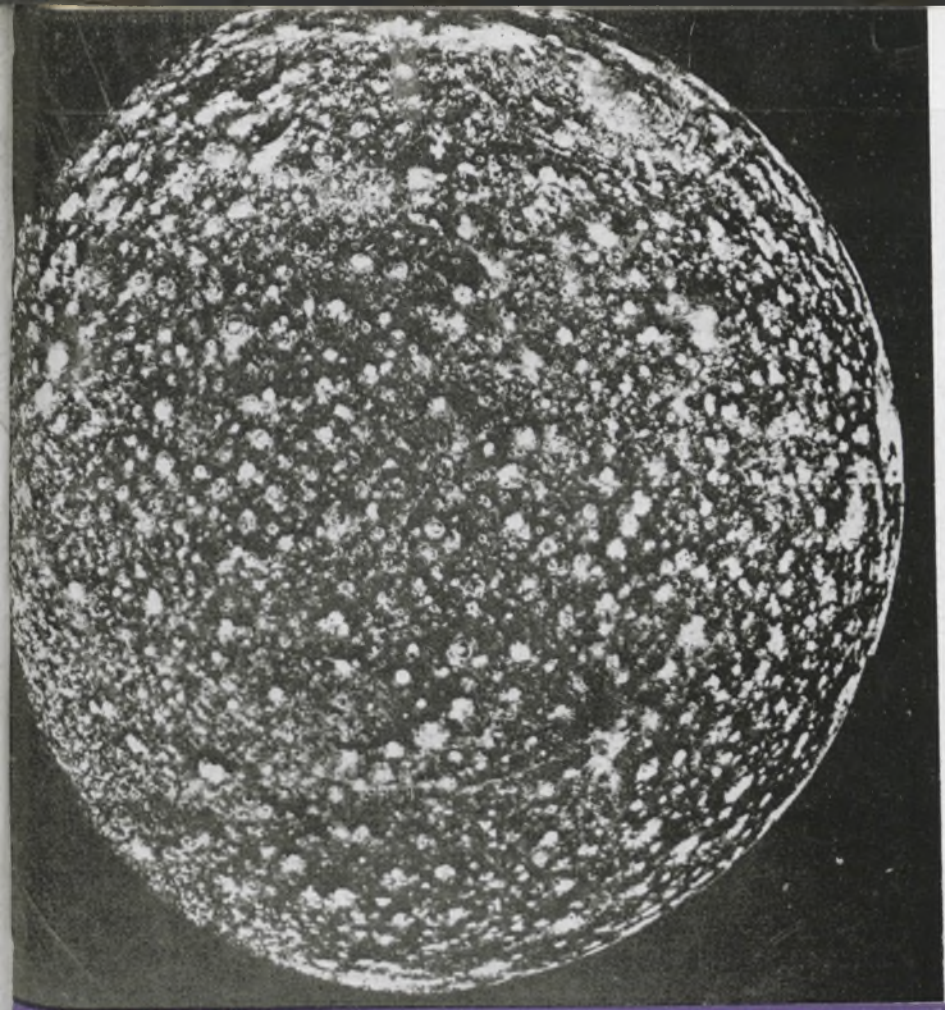
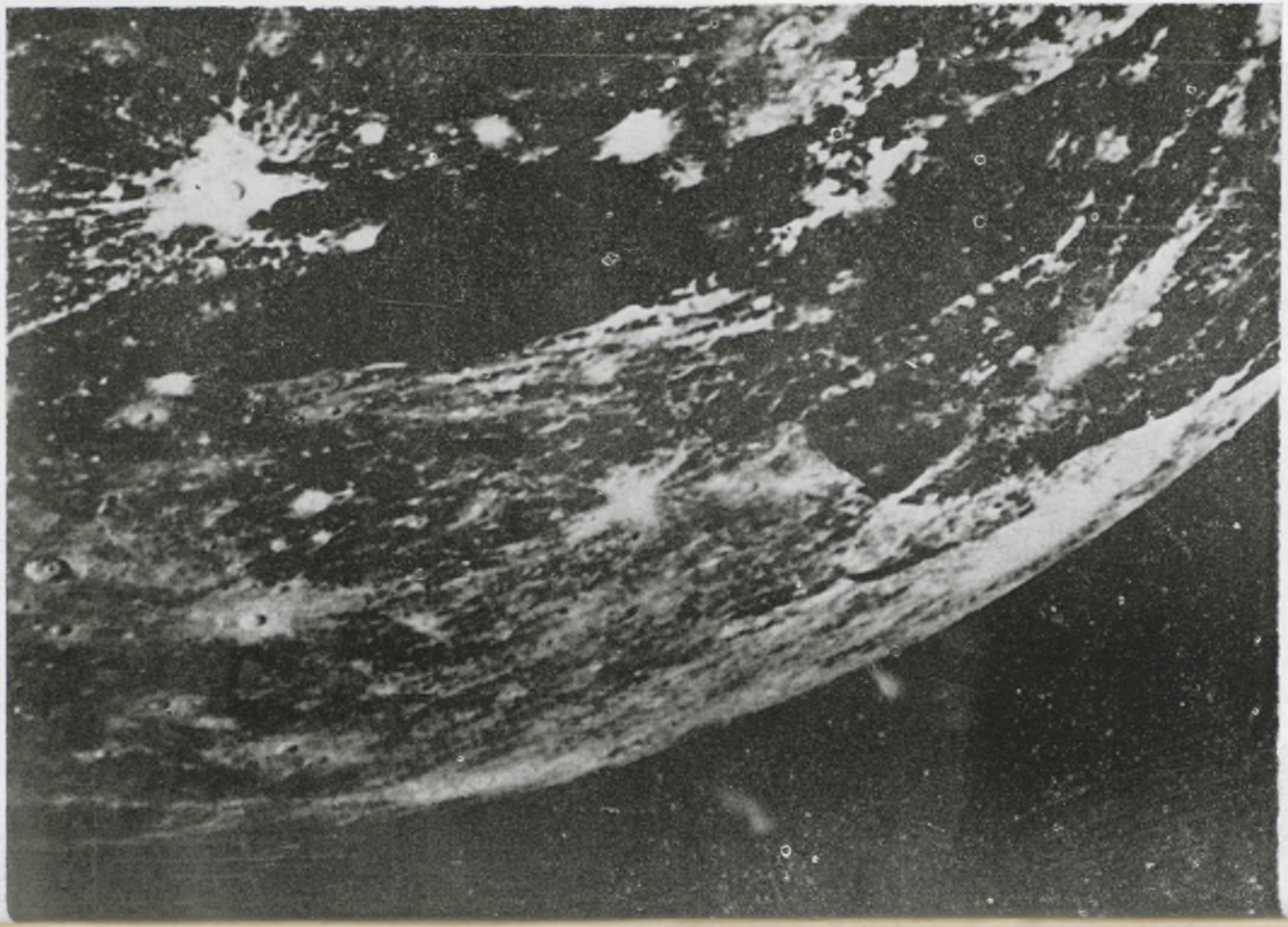


