



SPIS TREŚCI

Pochodzenie Układu Planetarnego	
<i>Dr Wojciech Dziembowski</i>	str. 1
Merkury	
<i>Dr Jan P. Lasota</i>	str. 3
Wenus	
<i>Mgr Tomasz Chlebowski</i>	str. 4
Sondowanie Marsa	
<i>Doc. dr Marek Demiański</i>	str. 5
Jowisz	
<i>Prof. dr Stanisław Grzędzielski</i>	str. 6
Saturn	
<i>Doc. dr Jerzy Stodółkiewicz</i>	str. 7
Odkrycia najdalszych planet naszego Układu Słonecznego	
<i>Doc. dr Maciej Bielicki</i>	str. 8
Konkurs	str. 9
Planetoidy	
<i>Dr Krzysztof Ziolkowski*</i>	str. 10
O kometach	
<i>Doc. dr Grzegorz Sitarski</i>	str. 11
Johannesa Keplera poszukiwania harmonii świata	
<i>Dr Ludomir Włodarski</i>	str. 12
Zadania	str. 13
Mała Delta	str. 14

W następnym numerze:
Mapa nieba

„Delta”
 matematyczno-fizyczny miesięcznik
 popularny
 Polskiego Towarzystwa
 Matematycznego i Polskiego
 Towarzystwa Fizycznego
 wydawany przy poparciu
 Ministerstwa Oświaty i Wychowania

Komitet Redakcyjny
 doc. dr J. Bartke
 prof. dr Grzegorz Białkowski —
 przewodniczący
 doc. dr A. Bączyński
 doc. dr B. Gleichgewicht
 prof. dr K. Goebel
 doc. dr B. Iwaszkiewicz
 doc. dr T. Iwiński
 prof. dr A. Januszajtis
 prof. dr Leon Jeśmanowicz —
 wiceprzewodniczący
 mgr H. Kaczorek
 prof. dr B. Karczewski
 prof. dr M. Kuczma
 mgr A. Mąkowski
 prof. dr Z. Pawlak
 prof. dr A. Piekara

prof. dr Z. Semadeni
 prof. dr J. Stankowski
 prof. dr M. Subotowicz
 doc. dr S. Turnau
 doc. dr J. Wdowczyk

Redaguje Kolegium w składzie:
 doc. dr T. Hofmokl — z-ca red. nac.
 dr T. B. Iwiński
 B. Jaworska-Kordos — ilustracje
 dr M. Kordos — red. nac.
 mgr K. Prażmowski — red. techn. graf.
 mgr K. Szypcio — sekr. red.
 doc. dr M. Świącki
 Adres Redakcji
 ul. Hoża 69 pok. 151,
 00-681 Warszawa

Zakład Narodowy im.
 Ossolińskich — Wydawnictwo
 Wrocław, Oddział w Warszawie
 Nakład 20 000 egz. Objętość 2 ark.
 wyd.; 2,50 ark. druk.;
 papier offsetowy III kl. 80 g. 61 × 86
 Wydrukowano w Drukarni im.
 Rewolucji Październikowej
 Warszawa, ul. Mińska 65.
 Nr zam. 1197/77 F-15

Wydano z pomocą finansową Polskiej Akademii Nauk

WARUNKI PRENUMERATY Cena prenumeraty rocznej zł 60, — cena prenumeraty półrocznej
 zł 30, —

Prenumeratę na kraj przyjmują Oddziały RSW „Prasa—Książka—Ruch” oraz urzędy pocztowe
 i doręczyciele — w terminach:
 — do 25 listopada na styczeń, I kwartał, I półrocze roku następnego i cały rok następný
 — do dnia 10 miesiąca, poprzedzającego okres prenumeraty na pozostałe okresy roku bieżącego.
 Jednostki gospodarki uspołecznionej instytucje i organizacje społeczno-polityczne składają zamówienie
 w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa—Książka—Ruch”.
 Zakłady pracy i instytucje w miejscowościach, w których nie ma Oddziałów RSW, oraz prenumeratorki
 indywidualni, zamawiają prenumeratę w urzędach pocztowych lub u doręczycieli.
 Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę, która jest o 50% droższa od prenumeraty krajowej,
 przyjmuje RSW „Prasa—Książka—Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw,
 ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto PKO nr 1531-71 w terminach podanych dla
 prenumeraty krajowej

Sprzedaż numerów bieżących i uprzednich

Instytucje państwowe i społeczne, zakłady pracy, szkoły i czytelnicy indywidualni mogą nabywać
 „DELTA”:

w Księgarni Ośrodka Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN.
 Sprzedaż gotówkowa i wysyłkowa, numerów bieżących i archiwalnych; płatność gotówką, przelewem
 lub za zaliczeniem pocztowym.

Adres: ORPAN 00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki konto PKO nr 1-6-100312

w Księgarni Ossolineum, Rynek 8, 50-106 Wrocław

w Głównej Księgarni Naukowej, Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa

w Księgarni Naukowej, ul. Podwale 6, 31-118 Kraków

Orders for this periodical from abroad can be placed with „Ars Polona” Krakowskie Przedmieście 7
 00-068 Warszawa, Poland or with

— Kubon & Sagner, Inhaber Otto Sagner, D8 München 34, Postfach 68,
 Bundesrepublik Deutschland.

— Earls Court Publications Ltd., 130 Shephard Bush Centre, London W 12, Great Britain,
 — Licosa Commissionaria Sansoni, Via Lamarmora 45, 50 121 Firenze Italia.

Cena 1 egzemplarza zł 5.— nr indeksu 35723/35550

Dr Wojciech **DZIEMBOWSKI**

Kosmogonia, czyli nauka o pochodzeniu i minionej ewolucji Układu Planetarnego, należy do klasycznych działów astronomii. Pierwsza hipoteza kosmogoniczna sformułowana została w XVIII wieku przez Laplace'a. Dziś, pomimo ogromnego wzbogacenia naszej wiedzy o Układzie Planetarnym, głównie za sprawą rozwoju badań kosmicznych, jesteśmy ciągle dalecy od pełnego rozumienia procesów, które doprowadziły do jego powstania.

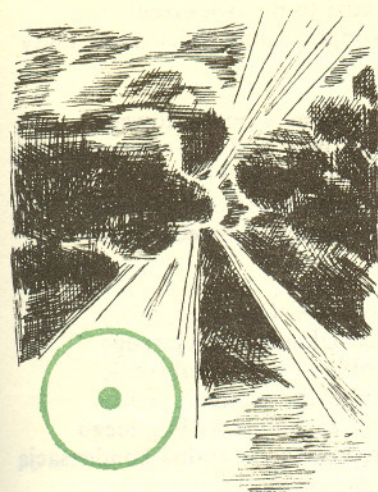
Jest paradoksem, że znacznie młodsza teoria ewolucji gwiazd, obiektów trudniejszych przecież do obserwacji, jest dużo bardziej zaawansowana. Wynika to przede wszystkim stąd, że nasz Układ Planetarny jest jedynym obserwowanym, jak dotąd, tworem tego typu. Istotne jest również, że dzięki symetrii sferycznej gwiazdy są stosunkowo łatwymi obiektami do matematycznego modelowania. We współczesnej astrofizyce proces formowania się mgławicy przedplanetarnej traktuje się jako zjawisko towarzyszące formowaniu się Słońca. Ten punkt widzenia znajduje uzasadnienie w wynikach wyznaczeń zawartości izotopów promieniotwórczych w skałach Ziemi i Księżyca, a także w meteorytach. Z wyznaczeń tych wynika, że pierwotna krystalizacja nastąpiła $4,6 \times 10^9$ lat temu, co zgadza się z wyznaczeniami wieku Słońca z modeli jego ewolucji.

Zgodnie z obowiązującym obrazem, formowanie się gwiazdy zaczyna się od fazy zapadania się gazu pod działaniem własnej grawitacji. Dochodzi do tego wtedy, gdy siły grawitacji dominują nad siłami ciśnienia. Warunek na zapadanie określa liczbowo kryterium Jeansa. Początkowo jednorodny obłok zapada się, jeśli jego średnica jest większa od krytycznej długości $\lambda = \pi c^2 / G \rho$, gdzie c jest szybkością dźwięku, G stałą grawitacji, a ρ gęstością. Istnieje pogląd, że warunki dla powstania takiej niestabilności zachodzą, gdy gaz w swoim ruchu wokół centrum galaktyki wchodzi w obszar jej ramienia spiralnego.

Proces zapadania się jest kontynuowany dopóty, dopóki materia obłoku nie stanie się dostatecznie nieprzezroczysta, to bowiem doprowadza do wzrostu temperatury warstw wewnętrznych i ciśnienia, które może wtedy kompensować siłę grawitacji. Dalsza ewolucja gwiazdy zachodzi poprzez stany równowagi mechanicznej. Gwiazda świeci wtedy na koszt malejącej energii potencjalnej i wewnętrznej. Temperatura i gęstość centralnych części gwiazdy w dalszym ciągu rosną i w pewnym momencie reakcja syntezy wodoru w hel staje się głównym źródłem strumienia promieniowania. Kolejna faza ewolucji, określona równością strumienia i energii wytwarzanej na jednostkę czasu w owych reakcjach, jest najwolniejszą fazą ewolucji gwiazd. Słońce znajduje się właśnie w tej fazie i przez większość swojej historii się w niej znajdowało.

Jeśli zapadający się obłok posiada pewien moment pędu, to ewolucja obłoku przedgwiazdowego ulega modyfikacji. W trakcie kurczenia się, rola siły odśrodkowej wzrasta. Jeżeli moment pędu poszczególnych części obłoku można uważać za stały, to siła odśrodkowa na jego równiku rośnie proporcjonalnie do R^{-3} , gdzie R jest promieniem równikowym. Z drugiej strony, siła przyciągania, zanedbując odchylenia od symetrii sferycznej, rośnie jak R^{-2} . Tak więc w pewnym momencie dalsze zapadanie w kierunku osi obrotu może zatrzymać się i następująca ewolucja zewnętrznych części obłoku polegać będzie na ich kurczeniu się w kierunku płaszczyzny równika. Powstała w ten sposób materia wokół gwiazdy ma dwie ważne cechy mgławicy przedplanetarnej — materia rozmieszczona jest w płaskiej warstwie i obraca się w tę samą stronę co Słońce. Na tym kończy się jednak podobieństwo i trzeba postulować istnienie dodatkowych zjawisk, żeby wyjaśnić podstawowe właściwości, jakie mgławica przedplanetarna powinna posiadać.

Najpoważniejszy problem dotyczy podziału momentu pędu pomiędzy Słońcem i Układem Planetarnym. Otóż na Słońce, które posiada 99,87% masy całego Układu Słonecznego, przypada ok. 0,5% momentu pędu. Jako możliwe rozwiązanie tej trudności, w kilku teoriach kosmogonicznych (H. Alfven, F. Hoyle, E. Shatzman) sugeruje się transport momentu pędu od Słońca do mgławicy za pośrednictwem pola magnetycznego. Przy ocenie całkowitego momentu pędu obłoku przedslonecznego uwzględnić należy utratę masy i związaną z nią utratę momentu pędu z Układu Słonecznego.



Fakt, że taka utrata masy musiała mieć miejsce, wynika z porównania składu chemicznego Słońca i planet. W Słońcu zaledwie około 2% masy przypada na pierwiastki cięższe od wodoru i helu, podczas gdy dla planet grupy ziemskiej pierwiastki te stanowią praktycznie 100% masy. Również modele wielkich planet przewidują wyraźnie niższą zawartość helu i wodoru niż w Słońcu. Minimalną masę utraconej przez Układ Planetarny materii otrzymamy, uzupełniając jego masę wodoru i helu do proporcji słonecznych. Prowadzi to do zwiększenia masy Układu Planetarnego co najmniej dziesięciokrotnie (odpowiednie zwiększenie masy całego Układu Słonecznego jest wtedy bardzo małe).

F. Hoyle przyjął w swej teorii taki sam czynnik dla określenia początkowego momentu pędu przedslonecznego obłoku gazu, co doprowadza do wyrównania siły przyciągania i siły odśrodkowej, gdy rozmiar obłoku jest bliski połowy orbity Merkurego. Jak pokazały późniejsze rachunki, aby doprowadzić do rozmycia takiego obłoku do rozmiarów obecnego Układu Planetarnego, konieczne jest założenie nierealistycznie silnego pola rzędu 0,1 – 1T.

