Tauri. A więc gwiazdy nie są starsze od swoich układów planetarnych, lecz praktycznie mają ten sam wiek.

Gwiazda, która dopiero co rozdmuchała otaczający ją dysk akrecyjny i pojawiła się na niebie, świeci ciągle jeszcze kosztem energii grawitacyjnej wyzwolonej przy spadku na nią materii. Moment zapalenia wodoru w centrum następuje pewien czas potem. Wówczas gwiazda przestaje być zmienną typu T Tauri. Rozpoczyna się długi okres jej spokojnej „dojrzałości".

Przyjąwszy powyższy scenariusz Guenther przechodzi do liczb. Jak się rzekło, punktem wyjścia jest wiek najstarszych meteorytów. Znajduje się go dosyć dokładnie wykorzystując „zegar radioaktywny". Izotop ^{87}Rb jest nietrwały i samorzutnie przekształca się w ^{87}Sr (okres połowicznego rozpadu wynosi 47 mld lat). Badając stosunek zawartości ^{87}Rb do ^{87}Sr można wyznaczyć czas, jaki upłynął od powstania meteorytu. Według aktualnej opinii specjalistów w dziedzinie radioaktywnego datowania najstarsze znane nam meteoryty liczą sobie 4,53 mld lat, z dokładnością do 20 mln lat. Ponieważ dysk, w którym one powstawały, istniał mniej niż 10 mln lat, więc praktycznie w tym samym momencie narodziły się planety Układu Słonecznego, a samo Słońce uwolniło się od swej otuliny i zabłysło na ówczesnym niebie. Zapalenie wodoru w centrum Słońca nastąpiło później. Zanim to się stało zmieniało ono swój blask tak, jak to dziś czyni T Tauri i gwiazdy jej podobne. Jak długo trwał ten okres? Rachunki teoretyczne pokazują, że gwiazda o masie takiej jak masa Słońca przechodzi przez tę fazę w czasie 50 mln lat. Ale Słońce z pewnością miało początkowo większą masę (to właśnie tracona w „niemowlęctwie" materia rozwiała dysk).

Gwieździe o masie 1.25 masy słonecznej wystarcza na tę samą fazę 30 mln lat. Guenther przyjmuje więc, że Słońce musiało być zmienną typu T Tauri przez ok. 40 mln lat. Odejmując tę liczbę od 4.53 mld lat Guenther otrzymuje wynik do którego dążył: przemiana wodoru w hel w centrum Słońca rozpoczęła się 4.49 mld lat temu. Niepewność tego rezultatu Autor omawianego artykułu ocenia na 40 mln lat.

Wg *Astrophysical Journal* 1989, **339**, 1156

MAREK MUCIEK

KĄCIK OLIMPIJCZYKA

Zadanie z pierwszego etapu XXXII Olimpiady Astronomicznej

Na ekranie uzyskano obraz Słońca za pomocą soczewki o średnicy $d = 10$ cm i zdolności skupiającej $D = 0{,}5$ dioptrii. Przy założeniu, że średnica kątowa Słońca wynosi $\alpha = 32'$, oblicz stosunek natężeń oświetlenia powierzchni obrazu Słońca i powierzchni ekranu oświetlonego bezpośrednio.

Rozwiązanie:

W treści zadania jako parametr określający własności optyczne soczewki podano zdolność skupiającą D wyrażoną w dioptriach. Jest to wielkość, którą często stosujemy przy opisie soczewek w optyce technicznej lub medycynie. Korzystając z definicji tej wielkości wyliczymy ogniskową soczewki. Otóż jeśli ogniskową soczewki wyrazimy w metrach to jej odwrotność będzie właśnie zdolnością skupiającą soczewki D wyrażoną w dioptriach. Czyli

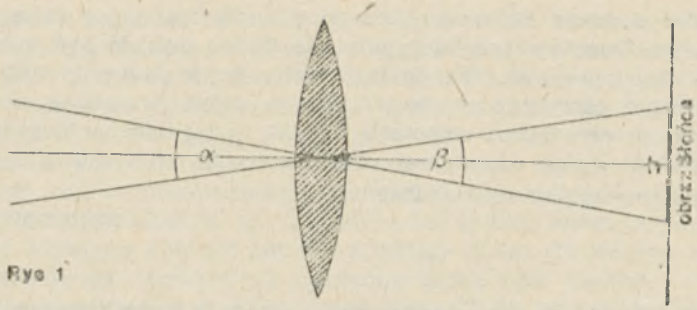
$$\frac{1}{f} = D,$$

gdzie f to ogniskowa soczewki wyrażona w metrach. Podstawiając dane z zadania znajdujemy, że ogniskowa interesującej nas soczewki wynosi $f = 2$ m.

