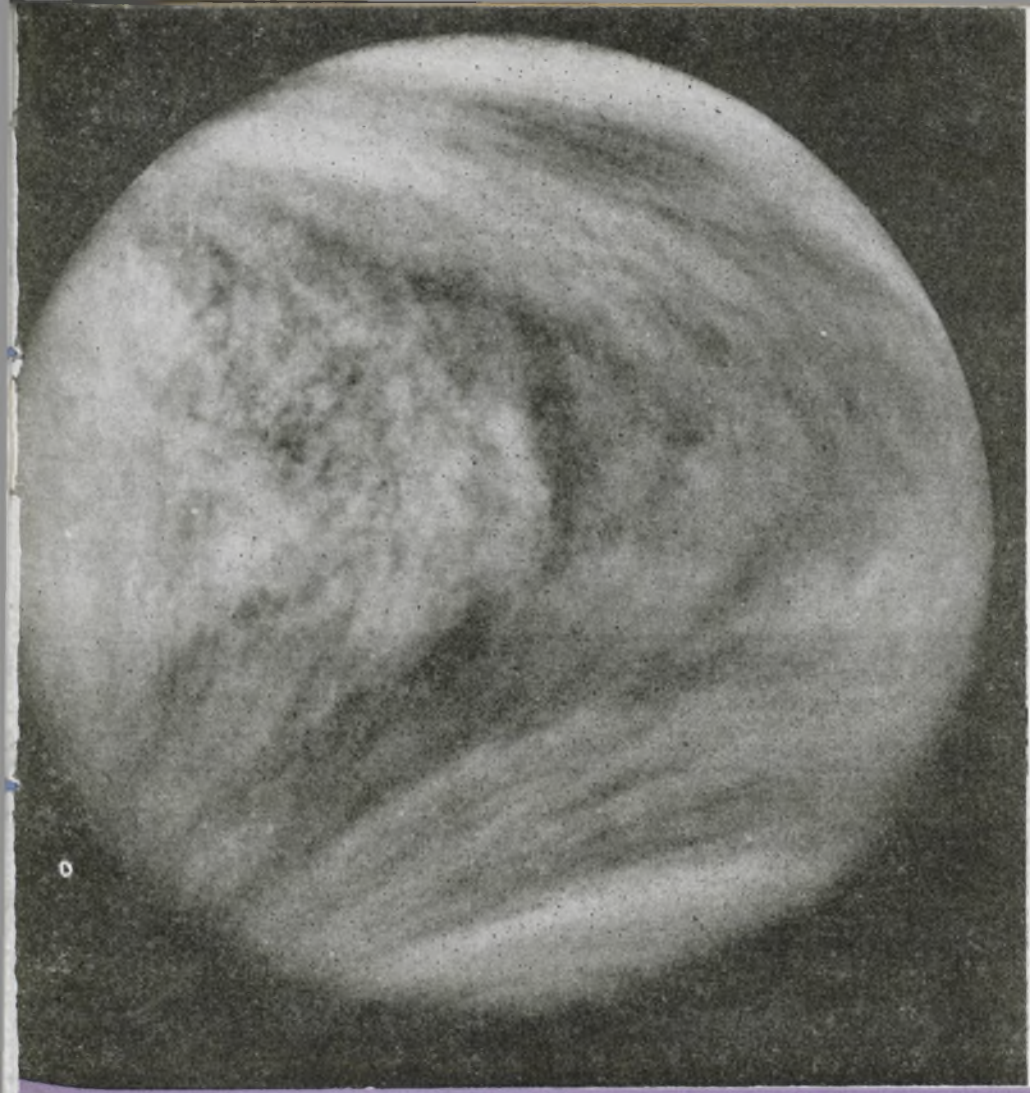


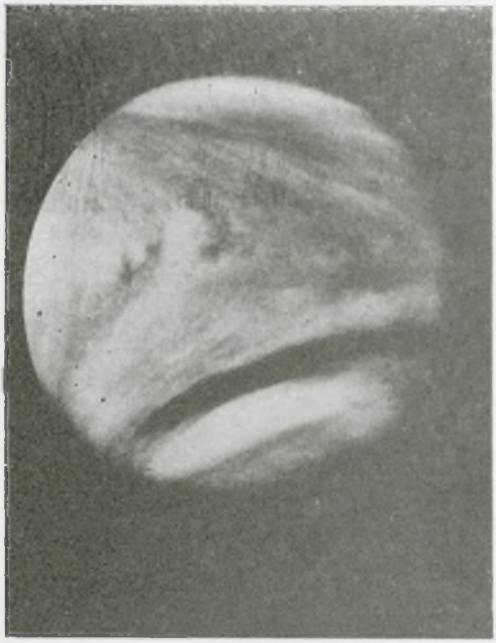
Lancer

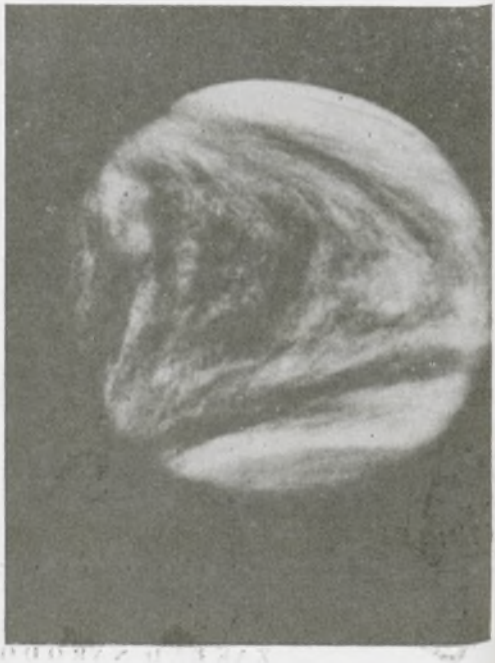
URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LII WRZESIEŃ 1981 NR 9

ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK





ISSN-0042-07-94

URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LII WRZESIEŃ 1981 Nr 9

WYDANO Z POMOCĄ FINANSOWĄ POLSKIEJ AKADEMII NAUK. CZASOPISMO ZATWIERDZONE PRZEZ MINISTERSTWO OŚWIATY DO UŻYTKU SZKÓŁ OGÓLNOKSZTAŁCĄCYCH, ZAKŁADÓW KSZTAŁCENIA NAUCZYCIELI I TECHNIKÓW (DZ. URZ. MIN. OŚW. NR 14 Z 1966 R. W-WA 5. 11. 66).

W styczniu 1981 roku powstała **Komisja Porozumiewawcza Towarzystw Nauk Ścisłych i Przyrodniczych.** Wśród 20 towarzystw naukowych, które do niej przystąpiły znajduje się Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Główny cel Komisji, którym jest troska o podnoszenie rangi polskiej nauki, będzie realizowany m.in. poprzez przeciwdziałanie nieprawidłowościom w organizacji badań naukowych, tworzenie ustawowych barier przeciwdziałających zbiurokratyzowaniu nauki, udział w pracach nad reformą oświaty, tworzenie odpowiednich warunków dla przepływu kadr między szkolnictwem wyższym i średnim, przywrócenie właściwej rangi olimpiadom i przeciwdziałanie administracyjnym ograniczeniom ich atrakcyjności. Z dotychczasowych działań Komisji wymieńmy przykładowo: wypracowanie stanowiska w sprawie przygotowywanych nowych ustaw o szkolnictwie wyższym, o Polskiej Akademii Nauk, a także o cenzurze; rozmowy przedstawicieli Komisji z Ministrem Oświaty i Wychowania na temat m.in. zmian planów nauczania i programów w związku z wprowadzeniem w szkołach wolnych sobót, opiniowanie aktualnych podręczników szkolnych.

Przewodniczącym Komisji został wybrany doc. dr hab. **Jerzy Stodółkiewicz,** prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, a sekretarzem dr **Krzysztof Ziołkowski,** wiceprezes Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

SPIS TREŚCI

Stanisław R. Brzostkiewicz — Co nowego na Wenus?

Bożena Muchotrzeb — Fale grawitacyjne.

Kronika: Nowe oznaczenia gwiazd zmiennych.

Nowości wydawnicze: Nowy Atlas Nieba Amerykańskiego Towarzystwa Obserwatorów Gwiazd Zmiennych.

Kalendarzyk astronomiczny

Pierwsza strona okładki: Zdjęcie Wenus wykonane przez sondę Pioneer-Venus Orbitr w 1978 roku z odległości około 65 tys. km.

Druga strona okładki: Dwie pary (u góry i u dołu) zdjęć Wenus wykonanych przez sondę Pioneer-Venus Orbiter w odstępie 24 godzin, które wyraźnie ukazują ewolucję struktur obłoków wenusjańskich.

Trzecia strona okładki: Radarowa mapa Wenus wykonana za pomocą radioteleskopu w Arecibo (patrz zdjęcie na pierwszej stronie okładki *Uranii* z września 1979 roku) podczas opozycji Wenus w latach 1975 i 1977.

Czwarta strona okładki: Fragment radarowej mapy Wenus. Kolista centralna forma jest kraterem o średnicy około 160 km, a wysokość brzegów krateru jest oceniana na około 500 m.

STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ — Dąbrowa Górnicza

CO NOWEGO NA WENUS?

W grudniu 1978 roku obiektem kompleksowej penetracji astronautycznej była nasza sąsiadka kosmiczna — Wenus. Dwie sondy amerykańskie *(Pioneer-Venus Orbiter* i *Pioneer-Venus Multiprobe)* oraz dwie sondy radzieckie *(Wieniera-11* i *Wieniera-12)* niemal równocześnie badały tę bliską, ciągle jednak mało znaną planetę Układu Słonecznego. Uzyskane z ich pomocą dane nie tylko uściśliły dotychczasowe wiadomości o przyrodzie Wenus, ale także rzuciły zupełnie nowe światło na rzeźbę powierzchni tej planety, na skład chemiczny jej atmosfery i zachodzące w niej zjawiska.

Sondy amerykańskie wyekspediowane zostały w kierunku Wenus na początku „okna startowego". Jako pierwszy pomknął na jej spotkanie *Pioneer-Venus Orbiter,* który z Ziemi wystartował 20 maja 1978 roku i osiągnął planetę po 198 dniach lotu. W dniu 4 grudnia tegoż roku wprowadzono go na okołowenusjańską orbitę z peryapsis znajdującym się początkowo 378 km nad powierzchnią Wenus, wkrótce bowiem dokonano odpowiedniej korekty i sonda zaczęła się poruszać po orbicie z peryapsis na wysokości 250 km. Z tej wysokości przeprowadzono pierwsze pomiary zewnętrznych warstw atmosfery i jonosfery wenusjańskiej, dla celów kartograficznych dokonano pierwszych obserwacji radiolokacyjnych. Jednak po 16 okrążeniach planety przeprowadzono kolejną korektę lotu, w wyniku czego *Pioneer-Venus Orbiter* zaczął obiegać Wenus po orbicie o następujących parametrach: peryapis — 150 km, apoapsis — 66 900 km, mimośród — 0,843, nachylenie względem równika planety — 105,6°, czas obiegu — 24 godziny i 14 minut. Aktywny czas życia sondy był przewidziany na dwie tamtejsze doby gwiazdowe, czyli na około 500 ziemskich dni. Jej głównym zadaniem było przekazać na Ziemię radarowe obrazy powierzchni Wenus.

Zupełnie inne zadanie powierzono sondzie kosmicznej *Pioneer-Venus Multiprobe.* Jej start nastąpił 8 sierpnia 1978 roku, a u celu podróży znalazła się 9 grudnia tegoż roku, czyli po 123 dniach lotu. Przetransportowała ona w pobliże Wenus cztery próbniki, z których największy *(Sounder)* miał masę 316 kg, a trzy mniejsze *(North, Day* i *Night)* po 93 kg każdy. Pierwszy z nich odłączył się od sondy transportowej już 15 listopada, pozostałe zaś pięć dni później. Ale wszystkie one

oraz sonda transportowa wtargnęły do atmosfery Wenus prawie jednocześnie, co nastąpiło 9 grudnia i odbyło się w następującej kolejności: *Sounder*, *North*, *Day*, *Night* i sonda transportowa. Ta ostatnia wtargnęła do wenusjańskiej atmosfery godzinę później i po locie trwającym 64 sekundy spłonęła. Nastąpiło to na wysokości około 110 km, mniej więcej nad miejscem o następujących współrzędnych afrodytograficznych: 41° szerokości północnej, 284° długości.