Zasadniczo odmienny model ewolucji obłoku postulował A. Cameron, który przyjął znacznie większą utratę masy w czasie ewolucji Układu Planetarnego. W jego modelu, początkowa masa zapadającego się obłoku była dwukrotnie większa od obecnej masy całego Układu Słonecznego, a jego moment pędu około 300-krotnie większy. Proces tworzenia się planet zachodził według niego w czasie, gdy Słońce nie było jeszcze wyraźnie wyodrębnioną, centralną kondensacją mgławicy. Trudnością tego modelu, jak również wszystkich modeli charakteryzujących się znacznym momentem pędu, jest ich niestabilność, która doprowadza do przekształcenia ich z początkowo osiowo-symetrycznych konfiguracji w konfiguracje o kształcie cygara. W ostatecznej ewolucji doprowadzają one zapewne do powstania raczej układu dwóch gwiazd niż gwiazdy z układem planetarnym.

W chwili obecnej najprawdopodobniej nie istnieją szczegółowe i realistyczne modele powstawania mgławicy przedplanetarnej o odpowiednim rozkładzie masy i momentu pędu. Istnieją jednak dobre perspektywy, że takie modele zostaną skonstruowane w najbliższych latach. Pomiędzy modelem Hoyle'a i modelem Camerona istnieje szeroki zakres początkowych momentów pędu mgławicy przedplanetarnej, dla których nie została przeprowadzona analiza ilościowa. Nie został także zbadany w szczegółach efekt lepkości (zwłaszcza turbulენტnej), który podobnie jak efekt pola magnetycznego prowadzi do przenoszenia momentu pędu od ciała centralnego na zewnątrz.

Od strony obserwacyjnej duże nadzieje wiąże się z badaniem gwiazd zmiennych typu *T Tauri*. Powszechnie uważa się, że gwiazdy te znajdują się w bardzo wczesnym etapie ewolucji, a charakterystyczną dla nich gwałtowną zmiennością wielu autorów wiąże z procesami zachodzącymi w występujących wokół nich mgławicach. Według G. Herbiga gwiazdy te charakteryzują się szybką rotacją i wpływem masy ze znacznymi szybkościami. Cameron uważa, że dane obserwacyjne dotyczące tych obiektów stanowią uzasadnienie dopuszczenia znacznej utraty masy z mgławicy przedplanetarnej.

W dalszej ewolucji gęstość mgławicy rośnie i następuje kondensacja pyłu. Ziarna pyłu dyfundują w kierunku płaszczyzny równikowej, zwiększając przy tym szybko swoje rozmiary. W wyniku tego procesu, w pobliżu tej płaszczyzny powstaje cienki, pyłowy dysk. Dopóki gęstość w mgławicy nie jest dostatecznie duża, nie mogą powstawać trwałe zgęszczenia materii. Przy małych ich rozmiarach przeciwdziała temu ciśnienie, a przy dużych są one rozrywane wskutek przyciągania Słońca. Jednakże przy dużej gęstości dysku tworzą się tam zgęszczenia, które zapadając się prowadzą do powstania brył — zarodki planet. Teoria tego procesu została opisana przez W. Safronowa. Według ostatnich ocen pochodzących od P. Goldreicha i W. Warda, rozmiar takich zarodki w pobliżu orbity Ziemi byłby rzędu dziesiątych części kilometra.

Dalsza ewolucja mgławicy określona jest przede wszystkim efektami zderzeń tak powstałych brył. W zależności od stosunku mas, względnych prędkości i geometrii zderzenia, może mieć przy tym miejsce rozdrabnianie ciał i w konsekwencji powstawanie takich ciał, jak meteory, lub też akumulacja — proces, który w ostateczności doprowadził do utworzenia planet. O znaczeniu zderzeń w końcowym etapie tworzenia planet przekonuje nas obserwacja kraterów na powierzchni Księżyca, Merkurego czy Marsa. W wypadku wielkich planet istotną rolę w ich tworzeniu musiało odgrywać także grawitacyjne ściąganie gazu z ich okolic.

Rozwiązanie zadania F 48.

Zamiast rozpatrywać promienie wychodzące z różnych punktów rurki i trafiające do oka, wygodnie jest skorzystać z zasady odwracalności biegu promieni świetlnych i rozważyć promienie wychodzące z oka i docierające do rurki.

Łatwo zauważyć, że warunek zadania będzie spełniony wtedy i tylko wtedy, gdy dla skrajnego promienia „padającego” na rurkę będzie spełniony związek

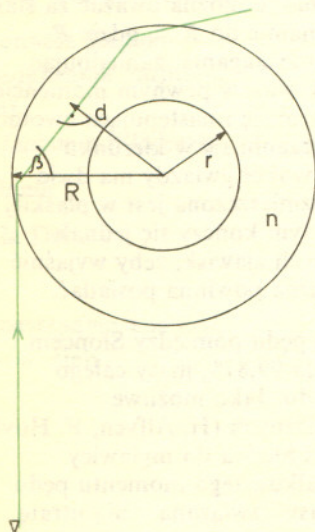
$$d \leq r.$$

Korzystając z tego, że β jest kątem granicznym, możemy napisać

$$\frac{1}{n} = \sin \beta = \frac{d}{R}$$

a zatem

$$\frac{r}{R} \geq \frac{1}{n}.$$



Dr Jan P. LASOTA

Merkury, planeta najbliższa Słońca, odegrał ważną rolę w rozwoju nauki. W roku 1845 słynny astronom francuski U. J. J. Leverrier, który w rok później miał przewidzieć istnienie i położenie Neptuna, odkrył, że Merkury porusza się wokół Słońca niezupełnie zgodnie z prawem ciążenia Newtona.

Z prawa tego wynika, że planeta w polu grawitacyjnym Słońca porusza się po elipsie. Słońce znajduje się w jednym z ognisk tej elipsy. Jeżeli będziemy śledzić ruch planety począwszy od punktu, w którym znajduje się najbliższe Słońca (peryhelium), to zobaczymy, że po zatoczeniu kąta pełnego (2π) wróci do tego samego miejsca, tzn. nie tylko wróci do peryhelium, ale i peryhelium będzie się znajdowało w tym samym miejscu co poprzednio. Tyle teoria.

Rzeczywistość jest bardziej skomplikowana. Po pierwsze, podany powyżej opis ruchu planety jest słuszny tylko w pewnych wyróżnionych układach odniesienia, tzw. układach inercyjnych.

Wskutek istnienia tzw. precesji ogólnej, powodującej ruch osi obrotu Ziemi, układ odniesienia, w którym prowadzi się obserwacje planet, nie jest układem inercyjnym. Po drugie, planeta porusza się nie tylko w polu grawitacyjnym Słońca, ale podlega również oddziaływaniu innych planet.

Oba te efekty zaburzają idealną orbitę eliptyczną i prowadzą między innymi do tzw. ruchu peryhelionowego, rozetkowego, w którym po każdym obrocie ciała niebieskiego elipsa nie domyka się (a więc ściślej rzecz biorąc orbita nie jest już elipsą) i peryhelium wędruje sobie, tak jak to pokazano na rysunku.

Otóż Leverrier obliczył ruch peryhelionowy Merkurego i okazało się, że część tego przesunięcia wynosząca $35''$ na stulecie nie daje się w żaden sposób wytłumaczyć w ramach mechaniki newtonowskiej. W roku 1882 Newcomb potwierdził obliczenia Leverriera poprawiając tylko wynik na $43''$ na wiek.

Według danych współczesnych, peryhelium Merkurego przesuwa się o $5599''74$ w ciągu stulecia, z czego przesunięcie o $5557''19$ jest efektem newtonowskim, a pozostałe $42''56 (\pm 0''94)$ na wiek jest przez teorię Newtona nie wytłumaczone.

Początkowo Leverrier sądził, że między Merkurem a Słońcem istnieje jeszcze jedna planeta, której nadał nazwę Wulkan. Obserwacje nie potwierdziły istnienia tej planety.

Potem próbowano wyjaśnić ruch peryhelionowy Merkurego wprowadzając różne, mniej lub bardziej skomplikowane rozkłady materii międzyplanetarnej. Żaden z tych modeli nie był zadowolający, ale zaczęto dość powszechnie uważać, że drobna w końcu niezgodność teorii i doświadczenia da się jakoś wyjaśnić przez oddziaływania niegravitacyjne.

Rozwiązanie przyszło zupełnie nieoczekiwanie. W roku 1915 Albert Einstein ogłosił nową teorię grawitacji, która w odróżnieniu od teorii newtonowskiej była zgodna ze szczególną teorią względności, uogólniała ją — i dlatego została nazwana ogólną teorią względności. Teoria ta modyfikuje newtonowskie prawo ciążenia, okazuje się, że jest ono słuszne tylko w przybliżeniu.

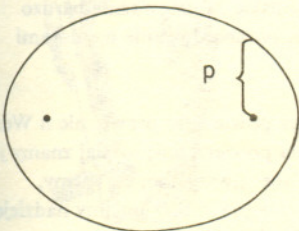
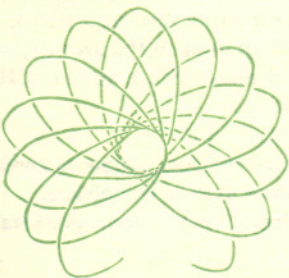
Zgodnie z teorią Einsteina, peryhelium planety poruszającej się wokół Słońca po jednym obrocie ulega przesunięciu o wielkość równą $\Delta\varphi = 2\pi \left(\frac{3GM_{\odot}}{p} \right)$, gdzie G jest stałą grawitacji, M_{\odot} masą Słońca, a p parametrem orbity, zwanym parametrem ogniskowym (p = połowa cięciwy przechodzącej przez jedno z ognisk prostopadle do osi wielkiej elipsy).

Dla Merkurego $p = 55,3 \times 10^6$ km, a ponieważ $GM_{\odot} = 1,475$ km, więc $\Delta\varphi = 0,1038''$.

Ponieważ Merkury wykonuje 415 obrotów na stulecie, to otrzymujemy, że $\Delta\varphi = 43''03$ na wiek, w doskonałej zgodności z obserwacjami.

Ruch peryhelionowy Merkurego nie jest zatem czymś osobliwym. Podobny efekt występuje w ruchu innych planet, tyle, że trudniej jest go obserwować z powodu większych p i mniejszego spłaszczenia orbit, które utrudnia wyznaczenie peryhelium.

Ogólna teoria względności nie powstała wprawdzie po to, by wyjaśnić ruch peryhelionowy Merkurego, ale ruch ten był pierwszym, wspaniałym obserwacyjnym potwierdzeniem słuszności teorii Einsteina.





Wenus — staroitalska opiekunka zielonych grządek warzywnych, dawczyni miłości, przyjaciółka zakochanych, pramatka Rzymu — od niej wzięła nazwę najjaśniejsza „gwiazda” na niebie, pojawiająca się przed świtem „Jutrzenka” i widoczna po zachodzie Słońca „Gwiazda Wieczorna”. Wenus, najbardziej spośród wszystkich planet podobna jest do Ziemi, zbliża się do niej na najmniejszą odległość (0,28 j.a.). Obserwując tę planetę przez lornetkę można zauważyć takie same fazy, jakie znamy u naszego Księżyca.

Średnica Wenus jest tylko o 650 km mniejsza od średnicy Ziemi, jej masa wynosi 0,81 masy Ziemi; krąży po prawie kołowej orbicie wokół Słońca, dokonując jednego obiegu w ciągu 224,7 dni. Na skutek grawitacyjnych oddziaływań ze Słońcem i Ziemią, Wenus ma bardzo ciekawą cechę — obraca się w przeciwną stronę niż inne planety. Doba wenusjańska trwa 116,7 dob ziemskich. Nachylenie osi obrotu planety do wektora prostopadłego do płaszczyzny orbity (co jest ważną przyczyną powstawania pór roku) jest bardzo małe — wynosi tylko 3° (oś ziemską nachylenia jest pod kątem 23°5'). Aby podkreślić wsteczny kierunek obrotu, często pisze się, że nachylenie wynosi 177°. Tak więc najprawdopodobniej efekty pór roku są bardzo słabe, a jeśli istnieją, to ich charakter jest zupełnie inny niż na Ziemi (np. wiosna w nocy, lato w dzień). Ciśnienie na powierzchni Wenus dochodzi do 100 atm., gęstość atmosfery jest tu tylko 15 razy mniejsza od gęstości wody. Atmosfera składa się prawie wyłącznie z dwutlenku węgla (CO₂), który stanowi 97%. Oprócz CO₂ występują także: para wodna (H₂O) — ok. 0,1%, azot (N₂) — ok. 2%. Poza tym — ślady tlenu (O₂ i O₃), tlenku węgla (CO), amoniaku (NH₃), metanu (CH₄), dwutlenku siarki (SO₂) i innych prostych związków chemicznych.