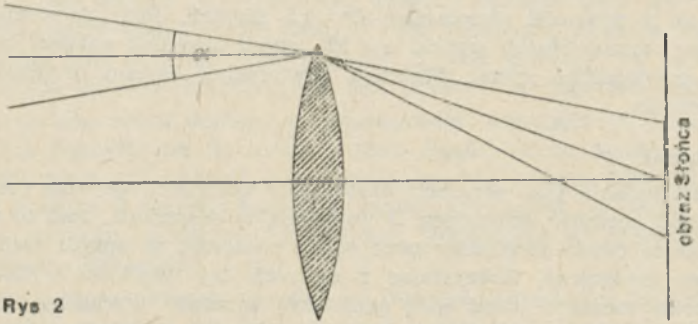
Odległość dzieląca soczewkę i Słońce jest bardzo duża w porównaniu z ogniskową co powoduje, że obraz Słońca powstanie w odległości ogniskowej. Można się o tym przekonać biorąc pod uwagę równanie soczewki:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f},$$

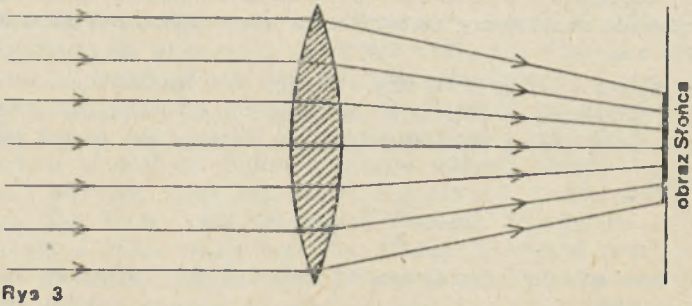
gdzie: x — odległość przedmiotu od soczewki; y — odległość obrazu od soczewki.



Rys 1



Rys 2



Rys 3

Z równania tego można wyliczyć y:

$$y = \frac{f}{1 - \frac{f}{x}},$$

a ponieważ $x \gg f$ to ostatni wyraz w mianowniku jest bardzo mały i cały mianownik niewiele różni się od 1. Stąd

$$y = f.$$

Rysunek 1 przedstawia sposób, w jaki soczewka daje obraz Słońca na ekranie umieszczonym w odległości ogniskowej. Na rysunku h jest średnicą obrazu Słońca.

Słońce widzimy pod kątem $\alpha = 32'$ (rys. 1). Promienie przechodzące przez środek soczewki nie ulegają odchyleniu i dlatego tworzą one za soczewką kąt β równy kątowi α. Teraz łatwo można wyliczyć rozmiary obrazu Słońca:

$$h = 2 \cdot f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Podstawiając dane z zadania otrzymujemy $h = 1{,}86$ cm.

By dać ostateczną odpowiedź na postawione w treści zadania pytanie należy zastanowić się nad tym, czy całe światło docierające do soczewki ze Słońca tworzy jego obraz na ekranie. O tym, że tak jest istotnie przekonają nas dwa kolejne rysunki. Rysunek 2 przedstawia bieg promieni słonecznych docierających do krawędzi soczewki. Promień równoległy do osi optycznej trafia na ekranie w miejsce przecięcia ekranu z osią optyczną (ognisko). Skrajne promienie biegną do skrajnych części obrazu. Oczywiście jest tak dlatego, że przy danych zadania ($f = 2$ m i średnica soczewki $d = 10$ cm) soczewkę można traktować jako cienką, a promienie padające na nią jako bliskie osi optycznej. Ponadto promienie te są prawie równoległe do osi optycznej (mała średnica kątowa przedmiotu). To wszystko pozwala na zaniedbanie wszelkich aberracji geometrycznych, które pojawiłyby się np. przy większych rozmiarach soczewki.

Tak więc światło padające na soczewkę zostaje skupione na powierzchni obrazu tak jak widać to na rys. 3. Wynika stąd, że natężenie światła tworzącego obraz Słońca uzyskany na ekranie, w stosunku do natężenia światła trafiającego bezpośrednio na ekran, jest odwrotnie proporcjonalne do stosunku pola powierzchni soczewki i obrazu. Ostatecznie więc szukany stosunek natężeń wynosi:

$$k = \frac{d^2}{h^2}.$$

Należy tutaj dodać, że pomijamy niewielkie straty światła w soczewce spowodowane pochłanianiem czy rozpraszaniem na niejednorodnościach materiału, z którego jest wykonana soczewka.