URANIA

MIESIĘCZNIK
POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LI WRZESIEŃ 1960 NR 9

ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK



ISSN-0042-07-94

URANIA

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

ROK LI WRZESIEŃ 1980 Nr 9

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

SPIS TREŚCI

Michał Heller — Ewolucja Kosmosu i kosmologii.

Tomasz Kwast — Gwiazdy Medycejskie.

Jan Mergentaler — Aktywność Słońca w wieku XVII.

Kronika: Układ planetarny (?) w Andromedzie — Zastosowanie metody Monte Carlo do modelowania orbit komet krótkookresowych — Jeszcze jeden pierścień Jowisza.

Obserwacje: Komunikt Centralnej Sekcji Obserwatorów Słońca nr 4/80 — Raport IV 1980 o radiowym promieniowaniu Słońca — Wyjątkowo słaba aktywność roju Geminidów w roku 1979 — Zakrycia gwiazd przez Księżyc w IV kwartale 1980 r.
astroarcheologiczny.

Kronika PTMA: Pierwszy obóz

Kalendarzyk astronomiczny.

Rozpoczętą w lutym 1978 r. serię artykułów docenta dr. hab. Michała Hellera „Ewolucja Kosmosu i kosmologii" kończymy dwudziestym odcinkiem pt. „Standardowy model kosmologiczny". Z przyjemnością donosimy, że całość, obejmująca dzieje kosmologii od początku bieżącego stulecia, ukaże się w wydaniu książkowym nakładem Państwowego Wydawnictwa Naukowego.

Niekiedy wyrażane są przypuszczenia, że aktywność Słońca ulega zmianom tak znacznym, że w pewnych okresach, przekraczających cykl 11-letni, nie występują plamy słoneczne. Odpowiedź na nasuwające się w związku z tym pytania udziela profesor dr hab. Jan Mergentaler w artykule „Aktywność Słońca w wieku XVII".

Interesującą inicjatywę podjął Oddział PTMA w Grudziądzu wszczynając badania na temat tajemnicy tzw. kręgów kamiennych w Odrach w Borach Tucholskich. O przebiegu akcji będziemy informowali interesujących się astroarcheologią.

Przypominamy, że 29 września Księżyc zakryje Aldebarana.

Pierwsza strona okładki: Zdjęcie satelity Jowisza Callisto wykonane 7 lipca 1979 roku za pomocą sondy kosmicznej Voyager 2. Jego powierzchnia jest obficie pokryta kraterami uderzeniowymi. Koncentryczna struktura złożona z około 15 pierścieni widoczna na zdjęciu na czwartej stronie okładki znajduje się u góry z prawej strony blisko krawędzi tarczy satelity.
Druga strona okładki: Do reprodukowanych w poprzednim numerze *Uranii* zdjęć Ganimedesa dołączamy dwa dalsze. Zdjęcie, które zostało wykonane 5 marca 1979 roku za pomocą sondy kosmicznej Voyager 1 z odległości około 270 tys. km ukazuje fragment powierzchni Ganimedesa pokrytej stosunkowo młodymi kraterami uderzeniowymi.
Trzecia strona okładki: Zdjęcie powierzchni Ganimedesa wykonane 8 lipca 1979 roku przez Voyagera 2, na którym widać wiele kraterów uderzeniowych, przy czym jaśniejsze są tworami młodszymi.
Czwarta strona okładki: Fragment powierzchni Callista na zdjęciu wykonanym 6 marca 1979 roku przez Voyagera 1 z odległości około 200 tys. km. Koliste struktury są prawdopodobnie wynikiem fali uderzeniowej powstałej po spadku na powierzchnię satelity wielkiego meteorytu.