Wydawałoby się, że powinna to być planeta najłatwiej dostępna obserwacjom, jednak całkowicie okryta grubą warstwą chmur powierzchnia Wenus dopiero niedawno ukazała swe oblicze. Automatyczne sondy międzyplanetarne, lądujące na tej bardzo niegościnniej planecie, przekazały na Ziemię pierwsze rewelacyjne zdjęcia.

Temperatura na powierzchni Wenus sięga 480°C i jest prawie niezmienna. Dobowe wahania nie przekraczają 1°C. Co jest powodem tak efektywnego grzania? Wydaje się, że tzw. efekt szklarniowy dobrze tłumaczy, dlaczego istnieją tu tak wysokie temperatury: widzialne promieniowanie Słońca, silnie osłabione i rozproszone w atmosferze, jest pochłaniane przez powierzchnię Wenus i następnie emitowane jako promieniowanie ciepłe (podczerwone); to długofalowe promieniowanie jest absorbowane w pobliżu powierzchni przez gęste, nieprzezroczyste chmury, gdzie ciepło jest kumulowane. Wcale nie było oczywiste, czy na powierzchni planety jest jasno. Okazało się jednak, że w południe światło słoneczne dociera do powierzchni, choć bardzo osłabione. Ponieważ Wenus jest bliżej Słońca niż Ziemia, oświetlenie jej powierzchni, mimo gęstej atmosfery, jest takie, jak na Ziemi w letni, pochmurny dzień.

Na wysokości ok. 55 km panują warunki (ciśnienie i temperatura) zbliżone do ziemskich. Ale i tu Wenus jest wyjątkowo niegościnna: huraganowe wiatry wieją z prędkościami nie spotykanymi na Ziemi i prawdopodobnie na tej wysokości zdarzają się deszcze z ... kwasu siarkowego (H₂SO₄).

Duża jasność Wenus (do -4^m4) jest rezultatem wysokiego albedo (0,76) jej chmur i grubej atmosfery. Długo zastanawiano się, jakie warunki panują w atmosferze planety i jak wygląda jej powierzchnia. Przedstawiano wiele błędnych wyobrażeń, lecz dopiero ostatnie lata przyniosły wiele nowych, ciekawych informacji. Pierwsze obrazy powierzchni Wenus dotarły na Ziemię w październiku 1975 r. Na ich podstawie można sobie wyobrazić, jak wygląda krajobraz wenusjański. Jest to kamienista pustynia; porozrzucane głązy o średnicy do kilkudziesięciu centymetrów, na jednych obszarach powierzchni planety mają ostre brzegi, na innych gładkie, zerodowane przez chemicznie agresywne gazy. Gęsta atmosfera nie pozwala sięgnąć wzrokiem dalej niż na odległość kilkuset metrów. Najwyższe góry wydają się nie przekraczać 3 km; większość wzniesień to kraterzyki, podobne do księżycowych, o średnicach do 150 km. Jednak w odróżnieniu od Księżyca, Merkurego i Marsa kraterzyki wenusjańskie są przeważnie bardzo spłaszczone. Powodem tego mogą być silne procesy tektoniczne, bombardowanie meteorami i działalność wulkaniczna.

Jeśli cofnęlibyśmy się wstecz, powiedzmy o 5 lat, nie moglibyśmy powiedzieć prawie nic o Wenus, o warunkach panujących w jej dolnych warstwach atmosfery i na powierzchni; dzisiaj znamy już pierwsze konkretne fakty. Jednak, jak powiedział Pierre S. Laplace: „wszystko, co wiemy, jest tylko małą cząstką tego, co pozostaje nieznanne”. Następne lata przyniosą, miejmy nadzieję, więcej ciekawych wiadomości o naszej najbliższej sąsiadce w Układzie Planetarnym.

j.a. — jednostka astronomiczna — równa średniej odległości Ziemi od Słońca; 1 j.a. = ok. 150 milionów km.

m — (wielkość gwiazdowa) — jednostka widomej jasności ciał niebieskich; im jaśniejszy jest obiekt, tym jego wielkość gwiazdowa jest mniejsza, np.:

Słońce widziane z Ziemi	— 26 ^m 8
Księżyc w pełni	— 12 ^m 0
najjaśniejsza gwiazda — Syriusz	— 1 ^m 4
najślabsze gwiazdy widoczne gołym okiem	+ 6 ^m 0
najślabsze gwiazdy dostrzegane przez największe teleskopy	+ 24 ^m 0

Wielkość gwiazdowa związana jest z jasnością następującym wzorem: wielkość gwiazdowa = 2,5 × logarytm₁₀ (jasność) + stała.

albedo — wielkość charakteryzująca zdolność odbijania promieniowania; jest równa stosunkowi ilości promieniowania odbitego od danej powierzchni do ilości promieniowania padającego na tę powierzchnię.

Właśnie mija sto lat od czasu, kiedy Giovanni Schiaparelli ogłosił światu, że zaobserwował na powierzchni Marsa dziwne kanały. Wielu innych astronomów, między innymi Amerykanin Percival Lowell, potwierdziło te obserwacje. Powstało wiele hipotez wyjaśniających, co to są te kanały i do czego służą. Najbardziej atrakcyjne było przypuszczenie, że kanały są ogromnym systemem nawadniającym (długość niektórych kanałów sięgała 6000 km), zbudowanym przez rozumne istoty zamieszkujące Marsa. O Marsjanach napisano wiele powieści fantastyczno-naukowych, wyobrażając ich sobie czasami jako człekopodobne istoty z sitkiem od konewki zamiast nosa i antenami zamiast uszu.

Dokładniejsze badania, początkowo optyczne a ostatnio bardziej precyzyjne z sond kosmicznych, całkowicie przekreśliły możliwość istnienia Marsjan i zredukowały praktycznie do zera możliwość występowania jakichkolwiek form życia na Marsie.

Badania Marsa z sond kosmicznych rozpoczęły się w 1965 roku, kiedy to Mariner 4 przekazał na Ziemię 22 obrazy powierzchni Marsa. Powierzchnia planety widziana z bliska nie sprawiała wrażenia zamieszkałej i przypominała raczej krajobraz księżycowy niż bujną sawannę. Przez następne 7 lat dzięki amerykańskim Marinerom i radzieckim Marsom zbadano dokładnie szczegóły powierzchni Marsa. Wnioski, jakie stąd wyciągnięto, były bardzo proste — po pierwsze nie natrafiono ani na ślady kanałów, ani na ślady żadnej działalności istot rozumnych czy też na oznaki istnienia roślinności. Po drugie okazało się, że warunki panujące na powierzchni, są bardziej surowe niż przypuszczano, a w szczególności marsjańskie ciśnienie atmosferyczne jest bardzo niskie i wynosi zaledwie 0,6% ciśnienia atmosferycznego na powierzchni Ziemi. Duże różnice temperatur (na równiku — od 27°C w ciągu dnia do -70°C w nocy) oraz jedynie ślady tlenu w atmosferze planety nie sprzyjają rozwojowi złożonych form życia. Obserwacje te nie wykluczały jednak możliwości istnienia na Marsie życia w postaci bardzo prymitywnej — wirusów lub bakterii. Problem ten można rozstrzygnąć, przeprowadzając skomplikowaną analizę gruntu marsjańskiego. O sprowadzeniu próbek gruntu marsjańskiego na Ziemię na razie nie ma mowy. Jedyna możliwość uzyskania odpowiedzi na to fascynujące pytanie — to przeprowadzenie tych analiz na powierzchni Marsa.

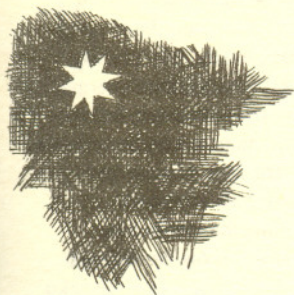
20 lipca i 3 września 1976 roku sondy kosmiczne nazwane Wiking 1 i 2 łagodnie osiadły na powierzchni Czerwonej Planety. Sondy te są najbardziej złożonymi aparatami kosmicznymi, jakie dotychczas zbudował człowiek. Posiadają one na swoim pokładzie miniaturowe laboratoria, które badają biologiczną aktywność próbek gruntu marsjańskiego. Oba Wikingi przeprowadziły cztery testy. Pierwszy z nich polegał na umieszczeniu próbki gruntu w wyjałowionej komorze, którą następnie wypełniono naturalną atmosferą Marsa, wzbogaconą nieznacznym dodatkiem dwutlenku węgla i tlenu węgla znakowanych radioaktywnym izotopem ^{14}C oraz okresowo niewielkimi ilościami pary wodnej. Próbkę naświetlano lampą imitującą promieniowanie Słońca. Po 120 godzinach wypompowano gazy, a próbkę podgrzano do wysokiej temperatury, aby uwolnić wszelkie związki organiczne, jakie się mogły wytworzyć. Mierząc ilość zawartego w nich ^{14}C , można wyciągnąć wnioski o tempie asymilacji węgla. Asymilacja węgla jest jednym z głównych procesów zachodzących w żywych, nawet bardzo prymitywnych organizmach. W obu przypadkach otrzymano wynik pozytywny a znaczący tym bardziej, że próbki, które przed poddaniem analizie sterylizowano, dały wynik negatywny.

Następny test polegał na zbadaniu, czy w próbce gruntu marsjańskiego, do której dodano pożywkę znakowaną radioizotopem ^{14}C , następuje uwalnianie gazów zawierających ten radioizotop. Ku ogólnemu zdziwieniu i ten test dał wynik pozytywny.

Trzeci test służył do badania zmian składu atmosfery znajdującej się nad próbką gruntu zanurzoną w pożywkę. Zaobserwowano wydzielanie się dwutlenku węgla, tlenu i niewielkich ilości azotu.

Ostatni test był pomyślany jako próba stwierdzenia, czy na Marsie istniało kiedyś życie. Chodziło mianowicie o to, aby sprawdzić, czy próbki gruntu zawierają choćby najdrobniejsze ślady substancji organicznych. Sądząc z wyników poprzednich trzech testów można było przypuszczać, że i te badania dadzą wynik pozytywny, a tymczasem bardzo subtelna analiza nie wykazała ani śladu substancji organicznych w próbkach pobranych w pobliżu obu sond. Jak zatem należy wyjaśnić wyniki trzech pierwszych testów? Znowu daliśmy się złapać w kosmiczną pułapkę. Wyniki testów odnosiliśmy do naszych ziemskich warunków, a przecież powierzchnia Marsa jest cały czas naświetlana promieniami ultrafioletowymi, które do powierzchni Ziemi nie docierają, są bowiem niemal całkowicie pochłaniane przez atmosferę. Jak się okazuje, ma to istotne znaczenie. Przeprowadzono bowiem w laboratorium test nad mieszaniną tlenu żelaza i tlenu krzemu — podstawowymi składnikami gruntu marsjańskiego, które przez dłuższy czas były naświetlane promieniami ultrafioletowymi, i otrzymano rezultaty takie same, jak testu przeprowadzonego przez Wikingi.

Sceptycy mogą ciągle jeszcze mieć zastrzeżenia i twierdzić, że na Marsie istnieją prymitywne mikroorganizmy, nie pozostawiające po sobie prawie żadnych organicznych śladów, ale jest to hipoteza bardzo mało prawdopodobna.



Prof. dr Stanisław GRZĘDZIELSKI

Można by się wahać z odpowiedzią na pytanie, czy Jowisz — ta największa planeta, której masa prawie 2,5-krotnie przewyższa łączną masę wszystkich planet — jest istotnie planetą. Wypromieniowuje bowiem w przestrzeń około dwa razy tyle energii, ile otrzymuje w jednostce czasu od Słońca. Jakież jest źródło tej nadmiernej emisji?