Po podstawieniu danych liczbowych do ostatniego równania otrzymujemy $k = 28{,}9$ razy, co stanowi rozwiązanie zadania.

opracował: TADEUSZ FIRSZT

KRONIKA PTMA

Na górze pod chmurką

> O Nocy Święta! Lubimy cię, bo nas łączysz z innymi światy, bo nam dajesz przeczucie życia wiecznego i powszechnego, bo nam dajesz nadzieję, bo nam otwierasz podwoje nieba!
>
> K. Flammarion, *Światy nieznane*

Czwarty obóz obserwacyjny toruńskiego oddziału PTMA rozpoczął się 25 lipca 1989 roku, tradycyjnie po długiej podróży. Wyjechało nas z Torunia ośmiu, lecz po paru dniach liczba uczestników wzrosła dwukrotnie. Oprócz toruńczyków byli wśród nas miłośnicy astronomii z Iławy, Chełmna, Głogowa, Mińska Maz., Szczecina i Łodzi. Troskliwie opiekowali się nami toruńscy astronomowie: Marek Muciek i Krzysztof Gęsicki.

Punktem docelowym podróży była baza namiotowa pod szczytem Lubania w Gorcach. Ostatni etap to piesza wędrówka pod górę. Szliśmy zielonym szlakiem, na którym zieleni bynajmniej nie brakowało. Po paru godzinach zmagań z chaszczami i górskimi potokami dotarliśmy na upragnione miejsce.

Pierwsza noc była pogodna. Niestety, tylko paru zapaleńców okazało się odpornych na trudy dwudziestogodzinnej podróży. Wdrapali się oni ostatkiem sił na szczyt, aby obserwować gwiazdy zmienne. Niestety, limit gwiaździstych nocy wyczerpaliśmy chyba rok temu we Fromborku, ponieważ okazało się, że czekały nas tylko dwie noce pogodne i dwie z dziurawymi chmurami. Pechowo trafiliśmy na okres najgorszej pogody tamtego pięknego lata. Namarzliśmy się i wymokli straszliwie.

Okazało się jednak, że nawet w tak trudnych warunkach można coś pożytecznego zrobić. Nowicjusze nauczyli się rozpoznawać gwiazdozbiory oraz dokonali ku ogólnej radości (głównie swojej, ale i innych) pierwszych w życiu obserwacji gwiazd zmiennych. My, zaawansowani, także nie przespaliśmy pogodnych nocy. Zorganizowaliśmy pokaz nieba dla gospodarzy i gości bazy, no i oczywiście obserwowaliśmy kochane gwiazdy zmienne. Dlaczego kochane? Chociażby dlatego, że starały się one wynagrodzić nam brak pogodnych nocy i dwie z nich okazały się bardziej aktywne niż zwykle. Zaobserwowaliśmy niespodziewany wzrost jasności γ Cas, oraz — co ciekawsze — początek nowego spadku jasności R CrB (poprzednie takie spadki zdarzyły się w latach 1976 i 1988).

Obecność astronomii na obozie nie ograniczała się jedynie do nocnych obserwacji. Wieczorami słuchaliśmy referatów — ciekawych i bardzo różnych. Oto mały wyciąg z listy tematów: „Problem istnienia krasnoludków, czyli ujęcie ortodoksyjne poszukiwań obcych cywilizacji", „Wyniki badań satelitarnych komety Halleya", „Tajemnice diagramu O-C". Referaty były przygotowane i wygłoszone przez członków toruńskiego Międzyszkolnego Koła Astronomicznego KASTOR.

W dzień, podczas kilkudziesięciokilometrowych spacerków podziwialiśmy piękno Pienin i Gorców. Między innymi przyjemnościami, doznaliśmy rozkoszy brodzenia po kostki w błocie, w strugach deszczu i nieprzeniknionych ciemnościach.

Mimo chłodu (temperatura spadała niekiedy do 5° C) bardzo ciepłe stosunki panowały na linii kadra — obozowicze. Należy nadmienić, że żaden punkt programu nie był obowiązkowy.

To były piękne dwa tygodnie. Lubań żegnaliśmy ze łzami w oczach, chusteczkami w ręku, żalem w sercu i... obserwacjami w notesach. Jedynie pan Marek zdawał się niepocieszony — wyglądał tak, jakby męczyło go uczucie niespełnionego obowiązku. Czy słusznie? ...

Jako uczestnik trzech poprzednich obozów astronomicznych oddziału tourńskiego PTMA, ten uważam za najlepszy.

KRZYSZTOF RUMIŃSKI, Toruń

P.S. Zarząd Główny PTMA ofiarował nam 80 tys. zł, co akurat wystarczyło na opłacenie noclegów. Dziękujemy!