MICHAŁ HELLER — Tarnów

EWOLUCJA KOSMOSU I KOSMOLOGII

XX. Standardowy model kosmologiczny

1. *Ku kosmologicznej ortodoksji*

Śledząc rozwój kosmologii, od pierwszej pracy Einsteina z 1917 roku aż do lat, jakie nastąpiły po odkryciu promieniowania tła, może powstać pytanie: czy jest to proces zbieżny? czy prowadzi on do jakiejś granicy, do spójnego zbioru poglądów na strukturę-ewolucję Wszechświata, które można by uznać za „obowiązujące" w naszej epoce? Wczesne prace Einsteina, de Sittera, Friedmana, Lemaître'a i innych pionierów kosmologii relatywistycznej dotyczyły dość wąskiego kręgu zagadnień: poszukiwano wówczas (a następnie poddawano analizie) najprostszych rozwiązań równań pola. Pewna zbieżność ciągu rozwojowego w tamtych latach nie była następstwem dochodzenia do celu, ale ubóstwa środków na początku drogi. Młoda kosmologia relatywistyczna cierpiała na chroniczny brak danych obserwacyjnych. Odkrycie przesunięcia ku czerwieni w widmach galaktyk wyeliminowało co prawda statyczny model Wszechświata, pozostawiło jednak i tak bardzo wiele otwartych możliwości. Narzędzia matematyczne doskonaliły się szybko, twórcza wyobraźnia, niekontrolowana przez obserwacje, prowadziła do coraz bardziej drastycznych rozgałęzień rozwojowego ciągu. Historia kosmologii od lat trzydziestych do sześćdziesiątych była ciągle jeszcze bardziej dziejami poglądów poszczególnych uczonych czy grup badawczych niż łańcuchem, którego ogniwa stanowiłyby logicznie następujące po sobie uogólnienia jednej podstawowej koncepcji. Polemiki między zwolennikami Wielkiego Wybuchu i zwolennikami Wszechświata stacjonarnego, w późniejszym stadium zaawansowania tych sporów, bardziej przypominały filozoficzne dysputy niż rywalizację empirycznych teorii. Dopiero rozwój metod astronomicznych i radioastronomicznych, odkrycie kwazarów i przede wszystkim odkrycie mikrofalowego promieniowania tła, wyraźnie zmieniły sytuację. Następujący potem rozwój kosmologii zaczął ujawniać tendencję ku zbieżności. Nie znaczy to, żeby już nie powstawały żadne rozszczepienia czy odgałęzienia, ale były one coraz słabsze i mniej żywotne. W nauce również działa moda, ale nie jest ona dyktowana arbitralnie przez specjalistów od businessu, lecz wy-

pracowywana przez najlepsze środowiska naukowe, których poglądy ustalają się w ogromnej mierze pod presją wyników obserwacji i eksperymentów.

Wszystkie te czynniki sprawiły, że z początkiem lat siedemdziesiątych poglądy na strukturę-ewolucję Wszechświata zaczęły się stabilizować. W publikacjach naukowych coraz częściej pojawiał się zwrot *standardowy model kosmologiczny*. Z czasem zwrot ten stał się terminem fachowym. Nawet jeżeli któryś z kosmologów żywi „nieortodoksyjne" poglądy, dobrze wie, co oznacza termin „model standardowy". Pewna dyskryminacja, jaka mieści się w dość często powtarzanym rozróżnieniu na poglądy „ortodoksyjne" i „nieortodoksyjne", świadczy o tym, że określony zespół poglądów stał się paradygmatem kosmologicznym, tzn. jakby-regułą obowiązującą w świecie nauki.

W 1973 roku z okazji 500-letniej rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika odbyło się w Krakowie sympozjum Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Pamiętam, że w stadium organizacyjnym dość istotny problem stanowił wybór tematu. Było kilka rywalizujących ze sobą pomysłów, ale w końcu przeważyła opinia większości: za kluczowe zagadnienie kosmologii uznano *konfrontację teorii kosmologicznych z danymi obserwacyjnymi*. I istotnie, była to prawdziwa konfrontacja: najlepsi obserwatorzy przedstawiali najnowsze wyniki swoich pomiarów, teoretycy próbowali zestawić je z istniejącymi modelami. Rzecz charakterystyczna, na krakowskim sympozjum nie zaprezentowano żadnej wielkiej rewelacji, ale praktycznie wszystkie referaty potwierdzały, precyzowały i niejako stabilizowały model standardowy [1]. O ile pamiętam raz tylko na sali obrad padła nazwa „teoria stanu stacjonarnego". Ktoś w dyskusji zapytał prelegenta, referującego wyniki swoich obserwacji: „Czy te wyniki przeczą teorii stanu stacjonarnego?". „Tak" — odpowiedział prelegent.

2. *Diagnoza Sciamy*

Podczas innego międzynarodowego sympozjum, jakie odbyło się w 1972 roku w Trieście, tym razem z okazji jubileuszu Diraca, Denis Sciama pokusił się o próbę podsumowania osiągnięć współczesnej kosmologii. Jego zdaniem trwałym osiągnięciem dwudziestowiecznej kosmologii jest sformułowanie i zrozumienie czterech cech, które z dużym prawdpoodobieństwem możemy przypisać największemu z możliwych zbiorowi zda-

rzeń fizycznych czyli Wszechświatowi. I tak możemy stwierdzić, że Wszechświat (1) istnieje, (2) podlega ewolucji, (3) spełnia pewne symetrie, (4) w jego historii istniał stan osobliwy [2].

Przez „istnienie" Wszechświata Sciama rozumie stwierdzenie, że Wszechświat istnieje jako jeden układ fizyczny, który poddaje się badaniu metodami w zasadzie takimi samymi, jakie wykazały już swoją skuteczność w innych działach fizyki. Wobec paradoksów i niejasności kosmologii przed einsteinowskiej osiągnięcie to istotnie należy uznać za nietrywialny, a nawet wielki sukces.

