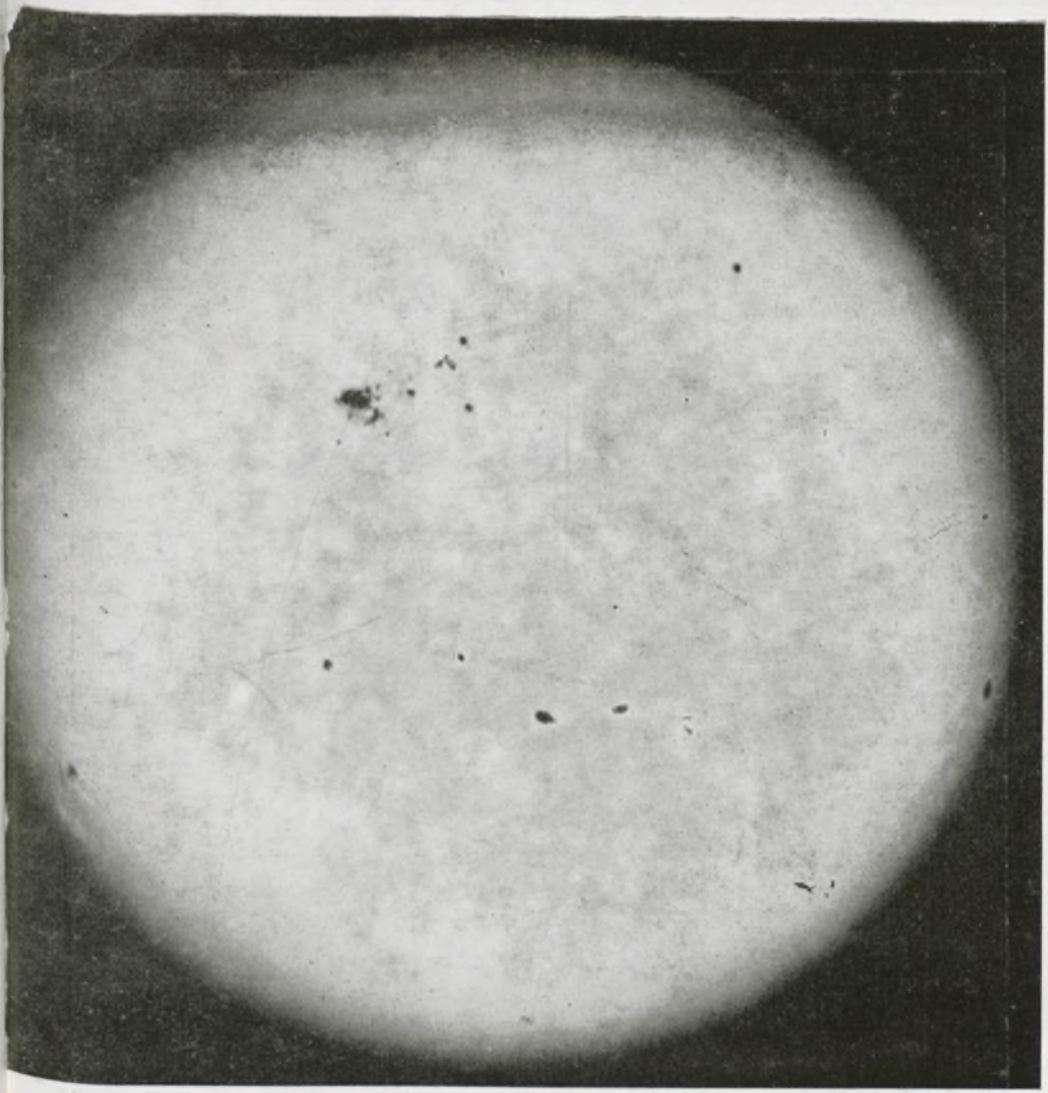
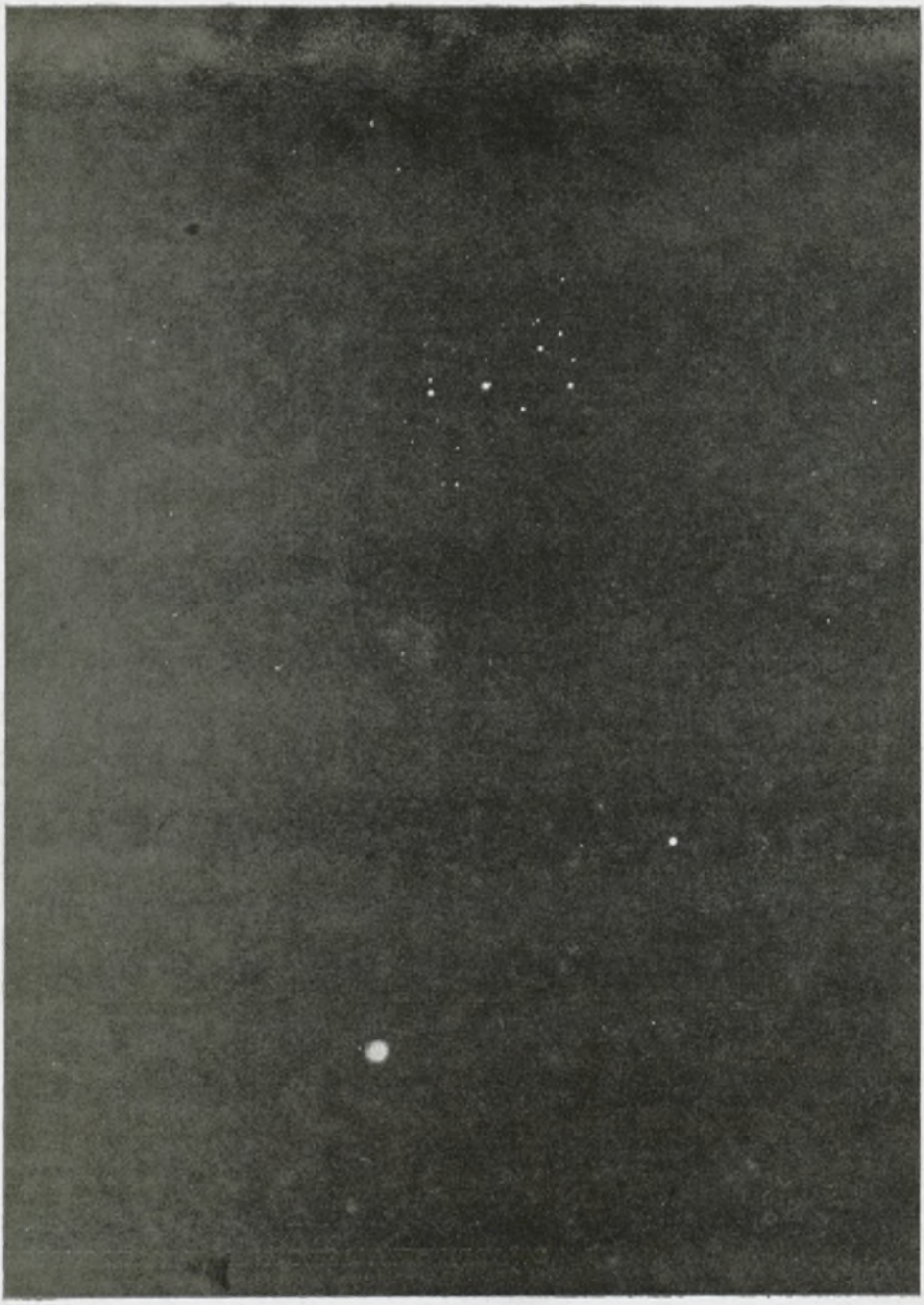


URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII
ROK LX WRZEŚIEŃ 1989 Nr 9 (572)
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK



PL ISSN-0042-0794

URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LX WRZESIEŃ 1989 Nr 9 (572)

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

SPIS TREŚCI

Andrzej Krasiński — Jak powstały pierwiastki chemiczne? (I) (258).

Owen Gingerich — Astronomia islamu (II) (264).

Kronika: Bruzdy Phobosa (272) — Pluton ma atmosferę (274).

Poradnik Obserwatora: Projekt Komisji Gwiazd Podwójnych S.A.F. — Produkcja seryjna dwuobrazowego mikrometru Lyota i Camichela (274) — Obserwujmy gwiazdy zmienne długookresowe (277) — Zakrycia gwiazd przez Księżyc widoczne w Polsce w IV kwartale 1989 roku (279).

Obserwacje: Komunikat nr 2/89 Sekcji Obserwacji Słońca PTMA (280).

Kronika Historyczna: Knut Emil Lundmark (1889—1958) (280).

Nowości Wydawnicze: *B. Czerny, M. Sikora*, Nie tylko o kwazarach (281) — *J. Lewitan*, Historie niezwykłe o gwiazdach i planetach (281) — *S. R. Brzostkiewicz*, Obserwujemy nasze niebo (282) — *K. Kowalski, Z. Krzak*, Mówią tysiąclecia (283).

Kalendarzyk Astronomiczny (284).

Przywykliśmy do tego, że opis i zrozumienie zjawisk obserwowanych we Wszechświecie astronomia czerpie z fizyki, jej praw, zasad i metod badawczych. Znakomitym przykładem sytuacji odwrotnej, kiedy to astronomia umożliwia wyjaśnienie jednego z podstawowych problemów fizyki, jest zagadnienie powstawania pierwiastków chemicznych. Od zwrócenia uwagi na tę osobliwość rozpoczyna wstępny artykuł doc. Andrzej KRASIŃSKI, przystępnie odpowiadając w nim na sformułowane w tytule pytanie. Jego dokończenie ukaże się w następnym numerze.

W drugiej części szkicu historycznego o astronomii islamskiej dr Owen GINGERICH stawia czytelnika wobec intrygującej kwestii jej ewentualnego wpływu na myśl Kopernika. Wprawdzie Autor wierzy w niezależność koncepcji naszego rodaka, niemniej jednak podkreśla, że idea krytykowania Ptolemeusza należy po prostu do klimatu odziedziczonego przez łaciński Zachód po islamie. Jeszcze raz zachęcamy do wnikliwego przestudiowania całej rozprawy wybitnego amerykańskiego historyka astronomii dla poszerzenia i pogłębienia znajomości źródeł i korzeni naszej kultury.

Pierwsza strona okładki Plamy na Słońcu w dniu 15 czerwca 1989 r. Zdjęcie wykonał Dariusz Kruglak z Obserwatorium Astronomicznego na Żurawiej Górze koło Fromborka.

Druga strona okładki: Zdjęcie Jowisza i Marsa w pobliżu Plejad wykonane 7 marca 1989 r. przez J. Speila za pomocą aparatu PENTACON SIX z długoogniskowym obiektywem SONNAR ($f = 180$ mm, 1 : 2,8) umocowanym na montażu paralaktycznym podczas 2 min. ekspozycji na filmie NP 22 (22 DIN).

Trzecia strona okładki: Zdjęcie Księżyca, Jowisza i Marsa w pobliżu Plejad wykonane 12 marca 1989 r. przez J. Speila podobnie jak zdjęcie reprodukowane na drugiej stronie okładki, ale podczas 30 sek. ekspozycji.

Czwarta strona okładki: Mozaika zdjęć wykonanych za pomocą sondy kosmicznej Viking ukazująca satelitę marsjańskiego Phobos (patrz **Kronika**).

ANDRZEJ KRASIŃSKI — Warszawa

JAK POWSTAŁY PIERWIASTKI CHEMICZNE? (I)

Wstęp

Pierwsze pytanie, jakie może nasunąć się Czytelnikowi po przeczytaniu powyższego tytułu, to: „Może to ciekawy problem, ale co on ma wspólnego z astronomią?" Jak się za chwilę okaże, ma bardzo wiele: naturalnymi laboratoriami, w których odbywa się przemiana lekkich jąder atomowych w cięższe są: cały Wszechświat we wczesnych etapach jego ewolucji oraz wnętrza gwiazd. Wyjaśnienie powstawania pierwiastków chemicznych jest efektownym przykładem zastosowania astrofizyki do wyjaśnienia jednego z podstawowych problemów fizyki; na ogół mamy do czynienia z procesem odwrotnym.

Przypomnijmy najpierw symbolikę stosowaną przy opisie reakcji jądrowych. Liczba napisana po lewej stronie u dołu symbolu pierwiastka oznacza jego liczbę atomową, tzn. liczbę protonów w jądrze atomowym. Liczba ta definiuje pierwiastek chemiczny, jej zmiana oznacza przemianę w inny pierwiastek. Liczba z lewej u góry oznacza liczbę masową, tzn. sumę liczby protonów i neutronów. Jądra o tej samej liczbie atomowej, ale różnych liczbach masowych, nazywają się izotopami danego pierwiastka; pierwiastki występujące w naturze są najczęściej mieszaninami różnych izotopów. Na przykład węgiel naturalny jest mieszaniną izotopów $^{12}_{6}C$, $^{13}_{6}C$ i nietrwałego $^{14}_{6}C$, średnia liczb masowych mieszaniny wynosi nieco ponad 12. Rekordzistą wśród pierwiastków występujących w naturze jest cyna $_{50}Sn$, która ma aż 10 trwałych izotopów (112, 114—120, 122 i 124). Ponad 20 pierwiastków ma po jednym tylko trwałym izotopie (np. $^{9}_{4}Be$, $^{19}_{9}F$, $^{23}_{11}Na$, $^{27}_{13}Al$, $^{31}_{15}P$). Izotopy zachowują się jednakowo w reakcjach chemicznych i wykazują tylko subtelne różnice własności chemicznych (makroskopowe porcje czystych izotopów tego samego pierwiastka różnią się gęstością — na fakcie tym opierają się techniczne metody rozdzielania izotopów). Izotopy nie występujące w naturze są nietrwałe, ulegają rozpadowi promieniotwórczemu. Wiele z nich można sztucznie otrzymać w laboratorium.

Rzut oka na tablicę Mendelejewa pozwala zauważyć, że proton, który jest jądrem atomu najbardziej rozpowszechnionego izotopu wodoru, jest jedną z dwu „cegiełek" budujących cięższe jądra atomowe. Drugą jest obojętny elektrycznie neu-

tron. Istnieją w przyrodzie lub są znane z laboratorium pierwiastki o wszystkich możliwych liczbach atomowych od jednego (wodór) aż do nieco ponad 100. Zatem w zasadzie wystarczyłoby dołączyć po jednym protonie i odpowiedniej liczbie neutronów kolejno do tego samego jądra atomowego, aby „zbudować" wszystkie znane pierwiastki. Czy tak właśnie było w przyrodzie?