OBSERWACJE

Komunikat nr 4/89 Sekcji Obserwacji Słońca PTMA

Wyniki obserwacji Słońca w maju 1989 r. przysłało 8 obserwatorów: Marcin Betlej, Robert J. Bodzoń, Janusz Kosiński, Dariusz Kruglak, Andrzej Pilski, Robert Szaj, Mieczysław Szulc, Jerzy Ułanowicz. Łącznie wykonano 129 obserwacji w 31 dniach. Średnie dzienne względne liczby Wolfa w maju 1989 r. wynoszą:

1. 91 (84), 2. 96 (91), 3. 91 (91), 4. 89 (85), 5. 90 (85), 6. 122 (120), 7. 146 (127), 8. 166 (183), 9. 142 (130), 10. 117 (108), 11. 137 (123), 12. 94 (134), 13. 129 (138), 14. 136 (142), 15. 185 (158), 16. 170 (156), 17. 201 (185), 18. 220 (188), 19. 231 (225), 20. 188 (194), 21. 168 (178), 22. 165 (154), 23. 202 (176), 24. 201 (191), 25. 192 (179), 26. 165 (175), 27. 178 (170), 28. 140 (141), 29. 131 (126), 30. 114 (113), 31. 93 (102).

Średnia miesięczna względna liczba Wolfa w maju 1989 r. wynosi 148,1 (143,6). Średnia względna liczba Wolfa z jednego obrotu Słońca wynosi 144,1 (139,5). W nawiasach podano średnie liczone bez współczynników obserwatorów.

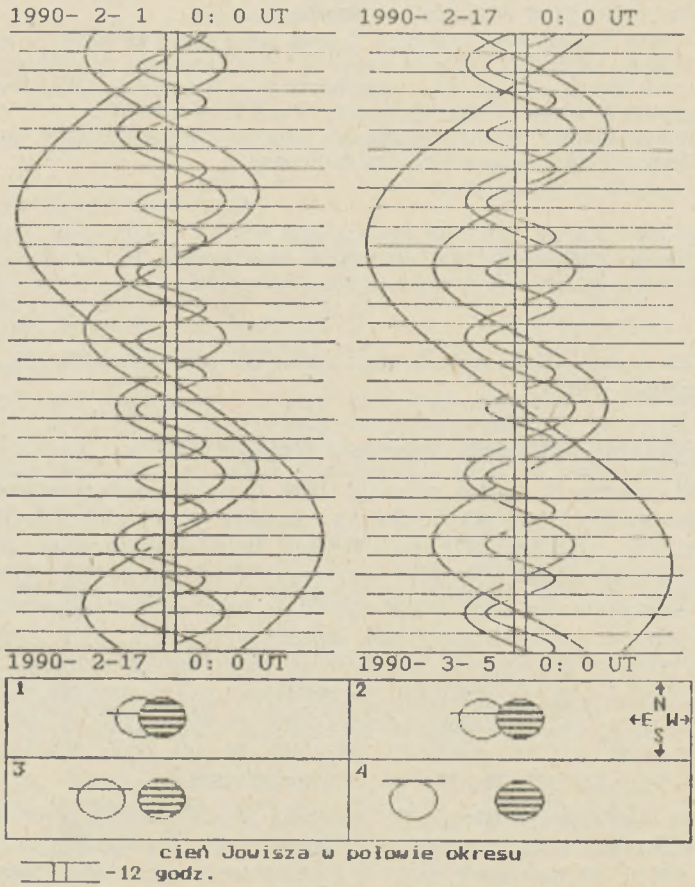
ANDRZEJ PILSKI

Z KORESPONDENCJI

Księżyce Jowisza — program komputerowy (II)

(dokończenie z poprzedniego numeru)

5. *Cienie* — rysowane jest położenie cienia Jowisza obserwowane z Ziemi, fragment orbity księżyca przechodzącej w obszarze cienia i tarczy, cień satelity na tarczy planety oraz ten fragment orbity księżyca, z którego rzucany jest cień na planetę (linia przerywana). Dla poszczególnych satelitów podany jest czas trwania zaćmienia (*tz*) oraz czas między początkiem przejścia księżyca i początkiem przejścia jego

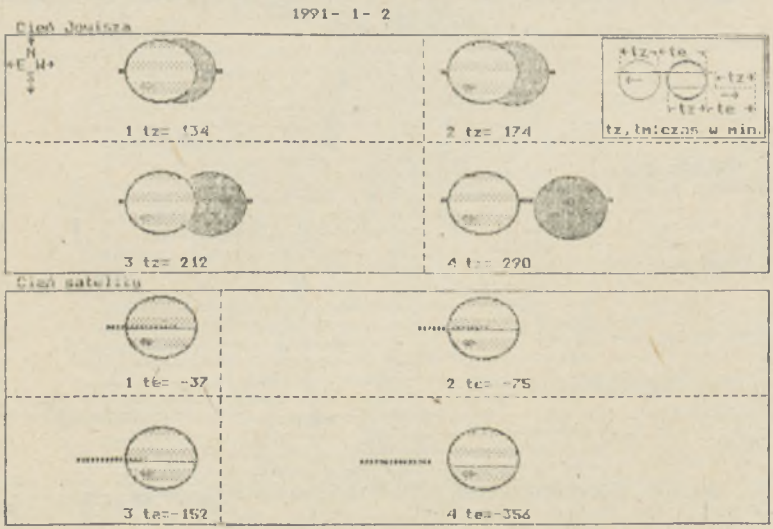


Rys. 4. Wykres położeń satelitów Jowisza w lutym 1990 r.