4

Ponieważ reakcje jądrowe nie mogą zachodzić ze względu na zbyt niskie — nawet w centrum globu — ciśnienie i temperaturę, dodatkowe wypromieniowanie może być wynikiem bądź wyzwania się energii grawitacyjnej w procesie kurczenia się planety (tzn. wtedy, gdy planeta zapada się we własnym polu ciężkości zamieniając potencjalną energię grawitacyjną na energię termiczną), bądź też może ciało to dysponować jeszcze nadwyżką ciepła wewnętrznego, będącą echem względnie wysokich temperatur panujących prawdopodobnie w momencie kondensowania się Jowisza z pierwotnego obłoku okołosłonecznego. Ponieważ skład chemiczny planety jest bardzo zbliżony do składu chemicznego Słońca (90 % H i 10 % He w ilościach atomów), mogłaby ona — jeśliby również była kulą gazową — kurczyć się i zamieniać na ciepło swą energię grawitacyjną. Pogląd ten jest jednak nie do utrzymania w świetle wyników uzyskanych w czasie dwu pierwszych przelotów sond kosmicznych tuż w pobliżu Jowisza (Pionier 10 w roku 1973 i Pionier 11 w roku 1974). Jak wiadomo, dwa oddziaływujące grawitacyjnie punkty materialne, zbliżające się do siebie z bardzo dużej odległości („z nieskończoności”) z prędkością skończoną, zakreślają orbity hiperboliczne. Taka więc powinna być orbita sondy (jednego punktu materialnego) w polu grawitacyjnym Jowisza (drugiego punktu materialnego).

Pomijamy tu oczywiście zakłócenia od Słońca i innych ciał systemu słonecznego. Aliści Jowisz jest nie punktem materialnym, lecz szybko wirującym (okres obrotu = 9^h55^m) obiektem rozciąglwym. Siła odśrodkowa, związana z wirowaniem silnie spłaszcza planetę. Pole grawitacyjne tak zdeformowanej bryły nie jest polem punktu materialnego $\left(\frac{\alpha \cdot m}{r}\right)$, lecz zawiera dodatkowe,

szybko zanikające ze wzrostem r wyrazy (tzw. wyższe multipole), których wartość liczbową zależy od rozkładu gęstości wewnątrz planety.

Z pomiarów odstępstw torów sond Pionier 10 i Pionier 11 od hiperbol udało się ocenić przyczynek od owych wyższych multipoli do pola grawitacyjnego Jowisza, a stąd wynioskować — jaki jest rozkład gęstości wewnątrz globu.

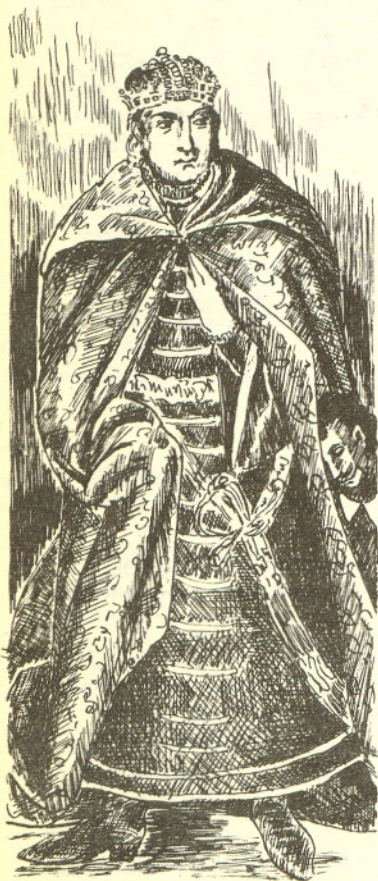
Okazało się, że wzrost gęstości ku środkowi jest na tyle niewielki, iż wyklucza to hipotezę kuli gazowej. Najprawdopodobniej Jowisz jest bryłą ciekłą, wypełnioną w środku ciekłym wodorem metalicznym otoczoną grubą warstwą ciekłego wodoru molekularnego.

W samym centrum znajduje się prawdopodobnie malutkie stałe jądro żelazowo-krzemianowe. Atmosfera gazowa (H_2O , NH_3 , H) stanowi cieniutką warstwę zewnętrzną.

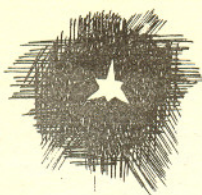
Ponieważ ściśliwość wspomnianych wyżej cieczy jest niewielka, planeta nie jest w stanie kurczyć się dostatecznie szybko, by dostarczyć ciepła potrzebnego na podtrzymywanie zwiększonego wypromieniowania. A zatem musi jeszcze posiadać w swojej głębi zapas pierwotnego ciepła. Jeżeli ciecz jest gorętsza u dołu niż u góry, pojawić się może tzw. niestabilność konwektywna, powodująca opadanie chłodniejszych warstw i wznoszenie się cieplejszych, co równoważne jest transportowi ciepła ku górze (przykładem są ruchy wody w naczyniu w czasie podgrzewania od dołu). Można zatem oczekiwać we wnętrzu Jowisza prądów konwekcyjnych, podobnie jak to zachodzi w płynnym wnętrzu Ziemi. Ponieważ ciekły wodór metaliczny jest dobrym przewodnikiem elektryczności, konwekcja termiczna może wzmacniać słabe pierwotne pole magnetyczne planety i doprowadzić do rozbudowy silnego pola magnetycznego. Jest to tzw. efekt dynamo, odpowiedzialny najprawdopodobniej również za powstanie ziemskiego pola magnetycznego.

Pole magnetyczne Jowisza zostało istotnie wykryte przez sondy Pionier 10 i 11. Jego natężenie przy biegunie jest około 10-krotnie większe niż w przypadku Ziemi, a całkowity moment dipolowy jest prawie 20 tys. razy większy od odpowiedniej wielkości na Ziemi. Jest to potwierdzeniem przypuszczeń wysnutych jeszcze przed 20 laty, że — odkryte wówczas — promieniowanie radiowe Jowisza jest w znacznej części spowodowane przez promieniowanie synchrotronowe cząstek relatywistycznych krążących w ogólnym polu magnetycznym planety. Istnienie takich cząstek w otoczeniu bezpośrednim globu zostało również odkryte przez wspomniane sondy. Co więcej, stwierdzono, że szybko wirujące z planetą pole magnetyczne działa jak swoisty akcelerator i Jowisz emituje własne „promieniowanie kosmiczne”, które dociera aż do Ziemi.

Planeta ta działa więc jak mini-pulsar, na skalę Układu Słonecznego. Jest więc obiektem znacznie bardziej egzotycznym niż przywykło się wiązać to z terminem — planeta.



Doc. dr Jerzy STODÓLKIEWICZ



„Odkryłem..., że planeta Saturn nie jest pojedyncza, lecz jest złożona z trzech, które prawie stykają się ze sobą i nigdy nie poruszają się ani nie zmieniają względem siebie. Są one rozmieszczone wzdłuż linii równoległej do Zodiaku a planeta środkowa jest około trzy razy większa od bocznych” — pisał 30 lipca 1610 roku Galileusz o jednym z pierwszych swych odkryć, dokonanych przy użyciu wynalezionej rok wcześniej lunety. I chociaż obserwacje prowadzone w następnych dwu latach nie potwierdziły spostrzeżeń uczonego, Galileusz był pewien realności swego odkrycia.

Nieznane ciało w pobliżu Saturna zostało zauważone znów w 1613 roku, a następnie przez długie lata było intensywnie obserwowane przez wielu astronomów (m.in. przez Heweliusza). Jednak wskutek niedoskonałości ówczesnych przyrządów interpretowano je mylnie jako dwa księżycy utrzymujące się przy Saturnie, bądź jako deformacje bryły tej planety. Dopiero w pięćdziesiąt lat po odkryciu Galileusza, Huygens w 1659 roku opublikował poprawną hipotezę o naturze tego obiektu. Rozwinął on wtedy i uzasadnił informację zaszyfrowaną w anagramie rozesłanym przez niego trzy lata wcześniej do obserwatorów Saturna (ten sposób zagwarantowania sobie priorytetu dokonywanych odkryć był w owych czasach bardzo popularny): Saturn „jest otoczony cienkim płaskim pierścieniem, nigdzie nie dotykającym planety i nachylonym do ekliptyki”. Mimo, iż hipoteza Huygensa spotkała się z ostrą krytyką wielu mu współczesnych badaczy, powoli jednak zaczynała w ogniu dyskusji zyskiwać sobie zwolenników, a podejmowane przy użyciu coraz lepszych instrumentów obserwacje dostarczały wciąż nowych informacji o pierścieniu. W 1675 roku Cassini odkrywa, że pierścień nie jest jednorodny, wzdłuż niego przebiega ciemne pasmo, przerwa (zwana później od nazwiska odkrywcy przerwą Cassiniego), która powoduje, że mamy do czynienia właściwie z układem (dwu) pierścieni, z których jeden zawiera się całkowicie wewnątrz drugiego. Tym samym pierwotne przypuszczenie, że pierścień Saturna jest jednolitą bryłą stałą, musiało upaść. Prawie po dwu wiekach Bond w 1850 roku uzupełnił układ pierścieni, dostrzegając jeszcze jeden, najślabszy — wewnętrzny, oddzielony wąską przerwą.

Trudności z obserwacjami pierścieni Saturna, z którymi borykali się astronomowie XVII wieku, nieoczekiwane zanikanie pierścieni i ponowne pojawianie się ich po pewnym okresie, są obecnie w pełni zrozumiałe, gdy możemy ocenić ich grubość. Podczas gdy zewnętrzny brzeg, najbardziej odległy od planety pierścienia, ma promień 139 tysięcy kilometrów, to grubość ich wynosi zaledwie około 2—4 km. Gdybyśmy chcieli skonstruować model Saturna, którego promień wynosiłby 4 metry, a zewnętrzny brzeg najodleglejszego pierścienia byłby w odległości 9 m 30 cm od środka planety, to do wykonania pierścieni musieliśmy użyć papieru o grubości 0,1 mm. Nic więc dziwnego, że gdy obserwator znajdował się w płaszczyźnie pierścienia, ten nikał w świetle planety.

Prędkość obrotu pierścieni Saturna wokół planety (jak wskazują pomiary przesunięcia dopplerowskiego linii w widmie światła od niego odbitego) zmienia się w miarę oddalania od Saturna zgodnie z trzecim prawem Keplera. Płyną stąd ważne wnioski. Po pierwsze, masa pierścieni jest znikoma w porównaniu z masą Saturna. A po drugie, poszczególne pierścienie nie są litymi ciałami stałymi. Badania światła pochodzącego od pierścieni wykluczają możliwość, by były zbudowane z gazu. Podobnie, przypuszczenie, iż są one ciekłe, musi być odrzucone. Spośród wielu argumentów można wymienić najprostszy: przy odpowiednim usytuowaniu ciekłych pierścieni powinno się dostrzegać odbicie w nich Saturna; zjawiska tego jednak nie obserwuje się. Pozostaje więc ostatnia możliwość, że pierścienie te składają się z mnóstwa ciał stałych, brył i pyłów o różnych rozmiarach, którą to zresztą możliwość potwierdza analiza światła przechodzącego przez i odbitego od pierścieni. Bryły te poruszają się po prawie idealnie kołowych orbitach wokół Saturna i chociaż ich prędkość jest duża (od 16 km/s do 21 km/s), względne prędkości sąsiednich brył lub pyłów są małe, rzędu paru cm/s. Z tego powodu zderzenia pomiędzy tymi bryłami są bardzo delikatne. Mimo to, każde zderzenie bryłek prowadzi do wykruszania z ich powierzchni nowego pyłu. Od miliardów lat trwa bardzo powolny, ale ustawiczny proces mielenia w pierścieniach Saturna, jak w olbrzymich żarnach, brył skalnych na coraz drobniejsze okruchy. Proces ten został prawdopodobnie zapoczątkowany kiedyś przez zbliżenie się jednego z księżyców Saturna na tyle, że siły przyływowe rozerwały go na kawałki.

Podane wyjaśnienie genezy pierścieni Saturna nie jest jednak niepodważalne. Niewykluczone, że pierścienie Saturna uformowały się bezpośrednio ze znajdujących się w pobliżu planety resztek materii, z której w niemowłęcym okresie Układu Słonecznego utworzył się Saturn wraz z rodziną jego satelitów. Być może, pierścienie powstały w wyniku zderzenia dwu satelitów Saturna. Wiele jest jeszcze do rozwiązania zagadek odnoszących się do tej, najodleglejszej spośród znanych w starożytności (rzadszej od wody), planety naszego Układu.