Pomysł, który dziś, dzięki sugestywnemu (oczywiście celowo) podaniu informacji, wydaje się naturalny już uczniom liceów, nie był całkiem oczywisty, nawet po rozszyfrowaniu budowy jąder atomowych. Istotną rolę w jego powstaniu musiała odegrać, doświadczalnie udowodniona, możliwość przemian jednych pierwiastków w inne — w naturze i w laboratorium. Dalszym krokiem na drodze ku teorii powstawania pierwiastków chemicznych było wyjaśnienie mechanizmu wytwarzania energii w Słońcu, podczas którego przemiana wodoru w hel odbywa się na skalę masową. Pierwszą, powiedzielibyśmy dziś kompleksową koncepcję powstawania pierwiastków, ogłosiła w roku 1948 grupka fizyków amerykańskich skupiona wokół George Gamowa. Nie jest zadaniem niniejszego artykułu śledzenie historii tej koncepcji, ale w związku z nią powinni Czytelnicy zapamiętać nazwisko jeszcze jednego wybitnego fizyka. Był nim belgijski ksiądz Georges Lemaitre, który był prekursorem tak dziś rozpowszechnionych wszechstronnych badań ewolucji Wszechświata, a zwłaszcza jej wczesnych etapów.

Obserwacje Hubble'a udowodniły, że Wszechświat rozszerza się [1]. Jeśli wierzymy, że znane z Ziemi i układu planetarnego prawa fizyki obowiązują także w wielkiej skali odległości, to przyciąganie grawitacyjne materii powinno spowalniać ten ruch. Galaktyka, która dziś oddala się od nas z prędkością v_0, oddalała się w każdej chwili w przeszłości z prędkością większą niż v_0. Ogólnie, $v(t_1) > v(t_2)$ jeśli $t_1 < t_2$. Zatem, dla każdej galaktyki można obliczyć, ile lat temu znajdowała się ona w tym samym punkcie, co nasza Galaktyka — i dla każdej z nich wynik ten będzie skończony. Formalnie, gęstość materii jest w tym punkcie i w tej chwili nieskończenie wielka i maleje z czasem aż do wielkości obserwowanej dzisiaj. Skoro gęstość była w przeszłości większa niż obecnie, to zgodnie z prawami termodynamiki temperatura Wszechświata

[1] Warto tu odnotować jako ciekawostkę, że matematyczny model rozszerzającego się Wszechświata powstał przed odkryciem Hubble'a (patrz dalej), natomiast sam Hubble do końca życia nie był przekonany o realności tego efektu i podkreślał, że przeliczanie przesunięć prążków widmowych ku czerwieni na prędkość ucieczki źródła jest tylko wygodnym sposobem opisu obserwacji.

musiała być wtedy wyższa. W chwili, gdy gęstość była nieskończona (chwila ta jest obrazowo nazywana Wielkim Wybuchem), temperatura była także nieskończona. Materia Wszechświata mogła więc osiągać w przeszłości dowolnie wysokie temperatury. Wysoka temperatura dużej porcji materii jest zaś koniecznym warunkiem, aby przemiany pierwiastków w inne pierwiastki mogły następować z dużą wydajnością. Dlaczego?

Protony i neutrony przyciągają się siłą, która, nie bez powodu, nazywana jest oddziaływaniem silnym, ma jednak bardzo krótki zasięg, nie przekraczający jednej średnicy protonu. Dwa protony trzeba więc doprowadzić do zderzenia, aby oddziaływanie silne miało szansę je związać, nawet wtedy jednak odpychanie elektrostatyczne przeważa nad przyciąganiem „silnym" — jądro atomowe złożone tylko z dwu protonów nie może istnieć, potrzebny jest przynajmniej jeden neutron. W „praktyce" zatem, aby utworzyć jądro drugiego z kolei pierwiastka w tablicy Mendelejewa, helu, trzeba zderzać protony z jądrami deuteru, cięższego izotopu wodoru, zawierającymi po jednym protonie i jednym neutronie. Można to robić w akceleratorach, przyspieszając niewielkie porcje protonów i jąder deuteru do takich prędkości, przy których energia kinetyczna ich ruchu stanie się wystarczająca dla pokonania odpychania elektrostatycznego i zbliżenia na bardzo małe odległości. Metoda ta nie pozwala jednak na uzyskanie dużych ilości helu: strumień cząstek w akceleratorze musi być dokładnie wykalibrowany, wszystkie cząstki muszą mieć, z dużą dokładnością, jednakowe prędkości, w przeciwnym wypadku ich wiązka zacznie się rozpływać i zderzać ze ścianami akceleratora, tracąc energię bezproduktywnie. Dokładna kalibracja jest niemożliwa przy dużych porcjach materii. W porcji makroskopowej miarą średniej energii ruchu cząstek tworzących tę porcję jest temperatura. Podgrzewanie materii jest więc również sposobem zwiększania energii ruchu cząstek, a jak już wiemy, materia tworząca Wszechświat musiała być kiedyś bardzo gorąca i gęsta. Załóżmy więc, że składała się ona kiedyś z samych cząstek elementarnych (tylko tych, które są konieczne do zbudowania jąder atomowych), a następnie sprawdźmy, czy mogły w tych warunkach powstać jądra cięższych pierwiastków. Przeszkodą dla ich powstawania jest obniżająca się temperatura (wskutek rozszerzania się Wszechświata), zatem może się okazać, że na powstanie wszystkich pierwiastków było za mało czasu.

Nukleosynteza pierwotna

Taki był w przybliżeniu punkt wyjściowy rozważań Gamowa i współpracowników. Ten krótki opis daje słabe tylko pojęcie o wielkości i trudności ich przedsięwzięcia. Trzeba było mieć do dyspozycji model Wszechświata, z którego można obliczyć gęstość i temperaturę materii w dowolnej chwili w przeszłości. Modele takie były znane i dość już dobrze zbadane w r. 1948, głównie dzięki pracom G. Lemaitre'a prowadzonym od r. 1927 oraz dwu pionierskim pracom radzieckiego matematyka Aleksandra Friedmana z r. 1922 i 1924. Trzeba było mieć dane o wydajnościach wszystkich możliwych reakcji między jądrami atomowymi i cząstkami elementarnymi przy różnych temperaturach. Dane te były niepewne, zaś przyjęte modele kosmologiczne zawierały jeszcze więcej dowolności. Pionierska praca Alphera, Bethego i Gamowa miała więc raczej znaczenie filozoficzne i była wielokrotnie poprawiana w latach późniejszych. Cytowane dziś wyniki ilościowe zostały po raz pierwszy uzyskane pod koniec lat 60-tych przez R. Wagonera, W. Fowlera i F. Hoyle'a.

W swojej najambitniejszej współczesnej wersji, program wyjaśnienia obecnego składu materii we Wszechświecie zaczyna od temperatur tak wysokich, przy których istniały cząstki nie obserwowane dziś w naturze ani w laboratorium i próbuje wytłumaczyć, jak i w jakich ilościach powstały z nich protony, neutrony, elektrony, neutrina, itd. My zaczniemy obserwację od chwili bezpośrednio poprzedzającej powstanie pierwszych jąder helu, gdy istniały elektrony i ich antycząstki — pozytony, protony, neutrony (w proporcji około 1 neutron na 10 protonów), neutrina i fotony. Chwila ta nie jest dokładnie określona, nastąpiła ona pomiędzy 1/1 000 000 sek. a 10 sek. po Wielkim Wybuchu, gdy temperatura materii spadała od 10^{13} K do $5 \cdot 10^{9}$ K. Przy temperaturze około 10^{12} K gęstość masy zawarta w cząstkach wynosiła około 10^{4} g/cm^{3}, zaś średnia energia kinetyczna protonów i neutronów wynosiła około 100 MeV. Przy tej energii protony i neutrony (nazywane zbiorowo nukleonami) mogą zbliżać się do siebie na odległości mniejsze niż zasięg oddziaływań silnych i tworzyć jądra deuteru w reakcji

$$n + {}_1^1H \rightleftharpoons {}_1^2H + \gamma,$$

jednakże zderzenie jądra deuteru z inną cząstką prowadzi przy tak dużej energii raczej do ponownego rozbicia deuteru na proton i neutron niż do przyłączenia trzeciej cząstki. Dopiero pod

koniec tego okresu deuter zaczął pojawiać się w większych ilościach, co umożliwiło dalsze reakcje prowadzące do powstania ciężkiego izotopu wodoru, trytu, oraz dwu izotopów helu:

$$ {}_1^2H + n \rightarrow {}_1^3H + \gamma, $$

$$ {}_1^2H + {}_1^1H \rightarrow {}_2^3He + \gamma, $$

$$ {}_1^2H + {}_1^2H \rightarrow {}_2^4He + \gamma, $$

$$ {}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He + n, $$

$$ {}_1^2H + {}_2^3He \rightarrow {}_2^4He + {}_1^1H. $$

Zdawałoby się, że przez przyłączanie kolejnych protonów i neutronów mogą teraz powstawać dalsze jądra atomowe. Ten ciąg reakcji napotyka jednak na dwie przeszkody:

1. Jądra o liczbach masowych 5 i 8 są bardzo nietrwałe i rozpadają się, zanim zdążą doczekać następnego zderzenia. Przyłączając pojedyncze neutrony lub protony do jąder helu trafimy zawsze na nietrwały izotop helu ${}_2^5He$ albo litu ${}_3^5Li$, na którym ciąg reakcji załamie się. Tworzenie dalszych jąder wymagałoby więc zderzeń pomiędzy już istniejącymi jądrami złożonymi. Ale...

2. Cięższe jądra mogą powstawać dopiero wtedy, gdy zgromadzi się wystarczająco duży zapas jąder lżejszych — materiałów wyjściowych dalszych reakcji. Potrzeba na to czasu, zaś z czasem materia Wszechświata ochładza się i rozrzedza. Przy niskiej temperaturze jądra złożone mają zbyt małą energię, aby pokonać odpychanie elektrostatyczne i zderzać się między sobą. Ponadto neutrony poruszające się w rozrzedzonej materii coraz swobodniej zaczynają ujawniać swoją nietrwałość (neutrony są trwałe jedynie w układach związanych oddziaływaniami silnymi i w odpowiedniej proporcji do protonów; neutrony swobodne rozpadają się z półokresem około 10.8 min.). W pewnym momencie nukleosynteza musi więc ustać.

Rachunki (przeprowadzają je komputery, ze względu na konieczność wzięcia pod uwagę wielu czynników naraz) wykazują, że zanim spadek temperatury i rozpad neutronów uniemożliwią dalszą masową produkcję pierwiastków, mogą powstać

jedynie znaczniejsze ilości helu $^{4}_{2}He$ (do 30% masy Wszechświata) oraz małe domieszki helu $^{3}_{2}He$ (poniżej 1/1000 masy), deuteru (do 1%), litu $^{7}_{3}Li$ (poniżej 10^{-6}), litu $^{6}_{3}Li$ (poniżej 10^{-10}) i boru $^{11}_{5}B$ (poniżej 10^{-11}). Wszystkie pierwiastki o liczbie masowej 12 lub większej mogły razem stanowić nie więcej niż 10^{-7} masy Wszechświata. Przynajmniej 70% masy stanowił wodór.

Podane liczby nie są ścisłymi wynikami, lecz tylko granicami dopuszczalnych przedziałów. Skład chemiczny materii po zakończeniu syntezy pierwotnej zależy od wielu parametrów, których wartości nie znamy wystarczająco dokładnie. Najważniejszym z nich jest gęstość materii. Oblicza się ją przy założeniu, że we wczesnym Wszechświecie obowiązywały znane z laboratorium prawa termodynamiki, w oparciu o obecną średnią gęstość materii, którą trzeba zmierzyć. Pomiar ten jest obarczony wieloma niepewnościami. Dla dalszych galaktyk nie można dokładnie wyznaczyć ich odległości od Ziemi; nie wiemy, ilu gwiazd w naszej Galaktyce i ilu dalekich galaktyk nie widać z powodu pochłaniania ich światła przez materię nieświecącą znajdującą się w przestrzeni (w ten sposób nie doliczamy się pewnych gwiazd, nie doceniamy masy naszej Galaktyki, której masę uznajemy za typową, oraz nie doliczamy się pewnych galaktyk, co prowadzi do zaniżenia ich liczby w jednostce objętości). Nie ma żadnych danych co do ilości materii nieświecącej, a więc nieobserwowanej bezpośrednio. W rachunkach przyjmuje się, że średnia gęstość materii zawarta jest pomiędzy 10^{-32} g/cm^3 a 10^{-28} g/cm^3 i obserwacje nie pozwalają na jej wiele dokładniejsze określenie [2]. Na dodatek, ciągle brak solidnego obserwacyjnego potwierdzenia hipotezy, że obliczając średnią gęstość materii w obszarach o różnych objętościach, położonych w różnych okolicach Wszechświata otrzymamy za każdym razem ten sam wynik. Założenie, że tak jest naprawdę, nazywa się zasadą kosmologiczną, i jest wbudowane w powszechnie używane modele Wszechświata. Jeśli jest ono nieprawdziwe, to pojęcie średniej gęstości materii w całym Wszechświecie traci sens, zaś przyjęte modele

[2] W żargonie astronomicznym mówi się, że ten przedział obejmuje „cztery rzędy wielkości", bo 32 — 28 = 4. Ta terminologia maskuje brutalną prawdę, że największa z dopuszczalnych wartości jest 10 000 razy większa od najmniejszej. Gdybyśmy powiedzieli, że Paryż leży na zachód od Warszawy gdzieś pomiędzy Ursusem i Nowym Jorkiem, to określilibyśmy położenie Paryża z dokładnością nawet nieco większą od podanej wyżej oceny gęstości.

będzie trzeba zastąpić innymi, dokładniej naśladującymi rzeczywisty rozkład materii.

Mimo tak dużej niepewności danych, można z nich jednak wyciągać sprawdzalne wnioski. Ilości różnych pierwiastków w materii Wszechświata po zakończeniu syntezy pierwotnej zależą od średnieej gęstości w bardzo różny sposób. Zawartość helu $_2^4He$ jest od niej najmniej zależna: przy gęstości obecnej 10^{-32} g/cm^3 helu byłoby nieco mniej niż 10% masy Wszechświata, przy gęstości 10^{-27} g/cm^3 byłoby go około 30%. Najsilniej zależy od obecnej gęstości zawartość deuteru: przy 10^{-32} g/cm^3 byłoby go 1% masy, przy 10^{-30} g/cm^3 — 10^{-5} masy, przy 10^{-29} g/cm^3 — mniej niż 10^{-12} masy. Im większa gęstość, tym szybciej deuter zużywa się w reakcjach syntezy helu.