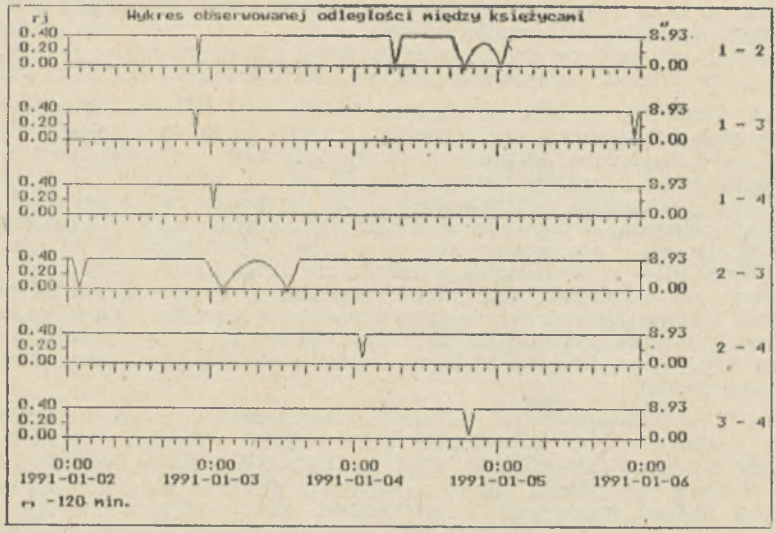
cienia po tarczy planety (*te*). Ujemny czas oznacza, że przejście cienia nastąpi wcześniej niż przejście księżyca (lub to, że zaćmienie nastąpi wcześniej niż zakrycie przez tarczę Jowisza). Czasy podane są w minutach, a w okienku narsyowana jest interpretacja czasów *tz* i *te* (rys. 5).

6. *Momenty zjawisk w układzie satelitów Jowisza* — liczone są w okresie miesięcznym. Obliczane są momenty koniunkcji dolnej (księżyc przed Jowiszem), górnej (satelita za Jowiszem), momenty początku i końca przejścia przed tarczą, przejścia cienia, zaćmienia i zakrycia. Nie jest sprawdzany warunek widoczności początku (czy końca) zaćmienia lub zakrycia — podwane są wszystkie momenty; z rysunku położenia cienia można zorientować się, które z tych zjawisk nie są widoczne, a z wykresu — które nastąpią w dzień i nie mogą być obserwowane. Ze względu na dokładność algorytmu i przybliżony sposób określania początku i końca zjawisk wyznaczone momenty mogą różnić się od prawdziwych o kilka lub kilkanaście minut (zwłaszcza w przypadku księżyca 4, gdy jego orbita przebiega w pobliżu północnej lub południowej granicy cienia).

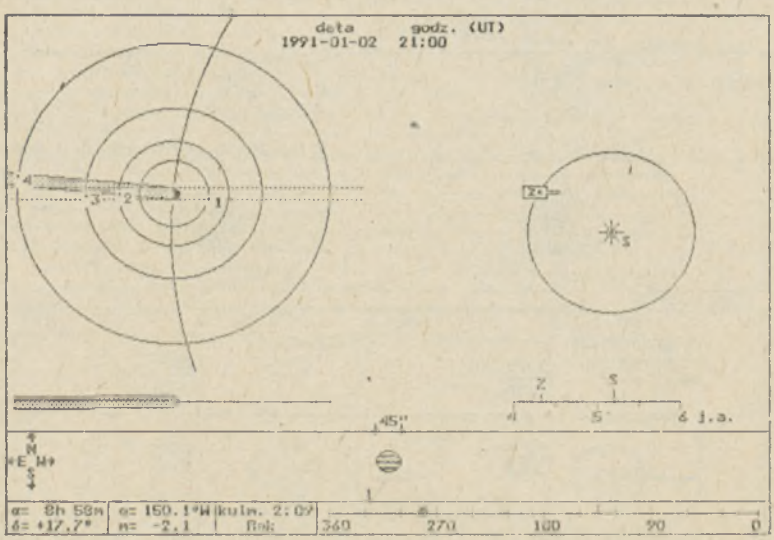
7. *Obserwowane odległości między księżycami* — co ok. 6 lat Ziemia znajduje się w płaszczyźnie orbit satelitów Jowisza. Występują wtedy duże pozorne zbliżenia satelitów do siebie i może dochodzić do ich wzajemnych zakryć. Program podaje na wykresie obserwowaną odległość między księżycami w promieniach Jowisza (rj) lub w sekundach łuku (″). Jeżeli odległość jest mniejsza niż suma promieni księżyców, dochodzi do zakrycia satelity; okres zakrycia zaznaczony jest na wykresie w postaci niebieskiej kreski w dolnej części osi czasu. Ponieważ w algorytmie nie są uwzględnione różnice w kątach nachylenia orbit, niektóre duże zbliżenia mogą być w programie zaznaczone



Rys. 5. Układ cieni w dniu 2 stycznia 1991 r.