Wyniki sporu pomiędzy zwolennikami teorii Wielkiego Wybuchu i teorii stanu stacjonarnego świadczą, że Wszechświat jest „zjawiskiem historycznym", albo — mówiąc mniej poetycznie — że zmienność w czasie stanowi istotny element fizycznego opisu świata. Ewolucję Wszechświata, jego historię w czasie, stara się odtworzyć standardowy model kosmologiczny. Chociaż model ten jest przyjmowany przez większość kosmologów, z całą pewnością pozostawia on wiele kwestii otwartych. Ale sam fakt ewolucji Wszechświata jest stwierdzeniem głęboko osadzonym w kosmologicznym paradygmacie drugiej połowy dwudziestego wieku.

We wszystkich wcześniejszych pracach z kosmologii relatywistycznej założenia symetrii, od czasów Milne'a zwane często zasadą kosmologiczną, były przyjmowane jako założenia upraszczające. Bardzo szybko zdano sobie sprawę z tego, że możliwe są również modele o mniejszych symetriach, ale przy ich konstruowaniu trudności matematyczne rosły niepomiernie, a ponieważ nie było danych empirycznych, które by zmuszały, bądź tylko zachęcały, do szukania rozwiązań mniej symetrycznych, utrwaliła się moda na rozwiązania symetryczne: w poprzednich rozdziałach nazwaliśmy je modelami Friedmana-Lemaître'a. Odkrycie izotopowego promieniowania tła w 1965 roku potwierdziło słuszność tej metody. Okazało się, że modele Friedmana-Lemaître'a zadziwiająco dobrze pasują do aktualnie obserwowanego Wszechświata. Jest to fakt istotnie zadziwiający. Jeśli uświadomić sobie, że modele symetryczne są raczej bardzo specjalnymi (nietypowymi) rozwiązaniami w zbiorze wszystkich możliwych rozwiązań równań Einsteina, rodzi się pytanie: dlaczego odpowiednio blisko początkowej osobliwości (Wielkiego Wybuchu) ustaliły się warunki, które urzeczywistniły nie jakiś „typowy", „przeciętny" model niesymetryczny, lecz właśnie wyróżniony model odznaczający się bardzo wyso-

kim stopniem symetrii? Możliwe są wprawdzie modele z symetriami jeszcze o stopień wyższymi, ale wówczas Wszechświat musiałby być albo statyczny, albo stacjonarny. Można zatem powiedzieć, że nasz Wszechświat ma najwyższy stopień symterii, który jeszcze dopuszcza ewolucję. Dlaczego tak jest? Próba odpowiedzi na to pytanie doprowadziła do bardzo ciekawych prac teoretycznych, wychodzą one jednak poza granice założone dla naszych rozważań.

I wreszcie zagadnienie osobliwości początkowej. Jeden z najbardziej zagadkowych i najtrudniejszych problemów kosmologii. Widzieliśmy, że próby usunięcia osobliwości z kosmologii, chociaż same w sobie okazywały się nieskuteczne, bardzo często prowadziły do nowych, ciekawych koncepcji. Obecnie, po pracach Penrose'a, Hawkinga, Ellisa, Gerocha i innych, wiemy, że osobliwości nie są przypadkowym elementem w strukturze ogólnej teorii względności. Wszystko wskazuje na to, że „typowe" rozwiązanie musi posiadać osobliwość, lub nawet osobliwości, a jedynie rozwiązania bardzo szczególne, nietypowe mogą być wolne od osobliwości. Dane obserwacyjne wskazują (znowu promieniowanie tła, a także obfitość występowania pierwiatków chemicznych), że pod tym względem świat, w którym żyjemy, jest „rozwiązaniem typowym": jego obecna faza ewolucji zaczęła się od stanu osobliwego. Prawda, iż stworzenie kosmologii kwantowej może drastycznie zmienić nasze poglądy na najwcześnejsze etapy historii świata, nie wykluczone nawet, że kwantowa teoria grawitacji jeszcze raz zrewolucjonizuje naszą wiedzę o naturze czasu i przestrzeni, w niczym to jednak nie zmienia faktu, iż z punktu widzenia fizyki makroskopowej, kierującej późniejszą ewolucją Kosmosu, „początek" rzeczywiście był czymś osobliwym. W tym sensie osobliwość początkowa pozostaje istotnym elementem standardowego obrazu Wszechświata i jego ewolucji.

Ale standardowy model kosmologiczny to coś więcej niz cztery cechy Wszechświata wyliczone przez Sciamę na sympozjum w Trieście, to właśnie pewien dość szczegółowy, choć nie pozbawiony białych plam, obraz struktury-ewolucji Kosmosu. Zasadnicze elementy tego obrazu zostały wypracowane w możliwym procesie rozwoju kosmologii, opowiedzianym w poprzednich rozdziałach. Cztery cechy wyróżnione przez Sciamę są dobrym podsumowaniem wszystkich naszych poprzednich rozważań, jednakże kanwa bez detali nie jest jeszcze obrazem. Wysiłek teoretyków i obserwatorów ostatnich kilkunastu lat nałożył na tę kanwę bogatą panoramę szczegółów.