Obserwacje astronomiczne potwierdzają wniosek, że około 25% masy materii w naszej okolicy Wszechświata powinien stanowić hel. Gwiazdy oraz obłoki materii mieędzygwiazdowej wykazują mniej więcej taką samą zawartość helu. Są to obiekty o całkiem odmiennej strukturze i historii, co świadczy o tym, że hel musiał powstać przed ich utworzeniem, a nie wewnątrz nich w wyniku ich indywidualnej ewolucji.

Fakt, że synteza jąder cięższych do litu jest we wczesnym Wszechświecie niemożliwa, wydawał się z początku być porażką teorii. Była to jednak ważna wskazówka, którą wykorzystano później. Dalsza synteza złożonych jąder atomowych następuje w gwiazdach, o czym napiszemy dalej. Dla każdego przyrodnika fakt, że teoria zmusiła nas do zaakceptowania wyniku odwrotnego niż oczekiwaliśmy, jest optymistycznym potwierdzeniem obiektywizmu wiedzy przyrodniczej. W fizyce nie da się narzucić ludziom wiary w nieprawdziwe stwierdzenia.

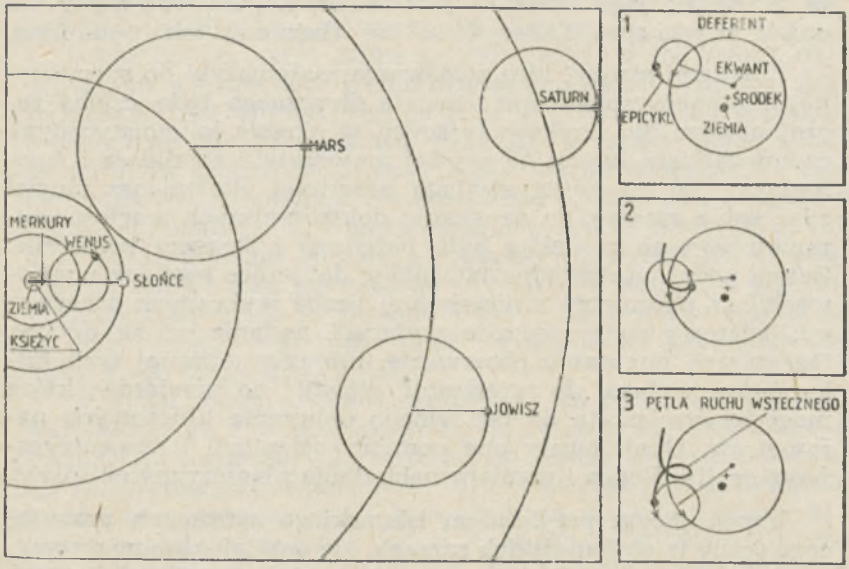
OWEN GINGERICH — Cambridge, Mass. USA

ASTRONOMIA ISLAMU (II)

Ptolemejska teoria — dopracowywanie szczegółów

Przewaga arabskich nazw wśród gwiazd może prowadzić do błędnego wniosku, że astronomowie islamscy wykonywali gruntowne badania nieba. Przeciwnie, ich obserwacje były dość

ograniczone. Na przykład, efektowna supernowa (wybuch gwiazdy) z roku 1054, która utworzyła Mgławicę Krab, nie została zanotowana w islamskich tekstach, mimo że wzmianki o jej zjawieniu się były powszechne w Chinach. Dzisiejsi astronomowie uderzeni tą rażącą luką często nie zdają sobie sprawy z tego, że islamscy astronomowie zaniedbywali dokumentację większości charakterystycznych zjawisk astronomicznych. Mieli ku temu mało bodźców. Ich astrologia, w przeciwieństwie do chińskiej, nie zależała tak bardzo od niezwykłych znaków na niebie — ważne w niej były położenia planet, a te całkiem dobrze opisywała teoria Ptolemeusza.



Rys. 1. Ptolemeusz umieścił w swoim systemie Słońce, Księżyc i planety na orbicie wokółziemskiej. Księżyc i pięć znanych planet biegło po dodatkowych okręgach zwanych epicyklami, których środki poruszały się po większych okręgach zwanych deferentami. Epicykle odtwarzały pozorny ruch wsteczny planet (patrz rysunki po prawej stronie). Jednakże nawet poza pętlami ruchu wstecznego prędkość orbitalna planety zmienia się. Ptolemeusz zastosował dwa dalsze geometryczne pomysły, by opisać ten niejednostajny ruch. Po pierwsze, uczynił deferenty niecentrycznymi, tj. przesunął ich środki poza Ziemię. Po drugie założył, że kątowy ruch planety jest jednostajny wokół ekwantu — punktu położonego po przeciwnej stronie środka deferentu niż Ziemia i w równej od niego odległości. Niektórzy islamscy astronomowie uważali, że ekwanty Ptolemeusza i jego niecentryczne deferenty są niewłaściwe z filozoficznego punktu widzenia.

Modele budowy układu planetarnego, które Ptolemeusz obmyślił w drugim wieku naszej ery, posiadały Słońce, Księżyc i planety poruszające się wokół Ziemi. Zwykła orbita kołowa nie mogła jednak wyjaśnić faktu, iż planety okresowo zdają się odwracać kierunek swego ruchu po niebie. (Zgodnie z nowoczesnym heliocentrycznym punktem widzenia ten wsteczny ruch występuje, gdy Ziemia wyprzedza lub jest wyprzedzana przez inną planetę w czasie swego ruchu wokół Słońca). Ptolemeusz umieścił zatem każdą planetę na epicyklu, który był obracającym się okręgiem o środku biegnącym wokół Ziemi po większym okręgu zwanym deferentem. Epicykl, razem z innymi geometrycznymi pomysłami Ptolemeusza, dawał dobre pierwsze przybliżenie pozornego ruchu planet na niebie. Będąc wielkim teoretykiem, Ptolemeusz musiał dobrze wiedzieć, że geometria jego modelów jest osobliwa, ponieważ nigdy nie opisał, w jaki sposób zdecydował się właśnie na taką a nie inną.

Z drugiej strony, idea stosowania matematyki do specyficznego, numerycznego opisu świata fizycznego była czymś raczej nowym dla Greków żyjących w okresie hellenistycznym, czymś całkiem innym od czystej matematyki Euklidesa i Apoloniusza. W tej części swojego programu Ptolemeusz musiał zdać sobie sprawę, że uzyskanie dokładniejszych wartości parametrów jego modelów było pożądane i zarazem konieczne. Zatem podał on dokładne instrukcje dotyczące tego jak wyprowadzić te parametry z niewielkiej liczby wybranych obserwacji. Islamscy astronomowie wykonali zadanie aż za dobrze. Ograniczyli oni swoje obserwacje, lub przynajmniej tych kilka, które wybrali do rejestracji, głównie do pomiarów, które mogłyby być użyte do ponownego obliczenia kluczowych parametrów. Obejmowały one pomiary orientacji i ekscentryczności orbity Słońca i pomiary nachylenia płaszczyzny ekliptyki.

Imponującym przykładem islamskiego astronoma pracującego ściśle w ptolemejskich ramach, ale ustalającego nowe wartości parametrów Ptolemeusza, był Muhammad al-Battani, współczesny, choć nieco młodszy od Thabita ibn Qurra. Al-Battaniego *Zig* (Tablice astronomiczne) są wciąż podziwiane jako jedna z najważniejszych prac astronomicznych pomiędzy czasami Ptolemeusza a czasami Kopernika. Między innymi, al-Battani był w stanie ustalić położenie orbity Słońca (co jest równoważne we współczesnych pojęciach znalezieniu położenia orbity ziemskiej) z większym powodzeniem, niż udało się to Ptolemeuszowi.

Ponieważ al-Battani nie opisał swoich obserwacji w szczegółach, nie jest jasne, czy przyjął on strategię obserwacyjną inną niż Ptolemeusz. W każdym razie jego wyniki były dobre, a po upływie wieków wyznaczone przez niego parametry orbity słonecznej były szeroko znane w Europie. Dzieło *Zig* znalazło się najpierw w Hiszpanii. Tam zostało przetłumaczone na łacinę na początku XII wieku i na kastylijski w nieco ponad 100 lat później. Fakt, że przetrwał tylko jeden arabski manuskrypt (w bibliotece Escorial w pobliżu Madrytu) sugeruje, że astronomia al-Battaniego nie była tak wysoce ceniona w islamie jak w Europie, gdzie nadejście wynalazku druku zapewniło jej przetrwanie, a w szczególności umożliwiło dostęp do tej pracy Kopernikowi i jego współczesnym. W *De revolutionibus orbium celestium* („O obrotach sfer niebieskich") polski astronom wymienia nazwisko swojego muzułmańskiego poprzednika z IX wieku nie mniej niż 23 razy.

Odmienna sytuacja istniała, jeśli chodzi o jednego z największych astronomów średniowiecznego islamu Ali ibn Abd ar-Rahman ibn Yunusa. Był on zupełnie nieznany europejskim astronomom epoki Renesansu. Pracując w Kairze jedno stulecie po al-Battanim, ibn Yunus napisał ważny podręcznik astronomiczny — *Hakimi Zig*. W odróżnieniu od innych astronomów arabskich, opatrzył to dzieło wstępem w postaci serii ponad 100 obserwacji, głównie zaćmień i koniunkcji planet. Chociaż podręcznik ibn Yunusa był szeroko używany w islamie, a jego tablice rachuby czasu przetrwały i były stosowane w Kairze aż do XIX wieku, jego praca stała się znana na Zachodzie dopiero przed niespełna 200 laty.

W ciągu całego okresu islamskiego astronomowie pozostawali bezpiecznie w geocentrycznych ramach. Nie powinniśmy oceniać ich za to zbyt surowo. Aż do teleskopowych obserwacji faz Wenus, wykonanych w 1610 roku przez Galileusza, nie można było przedstawić obserwacyjnego dowodu przeciw systemowi ptolemejskiemu. Nawet obserwacje Galileusza nie mogły dać rozstrzygnięcia pomiędzy geo-heliocentrycznym systemem Tychona Brahe (w którym inne planety biegną wokół Słońca, ale Słońce obiega Ziemię), a czysto heliocentrycznym systemem Kopernika. Ponadto, chociaż islamscy astronomowie stosowali się do zalecenia Ptolemeusza, by sprawdzać jego rezultaty, nie ograniczali się do ulepszania podanych przez niego wartości parametrów. Techniczne szczegóły jego modelów nie były wolne od krytyki. Ataki prowadzono jednak niezmiennie na filozoficznej a nie na obserwacyjnej płaszczyźnie.

Wątpliwości wysuwane pod adresem Ptolemeusza

Modele Ptolemeusza były w gruncie rzeczy matematycznym systemem przewidywania położeń planet. A jednak w *Hipotezach planet* próbował on dopasowywać modele do pewnego systemu kosmologicznego, tj. do arystotelesowskiego schematu ściśle przylegających jedna do drugiej sfer o środkach w Ziemi. Najbliższy punkt drogi Merkurego umieścił on bezpośrednio za najodleglejszym punktem drogi Księżyca; bezpośrednio poza apogeum Merkurego leżało najbliższe położenie Wenus, i tak dalej poprzez sfery Słońca, Marsa, Jowisza i Saturna.

Dla odtworzenia obserwowanych na niebie niejednostajnych ruchów planet, Ptolemeusz zastosował dwa czysto geometryczne pomysły uzupełniające epicykl. Po pierwsze, umieścił okręgi deferentów niewspółśrodkowo z Ziemią. Po drugie, zrobił pomysłowe założenie, że ruch ciał niebieskich nie jest jednostajny ani wokół Ziemi, ani wokół środków ich deferentów, ale względem punktu zwanego ekwantem, położonego po przeciwnej stronie Ziemi względem środka deferentu i w takiej samej od niego odległości. Mimośrodowe deferenty i ekwanty dobrze się spisywały opisując zmienne prędkości, z którymi planety poruszają się po sklepieniu nieba, ale dla niektórych ludzi były filozoficznie nie do przyjęcia.

Ekwant w szczególności budził sprzeciw filozofów, którzy myśleli o sferach planetarnych jako o rzeczywistych obiektach fizycznych, gdzie każda sfera poruszana jest przez zewnętrzną (a najbardziej zewnętrzna jest poruszana przez „primum mobile"), i którzy chcieli mieć możliwość skonstruowania mechanicznego modelu tego systemu. Dla przykładu, jak zostało zauważone przez Majmónidesa, żydowskiego uczonego z XII wieku, który pracował w Hiszpanii i w Kairze, punkt ekwantu Saturna przypadał dokładnie na sfery Merkurego. To było bardzo niefortunne z mechanicznego punktu widzenia. Ponadto ekwant łamał filozoficzne wyobrażenie, że ciała niebieskie powinny być poruszane przez układ doskonałych kół, z których każde powinno obracać się ze stałą prędkością kątową wokół swojego środka. Dla niektórych purytan nawet ptolemejskie mimośrodowe deferenty, które usuwały Ziemię ze środka rzeczy, były filozoficznie niezadowalające.

Islamscy astronomowie zastosowali ptolemejsko-arystotelesowską kosmologię, ale w końcu zaczęli ją krytykować. Jednym z pierwszych wątpiących był ibn al-Haytham (Alhazen), wybitny fizyk z XI-wiecznego Kairu. W swoich *Wątpliwościach*

dotyczących Ptolemeusza uskarżał się, że ekwant nie spełnił żądania jednostajnego ruchu kołowego i posunął się aż do stwierdzenia, że modele planetarne *Almagestu* są błędne.

Tylko jedna z astronomicznych prac ibn al-Haythama, książka zatytułowana *O układzie świata* przedostała się do łacińskiej Europy w średniowieczu. Próbował w niej odnaleźć fizyczną rzeczywistość leżącą u podstaw ptolemejskich modeli matematycznych. Wyobrażając sobie niebo w postaci koncentrycznych sfer i powłok, próbował on przypisać pojedyncze sferyczne ciało każdemu z prostych ruchów *Almagestu*. Praca została przetłumaczona na kastylijski na dworze Alfonsa X Mądrego, a z początkiem XIV wieku z kastyliskiego na łacinę. Ta wersja lub łacińskie tłumaczenie jednego z popularyzatorów ibn al-Haythama miała duży wpływ na wczesnorenesansową Europę. Koncepcja odzielnych sfer niebieskich dla każdej składowej ptolemejskich ruchów planetarnych stała się aktualna za sprawą dzieła *Theoretica novae planetarum*, napisanego przez wiedeńczyka Georga Peurbacha około 1454 roku.