Tab. 1. Dane o „lądowiskach" próbników wenusjańskich z roku 1978.

Nazwa próbnika	Współrzędne afrodytograficzne „lądowiska"		Względna wysokość (*)	Ciśnienie	Temperatura
	szerokość	długość			
Sounder	4°	304°	0 m	9,03 MPa	458°C (731 K)
North	60,1°	4,4°	+730 m	8,62 MPa	448°C (721 K)
Day	—32,4°	318,4°	—210 m	9,15 MPa	456°C (729 K)
Night	—27,4°	56,7°	—720 m	9,45 MPa	459°C (732 K)
Wieniera-11	—13°	300°		8,9 MPa	462°C (735 K)
Wieniera-12	— 7°	294°			470°C (743 K)

*) Za zerową wysokość przyjęto wysokość „lądowiska" próbnika *Sounder*.

Próbnik *Sounder* wtargnął do wenusjańskiej atmosfery z szybkością 11,6 km/s. Po otwarciu spadochronu została ona w ciągu 17 minut znacznie zmniejszona i w ostatniej fazie lądowania wynosiła już tylko 10 m/s. Ostatecznie próbnik ten opadł na powierzchnię planety po 54,5 minutach lotu, lądując na jej oświetlonej (dziennej) półkuli. W kilkuminutowych odstępach czasu wnikały do wenusjańskiej atmosfery pozostałe trzy próbniki, które wprawdzie nie były wyposażone w spadochrony, to jednak z uwagi na niewielką masę lądowały dopiero po upływie od 53 do 55 minut od chwili wtargnięcia do atmosfery Wenus. Ich drogi były tak dobrane, aby opadały w różnych miejscach planety, oddalonych od siebie o około 10 tys. km i zlokalizowanych zarówno na nocnej, jak i na dziennej półkuli globu wenusjańskiego. Wszystkie cztery próbniki miały jedynie zbierać informacje podczas przelotu przez atmosferę Wenus i przekazywać je na Ziemię za pośrednictwem krążącej dokoła planety sondy *Pioneer-Venus Orbiter*. Nie liczono się po prostu z tym, że aparatura zainstalowana w próbnikach wytrzyma upadek i przez jakiś czas będzie jeszcze sprawna. Tymczasem miłą niespodziankę sprawił próbnik *Day*,

który w ciągu 67,5 minut od chwili lądowania przekazywał na Ziemię informacje naukowe. Do najciekawszych należy niewątpliwie wiadomość, że wzbite przy jego upadku cząstki pyłu opadły na powierzchnię planety dopiero po trzech minutach.

Kompleksowe badania atmosfery Wenus były również głównym celem sond radzieckich *Wieniera-11* i *Wieniera-12*. Pierwsza z nich wystartowała 9 września 1978 roku, druga 14 września tegoż roku. Jednak do celu najpierw dotarła *Wieniera-12*, która w pobliżu Wenus znalazła się już 21 grudnia 1978 roku, czyli w 98 dni licząc od startu. Dwa dni wcześniej odłączył się od niej pojemnik z aparaturą naukową i został wrzucony w atmosferę wenusjańską. Informacje naukowe przekazywał nie tylko podczas przelotu przez atmosferę planety, ale jeszcze w ciągu 110 minut po wylądowaniu na jej powierzchni. Cztery dni później niedaleko od tego miejsca znalazł się pojemnik *Wieniery-11*, która poruszała się po innej trajektorii niż *Wieniera-12* i w pobliżu Wenus znalazła się dopiero 25 grudnia, a więc po 105 dniach lotu. Przetransponowana przez nią aparatura naukowa działała na powierzchni planety w ciągu 95 minut od chwili wylądowania.

Badania wykonane przez radzieckie i amerykańskie sondy kosmiczne z roku 1978 potwierdziły wyniki otrzymane przez ich poprzedniczki z ubiegłych lat. Przede wszystkim i one stwierdziły, że dwutlenek węgla stanowi główny składnik atmosfery wenusjańskiej. Ponieważ jednak jest ona prawie sto razy gęstsza od atmosfery ziemskiej, lepiej brać pod uwagę absolutne ilości występujących w niej gazów, a nie ich ilości procentowe. Jeżeli zaś to uczynimy, wówczas się okaże, że na Wenus jest dwutlenku węgla tyle samo co na Ziemi. O ile jednak na naszej planecie został on prawie całkowicie uwięziony w skałach i rozpuszczony w wodzie, to na Wenus prawie wszystek znajduje się w stanie gazowym. Ta zasadnicza różnica w składzie chemicznym atmosfer obu planet powstała prawdopodobnie na skutek ich różnej odległości od Słońca. Pod jego to bowiem działaniem woda na Ziemi uległa kondensacji i wytworzyła oceany, w których atmosferyczny dwutlenek węgla został rozpuszczony, a później w wyniku reakcji chemicznych wszedł on w skład węglanów. Tymczasem na Wenus temperatura od początku była bardzo wysoka, toteż oceany nie mogły tam powstać. Dziś wprawdzie wenusjańska atmosfera zawiera więcej wody niż atmosfera ziemska, ale gdyby nawet wszystka ona uległa kondensacji, wytworzyłaby ocean zaledwie o głębokości pół metra.

Co się zatem stało z resztą wody na Wenus? W dalekiej przeszłości tamtejsza atmosfera zawierała jej najprawdopodobniej tyle samo, ile w odległej przeszłości było jej w ziemskiej atmosferze. Woda musiała więc w jakiś sposób umknąć z Wenus i przypuszczalnie przyczyniło się do tego Słońce, zwłaszcza jego promieniowanie nadfioletowe. Pod jego to bowiem wpływem woda mogła być rozłożona na podstawowe składniki, wkrótce potem lekki wodór umknął w przestrzeń kosmiczną, tlen zaś pozostał w atmosferze Wenus. Dziś jednak zawiera go ona znacznie mniej niż atmosfera ziemska, bo — jak się sądzi — duża jego część została związana chemicznie w tamtejszych skałach. Ale przekonamy się o tym dopiero wówczas, gdy na powierzchni Wenus znajdzie się odpowiednia aparatura i przeprowadzi chemiczną analizę gruntu planety. Zgodnie z powyższą hipotezą winien on zawierać więcej tlenu niż skały na Ziemi.

Bardzo interesująca okazała się struktura wenusjańskiej atmosfery. Tamtejsze chmury tworzą kilka warstw, które są od siebie stosunkowo ostro odgraniczone. Górna warstwa obłoków (wysokość od 58 do 70 km) utworzona jest z kropelek kwasu siarkowego o średnicy kilku mikrometrów. W jednym centymetrze sześciennym znajduje się około 300 takich kropelek, a ich temperatura wynosi 13°C. Konwekcja występuje jedynie w środkowej warstwie obłoków (wysokość od 52 do 58 km), zawierającej obok kropelek kwasu siarkowego także cząsteczki ciekłej i stałej siarki o średnicy 10 mikrometrów. Ich koncentracja w tej warstwie wynosi około sto na centymetr sześcienny, temperatura zaś dochodzi do 20°C. Niższa warstwa obłoków (wysokość od 49 do 52 km) jest najgęściejsza (koncentracja wynosi 400 cząsteczek na centymetr sześcienny) i — jak się zdaje — tylko ona jest tak nieprzezroczysta jak ziemskie chmury. Składa się ona głównie z cząsteczek ciekłej i stałej siarki oraz z pewnej ilości cząsteczek kwasu siarkowego. Temperatura tej warstwy jest stosunkowo wysoka, wynosi bowiem aż 202°C. Pod nią znajduje się warstwa obłoków o grubości kilkuset metrów, mająca podobny skład jak warstwa górna, ale temperaturę bliską temperaturze wrzenia siarki. I wreszcie pod tą warstwą aż do wysokości 33 km nad powierzchnią planety znajdują się obłoki mgły, składające się prawdopodobnie z cząstek kwasu siarkowego. Niżej atmosfera Wenus nie zawiera już żadnych innych cząsteczek poza dwutlenkiem węgla.

W obłokach wenusjańskich zachodzą o wiele bardziej zło-

żone procesy niż w ziemskich. W atmosferze naszej planety zmienia się w zasadzie tylko zawartość pary wodnej (od 0 do 4%), natomiast w atmosferze Wenus zmiany dotyczą takich składników, jak: H_2O, SO_2, CO, O_2, H_2SO_4. Kropelki kwasu siarkowego i cząsteczki siarki opadają i następnie pod wpływem temperatury parują. W ten sposób powstają różne związki, które potem wędrują do górnych warstw, gdzie pod wpływem nadfioletowego promieniowania Słońca zostają rozłożone na kwas siarkowy i siarkę. Nad górną warstwą obłoków siarka, para wodna i tlen już nie występują. W procesach chemicznych reagują bowiem tak intensywnie, że już nie mogą dostać się do wyższych warstw atmosfery Wenus.

Tab. 2. Skład chemiczny atmosfery Wenus (objętość procentowa).

Składnik	Zawartość według pomiaru sond *Pioneer-Venus*	Zawartość według pomiaru sond *Wieniera*	
		Dane otrzymane spektrometrem masowym	Dane otrzymane chromatografem gazowym
CO_2	96,6	95	98
N_2	3,2	5	2
H_2O	0,1—0,4	ślad*)	
He	0,025		
Ne	0,0006—0,025	0,001	
SO_2	0,024		0,01
Ar	0,002—0,02	0,01	0,004
O_2	0,006		
CO			0,001
S_2	ślad	ślad	
Cl_2		ślad	
Kr		0,0005	
H_2SO_4	ślad		

*) Wartość procentowa nie została opublikowana.

Struktura górnej warstwy atmosfery wenusjańskiej różni się znacznie od struktury górnej warstwy atmosfery ziemskiej. O ile bowiem jonosferę naszej planety przed oddziaływaniem wiatru słonecznego chroni pole magnetyczne, to Wenus właściwie nie posiada takiego pola i jej jonosfera jest bezpośrednio wystawiona na działanie korpuskularnego promieniowania Słońca. Na skutek tego wysokość górnej granicy wenusjańskiej jonosfery zmienia się od 250 do 1500 km, a zależy to głównie od szybkości cząstek wiatru słonecznego; im jest ona większa, tym bardziej jonosfera planety zostaje stłoczona.

Zresztą dla uczonych w ogóle niespodzianką był fakt, że jonosfera Wenus potrafi zatrzymać wiatr słoneczny i że istnieje także na nocnej stronie planety. Przecież jony i elektrony, które powstają na jej dziennej stronie pod wpływem nadfioletowego i rentgenowskiego promieniowania Słońca, podczas nocy trwającej 58 ziemskich dni powinny ulegać rekombinacji i zanikać. Ale jonosfera Wenus obok jonów O_2, O, CO_2, CO, N, CH i He, zawiera też jony żelaza i magnezu (najprawdopodobniej pochodzenia meteorytowego). Te zaś mają dość długi żywot i wyjaśniają istnienie jonosfery na nocnej stronie planety.

Ciekawie przedstawia się również rozkład temperatury górnych warstw atmosfery Wenus. Różnice na oświetlonej i nieoświetlonej półkuli nie przekraczają 5°, co pozostaje w zgodzie z dotychczasowym twierdzeniem, że wysokość tych warstw jest na obu pókulach planety praktycznie jednakowa. Natomiast dużą niespodzianką był wynik pomiarów promieniowania podczerwonego, którego dokonano za pomocą aparatury sondy *Pioneer-Venus Orbiter*. Okazało się bowiem, że nad biegunem północnym planety występują obszary obłoków mających o około 10° wyższą temperaturę niż analogiczne obłoki nad równikową strefą planety. Odwrotne zjawisko występuje w okolicy 70° szerokości północnej, gdzie odkryto rozległy obszar chłodniejszej, a więc wyżej leżącej warstwy obłoków. Podobne anomalie lokalnego charakteru odkryto i w innych obszarach atmosfery Wenus.