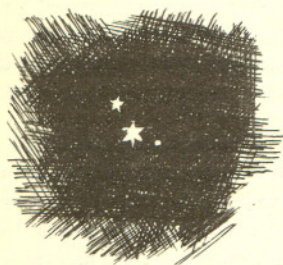
h



Odkrycia najdalszych planet naszego Układu Słonecznego Urana, Neptuna i Plutona

Doc. dr Maciej BIELICKI

Ciekawa jest historia odkryć planet najdalszych i niewidocznych gołym okiem w naszym Układzie Słonecznym. Przypomnijmy najpierw, że jasne planety na niebie: Merkury, Wenus, Mars, Jowisz i Saturn znane były już w głębokiej starożytności. Kopernik uczynił naszą Ziemię planetą w 1543 roku.



Dopiero w 1781 roku Herschel przypadkowo odkrywa przez swój, wielki na owe czasy, teleskop siódmą planetę Układu Słonecznego — Urana. Odróżnił ją od gwiazd po jej tarczy o zauważalnych obserwacyjnie rozmiarach, większych od tarcz gwiazd.

Natomiast dzieje odkryć dwóch najdalszych ze znanych dotychczas planet są niesłychanie ciekawe, gdyż wykazują jednocześnie nie tylko potęgę analizy matematycznej i obliczeń astronomicznych, ale i udowadniają działanie we Wszechświecie tych samych praw przyrody.

Oto w roku 1821 Bouvard ogłosił poprawione tablice ruchu Jowisza, Saturna i Urana. Tablice te nie określały jednak z zadowalającą dokładnością obserwowanych położań Urana. Po kilku latach położenia tej planety zaczęły się coraz bardziej odchylać od obliczonych położań tablicowych. Już w roku 1830 ta niezgodność wynosiła 20'', w roku 1840 — 90'', a w roku 1844 różnice te doszły aż do 120''. Wtedy w roku 1840 Bessel wypowiedział myśl, że powodem tych odchyleń musi być przyciąganie jakiejś nieznannej dotychczas planety.

Toteż dyrektor obserwatorium paryskiego, Arago, polecił zbadanie ruchu Urana astronomowi Leverrierowi, który parę lat poświęcił na powtórne dokładniejsze obliczenie orbity Urana, z uwzględnieniem wpływu grawitacyjnego wszystkich znanych wtedy planet. Usiłowania Leverriera jednak nie dały pozytywnych rezultatów i niezgodność obliczeń z obserwacjami została potwierdzona. Wyczerpawszy wszystkie możliwości, Leverrier przystąpił do badań nad wpływem nieznannej planety. Ale sprawa nie była tak prosta i łatwa, gdyż odchylenia między tablicami i obserwacjami były bardzo niewielkie i wyznaczenie z tych odchyleń 6 elementów orbity nowej planety oraz samej masy tej planety było zadaniem nader trudnym. Wyniki badań zależały w znacznym stopniu od sposobu, jakiego trzeba było użyć do opracowania materiału obserwacyjnego. Toteż Leverrier w pierwszych swych badaniach doświadczył wielkiego niepowodzenia: otrzymał on dla masy nieznannej planety wartość ujemną, co w istocie jest rzeczą niemożliwą. Wynikło to właśnie z niefortunnego doboru sposobu obliczeń, gdzie występowały owe bardzo małe odchylenia, obarczone ponadto nieuniknionymi niedokładnościami obserwacji. Trudność ta przez długi czas nie pozwalała Leverrierowi prowadzić dalej badań. Ale wreszcie zmienił on plan i metodę swojej pracy, wyznaczając najpierw górną granicę masy nieznannej planety, która to granica wynikała z braku zauważalnego wpływu grawitacyjnego planety na ruch Saturna. Uwzględniając tę informację, otrzymał on w kolejnych rozważaniach zadowalające rezultaty i w lecie 1846 roku ogłosił elementy orbity nowej planety, nieznannej podówczas. Wyniki swoich badań i obliczonych pozycji na niebie nowej planety Leverrier posłał w liście astronomowi berlińskiemu Gallemu, gdzie były najlepsze w tym czasie mapy tej części nieba. I rzeczywiście, po otrzymaniu listu, tego samego wieczora 23 września 1846 roku, Galle wraz z D'Arrestem znaleźli w odległości niecałego stopnia kąтового od miejsca wskazanego przez Leverriera gwiazdkę 8 wielkości, której nie było na mapie. Przy silniejszym powiększeniu ukazywała ta gwiazda tarczkę, co udowadniało od razu bezpośrednio, że jest to planeta naszego Układu Słonecznego, a nie odległa bardzo gwiazda-słońce. W ten sposób została odkryta ósma planeta w naszym Układzie Planetarnym, nazwana następnie Neptunem. Po wyznaczeniu dokładniejszej już orbity Neptuna stwierdzono, że planetę tę obserwowano już dużo wcześniej, uważając ją jednak za gwiazdę. Astronom Lalande widział ją już w roku 1795, jako gwiazdę 8 wielkości, a jego obserwacje posłużyły później do dokładniejszego wyznaczenia orbity Neptuna.



Trzeba zauważyć w historii odkrycia Neptuna, że nie tylko Leverrier był zajęty zagadnieniem niezgodności w ruchu Urana. Oto młody student Adams w Cambridge rozpoczął podobne badania już w roku 1843, a w roku 1845, ukończywszy je, przekazał wyniki obserwatorom. Nie wykorzystano ich jednak od razu i dopiero wyraźna ich zgodność z ogłoszonymi w 1846 roku wynikami Leverriera spowodowała rozpoczęcie systematycznych poszukiwań, które zakończyło się nagłym odkryciem przez Gallego w Berlinie.

Rok 1930 przyniósł nowe wielkie odkrycie w naszym Układzie Planetarnym — odkrycie 9 planety, jeszcze dalej położonej niż orbita Neptuna. Istnienie takiej pozaneptunowej planety podejrzewano już dawniej, nie tylko na podstawie odchyleń od obliczeń zaobserwowanych położań Urana i Neptuna, ale i z rozkładu apheliów orbit komet okresowych oraz innych rozważań.



Rozwiązanie zadania M 142

Mamy równości $\frac{k-1}{k!} = \frac{k}{k!} - \frac{1}{k!} \Rightarrow$

$= \frac{1}{(k-1)!} - \frac{1}{k!}$. Jest więc

$$a_n = \sum_{k=2}^n \left(\frac{1}{(k-1)!} - \frac{1}{k!} \right) = \left(\frac{1}{1!} - \frac{1}{2!} \right) +$$

$$+ \left(\frac{1}{2!} - \frac{1}{3!} \right) + \dots + \left(\frac{1}{(n-1)!} - \frac{1}{n!} \right) =$$

$$= 1 - \frac{1}{n!}$$

$$\text{skąd } \lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{n!} \right) = 1.$$



Rozwiązanie zadania M 143

Mamy $[(a * b) * (a * b)] * (b * a) = e * (b * a) = b * a$

(korzystaliśmy z tego, że $x * x = e$ dla $x = a * b$).

$$\begin{aligned} \text{Ale } & [(a * b) * (a * b)] * (b * a) = (a * b) * \\ & * [(a * b) * (b * a)] = (a * b) * \{a * [b * (b * \\ & * a)]\} = (a * b) * \{a * [(b * b) * a]\} = (a * \\ & * b) * \{a * [e * a]\} = (a * b) * (a * a) = \\ & = (a * b) * e = a * b. \end{aligned}$$

Z udowodnionych równości wynika, że $b * a = a * b$, gdzie a i b są dowolnymi elementami zbioru S .



Rozwiązanie zadania M 144

Niech A będzie dowolnym punktem leżącym na brzegu danego koła. Na przedłużeniu odcinka AX odkładamy odcinek XA' , o długości równej $1/2 AX$ i A' łączymy odcinkiem ze środkiem danego koła O .

Jeżeli prosta prostopadła do OA' w punkcie A' przecina dany okrąg, to punkty przecięcia B i C wraz z punktem A są wierzchołkami trójkąta wpisanego w dane koło i środkiem ciężkości tego trójkąta jest punkt X , gdyż $BA' = A'C$, a więc AA' jest środkową trójkąta, punkt zaś X dzieli AA' w stosunku $2:1$.

Trójkąt ABC istnieje wtedy, gdy A' leży we wnętrzu danego koła. Punkt A' leży na obrazie brzegu danego koła w jednokładności o środku X i stosunku $1/2$. Jako punkt A można wybrać dowolny punkt danego okręgu, którego obraz w tej jednokładności leży w danym kole. Punkty te to punkty pewnego łuku (być może całego okręgu), jest więc ich nieskończenie wiele.

Przyppuszczenia te jednak były bardzo słabo ugruntowane i tak np. Lowell przewidywał, że istnieje tylko jedna taka planeta w odległości 43 j.a. od Słońca, Gaillo — 2 planety w odległościach 44 i 66 j.a., Russel — 1 planeta w odległości 68 j.a., Pickering — 1 planeta w odl. 52 j.a., Forbes — 2 planety w odl. 105 i 300 j.a. itd. Tu warto zauważyć, że przyciąganie Słońca jest dostatecznie silne nawet w odległościach dziesiątków tysięcy jednostek astronomicznych, aby powodować okolośloneczny ruch eliptyczny planet.

Spośród licznych prac, mających na celu wyznaczenie położenia planety pozaneptunowej, najcenniejsze okazały się badania Lowella. Badania te opierały się na drobnych odchyleniach w ruchu Urana. Obserwacji Neptuna nie można było jeszcze wykorzystać, gdyż od czasu jego odkrycia nie przebiegł on wówczas nawet połowy swej orbity i jego ruch był za mało znany. Lowellowi udało się wyznaczyć przybliżone elementy orbity i położenia hipotetycznej planety pozaneptunowej i wyniki te ogłosił w roku 1915. Poszukiwania planety rozpoczął sam Lowell w swym obserwatorium we Flagstaff, ale były one bardzo utrudnione, gdyż należało uchwycić fotograficznie obiekt niebieski o jasności 14—15 wielkości gwiazdnej i w promieniu kilku stopni od wyznaczonego obliczeniami położenia. Dopiero w roku 1930, w dniu 21 stycznia, astronom Tombaugh w tymże obserwatorium Flagstaff znalazł na zdjęciu fotograficznym bardzo słaby obiekt 15 w.gw., w gwiazdozbiore Bliźniąt, który zmieniał powoli położenie między gwiazdami, jak wykazały to następne fotografie.

Na podstawie tych i dalszych obserwacji, wykonanych już przez duże teleskopy, wyznaczono orbitę nowej planety i wtedy okazało się, że była ona już fotografowana dawniej: w roku 1927 w Uccle, w roku 1921 i 1927 w obserwatorium Yerkes, w roku 1919 na Mount Wilson, a wreszcie w roku 1914 w Heidelbergu. Położenia planety zmierzone na tych zdjęciach pozwoliły na dokładniejsze wyznaczenie jej orbity, gdyż ma ona bardzo powolny ruch, i potrzeba dłuższego okresu czasu, aby planeta przeszła łuk orbity potrzebny do ściślejszego wyznaczenia elementów. Nowa planeta otrzymała nazwę Plutona i jej orbita stanowi dotychczas granicę naszego Układu Planetarnego.

Warto tu wspomnieć, że pierwszą dokładną orbitę planety, opartą już na obserwacjach, wyznaczył w 1930 roku nieżyjący już dzisiaj polski astronom, Tadeusz Banachiewicz, a piszący te słowa brał udział w tych obliczeniach jako młody student astronomii Uniwersytetu Warszawskiego.

KONKURS

Przeplływowi prądu elektrycznego towarzyszy szereg zjawisk fizycznych. W przewodniku wydziela się ciepło, elektrolit ulega elektrolizie, w otoczeniu przewodnika istnieje pole magnetyczne. Rozgrzany drut może świecić (żarówka), może ulec wydłużeniu. Pole magnetyczne może wywierać siłę na materiał ferromagnetyczny. Każde z tych zjawisk może być pomocne w określaniu natężenia płynącego w przewodniku prądu.

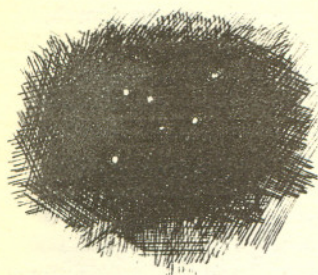
Ogłaszamy zatem konkurs na budowę amperomierza na prąd stały w oparciu o dowolnie wybrane zjawisko fizyczne.

Warunki

- 1) Amperomierz musi być zbudowany z elementów powszechnie dostępnych.
 - 2) Koszt elementów nie może przekraczać 50 zł.
 - 3) W przypadku wskaźnika świetlnego odległość od zwierciadła do ekranu nie może przekraczać 1 m.
- Wygrywa uczestnik, którego przyrząd wykaże się największą czułością.