Tymczasem, w XII wieku, w zachodnim, islamskim regionie, Andaluzji, astronom i filozof ibn Rušd (Awerroes) stopniowo rozwinął idącą nieco dalej krytykę Ptolemeusza. „Utrzymywać, że istnieją mimośrodowe sfery lub sfery epicykliczne jest sprzecznym z naturą...," — pisał. „Dzisiejsza astronomia nie oferuje prawdy, zgadza się jedynie z rachunkami a nie z tym, co istnieje." Awerroes odrzucił ptolemejskie mimośrodowe deferenty i skłaniał się ku ściśle koncentrycznemu modelowi wszechświata.

Współczesny mu Andaluzyjczyk, Abu Ishaq al-Bitrugi usiłował rzeczywiście sformułować taki ściśle geocentryczny model. Wyniki były fatalne. Dla przykładu, w systemie al-Bitrugiego Saturn mógł w odpowiedniej sytuacji oddalać się od ekliptyki aż na odległość 26 stopni (zamiast wymaganych trzech stopni). Co się tyczy widomych ruchów planet, które skłoniły Ptolemeusza do propozycji ekwantu, zostały one zupełnie zignorowane. Przytaczając słowa dzisiejszego komentatora, al-Bitrugi „nagromadza chaos na bałaganie". Niemniej jednak, na początku XIII wieku jego praca została przetłumaczona na łacinę pod imieniem Alpetragius i od ok. 1230 roku jego idee były szeroko dyskutowane w Europie. Nawet Kopernik cytował jego porządek planet, umiejscawiając Wenus za Słońcem.

Z nowatorską krytyką ptolemejskich mechanizmów wystąpił w XIII wieku na drugim końcu świata islamskiego Nasir ad-Din at-Tusi. Był jednym z najbardziej płodnych islamskich

Rys. 2. System podwójnych epicykli zaproponowany w wieku XIV przez Ibn aš-Šatira eliminował ekwanty Ptolemeusza — Słońce, Księżyc i planety biegły wokół Ziemi po koncentrycznych orbitach. Powyższy diagram, pochodzący z manuskryptu znajdującego się obecnie w Oxfordzie, pokazuje położenie Księżyca.

uczonych, posiadającym wielką i zróżnicowaną wiedzę. Przypisuje się mu 150 znanych dzieł i listów; zbudował także duże obserwatorium w Maraga w Iranie.

At-Tusi uważał, że wprowadzenie pojęcia ekwantu jest szczególnie niezadowalające. W swoim *Tadhkira* (Przypomnienie) zastąpił ekwant przez dodanie dwu dodatkowych epicykli do modelu orbity każdej planety. Za pomocą tej pomysłowej konstrukcji był w stanie osiągnąć swój cel wygenerowania niejednostajnego ruchu planet poprzez kombinację jednostajnie rotujących okręgów. Środki deferentów były jednakże wciąż przesunięte poza Ziemię. Dwóch innych astronomów: Muayad ad-Din al-Urdi i Qutb ad-Din aš-Širazi, zaoferowało alternatywny układ, ale ich system także zachowywał filozoficznie niepożądaną niewspółśrodkowość.

W końcu, zupełnie koncentryczne przeporządkowanie planetarnych mechanizmów zostało uzyskane przez Ibn aš-Šatira, który pracował w Damaszku w ok. 1350 roku. Przez użycie schematu pokrewnego at-Tusi'emu, ibn aš-Šatir osiągnął sukces w eliminacji nie tylko ekwantu, ale także pewnych innych niepożądanych okręgów z konstrukcji Ptolemeusza. W ten sposób oczyścił on drogę do wypełniającego świat bez reszty i mechanicznie akceptowalnego układu sfer niebieskich. (Opisał swoją pracę następująco: „Znalazłem, iż najbardziej poważani z astronomów dostarczyli bezspornych dowodów przeciw ogólnie znanej astronomii sfer zgodnej z Ptolemeuszem. Prosiłem zatem Boga Wszechmogącego, by dał mi natchnienie i pomógł mi wynaleźć modele, które osiągnęłyby to co było pożądane, i Bóg — niech będzie wysławiany i wychwalany — uczynił mnie zdolnym do obmyślenia ogólnych modelów ruchów planetarnych, w długości i szerokości niebieskiej, i wszystkich innych obserwowalnych cechach ich ruchów, modele wolne od wątpliwości otaczających te wcześniejsze."). A jednak, rozwiązanie aš-Šatira, wraz z pracą astronomów z Maraga, pozostało ogólnie nieznane w średniowiecznej Europie.

Wpływ na Kopernika?

Zapomniany model aš-Šatira został ponownie odkryty w końcu lat pięćdziesiątych naszego stulecia przez E. S. Kennedy'ego i jego studentów w Amerykańskim Uniwersytecie w Bejrucie. Odkrycie to wyłoniło ciekawy problem. Szybko zdano sobie sprawę, że wynalazki ibn aš-Šatira i z Maraga były tego samego typu co użyte przez Kopernika kilka stuleci później dla

wyeliminowania ekwantu i otrzymania zawiłych zmian położenia orbity Ziemi. Kopernik, oczywiście przyjął układ heliocentryczny, jednak problem wyjaśnienia powolnych, ale regularnych zmian w szybkości orbitalnej planet pozostał dokładnie ten sam. Ponieważ Kopernik zgadzał się z filozoficznymi zastrzeżeniami co do ekwantu — podobnie jak jego islamscy poprzednicy, najwidoczniej wierzył, że ruchy niebieskie były powodowane przez fizyczne, krystaliczne sfery — on także starał się zastąpić pomysł Ptolemeusza. W przygotowawczej pracy *Commentariolus*, posłużył się układem równoważnym układowi ibn aš-Šatira. Później, w *De revolutionibus* powrócił do użycia niecentrycznych orbit, przyjmując model, który był heliocentrycznym odpowiednikiem modelu rozwijanego w Maraga.

Czy Kopernik mógł być pod wpływem astronomów z Maraga lub aš-Šatira? Nie znaleziono łacińskiego tłumaczenia żadnej z ich prac i naprawdę żadnej pracy opisującej ich modele. Jest możliwe, że Kopernik widział arabski manuskrypt podczas studiów we Włoszech (od 1496 roku do 1503) i miał jego tłumaczenie, ale wydaje się to mało prawdopodobne. Ustalono, że greckie tłumaczenie pewnych materiałów at-Tusi'ego dotarło do Rzymu w XV wieku (wiele greckich manuskryptów wywieziono na Zachód po upadku Konstantynopola w 1453 roku), ale nie ma dowodu na to, że Kopernik kiedykolwiek je widział.

Uczeni nie są dzisiaj jednomyślni, jeśli chodzi o to, czy Kopernik otrzymał swoją metodę zastąpienia ekwantu jakąś nieznaną drogą ze świata islamskiego, czy znalazł ją samodzielnie. Osobiście wierzę, że mógł ją wymyślić niezależnie.

Niemniej jednak, cała idea krytykowania Ptolemeusza i eliminowania ekwantu jest częścią klimatu odziedziczonego przez łaciński Zachód po islamie. Islamscy astronomowie byliby prawdopodobnie zdumieni i nawet przerażeni rewolucją zapoczątkowaną przez Kopernika. A jednak, jego motywy nie były całkowicie różne od ich motywów. Eliminując ekwant, a nawet umieszczając planety na orbicie wokółsłonecznej, Kopernik po części usiłował sformułować mechanicznie funkcjonalny układ, taki, który dawałby nie tylko matematyczną reprezentację, ale także pewne fizyczne wyjaśnienie ruchów planetarnych. W głębokim sensie po prostu opracowywał on konsekwencje astronomii zapoczątkowanej przez Ptolemeusza, lecz przekształconej przez islamskich astronomów. Dzisiaj to dziedzictwo należy do całego świata nauki.

tłumaczyli: Paweł i Bogumiła Turkowscy

KRONIKA

Bruzdy Phobosa

Najbardziej pospolitymi utworami topograficznymi Phobosa są bruzdy o przeróżnej formie i wielkości. Pod tym względem nie ma on odpowiednika w całym Układzie Słonecznym, toteż nie należy się zbytnio dziwić, że wielu planetologów od lat poświęca się badaniu natury tych niezwykłych tworów. Na temat ich pochodzenia toczone są ożywione dyskusje, powstało też wiele różnych hipotez, chociaż jak dotąd ani jedna z nich nie wyjaśnia wszystkiego do końca. Zresztą różnice między poszczególnymi badaczami ujawniają się już w sposobie opisu bruzd Phobosa, bo niektórzy na przykład uważają je za zwyczajne szczeliny w skorupie księżyca, drudzy natomiast widzą w nich zerodowane łańcuszki wtórnych kraterów. Być może — jak to wykazują najnowsze badania — oba poglądy są w jakimś stopniu poprawne.

Od lat tajemniczymi tworami Phobosa zajmuje się E. Illés i A. Horváth z Obserwatorium im. N. T. Konkoly'ego w Budapeszcie. Węgierscy astronomowie poddali wnikliwej analizie zdjęcia otrzymane w roku 1976 za pomocą sond Viking i na tej podstawie doszli do wniosku, iż na powierzchni omawianego księżyca występują bruzdy różnych typów, a — biorąc pod uwagę ich wielkość i ogólny wygląd — można je podzielić na trzy wyraźne grupy. Do pierwszej grupy zaliczają bruzdy najgłębsze (ich głębokość dochodzi do 100 m), najszersze mają od 500 do 1000 m szerokości) i zarazem najdłuższe (niekiedy ciągną się na odległość 20 km). Bruzdy te są rozłożone koncentrycznie wokół olbrzymiego krateru Stickney (10 km średnicy) i nie ulega chyba najmniejszej wątpliwości, że genetycznie są z nim związane. Krater ten powstał bowiem w wyniku zderzenia Phobosa ze stosunkowo dużym meteorytem, co dla niewielkiego księżyca (nieregularna bryła skalna o rozmiarach 27 × 21,4 × 19,2 km) mogło mieć fatalne następstwa. W każdym razie śladem tego dramatycznego wydarzenia jest nie tylko wspomniany wyżej krater, ale i otaczające go bruzdy. Pośrednio — być może — z wydarzeniem tym związane są także bruzdy zaliczane do drugiej grupy, w porównaniu z poprzednimi znacznie płytsze i nieco węższe (ich szerokość wynosi od 200 do 400 m). Z powodzeniem mogą to być łańcuszki kraterów wtórnych, które wybite zostały przez bryły skalne wyrzucone podczas formowania się krateru Stickney. Wiadomo przecież, że przyciąganie grawitacyjne Phobosa jest bardzo małe (kamień wyrzucony ręką człowieka stojącego na jego powierzchni odleciałby w przestrzeń kosmiczną), toteż wyrwane z wnętrza powstającego krateru okruchy skalne zaczęły poruszać się po orbicie okołomarsjańskiej, lecz po jakimś czasie zderzały się z księżycem i wybijały w jego skorupie kratery tworzące łańcuszki. Dlatego właśnie bruzdy zaliczane do drugiej grupy są równoległe do płaszczyzny orbity Phobosa.

Ale jakie jest pochodzenie bruzd zaliczanych przez Illésa i Horvatha do trzeciej grupy? Są one najmniejsze i najpłytsze (ich głębokość nie przekracza 5—10 m), lecz jednocześnie najbardziej regularne i przede wszystkim najliczniejsze. Występują prawie na całej powierzchni Phobosa za wyjątkiem dwóch niewielkich obszarów, które pokryte są grubą warstwą pyłu. Jeden z nich znajduje się na zachód od krateru Stickney, drugi po przeciwnej stronie księżyca. Genezy tych bruzd na razie nie znamy, chociaż węgierscy astronomowie sądzą, iż są one przejawem warstwowej budowy Phobosa. Tam, gdzie na powierzchnię księżyca wydostała się warstwa litej skały, obserwujemy dziś podłużny

grzbiet górski. Natomiast w miejscach, w których wydostała się warstwa sypkiego materiału, z czasem powstały płytkie rowki. Dobrze — ktoś zapyta — ale jak wytłumaczyć warstwową budowę Phobosa? Przecież na ciałach tej wielkości nie mogą przebiegać procesy dyferencji skał i wobec tego należałoby przyjąć, że jest on jedynie częścią jakiejś większej protoplanety, która oczywiście się rozpadła. A ponieważ Phobos istnieje już co najmniej 3,4 miliarda lat, owa hipotetyczna planeta musiałaby mieć bardzo krótki żywot. Co się jednak z nią stało i gdzie obecnie znajdują się pozostałe jej części? Czy należy szukać szczątków owej protoplanety w pasie planetoid?

Wg *Kozmos* 1988, 19, 187 *STANISŁAW R. BRZOSTKIEWICZ*

Pluton ma atmosferę

W lipcu 1988 r. nastąpiło zakrycie przez Plutona jednej z odległych gwiazd. Dało to możliwość wykonania obserwacji pozwalających uściślić wyobrażenia o najdalszej planecie Układu Słonecznego. Obserwacje można było prowadzić tylko z południowej półkuli.

Uczestniczyli w nich pracownicy obserwatoriów w Brisbane (Australia), Auckland i Black Berg (Nowa Zelandia), a także grupy ekspedycyjne astronomów amerykańskich z Obserwatorium Lowella (Flagstaf, Arizona) i Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, Massachusetts). Ku zdziwieniu obserwatorów, światło gwiazdy zniknęło nie od razu, a stopniowo. Świadczy to o tym, że zasłaniający gwiazdę Pluton ma gazową otoczkę rozpraszającą przechodzące przez nią promieniowanie. Charon — odkryty niedawno księżyc Plutona — w momencie obserwacji zajmował takie położenie w przestrzeni, że nie mógł przeszkadzać przechodzeniu światła gwiazdy. Do niedawna uważano, że przy niewielkich rozmiarach (średnica ok. 2400 km, tj. mniej więcej 2/3 średnicy Księżyca) Pluton nie jest zdolny swoim przyciąganiem utrzymać jakiejś zauważalnej otoczki gazowej. Pierwsze dowody istnienia atmosfery otrzymano wcześniej, za pomocą satelity IRAS obserwującego w podczerwieni, ale wymagały one niezależnego potwierdzenia, które otrzymano właśnie teraz. Na razie nie jest jasne, jak daleko od powierzchni planety rozciąga się jej gazowa otoczka. Wiadomo jednak, że atmosfera ma właściwości pochłaniania światła gwiazd przy ciśnieniach dochodzących do milionowych części tego, które występuje na powierzchni Ziemi. Według opinii J. Elliota (MIT) atmosfera Plutona rozciąga się na setki kilometrów, chociaż w znacznej części jest ona bardzo rozrzedzona. Analiza otrzymanych danych trwa. Porównanie intensywności docierającego w różnych momentach światła pokaże, jak zmienia się gęstość atmosfery Plutona wraz z wysokością.