Temperatura atmosfery Wenus na wysokości 250 km wynosi 27°C (300 K). Wraz z wysokością spada i 150 km niżej mierzy już tylko minus 93°C (180 K), po czym stopniowo rośnie i przy powierzchni planety dochodzi do 447—477°C (720—750 K). Najprawdopodobniej za tak wysoką temperaturą planety odpowiedzialne jest — jak już dawniej sądzono — tzw. zjawisko cieplarniane. Wywołuje je zarówno duże stężenie dwutlenku węgla, jak i para wodna oraz znajdujące się w wenusjańskich obłokach cząsteczki siarki. Z ogólnej ilości promieniowania słonecznego około 75% zostaje odbite przez gęstą atmosferę Wenus, a zwłaszcza przez unoszące się w niej obłoki. Z pozostałych 25% promieniowania aż około 60% zostaje zaabsorbowane w obłokach, około 15% przez znajdującą się nad nimi warstwę atmosfery planety, a dalsze około 15% przez dolną jej część. Tak więc do powierzchni Wenus dociera jedynie około 10% przepuszczonego przez atmosferę promieniowania słonecznego, czyli zaledwie około 2,5% promieniowania pa-

dającego na planetę. Promieniowanie to ogrzewa jej powierzchnię, a ta z kolei wysyła długofalowe promieniowanie cieplne, które jednak z wielkim trudem przenika przez gęstą atmosferę.

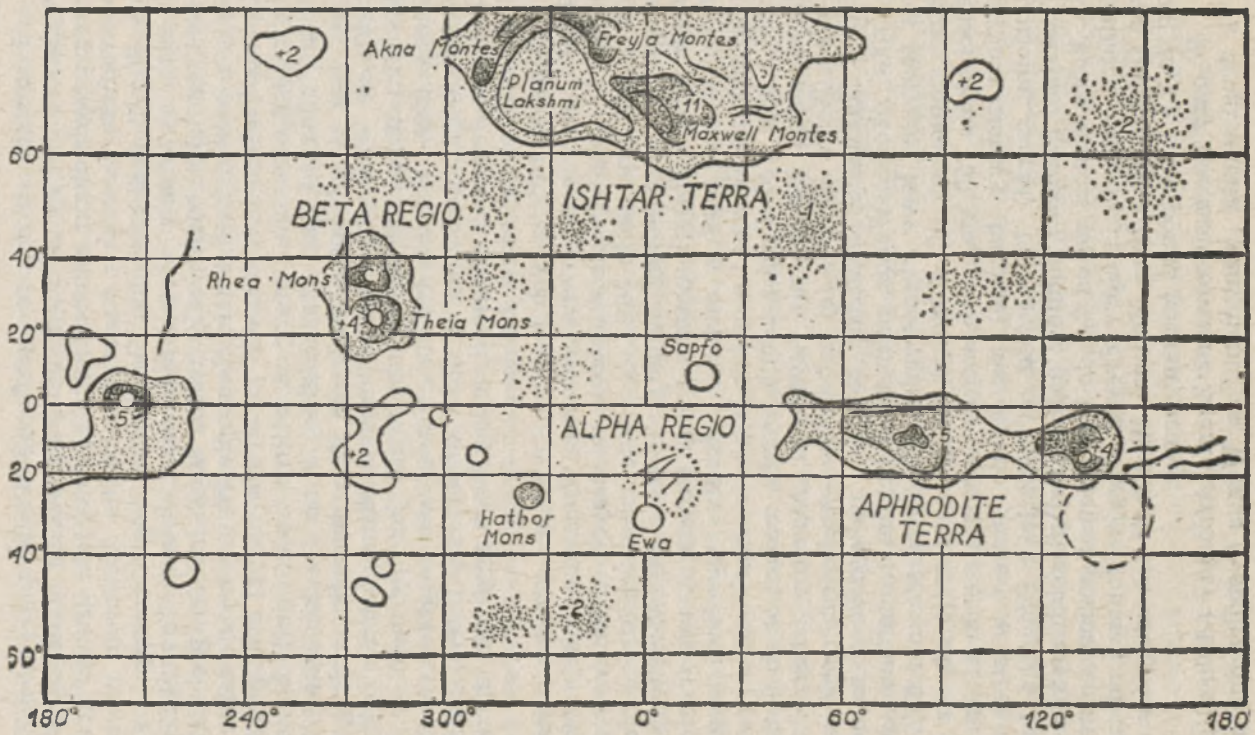
Gruba i gęsta atmosfera uniemożliwia obserwację powierzchni Wenus w widzialnej części widma. Jej charakter poznaliśmy tylko dzięki badaniom radarowym które uczeni amerykańscy zapoczątkowali przed dwudziestu laty. Na tej podstawie stwierdzono, że powierzchnia Wenus jest twarda i że jej albedo radiowe przypomina albedo wielu skał występujących na Ziemi. Radiolokacyjnie stwierdzono też, że glob planety wiruje w przeciwnym kierunku niż Słońce i pozostałe planety, dokonując jednego obrotu w ciągu 243 dni ziemskich. Ale ponieważ okresy ruchu orbitalnego i rotacyjnego Wenus są zsynchronizowane, nawet radarem z Ziemi można badać jedynie połowę powierzchni planety. Jednak mapy na ich podstawie opracowane mają rozdzielczość od 10 do 20 km, w niektórych zaś przypadkach nawet dochodzącą do 5 km.

Obecnie uczeni mają już do dyspozycji wyniki obserwacji radarowych, dokonanych za pomocą sondy *Pioneer-Venus Orbiter*. Wprawdzie horyzontalna rozdzielczość jest na tych obrazach mniejsza niż na obrazach naziemnych (wynosi tylko 30 km), ale za to obejmują one całą powierzchnię planety leżącą między równoleżnikami od 74° szerokości północnej do 63° szerokości południowej. Na ich podstawie zestawiono pierwszą plastyczną mapę Wenus, która umożliwiła wyciągnięcie wielu interesujących wniosków na temat jej powierzchni i dokonania odpowiedniego porównania z powierzchnią globu ziemskiego. Trzeba było też oczywiście wymyśleć nazwy dla tamtejszych utworów topograficznych, aby kartografowie nie musieli stosować oznaczeń liczbowych, co byłoby pewnego rodzaju — z uwagi na nadmierną technizację naszego życia — barbarzyństwem. Zresztą już przedtem przyjęto zasadę, że utwory topograficzne na Wenus będą nosiły nazwy żeńskie zapożyczone z mitologii — i to nie tylko antycznej, ale także indyjskiej, japońskiej, słowiańskiej i innych narodów. Krótko mówiąc — na wenusjańskiej mapie ma ożyć mitologia wszystkich kultur naszego globu. Tylko tamtejsze kratery będą nosiły nazwiska wybitnych kobiet, jak na przykład: Lisa Meitner (fizyk, współpracownica Otta Hahna), Safona (najsławniejsza grecka poetka liryczna) i Gabriele Colette (powieściopisarka francuska). Jeden zaś z kraterów otrzymał imię Ewy, bo przecież na mapie Wenus nie mogło zabraknąć pierwszej kobiety, pramatki ludzkości.

Pozostałe utwory topograficzne Wenus mają nosić prawie wyłącznie nazwy mitologiczne. Na przykład tamtejszym kanionom przydzielono imiona bogiń łowów, jak: grecka Artemida, słowiańska Dewana i staroruska Dalina. Utworom równinnym na Wenus postanowiono dać imiona bogiń szczęścia, a jedna z nich otrzymała imię indyjskiej Lakszmi. Tamtejsze płyty kontynentalne będą nosiły imiona bogiń miłości: greckiej Afrodyty i babilońskiej Isztar. Na mapie Wenus będzie także Niobe (symbolizująca boleść matki po stracie dzieci) oraz piękna Helena (bezpośrednia przyczyna wojny trojańskiej). Egzotycznie brzmi również imię starofińskiej Aino i eskimoskiej Sedny. Pierwsza z tych bogiń zamieniła się w karzełka, z drugiej zrodziły się wieloryby i foki. Wenusjańskim górom i łańcuchom górskim dano imiona takich bogiń, jak: germańska Freyja, grecka Rea i egipska Hathor. Wśród tych rozgniewanych i dobrych bogiń, amazonek i nimf znalazł się jeden mężczyzna. Jest nim James C. Maxwell, znany fizyk angielski, autor elektromagnetycznej teorii świata.

Z badań radarowych wynika, że Wenus wcale nie jest taka gładka, jak do niedawna sądzono. Wprawdzie około 60% powierzchni planety nie wykazuje większych różnic w wysokości niż 1 km, a na około 20% jej powierzchni ta różnica nie przekracza 2 km, to jednak znajdują się tam również wyżyny wznoszące się o kilka kilometrów ponad poziom zerowy (poziom ten został wyznaczony w oparciu o średnią wysokość wszystkich utworów na Wenus i odpowiada powierzchni kuli o promieniu 6051,4 km). Jedną zaś z takich wyżyn, mającą około 9 mln km^2 powierzchni (więcej niż Australia), nazwano właśnie Ziemią Isztar *(Terra Ishtar)*. Jej południowo-wschodnią część zajmują Góry Maxwella *(Maxwell Montes)*, najwyższa i najbardziej „dzika" okolica Wenus, pokryta głębokimi kanionami i potokami zastygłej lawy (współrzędne afrodytograficzne: 65° szerokości północnej, 5° długości). Góry te zajmują obszar o długości około 750 km, a ich szczyty wznoszą się do 11 km ponad poziom zerowy (bardziej niż Mount Everest w stosunku do poziomu morza). Na zachód od nich leży Równina Lakszmi (*Lakshmi Planum*), jedna z najbardziej płaskich wyżyn planety, która wznosi się od 2,5 do 3 km ponad poziom zerowy. Od północy otaczają ją Góry Freyja *(Freyja Montes)*, od zachodu zaś Góry Akna *(Akna Montes)*. Wysokość ich szczytów dochodzi do 6 i 7 km ponad poziom zerowy.

W oczy rzuca się również Ziemia Afrodyty (*Aphrodite Terra*), drugi wielki „kontynent" na Wenus (współrzędne afrody-



Rys. 1 Schematyczna mapa Wenus ze względnymi wysokościami (znak „plus") i zagłębieniami (znak „minus"), które podano w kilometrach (mapę opracowano w oparciu o radarowe obrazy otrzymane za pomocą sondy *Pioneer-Venus Orbiter*)

tograficzne: 5° szerokości południowej, od 70 do 140° długości). Składa się on z dwóch górzystych obszarów, rozdzielonych węższym pasemkiem obniżonego terenu. Dotychczas nie zauważono tu formacji pochodzenia wulkanicznego, z czego by należało wnioskować, że Ziemia Afrodyty jest o wiele starsza i bardziej zerodowana niż Ziemia Isztar. Do jej południowo-wschodniego wybrzeża przylegają resztki gigantycznego krateru uderzeniowego, mającego około 1800 km średnicy (współrzędne afrodytograficzne: 35° szerokości południowej, 135° długości). Natomiast na wschód od Ziemi Afrodyty znajduje się formacja, która świadczy o silnej aktywności tektonicznej na Wenus. Ma ona przeszło 2 tys. km długości, największą szerokość około 280 km i głębokość dochodzącą do 4 km (współrzędne afrodytograficzne: 20° szerokości południowej, od 150 do 175° długości). Jest to po prostu ogromna rozpadlina, bardzo przypominająca Dolinę Marinera na Marsie.

Dwa dalsze rejony Wenus o nierównym terenie znane były już z naziemnych obserwacji radarowych. Jeden z nich to Obszar Alfa (*Alpha Regio*), drugi zaś to Obszar Beta (*Beta Regio*). Ten ostatni tworzą dwie góry, z których jedna nosi nazwę Góry Rei (*Rhea Mons*), a druga Góry Thei (*Theia Mons*). O ile nie obydwie, to przynajmniej ta druga jest ogromnym wulkanem tarczowym, przypominającym Górę Olimpu na Marsie. Ma jednak od niej o wiele większe rozmiary, bo chociaż wysokość nie przekracza 5 km w stosunku do poziomu zerowego (marsjański Olimp wznosi się 27,4 km ponad otoczenie), to średnica podstawy mierzy więcej niż 100 km. W centrum tej formacji znajduje się wyraźna kaldera, potwierdzająca jej wulkaniczny rodowód. Meteorytowego pochodzenia jest natomiast krater Ewy, utwór pierścieniowy o średnicy 200 km, leżący na południe od Obszaru Alfa. Znajdująca się w jego środku jasna plama ma spełniać w afrodytografii taką samą rolę, jaką w geografii spełnia przedmieście Londynu — Greenwich. Postanowiono bowiem, że południk przechodzący przez tę plamkę będzie zerowym południkiem Wenus.