Proces dopracowywania standardowego modelu mógłby być przedmiotem oddzielnej książki. Ale nie byłaby to książka o charakterze historycznym: standardowy model znajduje się ciągle *in statu nascendi*, w stanie rodzenia. Co więcej, standardy idą w górę, wymagania stawiane modelowi są coraz wyższe. Chciałbym kiedyś powrócić do tej problematyki, ale dziejów rozwoju kosmologii XX wieku nie można zakończyć bez bodaj pobieżnego szkicu jej największego osiągnięcia — modelu, który zasłużył sobie na miano naukowego standardu. Uczynię to metodą filmowej panoramy: przedstawię szkicowo, w porządku chronologicznym (a więc od początkowej osobliwości do obecnej ery) jakby scenariusz kosmicznej ewolucji. Będzie on ukazywał tylko wyniki, bez ujawniania metod i uzasadnień. Chcąc poznać i tę stronę zagadnienia trzeba by wyjść poza scenariusz i zwiedzić samą wytwórnię filmową: rozsadziłoby to ramy zakończeniowego rozdziału. Ale bez szkicowego scenariusza nie możemy się obejść, gdyż dopiero współczesność nauki nadaje sens jej historii.

3. *Scenariusz kosmicznej ewolucji*

Umowna chwila t = zero. Ale tak naprawdę — wielka biała plama. Biała plama, którą, mamy nadzieję, wypełni w przyszłości kosmologia kwantowa, zbudowana w oparciu o poeinsteinowską, kwantową teorię grawitacji.

Chwila $t = 10^{-44}$ *s.* Gęstość materii wynosi 10^{94} g/cm^3, temperatura 10^{33} K. Jest to era Plancka, zwana inaczej epoką progu; mniej więcej w tym momencie przestają odgrywać rolę kwantowe efekty grawitacji, prawa ogólnej teorii względności stopniowo ale stanowczo zaczynają obejmować całkowitą dominację. Z chwilą gdy dominacja ta stała się faktem dokonanym, nabiera sensu pytanie o geometryczną strukturę czasoprzestrzeni. I tu otwierają się dwie możliwości, obydwie niesprzeczne z tym, co wiemy na temat młodego Wszechświata: albo świat jest przestrzennie anizotropowy, ale anizotropia ta, pod wpływem dziejących się wówczas procesów fizycznych (np. jak sądzą niektórzy, na skutek lepkości fotonów lub neutrin), szybko wygładza się, przechodząc w izotropowość, albo też przestrzeń Wszechświata jest izotropowa od samego początku. Wybór jednej z tych dwóch możliwości istotnie zmienia scenariusz pierwszych ułamków sekund koniecznej ewolucji, ale nie ma większego wpływu na to, co będzie się działo potem (chyba że zbytnio opóźnimy chwilę wygładzania się anizotropii).

Przy tak wysokich temperaturach, na geometrycznej arenie spisywanej przez równania ogólnej teorii względności, główną rolę odgrywają tzw. oddziaływania silne czyli hadronowe. Są to oddziaływania utrzymujące razem protony i neutrony w jądrach atomowych. Ich zasięg jest bardzo krótki, gdyż wynosi zaledwie 10^{-13} cm, ale za to są to oddziaływania naprawdę „silne". Dwa, odpowiednio zbliżone do siebie, protony przyciągają się oddziaływaniem hadronowym 100 razy silniej niż odpychają się wzajemnie siłami elektromagnetycznymi, a 10^{40} razy silniej niż przyciągają się do siebie siłą grawitacji. Główną składową materii w tej epoce stanowią hadrony i antyhadrony czyli cząstki oddziałujące na siebie silnie; epokę tę nazywamy hadronową.

Im bliżej epoki progu, tym dziwniejsze rzeczy — z punktu widzenia naszej znajomości fizyki — dzieją się na arenie świata. Tak na przykład odpowiednio blisko planckowskiego progu samo pojęcie cząstki zaczyna tracić sens, a to dlatego, że odległość, poza którą nie może się przedostać żaden sygnał fizyczny, zaczyna być porównywalna z rozmiarami samej cząstki: teoretycy zwykli mawiać, że cząstka wypełnia sobą cały „horyzont". W miarę oddalania się od progu, tak łatwo generującego paradoksy, nasza wiedza staje się coraz „bezpieczniejsza", ale dokładne odtworzenie scenariusza zdarzeń jest ciągle niemożliwe z powodu niedorozwoju obecnej fizyki wysokich energii. Mniej lub bardziej prawdopodobnymi (ale nie nieprawdopodobnymi!) hipotezami wypełniamy braki naszej wiedzy. Należy jednak podkreślić, że niepewności co do „szczegółów" ery hadronowej nie są znaczące dla odtworzenia późniejszych dziejów świata. Istotne znaczenie ma tu fakt, iż w pierwszych sekundach swojej ewolucji Wszechświat znajdował się w stanie termicznej równowagi, a to, co dzieje się w stanie termicznej równowagi zależy tylko od praw mechaniki statystycznej a nie od poprzedzającej historii. Stąd, gdy cofamy się w czasie wstecz i napotykamy stan równowagi, możemy nie troszczyć się zbytnio, co było przedtem (jeżeli tylko potrafimy opanować wrodzoną człowiekowi ciekawość), bez obawy o poprawność całej naszej dotychczasowej rekonstrukcji.

Chwila $t = 10^{-4}$ *s*. Gęstość spadła już do wartości 10^{14} g/cm^3, a temperatura 10^{12} K. Wszechświat staje się chłodny dla hadronów, które zderzając się z antyhadronami, zamieniają się w promieniowanie. Główną składową Wszechświata stanowią: elektrony, mezony mi, neutrina oraz ich antycząsteczki. Wszyst-

kie te cząstki oddziaływują na siebie tzw. siłami słabymi czyli leptonowymi. Stąd nazwa cząstek — leptony i nazwa tego okresu ewolucji — era leptonowa. Zgodnie ze swoją nazwą oddziaływanie słabe jest 10^{14} razy słabsze od silnego (jądrowego), ale mimo to znacznie silniejsze od grawitacyjnego. Świat jest jeszcze ciągle bardzo gęsty, leptony nieustannie zderzają się ze sobą i znajdują się — tak jak przedtem hadrony — w stanie równowagi termodynamicznej.