Wg *Priroda* nr 3/1989 *PAWEŁ SOBOTKO*

PORADNIK OBSERWATORA

Projekt Komisji Gwiazd Podwójnych S.A.F.*
Produkcja seryjna dwuobrazowego mikrometru Lyota i Camichela

Obserwator może podjąć poszukiwania nowych gwiazd podwójnych stosując np. metodę zaproponowaną przez Paula Mullera. Do badań gwiazdy podwójnej potrzebny jest instrument pomiarowy zwany mikrometrem. Przyrząd ten umożliwia obserwatorowi wyznaczenie dwóch współrzędnych ϱ i Θ, które określają pozycję względną drugiej gwiazdy

* Société Astronomique de France — Francuskie Towarzystwo Astronomiczne.

w odniesieniu do głównej w układzie pomiarowym z kierunkiem północnym wyróżnionym jako początkowy. Jakość pomiarów zależy nie tylko od jakości mikrometru i wprawy obserwatora, lecz również od jakości optyki użytego instrumentu i od niepokoju atmosfery.

Jakkolwiek wytwórnie przyrządów astronomicznych proponują wielki wybór takich akcesoriów jak okulary, pryzmaty, filtry, helioskopy Herschela, to mikrometrów można znaleźć na rynku bardzo niewiele. Aby udostępnić miłośnikom pomiary gwiazd podwójnych, Komisja Gwiazd Podwójnych Francuskiego Towarzystwa Astronomicznego zdecydowała się poprzeć projekt produkcji seryjnej pewnego mikrometru.

Od czasu odkrycia przez Herschla ruchu względnego składników gwiazd podwójnych używano mikrometrów szeregu typów; są one opisane np. w książce Paula Couteau (1). Najczęściej używane przez astronomów są mikrometry nitkowe, lecz przepołowienie obrazu gwiazdy nitką jest przy ocenianiu rzeczą nadzwyczaj delikatną, do tego stopnia, że mikrometrów tego typu nie należy polecać amatorom przy instrumentach o krótkiej ogniskowej. Rzadko używane mikrometry korzystające z gwiazd nawiązania — nie utrzymały się. Mikrometry interferencyjne i mikrometr Duruy'a z siatką dyfrakcyjną umieszczane są przed instrumentem i mają rozmiary, które zależą od jego średnicy, co zupełnie przekreśla produkcję seryjną; a z drugiej strony — mikrometry te w istotny sposób przysłaniają padającą wiązkę promieni świetlnych.

Pozostają mikrometry o podwójnym obrazie. W dwuobrazowym mikrometrze Paula Mullera użyto dwóch sklejonych pryzmatów kwarcowych. W mikrometrze Lyota i Camichela jest zastosowany tylko jeden składnik optyczny, płytka ze szpatu o powierzchniach czołowych równoległych. Komisja wybrała mikrometr Lyota i Camichela opierając się na zdaniu Paula Couteau, który na jego temat napisał (1): „Mikrometr ten, nadzwyczaj prosty w wykonaniu, zasługiwałby na szerokie rozpowszechnienie, umożliwia on bardzo dokładne pomiary".

Fot. 1. Zdjęcie prototypu mikrometru Lyota-Camichela (foto G. Farroni).

W mikrometrze Lyota i Camichela, podwójny obraz powstaje dzięki dwójłomności płytki ze szpatu, krojonej w taki sposób, by oś symetrii kryształu była równoległa do płaszczyzn czołowych. Pochylając płytkę w wiązce padającej, rozdziela się załamane promienie, zwyczajny i nadzwyczajny. Wpływając w ten sposób na położenie płytki (nachylenie i obrót) można zmieniać orientację i odstęp obydwu obrazów każdego składnika gwiazdy podwójnej. Można zatem otrzymać cztery obrazy tworzące kwadrat, bądź też współliniowe i równoodległe. Znając prawo zmieniania się odstępu załamanych promieni wraz z nachyleniem płytki (2) można otrzymać z pomiaru tego nachylenia wartość odległości kątowej składników pary. Z pomiaru kąta obrotu płytki, kiedy cztery obrazy tworzą figurę opisaną wyżej, otrzymuje się kąt pozycyjny. Zasadę tego mikrometru i posługiwania się nim przedstawili szczegółowo René Huret (2) i Jean-Louis Agati (3).

Odległości kątowe dające się mierzyć tym mikrometrem są zawarte między zdolnością rozdzielczą instrumentu a $\varrho_{max} = 10917 \cdot e/F$, gdzie e jest grubością płytki szpatu, a F równoważną odległością ogniskową; przy płytce o grubości 4 mm i równoważnej odległości ogniskowej 5400 mm można mierzyć odległości kątowe aż do 8 sekund łuku. Jeśli są dobre warunki atmosferyczne, to przy lunecie o średnicy 300 mm można ocenić niepewność obciążającą pomiar odległości kątowej rzędu 5″ na 0,″05.

Prototyp mikrometru z płytką szpatową, wykonany pod kierunkiem Jeana-Louisa Agatiego został wypróbowany zarówno przez grupę członków Komisji jak i przez hiszpańskich miłośników astronomii. Próby te pozwoliły zatwierdzić wybór mikrometru z płytką szpatową i usprawnić projekt w zakresie części mechanicznej.

Mikrometr ten, o masie w przybliżeniu 500 gramów, można zamontować na wszystkich instrumentach, których wyciąg okularowy ma obejmę większą lub równą 29 mm. Jest rzeczą konieczną, by montaż instrumentu był bardzo stabilny i by wyciąg okularowy nie wykazywał luzów. Przy teleskopach Newtona należy zainstalować soczewkę rozpraszającą Barlowa, by skompensować, wprowadzoną przez mikrometr, dodatkową drogę optyczną rzędu 83 mm. Polecamy urządzenie powiększające Barlowa o ogniskowej $f' = -113{,}4$ mm, produkowane przez firmę Clave (9, rue Olivier Métra, F-75020 PARIS, France) z oznaczeniem réf. 45-11.

Mikrometru z płytką szpatową można używać rónwież do pomiarów widomych średnic planet (4).

Produkcja seryjna zostanie uruchomiona z chwilą, gdy ostateczny projekt mikrometru uzyska kwalifikację. Kontrola optyczna i mechaniczna wytwarzanych egzemplarzy będzie zapewniona przez Gino Farroniego.

Zainteresowani astronomowie zawodowi i amatorzy są proszeni o skontaktowanie się z którąś z osób wymienionych poniżej:

Jean-Louis Agati	5, Avenue du Grésivaudan F-38130 ECHIROLLES, Francja;
Gino Farroni	11, rue Puits Coellier F-37550 SAINT-AVERTIN, Francja;
René Huret	11, due des Larris Grogneul par Saint-Piat F-28130 MAINTENON, Francja;
Edgar Soulié	„Les Dryades" 19, Avenue Salengro F-92290 CHATENAY-MALABRY, Francja;

Literatura:
(1) Paul Couteau, L'observation des étoiles doubles visuelles, Flammarion, Paris 1978, s. 67.
(2) René Huret, Biréfringence des cristaux. Principe et réalisation du micromètre à double image de Bernard Lyot, Bulletin intérieur de la Commission des Etoiles Doubles, numéro 10, premier semestre 1985.
(3) Jean-Louis Agati, Micromètre à lame de spath, Bulletin intérieur de la Commission des Étoiles Doubles, numéro 15, octobre 1987.
(4) Audouin Dollfus, L'observation à la Tour Eiffel du passage de Mercure devant le soleil pour la mesure de son diamètre, L'Astronomie, septembre 1954, s. 337—345.

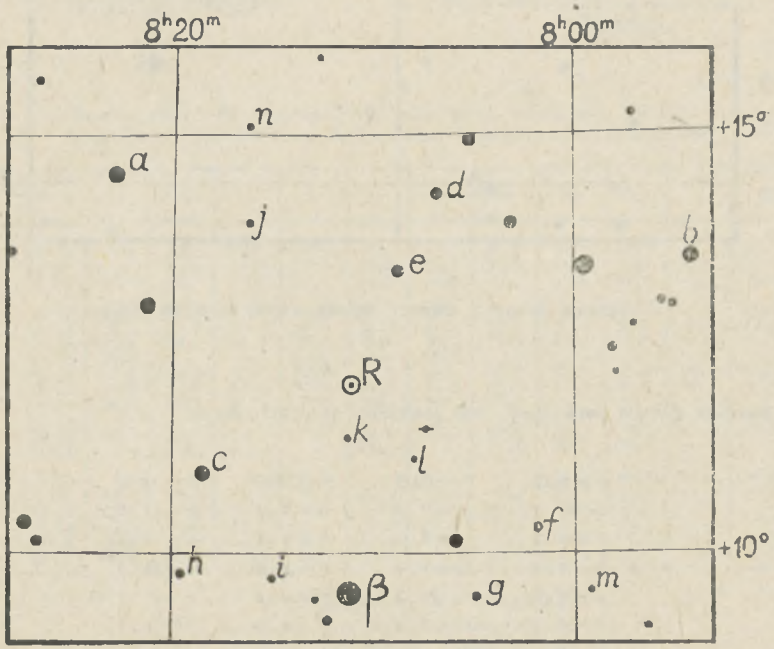
EDGAR SOULIE-CHATENAY — Malabry, Francja
tłumaczył J. Mietelski

Obserwujmy gwiazdy zmienne długookresowe

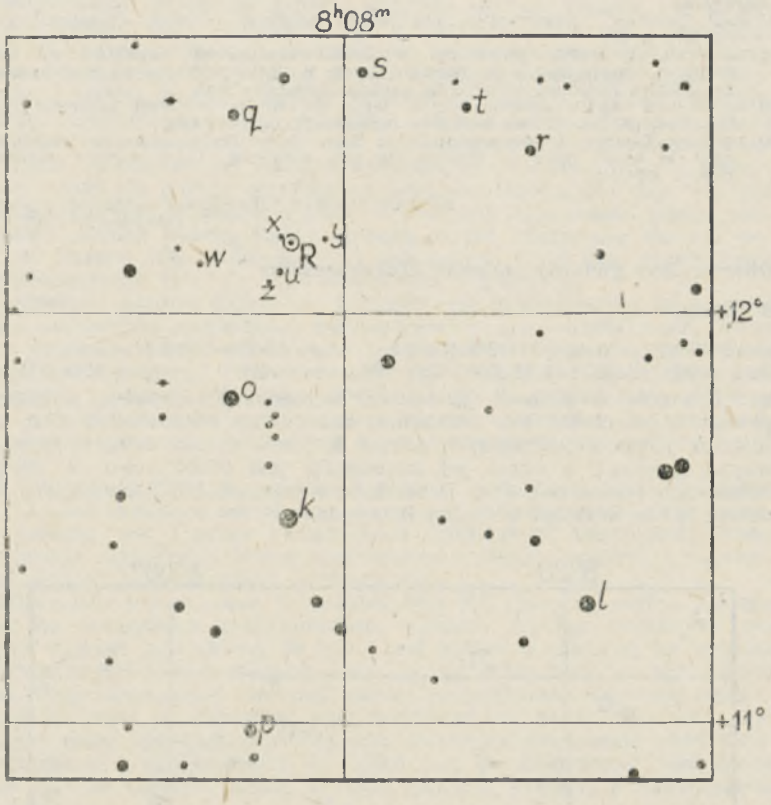
R Cancri

$\alpha = 8^h34^m9^s$, $\delta = +11°52'9$ (1950.0), $A = 6^m07—11^m8$ V
Max = JD 2444231 + 361^{d}60 · E, $M - m = 0.47$, Sp = M6e—M9e

Mniej więcej w połowie odległości pomiędzy Procyonem, a gromadą gwiazd Praesepe (M 44), dokładniej zaś 2°5 na północ od β Cnc, znajduje się jedna z jaśniejszych miryd R Cnc. Posiada dość symetryczną krzywą jasności, a okres jej zmienności jest bliski roku. W średnim maksimum osiąga ona 6^m8, w średnim minimum 11^m2. Najbliższe maksimum R Cnc wystąpi w końcu listopada.



Mapka okolic R Cancri. Epoka współrzędnych 1900.0.



Mapka okolic R Cancri. Epoka współrzędnych 1855.0.

Jasności gwiazd porównania (na podstawie *AAVSO Chart*).

a = 5m9	h = 6m9	n = 7m5	t = 9m9
b = 6 . 2	i = 7 . 0	o = 7 . 7	u = 10 . 2
c = 6 . 3	j = 7 . 1	p = 8 . 6	w = 10 . 5
d = 6 . 4	k = 7 . 3	q = 8 . 9	x = 10 . 8
e = 6 . 5	l = 7 . 3	r = 9 . 3	y = 11 . 1
f = 6 . 8	m = 7 . 4	s = 9 . 5	z = 11 . 4
g = 6 . 9			

JERZY SPEIL

Zakrycia gwiazd przez Księżyc widoczne w Polsce w IV kwartale 1989 roku

Tabela 1.

Zakrycia gwiazd przez Księżyc widoczne w Polsce
w IV kwartale 1989 r.

Dane ogólne

Data UT		Gwiazda	Nr ZC	Jasn.	Zj.	P	T	A_K	H_K	H_S	Faza Ks.
X	22^d03^h	35 Cnc	1282	6.6	RD	230°	35° S	-35°	55		44-
	23 01	237 B. Cnc	1365	6.5	RD	230	30 S	-80	25		35-
	26 02	ω Leo	1605	4.5	RD	290	90 S	-80	5		11-
XI	6 17	114 B. Cap	3105	6.2	DD	65	85 N	+ 5	20		51+
	13 18	17 Tau (Electra)	0537	3.8 S	RD	245	75 N	-80	40		99-
	13 19	20 Tau (Maja)	0541	4.0 S	RD	200	40 N	-75	40		99-
	13 19	23 Tau (Merope)	0545	4.2	RD	170	30 S	-80	45		99-
	13 19	η Tau (Alcjone)	0552	3.0 S	RD	195	50 S	-70	45		99-
	17 22	μ Cnc	1224	5.4	RD	275	85 S	-80	35		73-
	18 05	49 3. Cnc	1250	5.9	RD	350	25 N	+55	50	- 5	70-
	19 23	21 Leo	1448	6.7	RD	200	5 S	-90	15		52-
	23 03		X 18118	7.2	RD	335	45 N	-55	25		23-
	24 03	343 B. Vir	1845	6.5 W	RD	330	50 N	-40	10		16-
XII	5 14	167 G. Aqr	3322	6.4	DD	120	40 S	-20	30	- 5	45+
	5 18	67 Aqr	3334	6.3	DD	95	65 S	+30	23		47-
	16 01	4 Cnc (Asellus Austr.)	1310	4.2	RD	225	30 S	+ 5	55		86-
	22 03	496 B. Vir	1918	7.0	RD	285	85 S	-50	20		33-
	23 04		2027	7.2 W	RD	255	55 S	-30	15		21-
	25 05	1 Sco	2263	4.8 S	RD	0	5 N	-35	5	-10	8-

Oznaczenia:

Nr ZC - wg katalogu gwiazd zodiakalnych Robertsona oraz Supplementu USNO (ozn. X)
W, S - gwiazda podwójna wizualnie, spektroskopowo
RD - zakrycie przy ciemnym brzegu
RW - odkrycie przy ciemnym brzegu
P - kąt pozycyjny od bieguna

T - kąt pozycyjny od terminatora
A_K - azymut Księżyca
H_K - wysokość Księżyca
H_S - wysokość Słońca
Faza Księżyca - procent oświetlonej tarczy
+ faza rosnąca
- faza malejąca

Tabela 2.