Utwór noszący imię pramatki ludzkości to nie jedyny krater meteorytowy na Wenus. Już naziemne obserwacje radarowe wykazywały, że jest ich tam znacznie więcej. Powstały one — jak się przynajmniej dziś przypuszcza — mniej więcej miliard lat temu. Dotyczy to jednak tylko kraterów o średnicy powyżej 80 km, które zgodnie z powyższym twierdzeniem byłyby tworami dużo młodszymi od występujących na Księżycu, Merkurym i Marsie kraterów tej wielkości. Kratery o średnicy

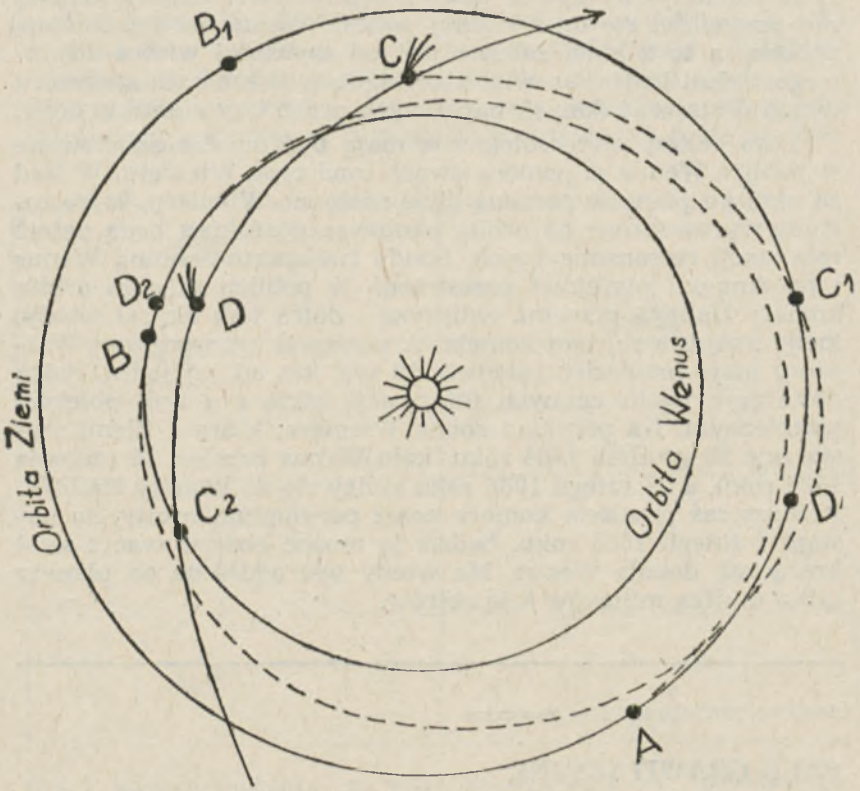
mniejszej niż 20 km najprawdopodobniej nie mogły na Wenus powstać, ponieważ mniejsze bryły meteorytowe powinny całkowicie wyparować podczas przelotu przez tak gęstą atmosferę planety. Ale na ten temat będzie można coś konkretnego powiedzieć dopiero po uzyskaniu obrazów radarowych o większej zdolności rozdzielczej.

Jednak już na podstawie posiadanego materiału można wyciągnąć wiele ciekawych wniosków o powierzchni Wenus i jej ewolucji. Przede wszystkim stwierdzono, iż im wyżej położony jest dany jej obszar, tym ma teren bardziej nierówny. Wyjątek stanowi Równina Lakszmi, która jest względnie gładką wyżyną. Można też powiedzieć, że powierzchnia Wenus wytworzyła się w wyniku procesów dobrze znanych na Ziemi, oczywiście za wyjątkiem erozji wodnej. Nie potrafimy jednak dziś powiedzieć, który z trzech procesów geologicznych (upadki meteorytów, wybuchy wulkanów, aktywność tektoniczna) odegrał główną rolę w modelowaniu wenusjańskiej powierzchni. Na podstawie posiadanych danych można jedynie sądzić, że aktywność tektoniczna nie była tam tak dominującym czynnikiem jak na Ziemi. Przekonamy się jednak o tym dopiero wtedy, gdy uczeni dysponować będą bogatszym materiałem niż dziś. Amerykanie chcą go uzyskać w najbliższych latach za pomocą ulepszonych sond typu *Pioneer-Venus Orbiter*, które zbliżą się do Wenus jeszcze bardziej od swego pierwowzoru i przekażą na Ziemię radarowe obrazy powierzchni planety ze szczegółami o średnicy 0,5 km. Jest to zdolność rozdzielcza porównywalna z tym, co w optycznym przedziale widma osiągnęła na Marsie sonda *Mariner-9*.

Również uczeni radzieccy zamierzają kontynuować badania przyrody Wenus za pomocą sond kosmicznych. We współpracy z uczonymi francuskimi planują oni w najbliższych latach użyć do tego celu odpowiednich balonów, które zostaną wyposażone w gondole z aparaturą naukową i będą wrzucone w atmosferę wenusjańską. Mają one zatem przypominać sondy meteorologiczne, od wielu już lat używane do badania stanu atmosfery ziemskiej na dużych wysokościach. Masa wenusjańskiej sondy meteorologicznej ma wynosić 411 kg, z czego na balon będzie przypadać 125 kg, na gondolę 250 kg, a na przyrządy naukowe 25 kg. Do wypełnienia takiego balonu, mającego mieć 9,2 m średnicy i 408 m^3 objętości, trzeba będzie użyć 39,7 kg helu.

Balony mają być wypuszczone na nocnej stronie Wenus. Będą lecieć gdzieś na wysokości 53—54 km nad jej równikowymi obszarami, unoszone tamtejszym prądem strefowym. Aby

wysokość ich lotu nie ulegała zmianom, ma w nich być stale utrzymywane takie samo ciśnienie (47 milibarów). Gdy dany balon znajdzie się w pobliżu terminatora, wówczas otworzy się specjalny wentyl i zbędna ilość gazu zostanie usunięta. Gdy jednak taki balon dotrze do obszaru, nad którym Słońce świeci



Rys. 2 Schemat lotu sondy *Wieniera-1984* do planety Wenus i komety Halleya: A — start z Ziemi, B — przelot koło Wenus (w tym czasie Ziemia będzie położona w punkcie B_1), C— przelot koło komety Halleya (w tym czasie Ziemia i Wenus będą się znajdowały w punktach C_1 i C_2), D — przejście komety Halleya przez peryhelium orbity (w tym czasie Ziemia i Wenus będą położone w punktach D_1 i D_2).

w zenicie i temperatura tej warstwy atmosfery wynosi ponad 100°C, to trzeba będzie wypuścić już bardzo dużą ilość gazu. Toteż gdy potem balon znajdzie się ponownie w chłodniejszym obszarze, nie będzie już miał odpowiedniego ciśnienia i zacznie opadać do gorętszych warstw atmosfery. W końcu osiądzie na rozżarzonej powierzchni planety, gdzie temperatura jest już bardzo wysoka i gdzie przyrządy naukowe przestaną działać. A zatem aktywny żywot balonu będzie trwał dopóty, dopóki nie przemieści się on z nocnej półkuli Wenus na jej dzienną półkulę, a to z kolei zależne jest od szybkości wiatru strefowego. Jeżeli będzie on wiał z szybkością 70 km/s, to aparatura winna dostarczać danych naukowych przez trzy ziemskie doby.

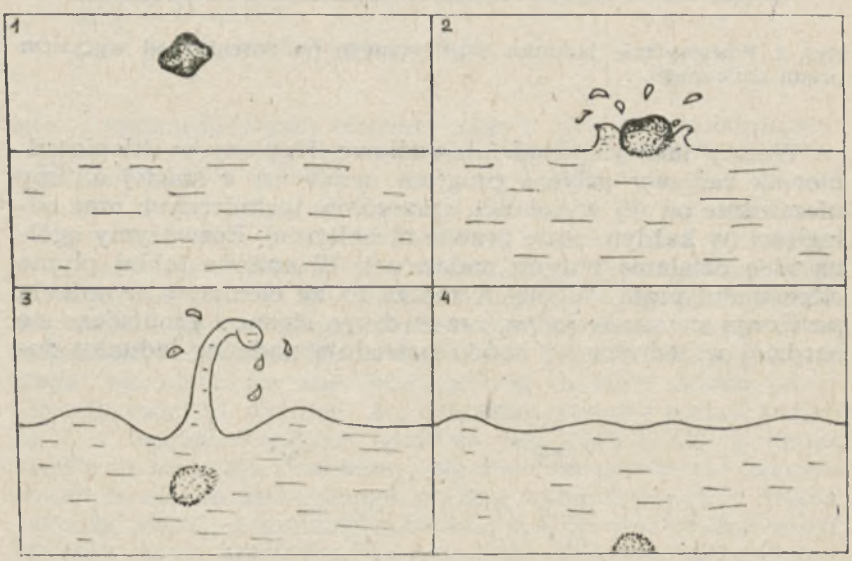
Dwa balony meteorologiczne mają być przetransportowane w pobliże Wenus za pomocą dwóch sond typu *Wieniera*. W ślad za nimi ku planecie pomkną dwie następne *Wieniery*, które zostaną wprowadzone na orbity okołowenusjańskie i będą pełnić role stacji retransmisyjnych. Sondy transportowe miną Wenus i pomkną ku punktowi przestrzeni, w pobliżu którego orbita komety Halleya przecina ekliptykę i dotrą tam akurat wtedy, kiedy znajdzie się tam kometa. A ponieważ transportowe *Wieniery* mają przelecieć zaledwie 10 tys. km od jej jądra, mogą dostarczyć wielu cennych informacji także i o tym obiekcie kosmicznym. Na przykład sonda *Wieniera*, która z Ziemi wystartuje 25 grudnia 1984 roku, koło Wenus przeleci 20 czerwca 1985 roku, a 27 lutego 1986 roku zbliży się do komety Halleya. Podczas zaś przejścia komety przez peryhelium orbity, co nastąpi 2 lutego 1986 roku, będzie ją można obserwować z sond krążących dokoła Wenus. Ma wtedy być oddalona od planety tylko o kilka milionów kilometrów.

BOŻENA MUCHOTRZEB — Warszawa

FALE GRAWITACYJNE

Czy można sobie wyobrazić, że Ziemią krążącą sobie statecznie wokół Słońca naraz „coś" potrząsnie? Astronomowie nie tylko mogą to sobie wyobrazić, ale usiłują zmierzyć ten efekt, choć na razie bez wielkiego powodzenia. Zjawisko takie przewidywane przez ogólną teorię względności to oddziaływanie na Ziemię przechodzącej właśnie fali grawitacyjnej. Możemy jednak spać spokojnie, na pewno z Ziemi nie pospadamy.

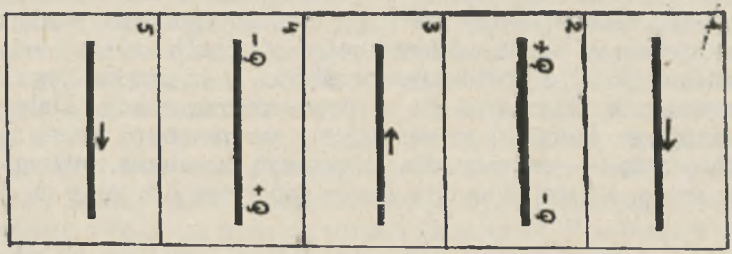
Zjawisko rozchodzenia się fal różnego typu jest wszystkim bardzo dobrze znane. Weźmy przykład kamienia wpadającego do stawu i fal powstających na powierzchni wody. Zauważmy, że wcale nie od razu cała powierzchnia wody dowiaduje się o wpadnięciu kamienia. Informacja o zaburzeniu powierzchni wody rozchodzi się stopniowo we wszystkich kierunkach tracąc jednocześnie swoją precyzję. Blisko kamienia woda rozpryskuje się w bardzo skomplikowany sposób zależny od dokładnego kształtu kamienia, prędkości i kierunku jego lotu w momencie zetknięcia się z powierzchnią wody. Dalej od wpadającego kamienia obserwujemy po pewnym czasie tylko zwykłą falę — wyższą dla większego kamienia, niższą dla mniejszego, a kamień w tym czasie spoczywa już sobie na dnie.



Rys. 1. Kamień wpadający do wody. Tworzy się plusk i powstaje koliście rozchodząca się fala.