Ważne wydarzenie miało miejsce, gdy zegar kosmicznej ewolucji wskazywał czas $t = ok.\ 2\ s$. Temperatura spadła wtedy do tego stopnia, że droga swobodna neutrin wydłużyła się tak, iż cząstki te przestały praktycznie oddziaływać z innymi postaciami materii. Nastąpiło odłączenie się neutrin od procesów ewolucyjnych. Odłączone neutrina — po odpowiednim ostudzeniu spowodowanym ekspansją Wszechświata — powinny dziś istnieć równomiernie rozłożone w przestrzeni, podobnie jak pole promieniowania tła. Obserwacyjne wykrycie „neutrin tła" byłoby bardzo mocnym potwierdzeniem standardowego modelu Wszechświata i dostarczyłoby informacji wprost z ery leptonowej. Niestety, właśnie ten fakt, że neutrina bardzo słabo oddziaływują z innymi postaciami materii, stawia przed przyszłymi obserwatorami neutrin kosmicznych ogromne trudności techniczne.

Chwila $t = 10\ s$. Gęstość 10^4 g/cm^3, temperatura 10^{10} K. Koniec panowania dynastii leptonów. Elektrony i pozytony zamieniają się na promieniowanie. Główną składową świata stają się fotony, czyli promieniowanie elektromagnetyczne. Świat wkracza w erę promienistą. Na przełomie ery leptonowej i promienistej resztka protonów i neutronów ocalała z pogromu (anihilacji) końca ery hadronowej, łączy się w jądra helu. Badanie rozkładu helu we Wszechświecie jest ważnym testem kosmicznym, niesie ono informacje z okresu, w którym historia świata toczyła się dopiero od kilku sekund.

W dalszym ciągu Wszechświat rozszerza się, gęstość materii spada, temperatura staje się coraz niższa. Nieznaczne ilości innych cząstek są zanurzone w morzu fotonów czyli promieniowania elektromagnetycznego. Niejako „obok", nie biorąc udziału w innych procesach, istnieje pole neutrin. Ekspansja trwa nieustannie, ale ewolucja jakby zmęczyła się, coraz rzadziej następują istotnie ważne zdarzenia.

W ten sposób *minęło ok. 1 000 000 lat*, gęstość spadła do 10^{-21} g/cm^3, temperatura do 30000 K. Teraz droga swobodna fotonów wydłużyła się tak, że z kolei one wyłączają się z ciągu

ewolucyjnych procesów. Formuje się to, co nazywamy dziś promieniowaniem tła i co zostało obserwacyjnie odkryte przez Penziasa i Wilsona w 1965 roku. Dzięki temu zyskaliśmy bezpośredni wgląd do końca ery promienistej. Prawie równocześnie rozgrywa się drugie, ważne wydarzenie. Ocalałe z procesów anihilacji w poprzednich erach protony i elektrony łączą się w atomy wodoru. Z czasem wodór staje się główną składową materii, oprócz pól neutronowego i elektromagnetycznego.

Gaz wodorowy i domieszka helu, powstałego jeszcze na przełomie er leptonowej i promienistej, tzw. hel pierwotny, był początkowo rozłożony mniej więcej jednostajnie, ale przypadkowe zagęszczenia stały się źródłem silniejszego przyciągania grawitacyjnego. Ten tzw. mechanizm grawitacyjnej niestabilności zapoczątkował proces powstawania galaktyk lub nawet gromad galaktyk. Na skutek analogicznego procesu w galaktykach zaczęły powstawać gwiazdy. Ewolucja świata wkroczyła w erę galaktyczną.

Proces powstawania gromad galaktyk i galaktyk jest wielką białą plamą na standardowym modelu kosmicznym. Istnieje na ten temat kilka, częściowo konkurujących ze sobą, a częściowo uzupełniających się, hipotez. Z pewnością niestabilność grawitacyjna odgrywała istotną rolę w genezie galaktyk i ich gromad. Czy jednak tylko ona? Czy nie trzeba przyjąć jeszcze innych, „pomocniczych" czynników? Jak obserwacyjnie rozstrzygnąć pomiędzy różnymi hipotezami? Pytania te do dziś w dużej mierze pozostają otwarte.

Chcąc dalej śledzić ewolucję Wszechświata, kosmologia musi odwołać się do pomocy innych dyscyplin. I tak teoria ewolucji gwiazd została dobrze opracowana przez astrofizykę. W erze galaktycznej astrofizyka uzupełnia obraz kreślony przez kosmologię. Inna dyscyplina, zwana teorią nukleosyntezy kosmicznej lub astrofizyką jądrową, uczy o powstawaniu pierwiastków chemicznych we wnętrzach masywnych gwiazd. Bez pomocy astrofizyki jądrowej świat kosmologii byłby światem gazu wodorowo-helowego, powstałego we wcześniejszych fazach ewolucji pola promieniowania elektromagnetycznego i pola neutrin. W takim świecie nie mogłoby powstać ani życie, ani rozumny badacz-obserwator. Tu właśnie biologia powinna wyjaśnić, w jaki sposób na jednej z planet krążących wokół przeciętnej gwiazdy w dość typowej galaktyce powstało życie. Niestety współczesna biologia tego nie czyni. Odnosi ona ogromne sukcesy, ale jest nadal bardzo odległa od rozwiązania

zagadki życia. A wydaje się, że dopóki tego nie zrobi, nie będziemy mogli całkowicie sensownie postawić pytania o możliwości życia we Wszechświecie, poza planetą Ziemia. Wprawdzie i na ten temat zapisano już tony papieru, ale twórczość ta stanowi w najlepszym wypadku literaturę z pogranicza *science-fiction*. A z tego rodzaju pomocy kosmologia, jako nauka z ambicjami, korzystać nie może.