Prace konkursowe prosimy nadsyłać do dnia 15 II 1978 r. Przewidziane atrakcyjne nagrody.





Planeta dolna — bliższa Słońcu niż Ziemia.

Cztery i pół miliarda lat temu, w posiadającym kształt dysku gazowo-pyłowym obłoku wokół powstającego właśnie Słońca, toczyła się dziwna walka między obficie tworzącymi się węg zęszczaniami materii. Większe przechwytywały mniejsze; liczne zderzenia rozdrabniały już uformowane, a pozostałości rozpadów bądź były wyrzucane na zewnątrz, bądź też trafiały w Słońce; częste kolizje — w zależności od prędkości spotkania i wielkości jego uczestników — powodowały „zlepianie” się materii w coraz bardziej masywne bryły, albo na drodze powolnego procesu ewolucyjnego, albo w gwałtownych spadkach jednych ciał na drugie. Po upływie kilku milionów lat na placu boju zostały już tylko nieliczne, ale za to stosunkowo duże, kuliste kondensacje materii okrążające Słońce po stabilnych, prawie kołowych orbitach; dały one początek planetom.

Pozostała materia pierwotnej mgławicy uległa niemal zupełnemu rozproszeniu, a jedynie w stosunkowo wąskim pasie między orbitami Marsa i Jowisza do dziś krąży wokół Słońca wiele tysięcy świadków tamtych wydarzeń; ze względu na niewielkie rozmiary zyskały one nazwę małych planet, planetoid lub asteroid.

Planetoid nie da się zaobserwować na niebie gołym okiem, nic więc dziwnego, że o ich istnieniu dowiedziano się dopiero w poprzednim stuleciu. Pierwszą i największą asteroidę Ceres odkrył 1 stycznia 1801 roku sycylijski astronom G. Piazz, trzy dalsze zaobserwowano w ciągu kilku następnych lat, zaś masowo zaczęto je odkrywać w drugiej połowie XIX w. Obecnie znanych jest już kilka tysięcy tych ciał niebieskich. Ogromna większość planetoid porusza się wokół Słońca — podobnie jak planety — po prawie kołowych orbitach leżących niemal w jednej płaszczyźnie, pokrywającej się z płaszczyzną ruchu wielkich planet; średnia odległość asteroid od Słońca przewyższa blisko trzykrotnie odległość Ziemi od Słońca, a ich okres obiegu wynosi średnio 4,5 roku. Ale niewielki procent małych planet odbiega od tych prawidłowości. Przykładem mogą być tzw. trojańczycy — planetoidy, których nazwy pochodzą od imion bohaterów wojny trojańskiej; krążą one po torach, które niemal całkowicie pokrywają się z orbitą Jowisza, przy czym ich odległości od Jowisza są zawsze równe mniej więcej odległości Jowisza od Słońca, czyli — innymi słowy — Słońce, Jowisz i trojańczycy stale znajdują się w wierzchołkach trójkąta równobocznego. Istnieją również pojedyncze planetoidy poruszające się po zupełnie nietypowych dla tych ciał niebieskich orbitach, jak np. Hidalgo, która oddala się od Słońca na odległość równą niemal odległości Saturna, czy też odkryty w ubiegłym roku obiekt 1976 AA (nie mający jeszcze własnej nazwy), którego orbita w całości położona jest wewnątrz orbity Ziemi (warto dodać, że obiekt ten jest trzecią po Wenus i Merkuryem znaną planetą dolną).

Do niedawna te właśnie (oraz wiele innych tu nie wymienionych) osobliwości ruchów stanowiły główny przedmiot badań planetoid, dostarczając niejednokrotnie przyrodniczych potwierdzeń różnym teoretycznym rozwiązaniom mechaniki nieba. Ostatnie lata przesunęły jednak punkt ciężkości zainteresowań małymi planetami na zagadnienia fizyczne. Wydaje się, że przyczyną tego było przede wszystkim zrozumienie faktu, że badania struktury tych ciał niebieskich dostarczają informacji o narodzinach i początkowych stadiach ewolucji Układu Słonecznego.

Kilka lat temu odkryto na przykład, że — wbrew pierwotnym przypuszczeniom — zdolność odbijania (albedo) promieniowania słonecznego od powierzchni planetoid nie jest jednakowa i może różnić się dla poszczególnych obiektów nawet dziesięciokrotnie. Spośród około 200 dotychczas szczegółowo przebadanych asteroid najmniej promieniowania — zaledwie 2% — odbija Arethus, a najwięcej — 38% — Nysa. Na pomiarze polaryzacji tego promieniowania oparta jest jedna z nowych metod znajdowania rozmiarów planetoid. Obliczona za jej pomocą średnica Ceres okazała się większa, niż to wynikało z dawniejszych pomiarów mikrometrycznych, i wynosi nie 770 lecz 1003 km. Średnice wspomnianych wyżej najciemniejszej (Arethus) i najjaśniejszej (Nysa) wynoszą odpowiednio 230 i 82 km. Są to obiekty raczej duże, średnice większości planetoid są rzędu paru kilometrów. Wiarygodność tych wyników ugruntowały pomiary średnic małych planet przeprowadzone ostatnio zupełnie inną metodą, opartą na badaniu ilości emitowanego z ich powierzchni promieniowania podczerwonego.

Zaobserwowano następnie, że widma planetoid ciemniejszych, czyli słabiej odbijających promieniowanie słoneczne, są wyraźnie różne od widm planetoid jaśniejszych, a więc o większej zdolności odbijania. Porównanie tych widm z uzyskanymi laboratoryjnie widmami promieniowania odbitego od meteorytów różnych typów pozwoliło stwierdzić podobieństwo planetoid o małym albedo do tzw. węglowych chondrytów, a planetoid o większym albedo do meteorytów kamiennych.

Ale jednym z najciekawszych odkryć ostatnich lat wydaje się znalezienie zależności budowy asteroid od ich odległości od Słońca. Okazuje się mianowicie, że bliżej Słońca krążą głównie jasne planetoidy kamienne, podczas gdy w bliższych orbity Jowisza zewnętrznych partiach pierścienia małych planet spotyka się przeważnie ciemne planetoidy węglowe.

Odwierciedla to prawdopodobnie przestrzenne zróżnicowanie obfitości poszczególnych pierwiastków w okresie powstawania Układu Słonecznego, a także wydaje się świadczyć o tym, że planetoidy znajdują się obecnie w tych samych mniej więcej odległościach od Słońca, co w początkowej fazie jego ewolucji. Ugruntowuje to także przedstawioną na początku hipotezę pochodzenia planetoid, podważając jednocześnie wiarygodność popularnej jeszcze do niedawna koncepcji powstania małych planet w wyniku rozpadu jednego lub kilku większych ciał krążących pierwotnie wokół Słońca między orbitami Marsa i Jowisza.

Warto może jeszcze na zakończenie uzmysłowić sobie, że świadectwem burzliwych wydarzeń u zarania dziejów układu planetarnego jest nie tylko oczywisty fakt istnienia pierścienia małych planet, ale także równie oczywisty, choć dopiero w ostatnich latach stwierdzony, fakt występowania charakterystycznych kraterów uderzeniowych na powierzchniach wszystkich planet i satelitów wewnętrznej części Układu Słonecznego (tzn. znajdujących się wewnątrz orbity Jowisza). Należy więc spodziewać się podobnego wyglądu również i powierzchni planetoid.

O kometach

Doc. dr Grzegorz SITARSKI



W 1702 r. angielski astronom Edmund Halley, uczeń i przyjaciel wielkiego Izaaka Newtona, pisał: „Dotychczas przyjmowałem, że orbity komet są ściśle paraboliczne... Ale istnieje dużo danych, że kometa zaobserwowana przez Apiana w 1531 r. była tą samą kometą, której bardziej dokładny opis podali Kepler i Longomontanus w 1607 r. i której powrót ja sam oglądałem i zaobserwowałem w 1682 r. ... Zatem sądzę, iż mogę zaryzykować przepowiednię, że kometa powróci znowu w 1758 r., a jeżeli powróci, nie będziemy mieli podstaw do powątpiewania, że i inne komety powracają”. Halley zmarł w 1742 r., zanim jego przepowiednia sprawdziła się. Odtąd słynna kometa nosi jego imię; ostatnio była obserwowana w 1910 r., a oczekujemy jej powrotu w 1986 r.

Komety były obserwowane od tysięcy lat i zadziwiała zarówno swym niezwykłym wyglądem „gwiazdy z warkoczem”, jak też nieoczekiwanym pojawianiem się na niebie; odkrycie Halleya po raz pierwszy pozwoliło zapowiedzieć ukazanie się komety. Jasne komety pojawiają się raz na kilkanaście lat, ale co roku odkrywa się kilka nowych komet widocznych tylko przez teleskopy. Dotychczas zaobserwowano ponad 600 komet, które ze względu na charakter ruchu wokół Słońca można podzielić na dwie grupy: komety krótkookresowe obiegające Słońce po elipsach z okresem krótszym niż 200 lat i komety biegnące po niezmiernie wydłużonych orbitach, kształtem zbliżonych do paraboli. Ruch komety wokół Słońca określa sześć parametrów, tzw. elementów orbity, a wśród nich jeden, zwany mimośrodem, charakteryzuje kształt orbity: może być ona elipsą (mimośród mniejszy od 1), parabolą (mimośród równy 1) lub hiperbolą (mimośród większy od 1). Przyroda nie może zrealizować orbity o mimośrodku równym dokładnie 1, a więc orbity paraboliczne. Komety krótkookresowe, których znamy około 100, z całą pewnością obiegają Słońce po elipsach, natomiast prawie 80% wszystkich komet biegnie po orbitach, których mimośród jest prawie równy 1 (nazywajmy dalej te komety parabolicznymi). Otóż właśnie „prawie”, ale czy jest on większy, czy mniejszy od 1? Jest to bardzo istotne, bo hiperbola jest krzywą otwartą i kometa poruszająca się po takiej orbicie nigdy już nie wraca do tego samego punktu względem Słońca, a zatem musiałaby przybyć z głębin Wszechświata i trafić przypadkiem w okolice Słońca.

Komety obserwowane są zwykle przez kilka miesięcy na niewielkim łuku swej orbity w pobliżu Słońca i bardzo trudno określić, czy jest to łuk elipsy (w pierwszym przybliżeniu zakłada się nawet, że jest to właśnie łuk paraboli). Poza tym ruch komety odbywający się pod wpływem przyciągania Słońca jest zakłócany także przyciągającym działaniem planet. Obliczenia tych zakłóceń (po uprzednim dokładnym wyznaczeniu elementów orbity, celem zbadania ruchu komety przed jej odkryciem — z dala od Słońca) dają taki wynik: prawie wszystkie komety paraboliczne przed zbliżeniem się do Układu Słonecznego biegły po ogromnie wydłużonych orbitach eliptycznych. Na tej podstawie holenderski astronom Oort w 1950 r. wysunął hipotezę, że Słońce otoczone jest chmurą kometarną liczącą około 200 miliardów komet, obiegających Słońce 150 tysięcy razy dalej niż Ziemia, po orbitach eliptycznych z niewielkimi mimośrodami; okres obiegu takiej komety wokół Słońca wynosi wiele milionów lat. Przyciągające działanie pobliskich gwiazd skierowuje niektóre komety w stronę Słońca, zamieniając ich prawie kołowe orbity na bardzo wydłużone elipsy. Powstawanie komet krótkookresowych może być wytłumaczone grawitacyjnym działaniem planet, a w szczególności Jowisza, podczas zbliżeń niektórych komet parabolicznych do planet. W ten sposób wszystkie komety należałyby w rzeczywistości do naszego Układu Słonecznego.

Czy taki obraz jest prawdziwy? Czy kometarny obłok Oorta naprawdę istnieje? Na to pytanie nie można dać jeszcze ostatecznej odpowiedzi. Hipoteza Oorta ma wielu zwolenników, ale są pewne dane skłaniające do przypuszczeń, że komety mogą być jednak tylko gośćmi z przestrzeni międzygwiazdowych. Od przeszło stu lat trwa już wśród astronomów spór o to, czy komety są pochodzenia międzygwiazdowego, czy też powstały lub powstają w Układzie Słonecznym. Jak dotąd nie udało się jeszcze tego sporu rozstrzygnąć.