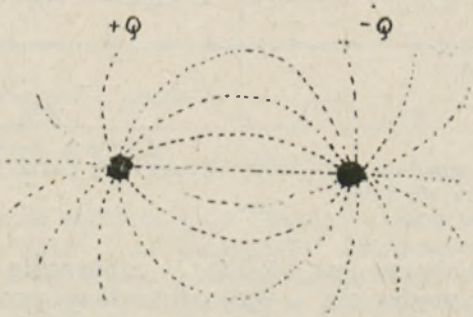
Istotą tego obrazu jest więc to, że zaburzenie rozchodzi się ze skończoną prędkością i wyprodukowane przez źródło po pewnym czasie oddala się od źródła na tyle, że zaczyna żyć własnym życiem: staje się falą, która biegnie nie wiadomo skąd, przed siebie.

Falą, która jest najbardziej podobna do fali grawitacyjnej jest fala elektromagnetyczna — światło widzialne, fale radiowe, promieniowanie rentgenowskie; różnym zakresom długości fal odpowiadają różne nazwy i różne zastosowania.



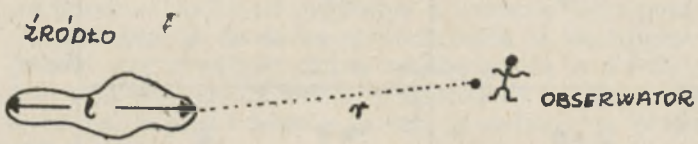
Rys. 2. Powstawanie ładunku elektrycznego na antenie pod wpływem prądu zmiennego.

Weźmy jako przykład fale radiowe. Kupiony w sklepie odbiornik radiowy odbiera program nadawany z każdej anteny niezależnie od jej wysokości, szczegółów technicznych oraz odległości (w każdym razie prawie niezależnie). Rozważymy ogólną ideę działania anteny nadawczej. W antenie takiej płynie odpowiedni prąd zmienny. Oznacza to, że elektrony w antenie poruszają się raz w jedną, raz w drugą stronę i gromadząc się bardziej w jednym jej końcu powodują nadmiar ładunku do-



Rys. 3. Pole elektrostatyczne wokół dwóch ładunków elektrycznych przeciwnego znaku.

datniego w drugim końcu. W ten sposób z elektrycznie obojętnej przed włączeniem anteny produkujemy zmienny dipol elektryczny. Wokół dipola powstaje zawsze pole elektryczne, wokół zmiennego dipola — zmienne pole elektromagnetyczne.

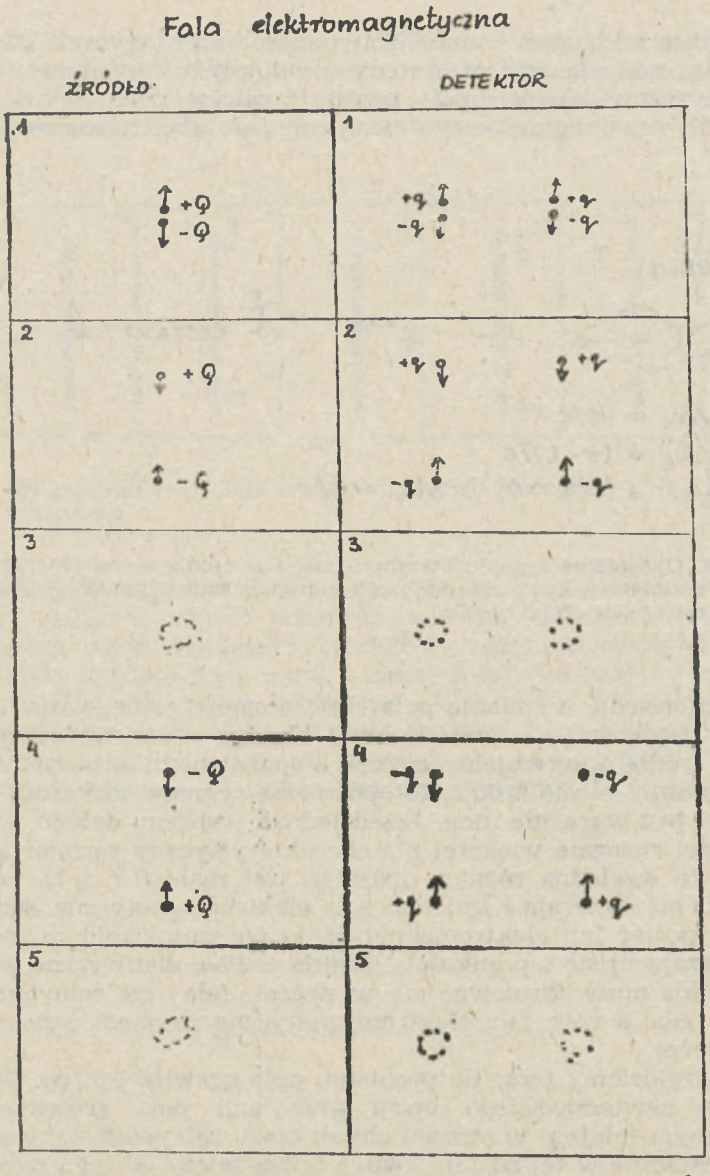


$$\Delta t_1 = r/c$$
$$\Delta t_2 = (r+l)/c$$
$$\Delta t = (\Delta t_2 - \Delta t_1)/\Delta t_1 = l/r$$

Rys. 4. Opóźnienie sygnału otrzymywanego ze źródła o charakterystycznych rozmiarach l. Δt oznacza względne opóźnienie sygnałów pochodzących z różnych części źródła.

Informacje o zmianie pola elektromagnetycznego rozchodzą się z prędkością $c = 300\,000$ km/s, dlatego w pewnej odległości r od źródła obserwujemy zmianę z opóźnieniem $\Delta t = r/c$. Jeżeli jesteśmy blisko źródła, to opóźnienie sygnału od każdej jego części jest wyraźnie inne. Jeżeli jednak jesteśmy daleko, w odległości znacznie większej niż charakterystyczny rozmiar źródła l, to względna różnica opóźnień jest mała ($l/r \ll 1$), detale źródła się zacierają i zmienne pole elektromagnetyczne zaczyna mieć postać fali elektromagnetycznej wyemitowanej ze źródła, poruszającej się z prędkością światła c. Pole elektryczne wokół ładunku może formować się w próżni, fala jest zaburzeniem tego pola, a więc fala elektromagnetyczna rozchodzić się może w próżni.

Przejdziemy teraz do problemu pola grawitacyjnego. W ramach newtonowskiego opisu grawitacji pole grawitacyjne w danym miejscu w pewnej chwili czasu zależy od stanu źródła dokładnie w tej samej chwili i ściśle zależy od jego szczegółów. Możemy mieć więc efekt zmiennego pola grawitacyjnego, ale teoria ta nie dopuszcza istnienia rozchodzącego się zaburzenia o charakterze fali, które istnieć by mogło po wyemitowa-



Rys. 5. Przykład źródła fali elektromagnetycznej oraz reakcja ładunków elektrycznych na falę elektromagnetyczną padającą prostopadle do płaszczyzny rysunku. Ładunki oscylują wzdłuż prostych równoległych określonych przez kierunek polaryzacji fali.

niu już niezależnie od źródła, nawet po jego wyłączeniu. Ponieważ jednak zgodnie ze szczególną teorią względności żadne informacje prędzej niż światło poruszać się nie mogą, to fale grawitacyjne powinny jednak istnieć. Einstein wprowadził więc nową teorię grawitacji — ogólną teorię względności — i ta teoria już przewiduje istnienie fal grawitacyjnych. Fakt, że teoria Newtona nie ma tej możliwości, ponieważ nie uwzględnia opóźnień sygnałów o zmianie tego pola, wcale nie przeszkadza, że do dziś z powodzeniem ją stosujemy. Po prostu wtedy, gdy prędkość zmian zachodzących w źródle jest znacznie mniejsza od prędkości rozchodzenia się sygnałów, problem opóźnień nie jest istotny, a fala grawitacyjna praktycznie nie jest emitowana.

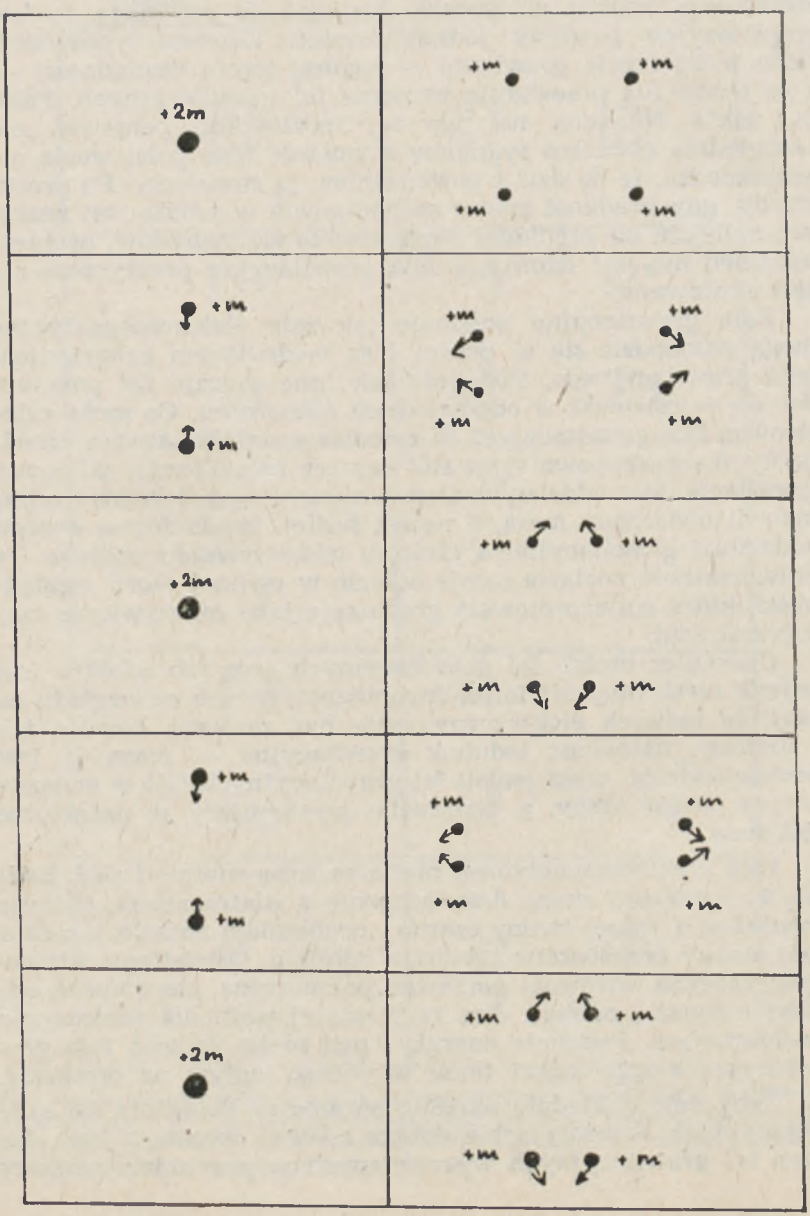
Fale grawitacyjne podobnie jak fale elektromagnetyczne mogą rozchodzić się w próżni i są wędrującym zaburzeniem pola grawitacyjnego. Podobnie jak inne rodzaje fal powinny dać się rejestrować w odpowiednim odbiorniku. Co może rejestrować fale grawitacyjne? W zasadzie wszystko, atomy, przedmioty makroskopowe typu stół czy też cała Ziemia, ponieważ grawitacja jest oddziaływaniem uniwersalnym i każdy rodzaj materii obdarzony masą, a nawet ściślej, każda forma energii oddziałuje grawitacyjnie i takiemu oddziaływaniu podlega. Ta uniwersalność znalazła swoje odbicie w ogólnej teorii względności, która zinterpretowała grawitację jako zakrzywienie czasoprzestrzeni.

Charakter emisji fal grawitacyjnych oraz ich odbioru jest jednak nieco inny niż fał elektromagnetycznych ze względu na fakt, że ładunek elektryczny może być zarówno dodatni jak i ujemny, natomiast ładunek grawitacyjny — masa — jest zawsze dodatni efekt emisji fal grawitacyjnych jest w związku z tym bardzo słaby, a typ ruchu występujący w detektorze jest inny.