Wprawdzie współczesny obraz kosmicznej ewolucji utkany jest wieloma znakami zapytania, pokrywa on jednak wielki obszar: od pierwszych ułamków sekundy po początkowej osobliwości aż do kosmicznego teraz, gdy zegar wskazuje czas $t = 15 \div 20$ *miliardów lat*, gęstość materii wynosi 10^{-31} — 10^{-28} g/cm^3, a temperatura 2,7 K. Ekspansja trwa.

4. *Naturalne środowisko kosmologii*

Nie należy jednak wyobrażać sobie, że współczesna kosmologia jest monolitem bez skazy. Nawet dla najpowszechniej uznawanych idei naturalnym środowiskiem są spory, różnice zdań, przeciwne opinie. Kosmologia byłaby bardzo niestandardową gałęzią wiedzy, gdyby w niej obowiązywały wyłącznie standardy.

Przede wszystkim pojęcie „kosmologia relatywistyczna" jest pojęciem znacznie szerszym od pojęcia „standardowy model kosmologiczny". Wielokrotnie w poprzednich rozdziałach dawaliśmy wyraz zdziwieniu że — jak świadczą o tym obserwacje — rzeczywisty świat aż z tak dobrą dokładnością może być opisywany przez najprostsze modele relatywistyczne, a mianowicie przez rozwiązania Friedmana-Lemaître'a. Jak powiadają teoretycy, rozwiązania Friedmana-Lemaître'a stanowią tylko „zbiór miary zero" w zbiorze wszystkich możliwych rozwiązań równań Einsteina. Studiowanie tych innych rozwiązań jest ważnym elementem badań kosmologicznych. I to nie tylko z prostej matematycznej ciekawości. Dlaczego więc? Po pierwsze dlatego, że strukturę najprostszych rozwiązań w pełni można poznać dopiero wtedy, gdy się je umieści w kontekście rozwiązań bardziej skomplikowanych. I po drugie, ponieważ nie jest wykluczone, że w pobliżu początkowej osobliwości świat był opisywany przez jakiś model anizotropowy, który dopiero potem uległ wygładzeniu. Po trzecie wreszcie, modele Friedmana-Lemaître'a opisują świat tylko w pewnym przybliżeniu, jeśli chcemy znaleźć lepsze przybliżenie, musimy szukać bardziej skomplikowanych rozwiązań. Dotyczy to przede

wszystkim zagadnienia jednorodności. Gdy rozpatrujemy Wszechświat w bardzo dużej skali, mamy prawo założyć, że materia jest w nim rozłożona jednorodnie, ale dla Wszechświata rozważanego w mniejszej skali założenie to nie jest spełnione w sposób oczywisty: galaktyki i gwiazdy są przecież silnymi lokalnymi niejednorodnościami w rozkładzie materii. Chcąc zbudować „świat z galaktykami", musimy poszukiwać rozwiązań niejednorodnych.

Znajdowanie rozwiązań nieizotropowych jest matematycznie znacznie łatwiejsze niż poszukiwanie rozwiązań niejednorodnych. Znamy dziś dość dobrze wszystkie rozwiązania jednorodne: zarówno izotropowe, jak i nieizotropowe. Zostały one poklasyfikowane według stopni symetrii, jakie dopuszczają, na tzw. dziewięć klas Binachi (od nazwiska włoskiego matematyka, który jeszcze w XIX wieku zajmował się klasyfikacją przestrzeni jednorodnych; współczesna klasyfikacja obejmuje w istocie więcej klas niż dziewięć, gdyż niektóre klasy dzielą się jeszcze na podklasy), własności geometryczne każdej klasy zostały poznane w dużym stopniu. Znacznie gorzej przedstawia się sprawa z modelami niejednorodnymi, znamy ich niewiele, a te które znamy, są raczej sztuczne i niepodobne do niejednorodnego rozkładu materii w rzeczywistym świecie. Chcąc więc wprowadzić do modelu galaktyki musimy postępować inaczej: posługujemy się tzw. rachunkiem zaburzeń — przyjmujemy rozwiązanie jednorodne i dopiero „na jego tle" wprowadzamy małe odchylenia od średniej gęstości materii (zaburzenia gęstości). Każde z takich zaburzeń modeluje galaktykę lub gromadę galaktyk. I znowu okazja do zdziwienia: tego rodzaju uproszczona procedura daje całkiem dobre rezultaty.

Innym ważnym elementem naturalnego środowiska współczesnej kosmologii jest bujnie rozwijająca się astrofizyka relatywistyczna. Obydwie te dyscypliny łączą nie tylko identyczne (a wyjątkowo tylko prawie identyczne) metody i techniki matematyczne. Model standardowy przedstawia świat jako sferycznie symetryczny, a to bardzo przypomina pierwsze przybliżenie gwiazdy, tak jak ją widzi astrofizyk. Proces rozszerzania się Wszechświata jest bardzo podobny do procesu zapadania się gwiazdy pod wpływem własnego pola grawitacyjnego (tzw. kolaps grawitacyjny), z tym że w obydwu tych procesach czas płynie w przeciwnych kierunkach (zapadanie się jest rozszerzaniem w minus czasie). Obydwa te procesy prowadzą do zagadnienia osobliwości oraz do wszystkich technicznych i pojęciowych trudności, jakie się z nim wiążą.