Momenty zjawisk dla Poznania, Wrocławia, Łodzi, Grudziądza, Krakowa, Olsztyna, Warszawy, Krosna, Lublina oraz współczynniki przeliczeniowe

Data UT		Po	Wr	Łd	Gr	Kr	Ol	Wa	Ks	Lu	A	B
X	22^d03^h	$44^m.4$	$38^m.0$	$47^m.1$	$51^m.5$	$36^m.1$	$55^m.4$	$52^m.3$	$38^m.3$	$52^m.1$	-2.2	+4.3
	23 01	19.7	14.3	17.9	24.0	07.6	25.7	20.2	01.18	16.1	-0.3	+4.4
	26 02	47.8	46.4	47.6	49.1	45.8	49.8	48.5	45.9	47.9	-0.2	+1.1
XI	6 17	08.8	08.5	12.0	11.4	12.1	13.7	14.2	14.9	16.2	-1.4	+0.2
	13 18	58.3	56.1	58.2	60.9	55.3	62.0	59.6	55.2	58.4	-0.4	+1.7
	13 19	23.6	22.4	25.3	26.4	23.6	28.3	27.2	24.9	27.5	-0.9	+1.1
	13 19	61.7	-	-	63.5	-	59.7	-	-	-	-	-
	13 19	47.2	43.3	44.8	50.0	38.6	50.8	45.7	35.0	41.4	+0.3	+3.2
	17 22	52.8	51.1	53.5	55.3	51.3	56.8	55.2	52.1	55.0	-0.7	+1.4
	18 05	39.1	43.0	41.1	35.7	x	34.1	39.4	x	x	+0.1	-3.1
	19 23	-			11.19		16.6				-	-
	23 03	55.9	56.7	57.5	33.0	58.9	56.0	57.8	60.2	59.3	-0.4	-0.8
	24 03	-	x	x	x	05.6	x	05.6	06.2	06.2	-0.2	-0.2
XII	5 14	x	x	x	57.7	x	61.1	x	64.0	65.8	-2.9	-0.4
	5 18	13.9	15.8	18.4	15.7	21.2	17.8	20.3	25.9	24.2	-1.6	-1.2
	16 01	51.1	-	57.0	60.0	-	64.6	63.2	60.48	65.2	-	-
	22 03	52.7	51.7	55.3	55.7	54.6	57.9	57.6	56.9	59.0	-1.2	+0.7
	23 04	38.9	36.4	42.7	44.3	40.3	47.7	46.5	43.9	48.1	-2.0	+1.7
	25 05	38.8	40.1	37.5	34.5	39.9	-	33.4	39.1	33.2	-	-

B - zjawisko bliskie brzegowemu
x - zjawisko niedostrzegalne
- - zjawisko nie występuje

MAREK ZAWILSKI

OBSERWACJE

Komunikat nr 2/89 Sekcji Obserwacji Słońca PTMA

Wyniki obserwacji Słońca w marcu 1989 r. przysłało 8 obserwatorów: Marcin Betlej, Robert J. Bodzoń, Janusz Kosiński, Andrzej Pilski, Mariusz Strużyk, Robert Szaj, Mieczysław Szulc, Jerzy Ułanowicz. Łącznie wykonano 89 obserwacji w 30 dniach. Średnie dzienne względne liczby Wolfa w marcu 1989 r. wynoszą: 1. 117 (97), 2. ——, 3. 110 (108), 4. 67 (95), 5. 92 (88), 6. 113 (98), 7. 107 (94), 8. 121 (92), 9. 136 (124), 10. 120 (153), 11. 121 (150), 12. 107 (97), 13. 163 (132), 14. 136 (100), 15. 154 (121), 16. 184 (159), 17. 145 (180), 18. 161 (149), 19. 130 (120), 20. 174 (174), 21. 136 (122), 22. 170 (149), 23. 147 (154), 24. 152 (146), 25. 110 (114), 26. 108 (104), 27. 98 (101), 28. 95 (96), 29. 83 (90), 30. 70 (76), 31. 103 (128).

Średnia miesięczna względna liczba Wolfa w marcu 1989 r. wynosi 124.0 (119.8). Średnia względna liczba Wolfa z jednego obrotu Słońca (luty—marzec) wynosi 140,9 (146,1). Średnia względna liczba Wolfa z następnego obrotu Słońca (marzec) wynosi 127,3 (122,6). W nawiasach podane średnie liczone bez współczynników obserwatorów.

ANDRZEJ PILSKI

KRONIKA HISTORYCZNA

Knut Emil Lundmark (1889—1958)

Wybitny szwedzki astronom Knut Emil Lundmark urodził się 14 lipca 1889 r. w Elszby (Szwecja). Studia astronomiczne ukończył na Uniwersytecie w Uppsali. W 1913 r. objął stanowisko asystenta w najstarszym w Szwecji obserwatorium astronomicznym w Uppsali założonym w 1844 r., ale którego historia sięga jednak do początku wieku XVIII, do czasu Anresa Celsiusa (1701—1744). Doktorat uzyskał w 1920 r. W latach 1921—23 przebywa w Stanach Zjednoczonych pracując w Obserwatorium na Mt Wilson, w którym był już zainstalowany największy wówczas na świecie 2,5 m teleskop, oraz w Obserwatorium Licka, gdzie wspólnie z Edwinem Hubblem zajmował się znajdowaniem rozmiarów, mas i jasności absolutnych galaktyk. Po powrocie do kraju otrzymuje w 1929 r. nominację na profesora astronomii Uniwersytetu w Lund. Jednocześnie przyjmuje obowiązki dyrektora tamtejszego obserwatorium, założonego w 1867 r. Działalność naukowa K. E. Lundmarka obejmowała badania galaktyk spiralnych, gromad kulistych, gwiazd nowych i supernowych. Na temat galaktyk napisał: „Głównym wynikiem obecnych badań jest stwierdzenie, że mgławice spiralne trzeba uważać za obiekty położone w znacznych odległościach od Układu Słonecznego". Niezależnie od E. P. Hubble'a opracował podstawy do dziś stosowanej klasyfikacji galaktyk. W latach 1919—20 poszukiwał odległości słynnej galaktyki M31 w Andromedzie metodą cefeid. Z pomiarów jakie wykonał wynikało, że jest ona odalona od nas o około 550—890 tys. lat świetlnych, czyli znajduje się już poza granicami naszej Galaktyki. Wcześniejsze obserwacje dawały znacznie mniejsze wartości. W 1923 r. E. P. Hubble wyznaczył tę odległość na 900 tys. lat świetlnych, a w 1946 r. K. E. Lundmark poprawił tę wartość na 1230 tys. lat świetlnych. Obecnie przyjmowana wartość odległości

do M31 wynosi 2250 tys. lat świetlnych czyli około 700 kiloparseków. Dla zbadania istoty zjawiska nowych i supernowych Lundmark zebrał i usystematyzował obszerny materiał obserwacyjny dotyczący tego zagadnienia z dawnych kronik europejskich i strożytnego wschodu. Zajmował się również popularyzacją astronomii i jej historii. Zmarł 25 kwietnia 1958 r.

JERZY UŁANOWICZ

NOWOŚCI WYDAWNICZE

Bożena Czerny, Marek Sikora, **Nie tylko o kwazarach.** Wydawnictwo „Alfa" Warszawa 1988, nakład 15200 egz., stron 111, cena 400 zł.

Po kilku latach od momentu złożenia do druku ukazała się w serii „Delta przedstawia" książeczka Bożeny Czerny i Marka Sikory (oboje są pracownikami Centrum Astronomicznego PAN w Warszawie) pt. *Nie tylko o kwazarach.* Zważywszy stały brak literatury popularnonaukowej z dziedziny astrofizyki wydanie to miłośnicy astronomii powitali na pewno z dużą radością (mimo okropnego papieru i wysokiej ceny). Nie jest to jednak książka dla początkujących. Pierwsze rozdziały poświęcone są bardzo szczegółowemu, morfologicznemu opisowi różnych obiektów pozagalakatycznych i wydaje mi się, że łatwiej byłoby czytać książkę zaczynając od paragrafu 21, a materiał z jej początku wstawić gdzieś później. Autorzy często używają zawiłych sformułowań, długich zdań, nie zawsze wyjaśniane są wszystkie pojawiające się pojęcia (np. szerokość, profil i poszerzenie linii na str. 26—27, „oś pionową skalujemy w jednostkach względnych" — str. 29, polaryzacja promieniowania synchrotronowego — str. 49). Wytłumaczenie zjawiska Dopplera znajduje się na str. 22, a mówi się o nim już na str. 15; podobnie na str. 32 pojawia się pojęcie „promieniowanie synchrotronowe" wytłumaczone na str. 38 itd. Ponadto korzystanie z tej książeczki bardzo utrudnia brak indeksu tylko częściowo rekompensowany uwagami na marginesach. Trzeba jednak podkreślić, że jest to (po polsku) pierwsze duże opracowanie tak trudnego tematu, jakim są kwazary i że znalazły się w tej książeczce także informacje o życiu gwiazd w ogóle, o teorii względności, o mechanizmach promieniowania itp. Znaleźć też tam można dużą ilość tabel i obrazków co ułatwia czytanie. W sumie więc nie jest to literatura łatwa, ale można ją gorąco polecić zaawansowanym czytelnikom. A przy okazji warto odnotować jak bardzo zmienił się rekord przesunięcia ku czerwieni przez ostatnie kilka lat: na str. 101 „kwazar-rekordzista" ma podane $z = 3{,}78$, a dziś już znamy taki, dla którego $z = 4{,}78$.

MAGDALENA SROCZYŃSKA-KOŻUCHOWSKA

Jefrem Lewitan, **Historie niezwykłe o gwiazdach i planetach.** Wydawnictwo „Raduga" Moska i „Współpraca" Warszawa 1988. Przekład Józef Rudalski, nakład 100 000 egz., stron 127, cena 650 zł.

W przeciwieństwie do omawianej wyżej książki „Historie niezwykłe" są przeznaczone dla tych spośród przyszłych miłośników astronomii, którzy obecnie mają kilka lat. Książka w założeniu powinna być czytana wspólnie przez rodziców (czy dziadków) i całkiem małe dzieci. Opo-

wiada w sposób zupełnie elementarny o najprostszych astronomicznych obserwacjach, zjawiskach i obiektach (gwiazdozbiory, planety, zaćmienia). Przewodnikiem dzieci po niebie jest zabawny skrzat Guzik i jego przyjaciel Promyczek. „Dorosły" astronom może mieć tylko żal w sercu za bardzo silne sformułowanie na str. 90 („nie zawsze można ufać swoim oczom" — należy dzieciom rozsądniej tłumaczyć względność ruchu), za ogony a nie warkocze komet (na str. 98) czy za 14 (zamiast kilkanaście) księżyców Jowisza na str. 122. Ale to nie zaćmi, mam nadzieję, maluchom radości z niecodziennej lektury. Czego wszystkim życzę!

MAGDALENA SROCZYŃSKA-KOŻUCHOWSKA

Stanisław R. Brzostkiewicz, **Obserwujemy nasze niebo**. „Nasza Księgarnia", Warszawa 1988, nakład 29 750 + 250 egz., stron 224, ilustracji 103 plus mapka poza tekstem, cena zł 1100,—.

Zacznijmy od słów Autora: „Zadaniem tej książki było przybliżenie astronomii naszej młodzieży. Można się z niej dowiedzieć, jak zbudować proste przyrządy do obserwacji nieba i jak się nimi posługiwać."

Czytelnicy *Uranii* mogli się już o tym wcześniej przekonać, ponieważ niektóre z rozdziałów tej książki, a przynajmniej ich większe fragmenty były uprzednio publikowane na łamach miesięcznika PTMA. Co prawda bardziej wybredni a wyrobieni miłośnicy astronomii wybrzydzali na lunetkę ze szkieł okularowych (zwłaszcza że ich zachodni koledzy mają do dyspozycji wysoce nowoczesne instrumenty z oprzyrządowaniem i komputerem), jak też utrzymywali, że *Urania* „wyższym celom" powinna służyć — lecz taka właśnie jest n a s z a rzeczywistość, zaś *Urania* winna służyć w s z y s t k i m miłośnikom: tym początkującym i tym zaawansowanym.

A zatem dobrze się stało, iż te podstawowe wiadomości o obserwacjach, instrumentach i obiektach astronomicznych zostały zgromadzone i wydane w jednej książce. Za miarę sukcesu Autora i Wydawcy można natomiast uznać to, że książka została rozkupiona w ciągu kilkunastu dni (podobnie zresztą jak i II wydanie książki Brzostkiewicza *W kręgu astronomii*).

W przedstawionej pozycji Autor systematycznie wprowadza Czytelnika w świat obiektów i zjawisk na sferze niebieskiej (rozdział *Pierwsze kroki w obserwacji nieba*), następnie zaznajamia z najprostszymi instrumentami do obserwacji wizualnych i fotograficznych (*Obserwatorium dla każdego*), wreszcie przechodzi do porad praktycznych niezbędnych dla początkującego miłośnika (*Co i jak obserwować na niebie*).

Kolejny rozdział jest zatytułowany *Najciekawsze obiekty naszego nieba*. Autor dokonuje w nim prezentacji widoku nieba w poszczególnych miesiącach roku (zaczynając jednak od zawsze widocznych gwiazdozbiorów okołobiegunowych) opisując zarazem interesujące, a dostępne dla miłośniczych obserwacji obiekty położone w danej konstelacji.