Fala elektromagnetyczna niesie ze sobą energię i pęd. Ładnie to wykazuje znane doświadczenie z wiatraczkiem, którego łopatki są z jednej strony czarne i pochłaniają światło, a z drugiej strony posrebrzane i światło odbijają. Oświetlony wiatraczek zaczyna wirować, ponieważ posrebrzana płaszczyzna odbijając światło odbiera dwa razy więcej pędu niż płaszczyzna pochłaniająca. Podobnie energię i pęd niesie ze sobą fala grawitacyjna mogąc dzięki temu wywierać wpływ na otoczenie.

Żeby móc dokładnie określić parametry detektora fal grawitacyjnych, musimy sobie dobrze zdawać sprawę z tego, jakich fal grawitacyjnych wytwarzanych w przyrodzie możemy

Fala grawitacyjna

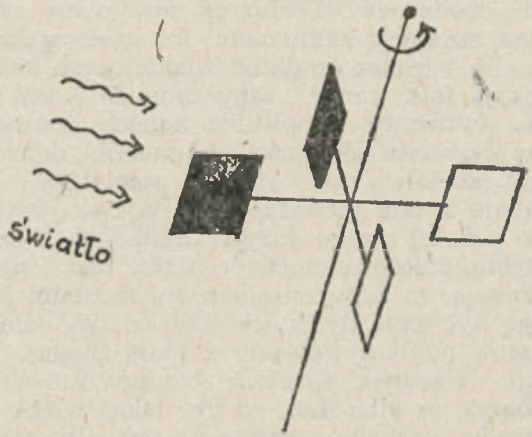


się naprawdę spodziewać. Posłużmy się jeszcze raz analogią z wpadającym do wody kamieniem. Im większy kamień, tym większa fala. Im większa prędkość wpadającego kamienia tym również większa fala: kamień zanurzony do wody bardzo powoli fali nie wytworzy. Amplituda koliście rozchodzącej się fali maleje ze wzrostem odległości od kamienia, dobrze jest więc być nie za daleko (ale i nie z ablisko, pamiętajmy o warunku $r \gg l$). Podobnie z falą grawitacyjną: najefektywniej wytworzy ją źródło o dużej masie, dużych prędkościach części źródła względem siebie, położone możliwie blisko nas. Pobieżne oszacowania wskazują, że najwydatniejszymi źródłami fal grawitacyjnych mogą być gwiazdy, które choć od nas odległe, to dysponują masami porównywalnymi z masą Słońca. Oczywiście nie wszystkie. Warunek istnienia bardzo dużych prędkości w źródle oznacza, że albo musi to być jakaś wielka katastrofa w życiu gwiazdy (wybuch, zapadnięcie się), albo muszą to być gwiazdy wyjątkowo małe o niezwykle silnym polu grawitacyjnym, gdyż wtedy nawet najdrobniejsze zmiany w ich wewnętrznej strukturze czy nawet ich szybki ruch powoduje występowanie znacznych prędkości i przyspieszeń. Dokładniejsze rachunki wymagają użycia komputerów i zostały przeprowadzone w ciągu ostatnich dziesięciu lat.

Źródła fal grawitacyjnych można podzielić na dwie zasadnicze klasy, Pierwsza z nich to gwiazdy „wybuchające" — proces w źródle zachodzi nagle, jest nieregularny i trwa krótko, a powstająca fala grawitacyjna ma skomplikowaną strukturę jak krótki błysk światła. Można do niej zaliczyć wybuchy gwiazd supernowych w Galaktyce i sąsiednich galaktykach, „trzęsienia ziemi" na gwiazdach neutronowych, narodziny czarnych dziur o masach od 3 do miliarda razy większych od masy Słońca, zderzenia czarnych dziur ze sobą i z gwiazdami neutronowymi (mogą się zdarzyć w gromadach kulistych, w jądrach galaktyk i kwazarów), a także, choć w mniejszym stopniu rozpad ciasnego układu podwójnego gwiazd neutronowych. Klasa druga to źródła okresowe, w których cyklicznie zachodzące procesy powodują emisję regularnej fali grawitacyjnej. Są one w zasadzie dużo słabsze, za to ich działanie jest bardzo rozciągnięte w czasie, z naszego punktu widzenia nawet nieograniczenie. Zaliczyć do nich można ciasne układy podwójne, najlepiej

---

Rys. 6. Przykład źródła fali grawitacyjnej. Reakcja kulek na padającą falę jest bardziej skomplikowana.

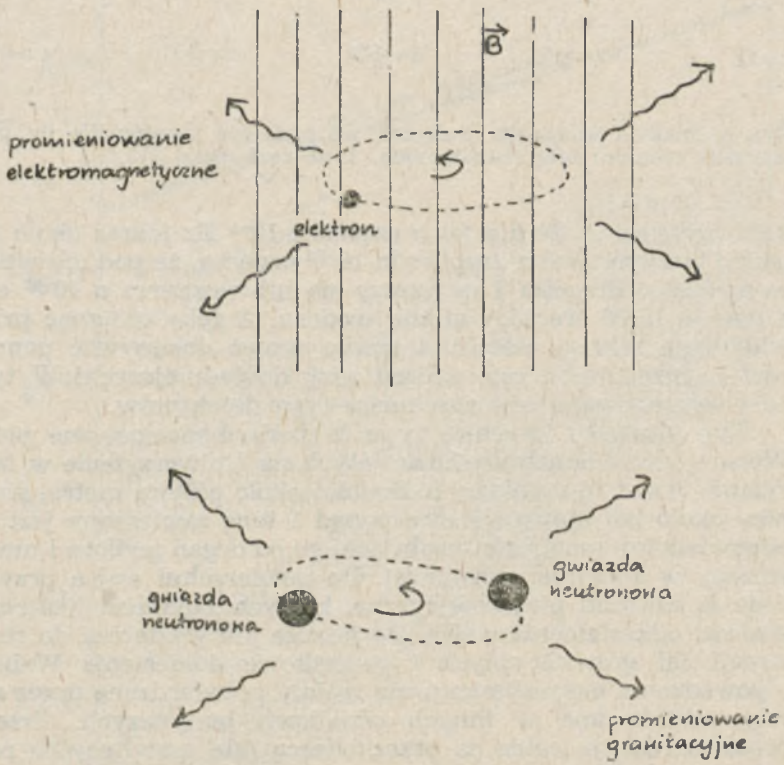


Rys. 7. Pod wpływem padającego światła wiatraczek o skrzydełkach z jednej strony czarnych, z drugiej posrebrzanych, zaczyna wirować otrzymując pęd i energię od światła.

gwiazd neutronowych (sam fakt obiegania się wzajemnego dwóch gwiazd jest przyczyną emisji fali), bardzo szybko rotujące zdeformowane gwiazdy neutronowe lub białe karły, wreszcie pulsacje białych karłów, które zostały wzbudzone po przeżyciu przez nie wybuchu w postaci gwiazdy nowej.

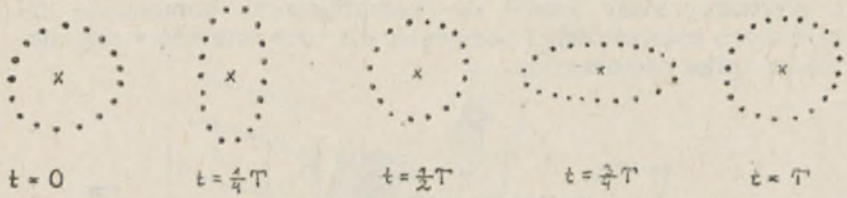
Intensywność fal grawitacyjnych różnych typów będziemy porównywać określając ich bezwymiarową amplitudę h. Wielkość tę konstruujemy przypominając sobie, jak układ kilku kulek reaguje na przechodzącą falę grawitacyjną. Fala najprostszego typu powoduje zbliżanie się kulek o Δl wzdłuż jedjednej osi, a rozsunięcie ich o Δl wzdłuż osi prostopadłej. Po minięciu połowy okresu fali kulki wracają do poprzednich położeń, następnie ściskanie zastąpione jest rozszerzaniem, znów powrót do poprzedniego położenia itd. Im bardziej oddalone kulki, tym większym przemieszczeniom pod wpływem fali podlegają. Miarą amplitudy fali jest $h = \Delta l/l$. Oprócz tego pojawiła się druga wielkość — okres fali T, związany z częstością wzorem $\nu = 1/T$, a z długością fali $\lambda = c/\nu$, dokładnie tak jak dla fal elektromagnetycznych. Dla regularnych, praktycznie monochromatycznych fal grawitacyjnych z drugiej klasy źródeł można podać odpowiednią wartość częstości (np. w hercach). Fale

z pierwszej klasy źródeł są skomplikowaną kombinacją fal o różnych częstościach i podawana dla nich wartość v ma charakter tylko orientacyjny.



Rys. 8. Realistyczne źródła promieniowania. Elektron w polu magnetycznym krążąc emituje falę elektromagnetyczną. Dwie gwiazdy neutronowe tworzące układ podwójny są źródłem fali grawitacyjnej.

Zakresy przewidywanych amplitud *h* różnego typu fal grawitacyjnych w zależności od częstości fali podaje wykres opracowany przez amerykańskiego specjalistę Kipa Thorna. Zakreskowane pola oznaczają przewidywane zakresy amplitud w zależności od typu źródeł, linia ciągła to absolutna górna granica — silniejszych fal w żadnym wypadku nie możemy się spodziewać. Żeby dokładniej zdać sobie sprawę z rzędu wiel-

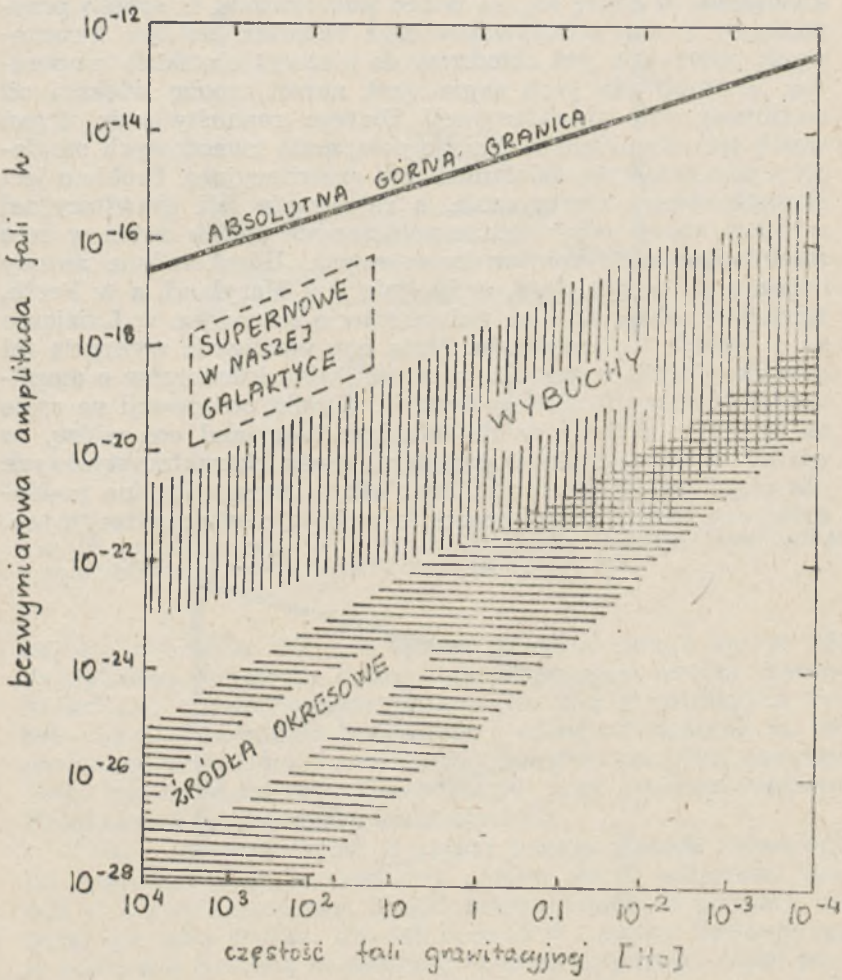


Rys. 9. Reakcja łańcuszka kuleczek na padającą prostopadle do płaszczyzny rysunku falę grawitacyjną. *T* oznacza okres fali.

kości zauważmy, że dla fal o częstości 10^{-4} Hz (okres około 2.5 godz.) bezwymiarowa amplituda 10^{-12} oznacza, że pod ich wpływem pręt o długości 1 m kurczy się lub rozszerza o 10^{-10} cm, a więc o 1/100 średnicy atomu wodoru. A żeby osiągnąć przewidywane zakresy amplitud trzeba umieć dokonywać pomiarów jeszcze milion czy miliard razy dokładniejszych! W tym celu wypracowano trzy zasadnicze typy detektorów.