Dr Ludomir WŁODARSKI

Koniec XVI wieku to czasy, gdy już niemal wszyscy wybitni astronomowie uznali heliocentryczną teorię Kopernika. Zarazem jednak był to okres, gdy teoria ta w swojej oryginalnej formie przestała być aktualna. Tym, który nadał jej nowy, doskonalszy kształt, był niemiecki matematyk i astronom, parający się również zawodowo astrologią, Johannes Kepler. Żył on w latach 1571—1630. Zamierzał poświęcić się teologii, jednak zainteresowania naukami ścisłymi wzięły górę i w wieku 22 lat zaczął wykładać matematykę i astronomię, którym pozostał wierny do końca życia. Będąc badaczem i jednocześnie człowiekiem głęboko religijnym, wychodził on z założenia, że zadaniem uczonego jest odkrywanie doskonałej harmonii, jaką Stwórca nadał budowie świata. Jego prace świadczą, że zadaniu temu poświęcił się całkowicie. Pierwsza z ważniejszych jego prac to wydany w r. 1596 „Poprzednik rozprawy matematycznej o świecie zawierający tajemnicę świata” — skrócony tytuł łaciński brzmi: „Mysterium cosmographicum”. Ta utrzymana w duchu tradycji platońsko-pitagorejskiej rozprawa była próbą ustalenia liczbowej harmonii Układu Słonecznego. W owych czasach uważano, że istnieje tylko sześć planet. Kepler powiązał tę liczbę z liczbą pięciu brył platońskich (wielościanów foremnych). Przyjmując, że drogi planet umieszczone są na koncentrycznych sferach (hipotezę taką postawił jeszcze Eudoksos w IV w. p.n.e. — jej odbicie znajdujemy w tytule głównego dzieła Kopernika); widział on w układzie planetarnym następującą konstrukcję: sześcian wpisany w sferę Saturna jest opisany na sferze Jowisza, czworościan wpisany w sferę Jowisza jest opisany na sferze Marsa, dwunastościan wpisany w sferę Marsa jest opisany na sferze Ziemi, dwudziestościan wpisany w sferę Ziemi jest opisany na sferze Wenus i wreszcie ośmiościan wpisany w sferę Wenus jest opisany na sferze Merkurego. Zatem pięć brył platońskich rozdziela sześć planet — przejaw pięknej harmonii.

Obliczone według tej zasady względne odległości planet od Słońca wynoszą kolejno

0,46 — 0,79 — 1 — 1,26 — 3,8 — 6,5.

Porównajmy je z obliczonymi przez Kopernika promieniami odpowiednich orbit:

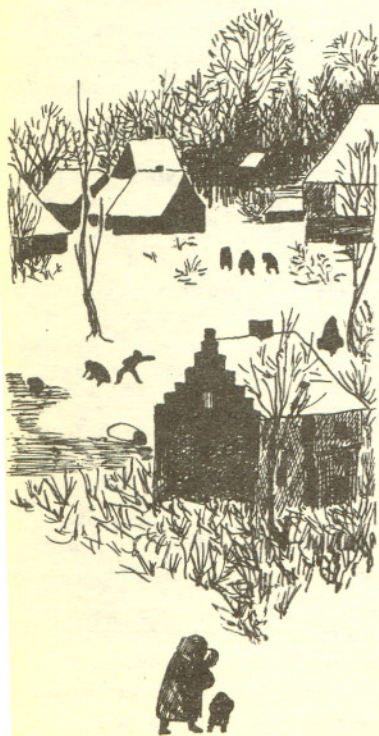
0,38 — 0,72 — 1 — 1,52 — 5,22 — 9,17.

Widać, że rozbieżności są duże. Można z tego wnioskować, że pisząc „Mysterium cosmographicum” młody Kepler niezbyt ufał dokładności obliczeń Kopernika. Całkowitą ufnością darzył jednak wyniki obserwacji znakomitego astronoma duńskiego, Tychona Brahe, z którym rozpoczął współpracę w 1600 r. Współpraca ta nie trwała długo, bo Tycho Brahe umarł już w rok później, ale dla Keplera miała ogromne znaczenie. Tycho Brahe będąc doskonałym obserwatorem zgromadził wiele materiału obserwacyjnego, odznaczającego się niezwykłą jak na owe czasy dokładnością — pomiary kątowe położenia gwiazd miały dokładność rzędu 1'. W ramach współpracy Kepler zajął się opracowaniem danych dotyczących ruchów Marsa — planety najbardziej dogodnej do obserwacji ze względu na swoje położenie względem Ziemi i Słońca. Orbita Marsa dość znacznie różni się od kołowej i nic też dziwnego, że przeprowadzone przez Keplera obliczenia położenia planety, oparte na teorii kopernikowskiej, dawały wyniki odbiegające od rezultatów obserwacji Tychona Brahe. Będąc przekonany o zasadniczej słuszności teorii heliocentrycznej Kepler widział w niej jednak niedostatki, a głównie brak harmonii przejawiający się tym, że aby opisać ruch którejkolwiek z planet należało złożyć kilka ruchów kołowych (system Kopernika zawierał przeszło czterdzieści takich kół). Jeżeli w budowie świata obowiązuje harmonia, to orbity planet muszą mieć kształt znanych krzywych geometrycznych. Kepler rozpoczął poszukiwania takiej krzywej w przypadku Marsa i prace te przeciągnęły się na kilka lat. Drogą eksperymentalną, wykonawszy wiele prób, konfrontując rezultaty obliczeń z danymi obserwacyjnymi doszedł do wniosku, że krzywą taką jest elipsa. Odnosząc ten wynik do pozostałych planet Kepler sformułował swoje słynne pierwsze prawo:

Planety biegną po elipsach, w jednym z ognisk których znajduje się Słońce.

Wcześniej jeszcze, dociekając przyczyny ruchu planet, doszedł do wniosku, że jest nią Słońce. Dalej rozumował tak: oddziaływanie Słońca rozchodzi się po liniach prostych w płaszczyźnie, w której znajdują się wszystkie planety, a więc oddziaływanie to jest odwrotnie proporcjonalne do odległości planety od Słońca. Jednocześnie prędkość planety jest proporcjonalna do tego oddziaływania. W jednakowych odcinkach czasu planeta przebywa odcinki drogi odwrotnie proporcjonalne do odległości od Słońca. Iloczyn przebytej drogi i odległości od Słońca to podwojone pole figury zakreślonej przez promień wodzący planety. Stąd wynika drugie prawo: *Pola zakreślone przez promień wodzący planety w jednakowych odstępach czasu są równe.*

Przedstawione wyżej rozumowanie zaczyna się od fałszywej przesłanki i nie można powiedzieć, aby było poprawne. Zasługą Keplera jest odkrycie tego prawa, a błędne rozumowanie należy wybaczyć. Pamiętajmy, że w tym czasie nie istniało jeszcze pojęcie siły działającej na odległość, choć znano już magnetyzm.



Te dwa prawa były opublikowane w 1609 r. w rozprawie zwanej „Astronomia nova”. Opisują one ruch każdej planety oddzielnie. Dalsze poszukiwania doprowadziły Keplera do odkrycia trzeciego prawa, wiążącego orbity planet w jeden harmonijny układ:

Kwadraty czasów obiegów planet dookoła Słońca mają się do siebie tak, jak trzecie potęgi wielkich osi elips, po których te planety się poruszają.

To trzecie prawo zostało ogłoszone w wydanej w 1619 r. „Harmonii świata”. Wielkie dzieło złożone z pięciu ksiąg zawiera wiele spekulacji poświęconych zależnościom liczbowym zachodzącym między ruchami planet, bryłami platońskimi, a nawet ich związkom z muzyką. Wszystkie te wyniki były owocem ogromnej pracy obliczeniowej. Niektóre z nich miały nawet całkiem klarowną postać, jak np. fałszywe prawo głoszące, że każda planeta porusza się po elipsie ze stałą prędkością kątową względem drugiego, nie słonecznego ogniska tej elipsy. Przykładem tego, jak bardzo Kepler wierzył w istnienie prostych formuł liczbowych opisujących świat jest fakt, że gdy w 1610 r. Galileusz odkrył 4 księżycy Jowisza, to Kepler uznał, że wkrótce zostaną odkryte 2 księżycy Marsa (odkryto je w 1877 roku) oraz 8 satelitów Saturna (niestety, tych odkryto 10).

W historii nauki Kepler pozostał przede wszystkim twórcą trzech wielkich praw opisujących kinematykę Układu Słonecznego. Pozostał tym, który zerwał z obowiązującym od starożytności aksjomatem, że ruchy planet składają się z jednostajnych ruchów kołowych. W 12 lat po śmierci Keplera urodził się Izaak Newton, odkrywca prawa powszechnego ciążenia, które Kepler interpretowałby zapewne jako prawo powszechnej harmonii. Istotnie, trzy prawa Keplera, mówiące tylko o ruchach planet dookoła Słońca, można traktować jako wnioski z prawa powszechnego ciążenia, odnoszącego się do dowolnych ciał w całym Wszechświecie.



Zadania

Redaguje mgr Andrzej MAKOWSKI

M 142. Niech $a_n = \sum_{k=2}^n \frac{k-1}{k!}$. Obliczyć $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n$.

Rozwiązanie na str. 9

M 143. Mówimy, że w zbiorze S określone jest działanie $*$, gdy każdej parze (a, b) elementów tego zbioru przyporządkowany jest pewien element tego zbioru; oznaczamy go $a*b$. Udowodnić, że jeżeli działanie $*$ określone w dowolnym zbiorze S jest łączne (tzn. dla wszystkich a, b, c z tego zbioru jest $(a*b)*c = a*(b*c)$), ma element neutralny e (tzn. $a*a = e = a*e$ dla dowolnego a) oraz dla każdego a jest $a*a = e$, to działanie $*$ jest przemienne (czyli $a*b = b*a$ dla wszystkich a, b).

Rozwiązanie na str. 9

M 144. Wewnątrz koła dany jest punkt X . Udowodnić, że w koło to można wpisać nieskończenie wiele trójkątów o tej własności, że środkiem ciężkości każdego z nich jest punkt X .

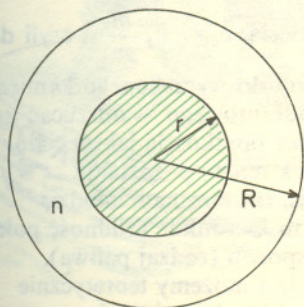
Rozwiązanie na str. 9

Redaguje dr Waldemar GORZKOWSKI

F 48. Obserwując butelkę z mlekiem odnosimy wrażenie, że mleko wypełnia ją od zewnętrznej powierzchni szkła do wewnętrznej powierzchni szkła. Innymi słowy, wydaje się nam, że grubość szkła butelki jest równa zeru.

Wyobraźmy sobie rurkę szklaną wypełnioną kolorową cieczą. Promień wewnętrzny rurki wynosi r , a zewnętrzny $R > r$. Współczynnik załamania szkła jest równy $n > 1$. Jaki warunek muszą spełniać r , R i n , aby przy patrzeniu na rurkę z boku odnosiło się wrażenie, że grubość szkła rurki równa się zeru, podobnie jak dla butelki z mlekiem?