Ostatni rozdział — *Przewodnik po Księżycu* — wprowadza Czytelnika w topografię Srebrnego Globu. Autor opisuje wygląd tarczy Księżyca poczynając od trzeciego dnia po nowiu aż do trzynastego dnia po nowiu (czyli niemal do pełni) zamieszczając mapki z najważniejszymi utworami na powierzchni Księżyca, nad którymi kolejno wschodzi Słońce. Należało, być może, umieścić na początku tego rozdziału paragraf pt. *Topografia Księżyca*, który otwiera rozdział *Co i jak obserwować na*

niebie. W każdym razie miłośnik, dokonując noc po nocy spostrzeżeń na tarczy Księżyca, winien pamiętać i wracać do wspomnianego paragrafu, zwłaszcza kiedy będzie zamierzał fotografować nszego najbliższego sąsiada kosmicznego.

Zamyka książkę krótkie *Zakończenie* oraz *Dodatki*, a ponadto lista uczonych uhonorowanych nazwami kraterów księżycowych, co znowu wiąże się z ostatnim rozdziałem-przewodnikiem.

Najcenniejszą pozycją *Dodatku* jest oczywiście *Wykaz najciekawszych obiektów naszego nieba dostępnych do obserwacji gołym okiem lub za pomocą lunety*, ułożony w porządku alfabetycznym nazw gwiazdozbiorów.

Spotykane miejscami w książce pomyłki czy potknięcia, powstałe nie zawsze zresztą z winy Autora, nie umniejszają w niczym jej wartości. Wypada tylko życzyć sobie, aby młodzież zaopatrzona w książkę *Obserwujemy nasze niebo* przystąpiła jak najszybciej do systematycznych obserwacji Księżyca, plam słonecznych, planet, komet i meteorów, jasnych gwiazd zmiennych przyczyniając się nawet w skromnym stopniu do powiększenia zasobu wiedzy astronomicznej. Niektórym z nich przypadnie, być może, w udziale odkrycie nowej komety bądź gwiazdy Nowej lub nawet Supernowej.

T. ZBIGNIEW DWORAK

Krzysztof Kowalski, Zygmunt Krzak, **Mówią tysiąclecia.** Czytelnik, Warszawa 1989, nakład 30 000 + 320 egz., stron 230, ilustracji 65, cena zł 650,—.

Nie tak często się zdarza, żeby na łamach *Uranii* była omawiana książka nie związana bezpośrednio z astronomią czy kosmologią. Wydawałoby się, iż książka poświęcona niektórym najnowszym odkryciom w dziedzinie archeologii i historii materialnej ludzkości daleka jest od zagadnień astronomicznych. Lecz okazuje się, że w tamtych odległych czasach (sprzed kilku tysięcy lat) wiedza o zjawiskach i obiektach astronomicznych (kosmicznych) była ściśle związana z niemal każdym przejawem działalności człowieka. To, co odczuwali starożytni patrząc na rozgwieżdżone niebo i śledząc ruchy niektórych ciał niebieskich, trudno sobie dzisiaj po prostu wyobrazić. Nie chodzi tylko o mity astralne, rachubę czasu i orientację w przestrzeni, lecz przede wszystkim o przemożną rolę, jaką majestatyczne ciała niebieskie i regularne zjawiska astronomiczne wywierały na życie człowieka wiele tysięcy lat temu. Stanowiły one podstawę ideologii i filozofii ówczesnego świata, w którym życie człowieka było w ciągłym zagrożeniu i niepewności.

Jest zatem przedstawiana pozycja książką również o archeoastronomii oraz o pierwotnej kosmologii i kosmogonii. Wypada więc miłośnikowi astronomii poznać bliżej te zagadnienia, ażeby zrezygnować z urągliwej wyższości chociażby, którą czasami odczuwamy wobec początków naszej cywilizacji.

Odniesienia do astronomii i rachuby czasu znajdziemy już w rozdziale... *Guzik od płaszcza*, w którym Autorzy podają przykłady protopisma zawierającego znaki reprezentujące gwiazdy i ich konstelacje. „Gwiazdy, znaki nieba, odgrywają pierwszorzędną rolę w systemie inicjacji, w astrologii, w kalendarzu astralnym i objaśnianiu cykli biologicznych" — stwierdzają Autorzy.

W rozdziale *Piramida pod Londynem?* została opisana fascynująca historia rozpoznania największego kopca starożytnego w Europie — Silbury Hill — jako, najprawdopodobniej, „góry kosmicznej" wyobrażającej świat z jego trzema sferami: światem podziemnym, naziemnym i niebiańskim. Silbury Hill to obiekt usypany ponad 4500 lat temu w kształcie kolistej piramidy schodkowej o średnicy podstawy około 140 m i wysokości 40 m.

Najbardziej nasycony treściami archeoastronomicznymi jest rozdział *Badacze z epoki kamienia* poświęcony niemal w całości niezwykłej budowli megalitycznej Stonehenge, o której Autorzy stwierdzają powołując się na Geralda S. Hawkinsa: „Stonehenge było obserwatorium astronomicznym, niezawodnym kalendarzem określania pór roku; umożliwiało przewidywanie zaćmień Słońca i Księżyca; nie wiadomo, niestety, w jaki praktycznie sposób tego dokonywano." Dalej Autorzy piszą o jedności w czasach starożytnych poczynań astronomicznych i wierzeń religijnych zwracając przy tym uwagę, że coś podobnego — jeśli się jeszcze obecnie nie obserwuje — to jednak powinno wkrótce nastąpić.

Rozdział *Siedziba boga Dagby* nawiązując do Stonehenge opisuje „Jaskinię Słońca" ,megalityczny grobowiec w Irlandii sprzed około 5200 lat, w którym korytarz do komory grobowej jest dokładnie zorientowany na punkt wschodu Słońca w dniu przesilenia zimowego. Ciekawa niezwykle jest interpretacja tego zjawiska i obiektu...

Treści astronomiczne zawiera również rozdział *Najstarsze rachunki świata*; dotyczą one głównie najdawniejszych kalendarzy układanych oczywiście dzięki obserwowanej cykliczności zmian faz Księżyca i następstwa pór roku.

Natomiast w rozdziale *Kilka uwag o smokach* Autorzy polemizują z wywodami Dänikena, co bez wątpienia zainteresuje entuzjastów paleoastronautyki.

Dwa przedostatnie rozdziały — *Starcy wiedzieli* oraz *Gdy oglądanie się za siebie jest spoglądaniem wprzód* — stanowią jakby podsumowanie książki (a raczej zawartych w niej idei) i swoistym „wyznaniem wiary naukowej" Autorów. Zwracają oni uwagę na niesłychane zbieżności ideologiczne starożytnych (i nie tylko) mitów kosmologiczno-kosmogonicznych ze współczesnymi poglądami kosmologów czy fizyków. Stwierdzają też bez wahania, że „Archeologia, wbrew pozorom, ma zdecydowanie futurologiczny aspekt". I przestrzegają wreszcie przed nader pochopnym przeciwstawianiem sobie nauki i wiary.

„Wyciągnijmy z przeszłości tę naukę, jaką daje przykładanie dziejowej miary do współczesności; lepsze to, niż mierzenie dziejów miarką współczesną" — tym zdaniem Autorzy kończą swoją piękną książkę o archeologii i... astronomii.

T. ZBIGNIEW DWORAK

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski **Grudzień 1989 r.**

Słońce

W tym miesiącu wstępuje w znak Koziorożca rozpoczynając 21 grudnia okres zimy astronomicznej. Jednocześnie Słońce znajduje się na najniższej części ekliptyki pod płaszczyzną równika niebieskiego i w tym

czasie mamy najkrótsze dni i najdłuższe noce w ciągu roku na naszej półkuli. Długość dnia zmienia się już niewiele: w Warszawie 1 grudnia Słońce wschodzi o 7^h22^m, zachodzi o 15^h28^m, a 31 grudnia wschodzi o 7^h45^m, zachodzi o 15^h33^m.

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

Data 1939	P	B_0	L_0	Data 1939	P	B_0	L_0
XII 1	+15°92	+0°80	11°86	XII 17	+9°06	—1°24	161°04
3	+15.12	+0.54	345.51	19	+8.14	—1.49	134.69
5	+14.32	+0.30	319.15	21	+7.20	—1.74	108.34
7	+13.48	+0.04	292.80	23	+6.24	—1.99	82.00
9	+12.64	—0.22	266.44	25	+5.29	—2.23	55.66
11	+11.76	—0.48	240.09	27	+4.32	—2.48	29.31
13	+10.83	—0.73	213.74	29	+3.36	—2.72	2.96
15	+ 9.93	—0.93	187.39	31	+2.38	—2.95	336.62

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
$2^d10^h36^m$ i $29^d18^h24^m$ — momenty, w których heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Kolejność faz Księżyca jest w grudniu następująca: pierwsza kwadra 6^d2^h, pełnia 12^d18^h, ostatnia kwadra 20^d1^h i nów 28^d4^h. Najbliżej Ziemi Księżyc znajdzie się 10 grudnia o 24^h, a najdalej od Ziemi 22 grudnia o 21^h. W grudniu tarcza Księżyca zakryje Wenus i Antaresa, ale zjawiska te nie będą u nas widoczne.

Planety i planetoidy

Nad zachodnim horyzontem pięknym blaskiem błyszczy Wenus jako Gwiazda Wieczorna —4.7 wielkości, a pod koniec miesiąca mamy dobre warunki dla obserwacji Merkurego, którego odnajdziemy wieczorem nisko nad zachodnim horyzontem jako gwiazdę —0.5 wielkości. Wieczorem zachodzi Saturn +0.5 wielkości gwiazdowej oraz wschodzi Jowisz —2.7 wielk. gwiazd. Mars wschodzi nad ranem i w ciągu miesiąca wędruje z gwiazdozbioru Wagi do gwiazdozbioru Skorpiona jako gwiazda +1.7 wielkości. Uran, Neptun i Pluton są niewidoczne.

W grudniu możemy obserwować Ceres, największą i najwcześniej odkrytą planetoidę, widoczną na granicy gwiazdozbiorów Bliźniąt i Byka wśród gwiazd 7 wielkości. Rozpoznamy ją po ruchu wśród gwiazd obserwując co noc okolicę nieba, w której planetoida przebywa. Dla ułatwienia podejmy równikowe współrzędne Ceres dla kilku dat: listopad 2^d: rekt. 6^h18^m5, dekl. +23°42′; grudzień 1^d: rekt. 6^h11^m9, dekl. +24°24′;2 11^d: rekt. 6^h2^m9, dekl. +25°7′; 21^d: rekt. 5^h52^m6, dekl. +25°47′; 31^d: rekt. 5^h42^m2, dekl. +26°23′.

Meteory

W grudniu promieniują dwa stałe roje: od 7 do 15 Geminidy, a od 17 do 24 grudnia Ursydy Geminidy mają radiant w gwiazdozbiorze

Bliźniąt o współrzędnych: rekt. 7^h28^m, dekl. +32°; maksimum aktywności przypada 14 grudnia, ale warunki obserwacji nie są w tym roku dobre. Radiant Ursydów leży w gwiazdozbiorze Małej Niedźwiedzicy i ma współrzędne: rekt. 14^h28^m, dekl. +78°; maksimum aktywności przypada 22 grudnia, warunki obserwacji są niezłe, ale rój jest bardzo słaby.

* *
*

1^d Od 23^h26^m ubiegłego wieczora na tarczy Jowisza widoczny jest cień jego 3 księżyca, a sam księżyc zbliża się do brzegu tarczy, aby o 2^h3^m rozpocząć przejście na jej tle. Cień widoczny jest do 2^h21^m, a księżyc 3 przechodzi na tle tarczy do 5^h0^m. Księżyc znajdzie się w złączeniu kolejno z dwiema planetami: o 6^h z Neptunem w odl. 4° i o 8^h z Saturnem w odl. 3°.

2^d10^h Bliskie złączenie Księżyca z Wenus. Zakrycie planety przez tarczę Księżyca widoczne będzie w Azji i w Japonii.

5^d O 2^h6^m obserwujemy początek zaćmienia, a o 4^h54^m koniec zakrycia 1 księżyca Jowisza.

$5/6^d$ Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza: początek przejścia cienia o 23^h17^m, a księżyca 1 o 23^h49^m, koniec wędrówki cienia o 1^h30^m, a koniec przejścia księżyca 1 o 2^h3^m. Tej nocy obserwujemy jeszcze początek przejścia cienia (o 2^h21^m) i księżyca 2 (o 3^h27^m) na tle tarczy Jowisza.

6^d Wieczorem obserwujemy początek zaćmienia (o 20^h34^m) i koniec zakrycia (o 23^h20^m) 1 księżyca Jowisza.

$7/8^d$ Obserwujemy serię ciekawych zjawisk w układzie księżyców Jowisza. Koniec przejścia cienia o 19^h59^m i koniec przejścia księżyca 1 o 20^h29^m na tle tarczy planety. Początek zaćmienia księżyca 2 o 20^h47^m i koniec jego zakrycia przez tarczę planety o 0^h24^m. Początek przejścia cienia o 3^h25^m i księżyca 3 o 5^h23^m.

10^d14^h Merkury w złączeniu z Uranem w odl. 2°.

$11/12^d$ Księżyc 3 ukryty jest za tarczą Jowisza i o 22^h4^m obserwujemy koniec zakrycia. O 4^h0^m obserwujemy początek zaćmienia 1 księżyca.

13^d Nad ranem obserwujemy przejście dwóch księżyców i ich cieni na tle tarczy Jowisza. O 1^h11^m pojawi się cień księżyca 1, a sam księżyc 1 rozpocznie przejście o 1^h33^m; koniec przejścia cienia nastąpi o 3^h24^m, a księżyca 1 o 3^h47^m. O 4^h58^m na tarczy planety pojawi się cień księżyca 2, a księżyc 2 rozpocznie przejście o 5^h43^m. O 21^h Jowisz znajdzie się w złączeniu z Księżycem w odl. 3°.

$13/14^d$ Obserwujemy zakrycie księżyca 4 przez tarczę Jowisza: początek zakrycia o 18^h43^m, koniec o 20^h9^m. O 22^h28^m nastąpi początek zaćmienia księżyca 1, a koniec jego zakrycia obserwujemy o 1^h4^m.

14^d10^h Wenus osiąga maksimum swego blasku w tym okresie widoczności i błyszczy wieczorem nad zachodnim horyzontem jak gwiazda —4.7 wielkości.