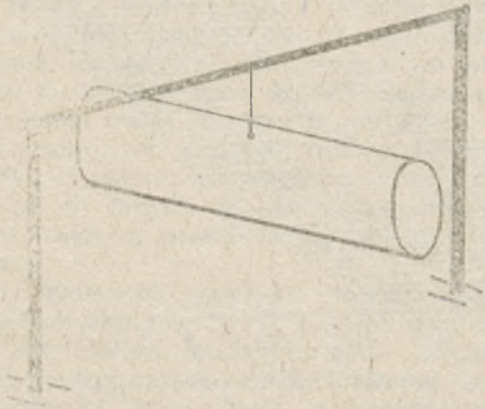
Typ pierwszy to walce typu Webera, konstruowane przez Webera już w latach sześćdziesiątych na Uniwersytecie w Maryland. Walec aluminiowy o długości około półtora metra, średnicy około pół metra i wadze ponad 1 tonę zawieszony jest na odpowiedniej konstrukcji izolującej go od drgań podłoża i umieszczony w komorze próżniowej. Do powierzchni walca przyłożone są czujniki piezoelektryczne, których zadaniem jest rejestrować odkształcenia walca. To jeszcze nie wystarcza do rejestracji fal grawitacyjnych i początkowe doniesienia Webera o powodzeniu eksperymentu nie zostały potwierdzone przez anteny instalowane w innych ośrodkach badawczych. Trzeba problem reakcji walca na przechodzącą falę grawitacyjną rozważyć dokładniej.

Walec mając własności sprężyste działa rzeczywiście jak sprężyna. Jeżeli uderzamy sprężynę z dowolną częstotliwością, reaguje ona niewielkimi, nieregularnymi drganiami. Jeśli częstość uderzeń dostosować do częstości własnej sprężyny i np. popychać ją zawsze w dobrą stronę przy przechodzeniu przez położenie równowagi, sprężyna zyskuje energię i amplituda jej drgań szybko rośnie, prawie wprost proporcjonalnie do liczby wykonanych drgnień. Dlatego walec na falę grawitacyjną o częstości takiej jak częstość własna drgań walca powinien reagować znacznie silniej. Częstość własna drgań takiego walca to kilkadziesiąt kiloherców i do rejestracji takich właśnie fal



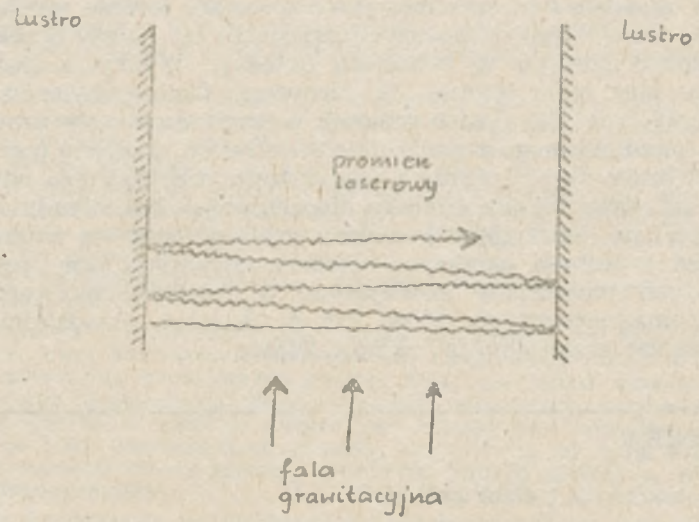
Rys. 10. Wykres przedstawia przewidywane zakresy amplitud fal grawitacyjnych. Pionowo zakreskowane pole to źródła typu wybuchowego, poziomo zakreskowane — typu okresowego. Osobno, jako silniejsze, wyróżnione zostały supernowe, które mogą wybuchnąć w naszej Galaktyce. Fal grawitacyjnych o amplitudzie powyżej linii ciągłej teoretycy w żadnym przypadku się nie spodziewają.

antena się nadaje. Musi zatem rejestrować fale o amplitudzie 10^{-19} lub słabsze. Niestety, jeśli do walca zastosować mechanikę kwantową to okaże się, że walec samorzutnie, w sposób przypadkowy i nieprzewidywalny drga wskutek efektów kwantowych, nawet gdy jest chłodzony do niezwykle niskich temperatur, a amplituda tych drgań jest nawet trochę większa od amplitudy fali grawitacyjnej! Dlatego rozhuśtywanie drgań walca jest wynikiem złożonego połączenia kwantowych oscylacji z pobudzającym działaniem fali grawitacyjnej. Problem jest skomplikowany teoretycznie, a rejestracja fali grawitacyjnej wymaga użycia odpowiednio połączonych dwóch anten w celu minimalizowania efektów kwantowych. Udoskonalone anteny działają już w Stanford, w Rzymie i w Maryland, a w Perth, Rochester, Moskwie i na uniwersytecie stanowym w Luizjanie są w trakcie uruchamiania. Mają one możliwość wykrycia fal grawitacyjnych w zakresie częstości kilka kiloherców o amplitudach większych niż $h = 5 \cdot 10^{-18}$. Wyniki obserwacji na razie są skromne. Anteny w Rzymie i w Maryland coś widzą, to znaczy wzbudzają się w odstępach czasu charakterystycznych dla drgań własnych całej Ziemi (ok. 1 godz.). Trudno powiedzieć, czy rzeczywiście oznacza to wykrycie fal grawitacyjnych.



Rys. 11. Antena typu Webera — aluminiowy walec — służąca do wykrywania fal grawitacyjnych.

Drugi typ detektorów to urządzenia laserowe, dużo droższe i znacznie bardziej skomplikowane. Na razie osiągają one dokładność $h \sim 10^{-16}$, są jednak duże szanse ich rozwoju w ciągu



Rys. 12. Laserowy detektor fal grawitacyjnych. Promień lasera ulega przesunięciu prostopadle do kierunku padającej fali.

najbliższych kilku lat. Ich zasada działania opiera się na oddziaływaniu promienia laserowego biegającego między dwoma lusterkami z przechodzącą prostopadle falą grawitacyjną. Jeżeli częstość promienia laserowego i odległość lusterek są odpowiednio skorelowane z częstością fali grawitacyjnej, promień ulega systematycznemu przesunięciu przy każdym odbiciu. Przesunięcie to jest miarą amlitudy fali.

Trzeci typ detektorów, a raczej trzecia metoda rejestracji fal grawitacyjnych to dokładny pomiar zmian odległości Ziemia — statek kosmiczny. Dzięki temu dokładność pomiaru nie musi być taka wielka: dla fali $h = 10^{-19}$ i statku kosmicznego w okolicach Saturna dokładność ta musi być rzędu 1/100 mm. Zmiany odległości, a więc zmiany prędkości statku mierzy się wykorzystując efekt Dopplera; trzeba wykrywać znikome zmiany częstości nadawanego sygnału. Pomiary wykonywane dla Voyagera mogły wykrywać zmiany odległości rzędu 10 cm, a więc czułość taka pozwalałaby rejestrować fale dopiero o amplitudzie $h = 10^{-14}$. Również w tej metodzie detekcji można się spodziewać znacznego postępu.

Problem fal grawitacyjnych można podsumować następująco. W zasadzie fale grawitacyjne nie zostały jeszcze zarejestrowane, ale w ciągu najbliższych dziesięciu lat należy oczekiwać znacznego postępu w metodach detekcji. Wykrycie tych fal będzie niezwykle istotne. W pierwszej fazie potwierdzi ono istnienie tych fal, a więc wniosek o rozchodzeniu się zaburzeń pola grawitacyjnego z prędkością światła. Po przejściu (szczęśliwym) przez fazę pierwszą i opanowaniu precyzyjnego odbioru tych fal staną się one źródłem nieocenionych bezpośrednich informacji na temat zjawisk zachodzących głęboko we wnętrzach gwiazd i jądrach galaktyk, nieobserwowalnych przy pomocy zwykłych teleskopów działających w różnych zakresach fal elektromagnetycznych. Może już za dziesięć, dwadzieścia lat „teleskopy grawitacyjne" zaczną działać.

KRONIKA

Nowe oznaczenia gwiazd zmiennych

Sześćdziesiąta piąta lista oznaczeń gwiazd zmiennych została opublikowana w grudniu 1980 roku przez Radę Astronomiczną przy Akademii Nauk ZSRR. Lista zawiera nowe oznaczenia 778 gwiazd zmiennych, co powiększa całkowitą liczbę posiadających oznaczenia oficjalne do 28 254. Rekordzistą pośród gwiazdozbiorów jest Strzelec gdzie oznaczono już 4064 zmienne. Oto oficjalne symbole kilku szeroko znanych obiektów: SS 433, prawdopodobnie gwiazda neutronowa wykazująca równoczesne przesunięcie linii widmowych ku czerwieni i fioletowi, oznaczona jest jako V 1343 Aquilae. Niewidoczna obecnie gwiazda 3 Kasjopei, prawdopodobnie supernowa z 1680, której śladem jest silne radioźródło Kasjopea A, nosi oznaczenie V 591 Cas. Spośród źródeł promieniowania rentgenowskiego: Circinus X-1 to obecnie BR Circini, Centaurus X-4 to V 822 Centauri, rentgenowski burster MBX 1735-44 to V 926 Scorpii. Słabo obserwowaną nową odkrytą w Strzelcu w roku 1978 oznaczono V 4049 Sagittarii.

Wg *Sky and Telescope*, 1981, **61**, 391.

ZBIGNIEW PAPROTNY

NOWOŚCI WYDAWNICZE

Nowy Atlas Nieba Amerykańskiego Towarzystwa Obserwatorów Gwiazd Zmiennych.

The AAVSO Variable Star Atlas prepared by *Ch. E. Scovil* ed. Sky Publishing Corporation, Cambridge, Mass. 1980, cena 39.95 $.

Do niewątpliwych wydarzeń na astronomicznym rynku wydawniczym zaliczyć należy ukazanie się nowego atlasu nieba, przeznaczonego przede

wszystkim dla obserwatorów gwiazd zmiennych, lecz użytecznego również przy poszukiwaniu komet, identyfikacji galaktyk i innych obiektów nieba, ogólnie, przy wszystkich pracach obserwacyjnych. Mimo iż Autor opracowując Atlas miał na myśli głównie miłośników astronmii, wydawnictwo w pełni może być wykorzystane przez zawodowych astronomów.

Generalnym celem Atlasu było wskazanie na mapach nieba wszystkich gwiazd zmiennych jaśniejszych od 9.5 mag., których zmiany blasku przewyższają 0.5 mag. W Atlasie zaznaczono również szereg słabszych gwiazd zmiennych, będących aktualnie w programach obserwacyjnych miłośników astronomii w Stanach Zjednoczonych oraz członków Sekcji Gwiazd Zmiennych Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego w Nowej Zelandii. Przykładowo, zaznaczono słynny kwazar 3C273, mimo iż jego jasność jest około 12 mag. Oznakowane są również niektóre gwiazdy podejrzane o zmienność. Łącznie uwzględniono nieomal 3000 gwiazd zmiennych.

Podstawą opracowania Atlasu Gwiazd Zmiennych był Atlas Nieba wydany przez Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO) w roku 1969, zawierający około 260 000 gwiazd. Atlas ten jednak posiadał pewną istotną niedogodność: warunkiem, aby gwiazda była w nim umieszczona (jak też w katalogu gwiazd tego Atlasu), była dokładna znajomość nie tylko współrzędnych gwiazdy, lecz również jej ruchu własnego. Powodowało to, że szereg stosunkowo jasnych gwiazd w Atlasie SAO było pominięte.

Dla poprawienia tej niedogodności, bardzo uciążliwej przy identyfikacj gwiazd, mapy Atlasu Gwiazd Zmiennych zostały porównane z odpowiednimi okolicami nieba, przedstawionymi na kartach *Atlas Borealis*, *Atlas Eclipticalis* oraz *Atlas Australis*. Na podstawie tych atlasów dodano wszystkie brakujące gwiazdy jaśniejsze niż 7 mag. Wspomniane atlasy były również źródłem, według którego zaznaczono granice gwiazdozbiorów.