Rys. 6. Wykres obserwowanej odległości między księżycami Jowisza na początku stycznia 1991 r.



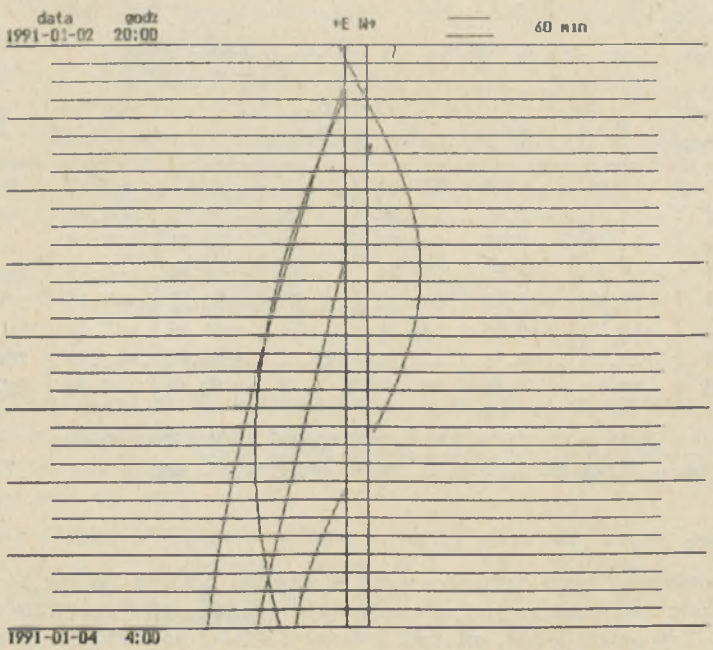
Rys. 7. Konfiguracja księżyców Jowisza w dniu 2 stycznia 1991 r.

jako zakrycia, lub niektóre zakrycia mogą nie być zaznaczone, zwłaszcza dla księżyca 4 (rys. 6).

8. Można wydrukować wielkości opisujące położenie Ziemi i Jowisza na orbicie, odległość, kąty, współrzędne itp. w wybranym odstępie czasu.

Otrzymane na ekranie rysunki i wykresy są wielobarwne, wszystkie rysunki można przekopiować na drukarce. Program napisany jest w języku Turbo-Pascal na komputer typu IBM/PC i wymaga tzw. karty EGA, zapewniającej dużą rozdzielczość ekranu. Użycie koprocesora numerycznego znacznie przyspiesza proces obliczeń. Podobny program w uproszczonej wersji (konfiguracja, animacja i wykres na ekranie) napisałem też na komputer ATARI 800XL.

Rysunki 5, 6, 7 i 8 przedstawiają przebieg bardzo ciekawej serii zjawisk, która zajdzie w nocy z 2 na 3 stycznia 1991 roku. Podane niżej momenty są w czasie środkowo-europejskim cse (na rysunkach w czasie uniwersalnym UT). Ok. godz. 21 w pobliżu Jowisza widzimy tylko dwa księżyce — 1 i 4. Księżyc 4 zniknie w cieniu o 21.40, a 1 zbliża się do tarczy by chwilę później, o 21.43 rozpocząć przejście na tle tarczy. Od tego momentu wokół Jowisza nie widzimy żadnego satelity aż do godz. 22.54, gdy zza tarczy wyłoni się księżyc 3. O 23.42 zza tarczy wyjdzie ks. 2, a tuż po północy księżyc 1 zakończy przejście. Widzimy już teraz tuż przy tarczy planety trzy księżyce. Ks. 2 bez



Rys. 8. Wykres przebiegu zjawisk w układzie księżyców Jowisza 2/3 stycznia 1991 r.

przerwy jednak zbliża się do 3, by o 2.25 rozpocząć przejście na jego tle, które trwać będzie do godz. 3.22 (maksymalne zakrycie o 2.53). W tym samym czasie (ok. 2.31) z cienia wyjdzie księżyc 4, by godzinę później skryć się za tarczą planety. Ks. 2 po zakończeniu zakrycia oddala się od 3, ale po pewnym czasie znów zacznie się do niego zbliżać i zakryje go ponownie ok. godz. 14 (tego zakrycia z terenu Polski nie będzie można obserwować).