$14/15^d$ Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza: początek przejścia cienia o 19^h39^m, a księżyca o 19^h59^m; koniec wędrówki cienia o 21^h53^m, a księżyca 1 o 22^h12^m. O 23^h21^m obserwujemy początek zaćmienia 2 księżyca, a o 2^h37^m koniec jego zakrycia.

15^d5^h Merkury w złączeniu z Neptunem w odl. 3°.

16^d Wieczorem obserwujemy koniec przejścia cienia (o 20^h56^m) i księżyca 2 (o 21^h30^m) na tle tarczy Jowisza. O 23^h Merkury znajdzie się w złączeniu z Saturnem w odl. 2°.

18/19d O 21h27m obserwujemy początek zaćmienia, a o 1h21m koniec zakrycia 3 księżyca Jowisza.

20d Nad ranem obserwujemy początek przejścia cienia (o 3h5m) i początek przejścia 1 księżycąa (o 3h16m) na tle tarczy Jowisza. O 8h planetoida Ceres znajdzie się w opozycji ze Słońcem względem Ziemi.

21d O 0h23m nastąpi początek zaćmienia, a o 2h48m koniec zakrycia 1 księżyca przez tarczę Jowisza.

21d22h22m Słońce wstępuje w znak Koziorożca, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 270°. Mamy początek zimy astronomicznej.

21/22d W pobliżu Jowisza dzieją się ciekawe zjawiska wśród jego księżyców. Najpierw księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy planety: początek przejścia cienia o 21h33m, a księżyca 1 o 21h42m; koniec przejścia cienia o 23h47m, a księżyca o 23h56m. O 1h55m mamy początek zaćmienia księżyca 2. O 2h9m na tarczy Jowisza pojawi się cień księżyca 4, a sam księżyc 4 przejdzie prawie przez brzeg tarczy planety od 3h31m do 3h37m. O 4h50m nastąpi koniec zakrycia księżyca 3, a o 4h55m cień księżyca 4 opuści tarczę planety.

22d O 21h14m obserwujemy koniec zakrycia 1 księżyca przez tarczę Jowisza.

23d O 9h Merkury w największym wschodnim odchyleniu od Słońca (20°). Wieczorem księżyc 2 wraz ze swym cieniem przechodzi na tle tarczy Jowisza: początek przejścia cienia o 20h53m, a księżyca o 21h5m; koniec przejścia cienia o 23h33m, a księżyca 2 o 23h44m.

25d18h Mars w złączeniu z Księżycem w odl. 5°.

26d O 1h Księżyc w bliskim złączeniu z Antaresem, gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Skorpiona; zakrycie gwiazdy przez tarczę Księżyca widoczne będzie w Indiach i na Pacyfiku. O 1h27m możemy obserwować początek zaćmienia 3 księżyca Jowisza; koniec jego zakrycia przez tarczę planety nastąpi o 4h36m.

27d O 7h Uran w złączeniu ze Słońcem. O 15h Jowisz w opozycji. O 24h Wenus nieruchoma w rektascensji.

27/28d O 2h17m początek zaćmienia, a o 4h32m koniec zakrycia 1 księżyca Jowisza.

28/29d Księżyc 1 i jego cień przechodzą na tle tarczy Jowisza (zwróćmy uwagę na zmianę kolejności zjawisk po opozycji Jowisza): księżyc 1 rozpocznie przejście o 23h25m, a jego cień o 23h27m; księżyc zakończy przejście o 1h39m, a jego cień widoczny będzie jeszcze dwie minuty (do 1h41m). O 4h25m obserwujemy początek zakrycia 2 księżyca przez tarczę Jowisza.

29d O 16h Merkury w złączeniu z Księżycem w odl. 1°7. O 18h7m obserwujemy koniec przejścia 3 księżyca, a o 18h21m koniec przejścia jego cienia na tle tarczy Jowisza. O 20h43m nastąpi początek zakrycia 1ksi ężyca, a o 23h1m koniec jego zaćmienia.

30d O 11h Wenus w złączeniu z Księżycem w odl. 2°. O 17h Merkury nieruchomy w rektascensji. O 24h Mars w złączeniu z Antaresem w odl. 5°.

30/31d Obserwujemy koniec przejścia 1 księżyca (o 20h5m) i jego cienia (o 20h10m) na tle tarczy Jowisza. O 23h19m rozpoczyna swoje przejście księżyc 2, a o 23h30m na tarczy planety pojawi się cień tego księżyca; koniec przejścia księżyca 2 nastąpi o 1h59m, a jego cień widoczny będzie na tarczy planety do 2h10m.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie środkowo-europejskim.

CONTENTS

A. Krasiński — How Did Chemical Elements Originate? (I).

O. Gingerich — Astronomy of Islam (II).

Chronicle: Furrows on Phobos — Pluto has an Atmosphere.

Vade-mecum for Observers: A Project of Double Stars Commission S.A.F. — a Serial Production of Lyot and Camichel Micrometer — Let's Observe Long Periodic Variable Stars — Occultations of Stars by the Moon Visible in Poland in 4th Quarter of 1989.

Observations.

Historical Chronicle: Knut Emil Lundmark (1889—1958).

New Books.

Astronomical Calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

А. Красиньски — Как возникли химические элементы? (I).

О. Джинджерич — Астрономы ислама (II).

Хроника: Борозды Фобоса — Плутон имеет атмосферу.

Справочник наблюдателя: Проект Комиссии двойных звёзд Ф.А.О. — серийное производство микрометра Лио и Камишеля — Покрытия звёзд Луной, видимые в Польше в IV четверти 1989 г. — Наблюдаем долгопериодические переменные звёзды.

Наблюдения.

Историческая хроника: Кнут Эмиль Лундмарк 1889—1958.

Новые книги.

Астрономический календарь.

„Kupię okular (ogniskowa 10 mm lub mniejsza), soczewkę Barlowa (ogniskowa 125 mm; ⌀ 50 mm), oraz „Atlas nieba"

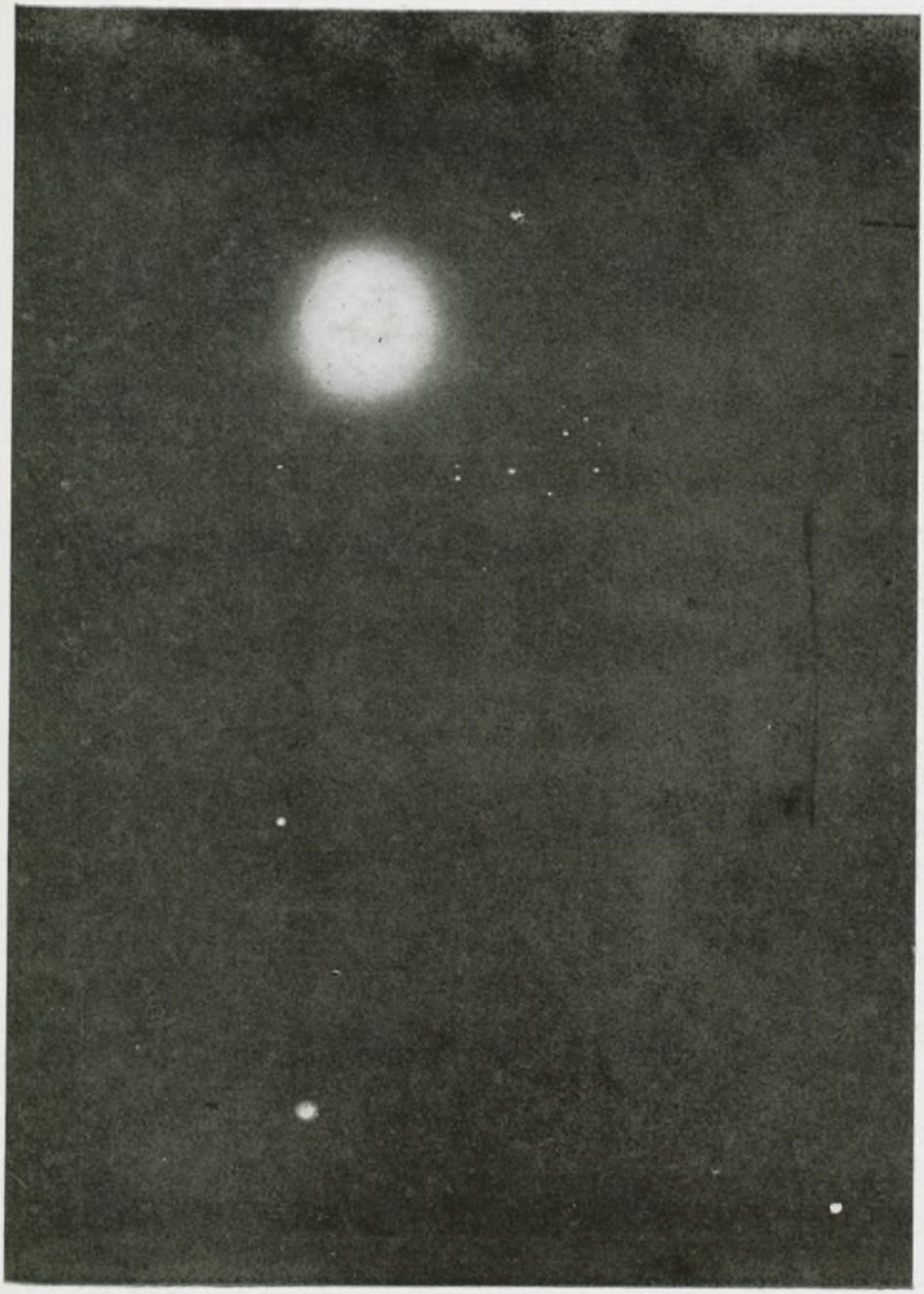
Piotr Kowalski
ul. P. Findera 11/12
76-200 Słupsk

Zarząd Główny PTMA oferuje do sprzedaży w Oddziałach i Biurze ZG kalendarze astronomiczne na 1990 rok w cenie 250,— zł + koszty przesyłki.

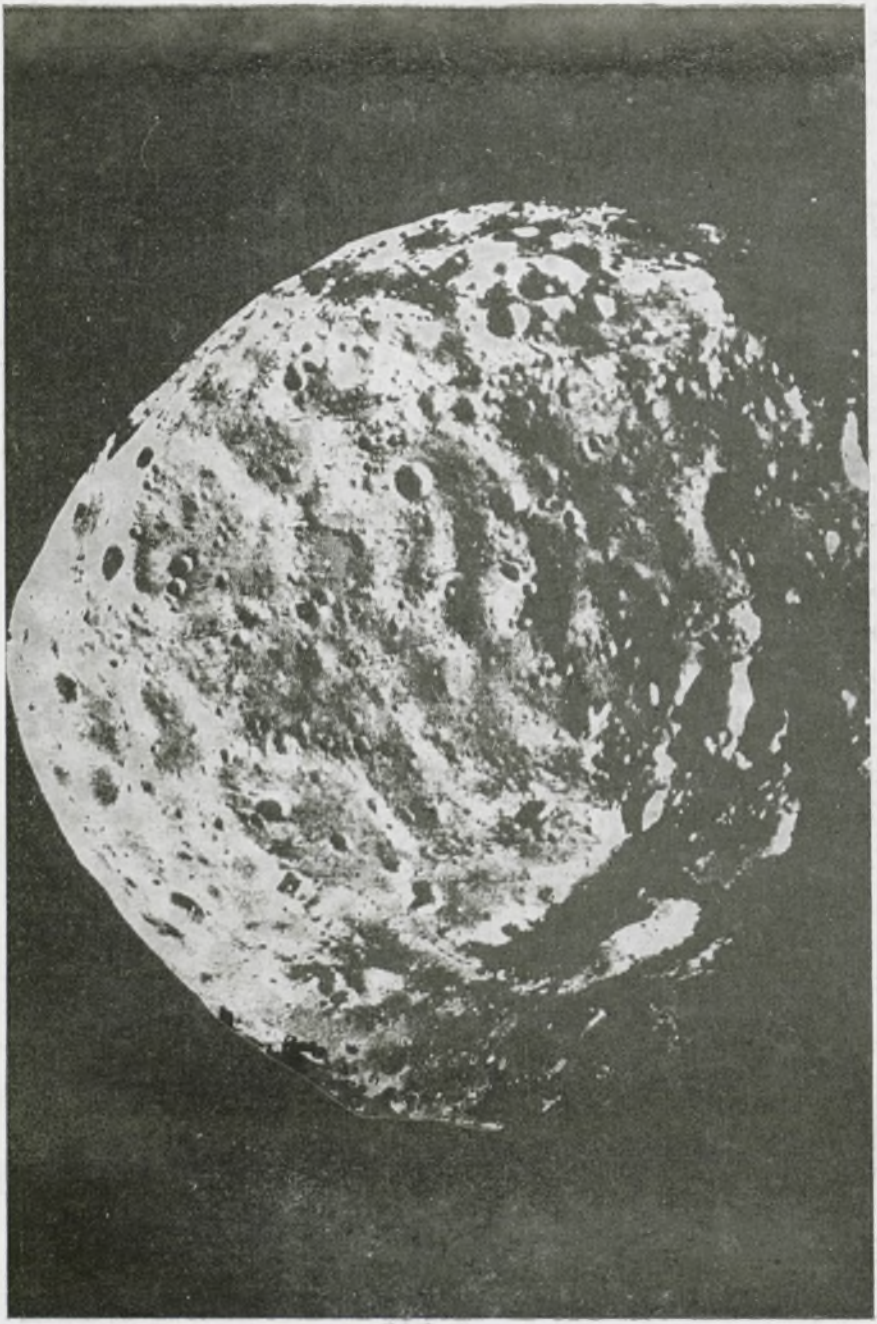
URANIA — Miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Redaguje kolegium w składzie: Krzysztof Ziołkowski — redaktor naczelny, Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska — sekretarz redakcji, T. Zbigniew Dworak — redaktor techniczny. Adres redakcji: ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa. Adres administracji: Zarząd Główny PTMA, ul. Solskiego 30/8, 31-027 Kraków, tel. 22 36 92; nr konta PKO 1 OM Kraków 35510-10391-132. Warunki prenumeraty: roczna dla członków PTMA — 940 zł, dla osób niestowarzyszonych w PTMA — 1120 zł, cena pojedynczego egzemplarza — 60 zł, zgłoszenia w administracji, adres j.w.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław Oddział w Krakowie, 1989. Nakład 2667 egz. Obj. ark. wyd. 2,30, ark. druk. 2,0. Pap. druk. sat. kl. V. 55 g. 61×86.
Indeks 38001

Drukarnia Związkowa w Krakowie — Zam. 5418-89 — O-21 — Nakład 2667 egz.



Cena zł 60.—



Indeks 38001