Oryginalny Atlas SAO zawiera 152 mapy całego nieba i siatkę współrzędnych na rok 1950. Przy opracowywaniu Atlasu Gwiazd Zmiennych zachowano epokę 1950 dla współrzędnych, natomiast całe niebo przedstawiono na 178 mapach, zmieniając w stosunku do pierwowzoru środki poszczególnych map. Uzyskano w ten sposób większą o około 75 procent skalę, która wynosi 15 milimetrów na jeden stopień. Na każdej z kart Atlasu zaznaczono również w rogach, blisko przecięcia się linii oznaczających deklinację i rektascensję, położenie siatki współrzędnych dla epoki 2000. Każda z kart obejmuje w przybliżeniu 18° w deklinacji oraz około jednej godziny w rektascensji. (W pobliżu biegunów oczywiście więcej). Dodatkowo na kartach przewidziano jednostopniowy margines, stanowiący wspólną część dla dwóch sąsiadujących ze sobą arkuszy. Rozmiary pojedynczej karty nieba wynoszą 25,5×30 cm. Wszystkie arkusze wraz z krótkim wprowadzeniem i objaśnieniami umieszczone są w trwałym kartonowym pudełku.

Istotną nowością, bardzo użyteczną dla obserwatorów gwiazd zmiennych, jest podanie jasności gwiazd porównania. Aby uniknąć pomyłek pomiędzy kropką dziesiętną a gwiazdą, dla określenia jasności gwiazdy porównania podano dwie cyfry oznaczające dziesięciokrotną wartość jasności gwiazdy. Dla gwiazd jaśniejszych podano odpowiednie wartości uzyskane drogą fotoelektryczną, co zaznaczono podkreśleniem dwucyfrowej liczby.

W Atlasie Gwiazd Zmiennych zaznaczono szereg innych charakterystycznych obiektów jak gwiazdy podwójne (łącznie ponad 2000), gromady otwarte i kuliste gwiazd, mgławice jasne, mgławice planetarne, wreszcie — co szczególnie istotne — Atlas zawiera ponad 1200 galaktyk, według katalogu Shapleya i Amesa z roku 1932.

Na odwrocie każdej z kart Atlasu znajdujemy wykaz obiektów znajdujących się na danej mapie nieba. W wykazie podano skrótowo położenie gwiazdy, jej nazwę, typ zmienności, zakres wahań blasku oraz niekiedy krótkie uwagi. Pełny wykaz wszystkich gwiazd zmiennych ujętych w Atlasie znajduje się w załączonej broszurze L. J. Robinsona *The „Sky and Telescope" Guide to the Heavens.*

Przydatność Atlasu w praktyce obserwatora gwiazd zmiennych jest niewątpliwa. Atlas będzie również bardzo użyteczny we wszystkich pracach obserwacyjnych, gdzie konieczna jest identyfikacja obiektów. Jedyną niedogodnością może być fakt, że Atlas nie daje gwarancji rozpoznania w nim wszystkich słabych gwiazd, nie jest też precyzyjnie zdefiniowana graniczna wielkość gwiazdowa. Jak wspomniano wyżej, wynika to z faktu oparcia się o Atlas SAO.

Fakt ukazania się Atlasu Gwiazd Zmiennych należy odnotować z uwagą. Szkoda, że jego dostępność na polskim rynku, ze zrozumiałych względów, jest bardzo ograniczona.

JERZY M. KREINER

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski **Październik 1981 r.**

Słońce

Przesuwa się po ekliptyce coraz niżej pod płaszczyznę równika niebieskiego, w związku z czym w ciągu miesiąca dnia ubywa o dwie godziny; w Warszawie 1 października Słońce wschodzi o 5^h36^m, zachodzi o 17^h14^m, a 31 października wschodzi o 6^h29^m, zachodzi o 16^h10^m. W październiku Słońce wstępuje w znak Skorpiona (Niedźwiadka).

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

Data 1981	P	B_0	L_0	Data 1981	P	B_0	L_0
X 1	+26°04	+6°68	143°08	X 17	+26°14	+5°77	292°00
3	+26.16	+6.58	116.70	19	+26.02	+5.50	265.62
5	+26.24	+6.48	90.30	21	+25.86	+5.34	239.24
7	+26.29	+6.36	63.92	23	+25.68	+5.16	212.86
9	+26.32	+6.24	37.54	25	+25.46	+4.98	186.49
11	+26.32	+6.10	11.15	27	+25.22	+4.80	160.12
13	+26.29	+5.96	344.76	29	+24.94	+4.61	133.74
15	+26.22	+5.82	318.38	31	+24.63	+4.41	107.37

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy.
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
12d9h24m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

W pierwszym i ostatnim tygodniu października noce będą ciemne, bezksiężycowe, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra 6^d9^h, pełnia 13^d14^h, ostatnia kwadra 20^d5^h i nów 27^d21^h. W perygeum Księżyc znajdzie się 15 października, a w apogeum dwukrotnie, 3 i 30 października.

Planety i planetoidy

Nisko nad zachodnim horyzontem błyszczy Wenus jako Gwiazda Wieczorna —3.8 wielkości. W drugiej połowie nocy widoczny jest Mars jako czerwona gwiazda +1.7 wielkości w gwiazdozbiorze Lwa. Pozostałe planety są w tym miesiącu niewidoczne, aż cztery z nich „przeżywają" złączenie ze Słońcem.

Meteory

W październiku od 16 do 26 promieniują Orionidy. Radiant meteorów leży na granicy gwiazdozbiorów Oriona i Bliźniąt i ma współrzędne: rekt. 6^h24^m, dekl. +15°. Maksimum aktywności przypada na 21 października. W tym roku warunki obserwacji są dość dobre.

* *
*

1^d22^h Wenus w złączeniu z Księżycem w odl. 7°.

2^d11^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 4°.

4^d15^h Neptun w złączeniu z Księżycem w odl. 1°7.

6^d5^h Saturn w złączeniu ze Słońcem, o 12^h Merkury nieruchomy w rektascencji.

7^d12^h Wenus w złączeniu z Uranem w odl. 2°.

14^d6^h Złączenie Jowisza ze Słońcem.

17^d7^h Wenus w złączeniu z Antaresem (w odl. 2°), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Skorpiona. O 19^h Pluton w złączeniu ze Słońcem.

18^d12^h Dolne złączenie Merkurego ze Słońcem.

19^d18^h Mars w złączeniu z Regulusem (w odl. 1°1), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Lwa.

22^d18^h Mars w złączeniu z Księżycem w odl. 1°4.

26^d5^h Saturn w złączeniu z Księżycem w odl. 3°. O 22^h Merkury po raz drugi w tym miesiącu nieruchomy w rektascensji.

29^d21^h Po raz drugi w tym miesiącu Uran w złączeniu z Księżycem w odległości 4°.

30^d2^h Wenus w złączeniu z Neptunem w odl. 5°.

31^d23^h Neptun w złączeniu z Księżycem (po raz drugi w tym miesiącu) w odl. 1°4.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie środkowo-europejskim.

CONTENTS

S. R. Brzostkiewicz — What is news on Venus?

B. Muchotrzeb — Gravitational waves.

Chronicle: New names of variable stars.

New books: The new atlas of the Heaven of the AAVSO.

Astronomical calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

С. Р. Бжосткиевич — Что нового на Венере?

Б. Мухотжеб — Гравитационные волны.

Хроника: Новые обозначения переменных звёзд.

Новые книги: Новый атлас неба Американского общества наблюдателей переменных звёзд.

Астрономический календарь.

OGŁOSZENIE

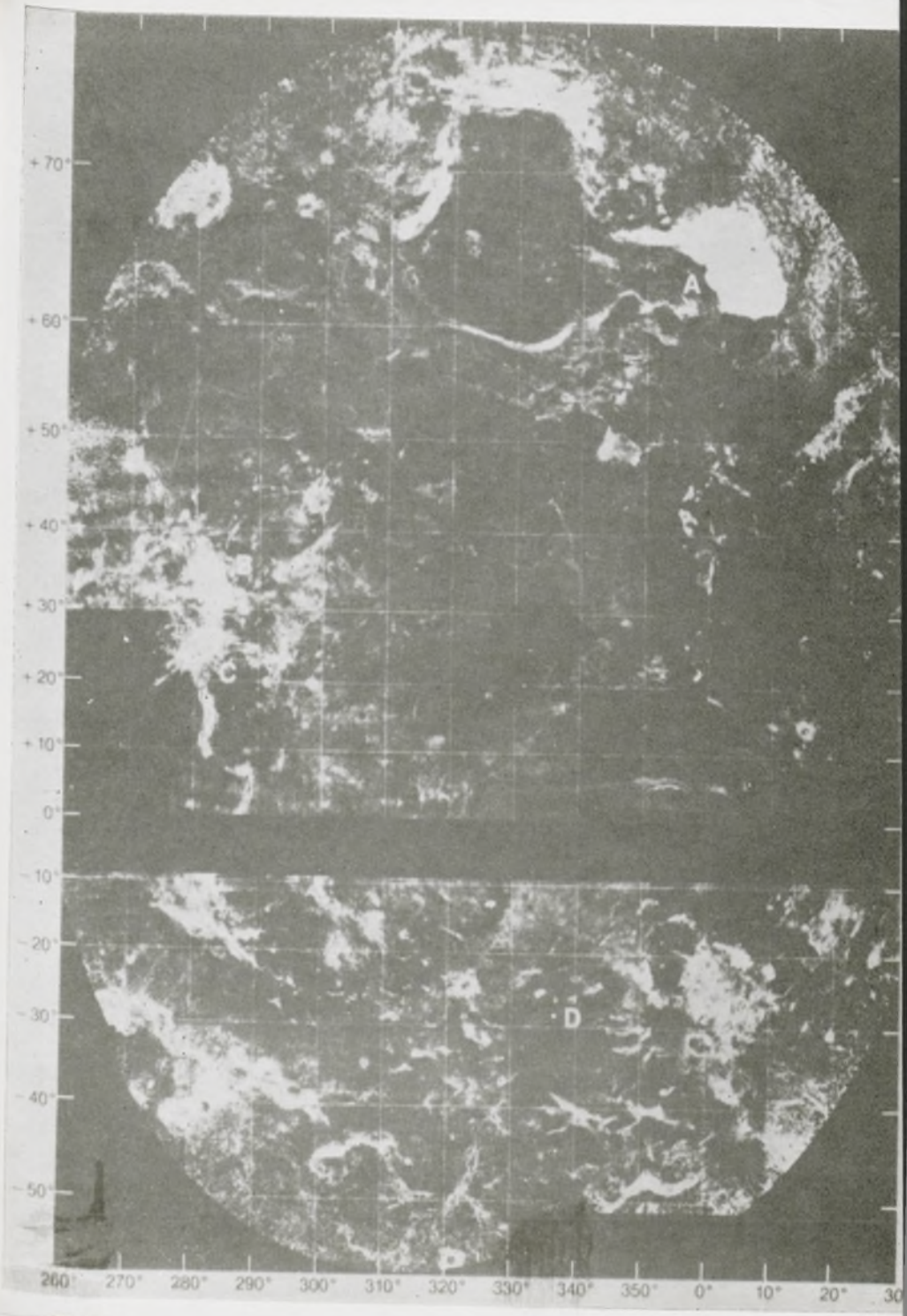
Kupię teleskop 15—20 cm z mechanizmem zegarowym.

Krystyn Orkisz
Al. Pokoju 8/52
31-548 Kraków

Redakcja i Administracja: Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Zarząd Gł., 31-027 Kraków, Solskiego 30/8, tel. 238-92; Nr k-ta PKO I OM 35510-16391-132. Red. nacz.: L. Zajdler, 02-590 Warszawa, ul. Drużynowa 3, tel. 44 49 35. Sekr. red.: K. Ziołkowski. Red. tech.: Z. Dworak. Przewodn. Rady Redakcyjnej: S. Piotrowski. Warunki prenumeraty: dla członków PTMA (25% zniżki) — zł 72,— (bez składki członkowskiej), cena 1 egz. — zł 8,—. Zgłoszenia w Redakcji, adres j.w.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław. Oddział w Krakowie, 1981. Nakład 3.500 egz. Objętość ark. wyd. 3, ark. druk. 2,25. Pap. druk. sat. kl. V, 65 g, 61×86.
Indeks 38001

Drukarnia Związkowa, Kraków, ul. Mikołajska 13 — Zam. 3124/81 — F-16 — 3500


+70°
+60°
+50°
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
-50°
A
C
D
260°
270°
280°
290°
300°
310°
320°
330°
340°
350°
0°
10°
20°