Rozwiązanie na str. 2



mała delta



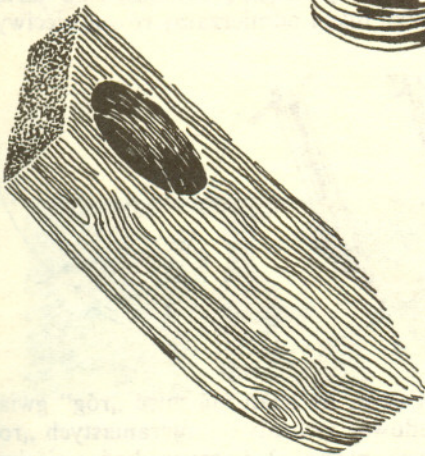
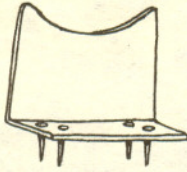
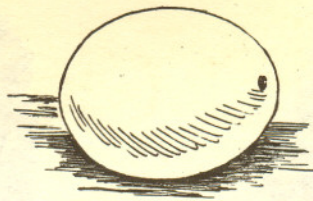
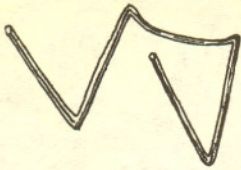
„Wydmuszka”

Jest w fizyce taka zasada, która wydaje się być sprzeczna ze zdrowym rozsądkiem. Jeżeli na ciało nie działa żadna siła (lub wszystkie działające siły równoważą się), to ciało pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym. Na pozostawanie w spoczynku można się zgodzić, ale ruch jednostajny jest już nieco podejrzany. Dobrze wiadomo, że żaden pojazd nie będzie się poruszał bez przyłożonej zewnętrznej siły (silnik, zwierzę pociągowe). Rozumując w ten sposób zapominamy o sile tarcia. Samochód jedzie ruchem jednostajnym, gdy silnik równoważy wszystkie opory ruchu: tarcie kół o nawierzchnię, opór powietrza, tarcie w łożyskach. Jeżeli uda nam się zrównoważyć wszystkie siły działające na ciało, to jego stan ruchu nie ulegnie zmianie. Jeżeli ciało stało — będzie nieruchome, jeżeli poruszało się — to pozostanie w ruchu. Jeżeli na ciało nie działają żadne siły, to iloczyn masy ciała m i jego prędkości v nie ulegnie zmianie. Iloczyn $m \cdot v$ nazywamy pędem ciała i mówimy o zasadzie zachowania pędu. Mówiąc o „ciele” nie mamy na myśli jednej bryłki materii. Może to być układ ciał, na przykład łódź, człowiek i kupka kamieni w tej łodzi. Zastosujmy do takiego ciała zasadę zachowania pędu. Łódź wraz z człowiekiem i kamieniami tkwi nieruchomo w pobliżu brzegu. Jak dopłynąć do brzegu bez użycia wiosel (i nie wiosłując rękami)? Sprawa wydaje się beznadziejna. Wiosłować, a więc odpychać się od wody czyli działać zewnętrzną siłą — nie wolno. Pęd układu równa się zero i taki musi stale pozostać (zaniedbajmy opór, jaki stawia woda ewentualnym ruchom łodzi). Co więc robić? Otóż należy mądrze wykorzystać zasadę zachowania pędu. Pęd całego układu musi być równy zero. Wyrzucmy z łodzi kamień o masie m_1 z prędkością v_1 . Kamień ten uniesie pęd $m_1 v_1$. Łódź z pasażerem i resztą kamieni (całość o masie m_2) musi ruszyć w przeciwną stronę, aby pęd całego układu (wyrzucony kamień + łódź z zawartością) pozostał równy zero

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0.$$

Łódź popłynie więc z prędkością $v_2 = v_1 \frac{m_1}{m_2}$, czyli dość powoli w kierunku przeciwnym do wyrzuconego kamienia. Oto zasada każdego silnika odrzutowego — odrzucać z układu z możliwie największą prędkością jakieś ciało. Układ jako całość (jego środek masy) pozostanie w spoczynku, ale ta jego część, o którą nam chodzi, będzie się poruszać w żądanym kierunku. Trudność polega na tym co odrzucać i w jaki sposób (rodzaj paliwa). Sama zasada jest bardzo prosta i możemy teoretycznie zabrać się zaraz do budowy rakiety kosmicznej.





Proponuję przed tym wykonanie małego silnika odrzutowego do napędu łodzi — będzie to dobry trening przed budową dużych raket.

Co nam potrzeba?

1. Łódka z czegokolwiek, byle była stabilna i pływała,
2. skorupka z jajka — wydmuszka,
3. kawałek świecy — ogarek.

Plan budowy

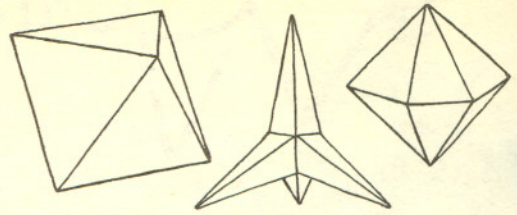
1. Wydmuszkę napełniamy w 1/3 objętości wodą i zatykamy jeden otwór (chyba, że umiemy przez wytrząsanie uzyskać skorupkę z jednym otworem).
2. Przytwierdzamy wydmuszkę na pokładzie łódki tak, aby pod nią zmieścił się zapalony ogarek. Otwór nie zatkany powinien być skierowany do tyłu łodzi.
3. Zapalamy świeczkę i wodujemy łódź. Czekamy, aż woda w wydmuszcze zacznie wrzeć. Para wydobywając się przez otwór uniesie część pędu układu. Ponieważ układ jako całość ma pęd zero, więc łódka popłynie w przeciwnym kierunku do wydobywającej się pary.

A o to przecież nam chodziło.

No i szczegóły:

1. Jeżeli mamy skorupkę z dwoma otworami, jeden z otworów wydmuszki mamy zatkać. Nie będzie to łatwe. Nie możemy tutaj użyć żadnego materiału łatwo topliwego (świecy, plasteliny) ani łatwopalnego (większość klejów). My zatykaliśmy krótko ułamaną zapalką lub zwitkiem papieru. Trochę przeciekało, ale niczego lepszego nie wymyśliśmy.
2. O tym, czy łódka jest naprawdę stabilna, możemy się przekonać dopiero po umieszczeniu na niej wydmuszki z wodą. Łódka musi ważyć wyraźnie więcej od napełnionej wydmuszki, tak, aby środek ciężkości całego urządzenia wypadał pod powierzchnią wody. Nie nadaje się zatem do naszych eksperymentów łódka z kory. My użyliśmy grubej deski.
3. Próby stabilności należy przeprowadzać **przed** wstawieniem ogarka. Jeśli świeca się zamoczy, bardzo trudno będzie ją zapalić.
4. Uwaga na ręce! Wydmuszka „w trakcie pracy” i długo potem jest bardzo gorąca. Dlatego **przed** zapaleniem ogarka należy sprawdzić, czy jakaś błonka nie zasłania tylnego otworu wydmuszki.

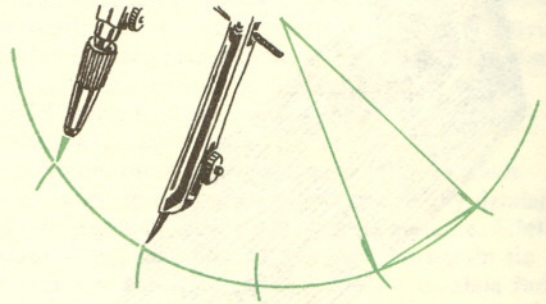




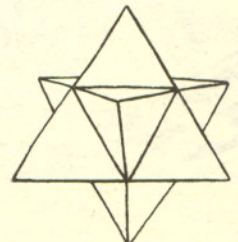
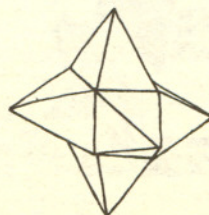
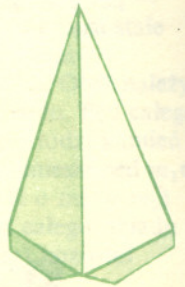
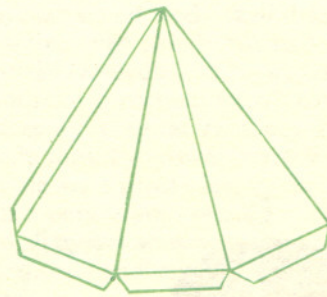
Robimy gwiazdę

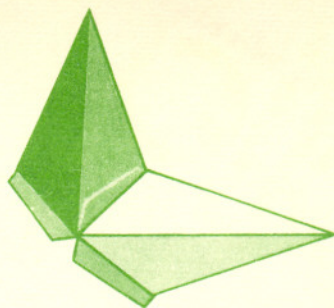
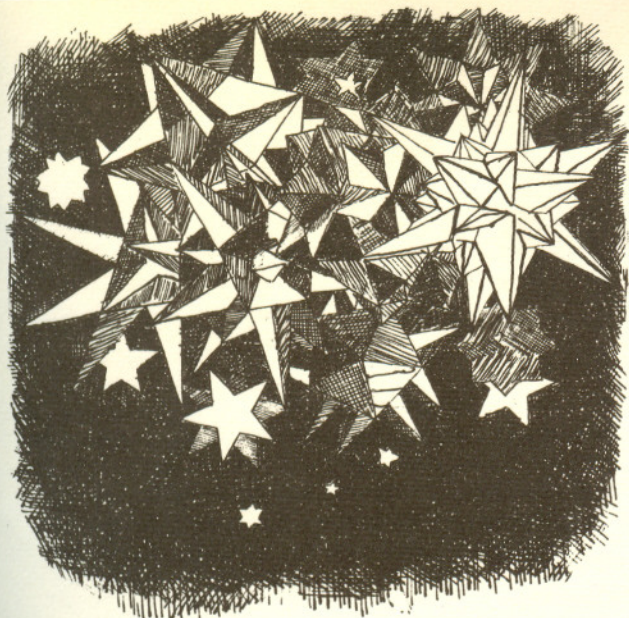
Potrzebny nam będzie karton (sporo), klej, nożyczki, ołówek, linijka i cyrkiel.

Każdy wie (choć nie wiadomo skąd), że gwiazda ma „rogi”, od nich więc zaczniemy budowę. Rysujemy na kartonie część okręgu (czyli łuk) i odmierzamy równe cięciwy (jak?).



Rysujemy tyle cięciw, ile ścian ma mieć „róg” gwiazdy (bo możemy budować gwiazdy o trójgraniastych „rogach”, czworograniastych, pięcio...). Łączymy końce cięciw ze środkiem okręgu i wycinamy „róg”, zostawiając paski do sklejenia. Sklejamy zewnętrzne promienie wyciętego „rogu” i przystępujemy do wykonania następnego.





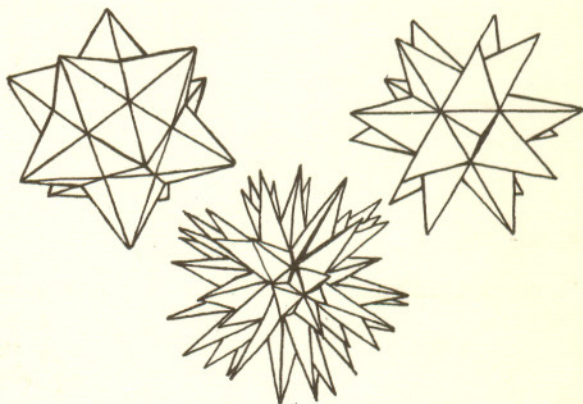
Jeśli mamy już dużo „rogów” (wszystkie z równych cięciw), to sklejamy je ze sobą, ewentualnie usuwając nadmiar pomocniczych pasków.

I teraz zaczyna się najtrudniejsza część pracy. Jak wykonać sklejenie, żeby gwiazda się „zamknęła”? Z ilu rogów trójgraniastych można skleić zamkniętą gwiazdę?

A z ilu czworograniastych?

Czy wyszła Wam chociaż jedna gwiazda z z różnograniastymi rogami? Jaka?

Po wykorzystaniu gwiazd na Waszych choinkach przyslijcie je nam wraz z listem, w którym podacie odpowiedzi na nasze pytania. Najlepsze gwiazdy i najlepsze listy nagrodzimy. Czekamy na nie do 15 II 1978 r.



Rozwiązanie zadania Ferrariego z pojedynku Tartaglia — Ferrari (1548 r.)



Zadanie: Podzielić każdy z dwóch danych odcinków różnej długości na takie dwie części, żeby długości mniejszych części obu odcinków były równe, a długość większej części mniejszego odcinka była średnią geometryczną długości obu części większego odcinka.

To dość typowe zadanie konstrukcyjne (na zastosowanie metody konstruowania według wzorów — jak byśmy dziś powiedzieli) zostało **rozwiązane** przez **TARTAGLIĘ** w piękny, prościutki sposób:

Na dłuższym odcinku \overline{AC} — jako na średnicy — konstruuje się okrąg S . Z końca A tej średnicy zakreśla się okrąg T , którego promień jest równy długości mniejszego odcinka. Pozwala to wyznaczyć dwa punkty:

B — na średnicy \overline{AC}

D — na prostopadłej do tej średnicy (poprowadzonej przez A). Prosta BD

przecina okrąg S w punkcie E , którego rzut prostokątny F na średnicę \overline{AC} realizuje żądany podział odcinków \overline{AB} i \overline{AC} . Istotnie AF jest długością mniejszej części obu odcinków, natomiast: $EF^2 = FB^2 = AF \cdot FC$, jak to sobie Ferrari zażyczył.

Nasze najbliższe audycje w grudniu — 1 o godz 10⁰⁰ i 3 o godz 13⁰⁰
w styczniu — 5 o godz 10⁰⁰ i 7 o godz 13⁰⁰
w lutym — 16 o godz 10⁰⁰ i 18 o godz 13⁰⁰