MAREK LEDWOŃ, Piekary Śląskie

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski **Luty 1990 r.**

Słońce

Wędruje po części ekliptyki położonej pod płaszczyzną równika niebieskiego, ale jego deklinacja wzrasta w ciągu miesiąca od —17° do —8°, w związku z czym dnia przybywa prawie o dwie godziny; w Warszawie 1 lutego Słońce wschodzi o 7^h18^m, zachodzi o 16^h23^m, a 28 lutego wschodzi o 6^h25^m, zachodzi o 17^h13^m. W lutym Słońce wstępuje w znak Ryb.

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

Data 1990	P	B_0	L_0	Data 1990	P	B_0	L_0
II 1	—12°30	—6°06	275°24	II 17	—18°16	—6°93	64°56
3	—13.10	—6.20	248.92	19	—18.80	—7.00	38.24
5	—13.88	—6.32	222.58	21	—19.41	—7.06	11.90
7	—14.65	—6.45	196.24	23	—20.00	—7.12	345.56
9	—15.40	—6.56	169.92	25	—20.56	—7.16	319.22
11	—16.12	—6.66	143.58	27	—21.10	—7.20	292.87
13	—16.82	—6.76	117.24	III 1	—21.62	—7.22	266.52
15	—17.50	—6.85	90.90	3	—22.10	—7.24	240.18

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
$22^d10^h40^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie lutego, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra 2^d20^h, pełnia 9^d20^h, ostatnia kwadra 17^d21^h i nów 25^d10^h. W perygeum Księżyc znajdzie się dwukrotnie, 2 i 28 lutego, a w apogeum 16 lutego. Wieczorem 9 lutego obserwujemy całkowite zaćmienie Księżyca.

Planety i planetoidy

Z dnia na dzień coraz wyżej nad wschodnim horyzontem błyszczy pięknym blaskiem Wenus jako Gwiazda Poranna —4.3 wielkości. Nad ranem też wschodzi Mars i Saturn, obie planety przebywają nisko nad horyzontem w gwiazdozbiorze Strzelca i łatwo je odnaleźć, bo nie ma tam jaśniejszych gwiazd (Mars +1.5 wielk., a Saturn +0.8 wielk.). Jowisz widoczny jest dobrze w pierwszej połowie nocy jako jasna gwiazda —2 wielkości w gwiazdozbiorze Bliźniąt. Pozostałe planety są jeszcze zbyt blisko Słońca na niebie, aby je można było łatwo obserwować.

* *
*

1^d1^h Merkury w największym zachodnim odchyleniu od Słońca (25°).

3^d17^h Złączenie Merukrego z Saturnem w odl. 0°2.

4^d7^h Wenus w złączeniu z Merkurym w odl. 7°.

6^d5^h Złączenie Księżyca z Jowiszem w odl. 4°.

7^d5^h Złączenie Wenus z Saturnem w odl. 7°. Obie planety odnajdziemy rankiem nad wschodnim horyzontem.

8^d5^h Wenus nieruchoma w rektascensji.

9^d O 15^h złączenie Marsa z Uranem w odl. 0°2. Wieczorem obserwujemy całkowite zaćmienie Księżyca; podajemy momenty poszczególnych faz zaćmienia:

wejście Księżyca w półcień Ziemi	$9^d17^h20^m$
początek zaćmienia częściowego	18 29
„ „ całkowitego	19 49
moment największej fazy zaćmienia	20 11
koniec zaćmienia całkowitego	20 33
„ „ częściowego	21 53
wyjście Księżyca z półcienia	23 3

14^d19^hPo raz drugi złączenie Wenus z Saturnem w odl. 7°.

17^d7^h Mars w złączeniu z Neptunem w odl. 1°.

$18^d23^h10^m$ Słońce wstępuje w znak Ryb, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 330°.

21^d Księżyc w złączeniu kolejno z trzema planetami: o 1^h z Uranem w odl. 3°, o 11^h z Neptunem w odl. 4° i o 17^h z Marsem w odl. 2°.

22^d O 1^h Księżyc w złączeniu z Saturnem w odl. 3°, a o 5^h z Wenus w odl. 8°. O 14^h Wenus osiąga maksimum swego blasrku.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie środkowo-europejskim.

CONTENTS

K. Maślanka — Cosmic Strings.
S. R. Brzostkiewicz — Magellan Mission.
Chronicle: An Age of Pleiades — An Age of the Sun.
Corner of an Astronomical Olympian.
PTMA Chronicle.
From Correspondence.
Observations.
Astronomical Calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

К. Масльяика — Космические струны.
С. Р. Бжесткевич — Миссия Магеллан.
Хроника: Возраст Плеяд — Возраст Солнца.
Уголок астрономического олимпийца.
Хроника Общества (PTMA).
Наблюдения.
Из корреспонденции.
Астрономический календарь.

Trzecia strona okładki: Zdjęcia nadesłane przez Pawła Sobotko z Olsztyna wykonane 17 sierpnia 1989 r. za pomocą aparatu fotograficznego Zenit 12 XP zamontowanego do teleskopu Maksutowa 150/2250 na błonie HL 27 DIN: zaćmienia Księżyca (u góry) w fazie około 0.65 (1h59m UT) i około 0.76 (2h06m UT) (czas naświetlania 0.5 s) oraz Jowisza i jego księżyców galileuszowych (u dołu) w momencie 1h53m UT, od lewej: Europa, Jowisz, Io, Ganimedes i Callisto (czas naświetlania 12 s).

Czwarta strona okładki: Obraz fragmentu powierzchni Wenus uzyskany za pomocą sond kosmicznych Venera 15 i 16 ukazujący charakterystyczny typ wenusjańskiego reliefu zwany parkietem (łacińskie tessera).

Komunikat

I

Podajemy następujące informacje (dot. 1990 r.):
— wpisowe będzie wynosić 1.000,— zł (bez zniżki)
— składka roczna 6.000,— zł
młodzież szkolną, studentów, emerytów, rencistów prosi się o zapłacenie w miarę możliwości pełnej składki, mimo przysługującej im 50% zniżki. Prosimy o w miarę szybkie dokonanie wpłaty rocznej lub półrocznej składki (z zaznaczeniem na blankiecie PKO).

II

W obecnej sytuacji Państwa, od stycznia 1990 r. Towarzystwo musi utrzymać się ze składek członkowskich oraz dobrowolnych wpłat członków.

III

Przy dokonywanych wpłatach prosimy o wyraźne zaznaczenie **na wszystkich** odcinkach PKO — celu wpłaty.

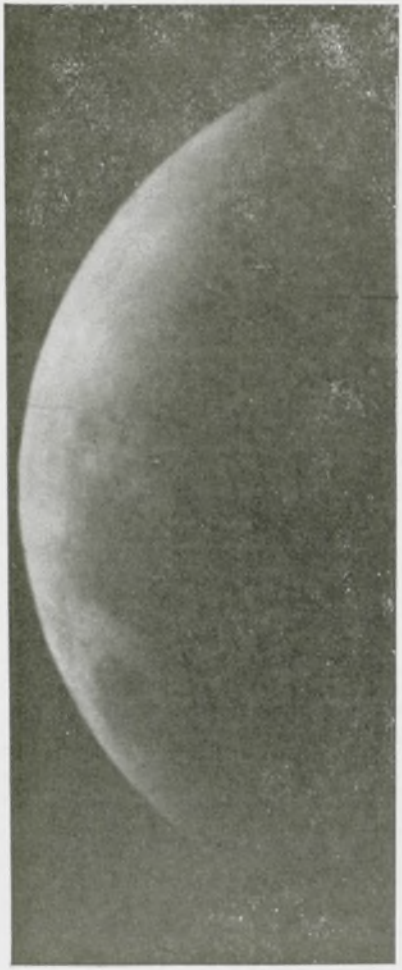
IV

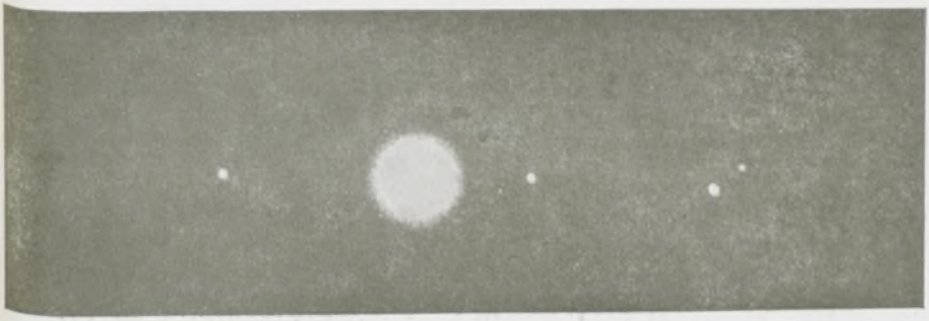
W następnym numerze podamy warunki prenumeraty „Uranii" na 1990 rok.

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 pojedynczego egzemplarza 90 zł, zgłoszenia w administracji, adres j.w.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław Oddział w Krakowie, 1989. Nakład 2667 egz. Obj. ark. wyd. 2,60, ark. druk. 2,0. Pap. druk sat. kl. V, 55 g, 61×86.
Indeks 38001

Drukarnia Związkowa w Krakowie — Zam. 6266-89 — O-21 — Nakład 2667 egz.





Cena (poza prenumeratą) zł 500.— Cena (w prenumeracie) zł 90.—

Indeks 38001