5. *Niestandardowe idee*

Wyobraźnia jest niezastąpionym czynnikiem naukowej twórczości. Ale kosmolog — może bardziej niż przedstawiciel innej dziedziny wiedzy — powinien strzec się, by nadmierne działanie wyobraźni nie stępiło jego krytycyzmu wobec własnych idei. Zdanie to, wbrew pozorom, nie jest skierowane przeciwko nieortodoksyjnym teoriom kosmologicznym. Właśnie przeciwnie, nieortodoksyjne pomysły są bardzo potrzebne do tego, by „kosmologowie standardowi" mieli być przez kogo atakowani i by dzięki temu zdrowy krytycyzm rósł po obu stronach. Oczywiście nie mam tu na myśli maniackich pomysłów, do jakich niestety Kosmos nastraja wielu ludzi, lecz poprawne choć nie przyjmowane powszechnie, teorie i hipotezy.

Takich teorii i hipotez nie brak w dzisiejszej kosmologii. Sam fakt rozszerzania się Wszechświata do dziś budzi sprzeciwy. Sprzeciwy tym cenniejsze, że sięgające po argumenty obserwacyjne. Astronomem, który od wielu lat wyszukuje i gromadzi wszystkie obserwacyjne racje przeciw ucieczce galaktyk jest Halton Arp. Jednym z głównych jego argumentów jest spostrzeżenie, że w kilku wypadkach dwie galaktyki położone blisko siebie, a nawet — jak się wydaje — połączone jakby pomostem, mają dość różne przesunięcia ku czerwieni, podczas gdy, zgodnie z prawem Huble'a, powinny mieć przesunięcia ku czerwieni prawie identycznie, gdyż są od nas jednakowo odległe. Spostrzeżenie to z początku wywołało pewne zamieszanie i nasiliło działalność przeciwników standardowego modelu, z czasem jednak emocje zmalały. Dla „kosmologów standardowych" stało się jasnym, że zaobserwowane anomalie są zbyt nieliczne i różnice w przesunięciach ku czerwieni zbyt małe, by mówić o obaleniu prawa Hubble'a. Jeżeli anomalie te zostaną w pełni potwierdzone przez dokładniejsze obserwacje, należałoby raczej mówić o jakimś nieznanym efekcie poczerwienienia, który nakłada się na przesunięcia spowodowane ucieczką galaktyk. Prawo Hubble'a ma zbyt mocne oparcie w danych obserwacji.

Zwolennicy modelu stacjonarnego także nie poddali się całkowicie. Wprawdzie nikt już dziś nie broni modelu stacjonarnego w jego oryginalnej postaci, ale można by mówić o całej generacji modeli pochodnych, które, metodą mniejszych lub większych zmian, próbują dopasowywać pierwotny model stacjonarny do aktualnych wyników obserwacji. Inną koncepcją kosmologiczną, która od czasów odkrycia promieniowania

tła znajduje się w odwrocie, ale zupełnie nie wygasła, jest teoria stworzona przez Hannesa Alfvèna i O. B. Kleina, według której świat składa się w połowie z materii i w połowie z antymaterii [3].

Ogólna teoria względności wystarczająco dobrze tłumaczy wszystkie fakty doświadczalne w dziedzinie oddziaływań grawitacyjnych, ale fizycy wierzą, że i tę teorię zastąpi kiedyś teoria od niej ogólniejsza. Dlaczego więc już dziś nie próbować szczęścia? I istotnie, czasopisma naukowe zawierają wiele prób bądź zmodyfikowania, bądź uogólnienia ogólnej teorii względności. Do najbardziej znanych do niedawna należała teoria grawitacji Bransa-Dicke'go (por. rozdz. XVIII, § 2), ostatnio więcej uwagi zdaje się przyciągać teoria Diraca. W obydwu tych teoriach uogólnienie w stosunku do teorii Einsteina polega na tym, że „stała" grawitacji nie jest już stałą, lecz zmienia się zależnie od rozkładu mas. Wszystkie tego rodzaju teorie grawitacji mają oczywiście swoje kosmologie, zwykle mało różnią się one od ortodoksyjnej kosmologii relatywistycznej. Ciekawym uogólnieniem ogólnej teorii względności jest teoria Einsteina-Cartana, która włącza do matematycznego formalizmu teorii człony opisujące tzw. spin makroskopowy czyli wirowanie makroskopowych cząstek materii. Kosmoloigczne rozwiązania teorii Einsteina-Cartana są praktycznie identyczne z rozwiązaniami zwykłej kosmologii relatywistycznej, za wyjątkiem początku ekspansji, gdzie mogą one w niektórych wypadkach nie posiadać początkowej osobliwości.

Dalszym naturalnym środowiskiem kosmologii jest cała współczesna fizyka. Być może właśnie ten fakt jest największym osiągnięciem dwudziestowiecznej nauki o Wszechświecie: przestała już ona być dalekim marginesem, stała się po prostu rozdziałem fizyki.

6. *Brzeg historii*

W naszej opowieści o ewolucji kosmologii dwudziestego wieku doszliśmy mniej więcej do roku 1973. W tym roku zakończył się pewien ważny etap prac teoretycznych wydaniem monografii Hawkinga i Ellisa (por. rozdz. XIX). W tym roku odbyło się sympozjum międzynarodowej Unii Astronomicznej, na którym stwierdzono zadawalającą zgodność modelu standardowego z aktualnymi obserwacjami (por. § 1 niniejszego rozdz.). Ale w gruncie rzeczy nie jest to data niczym wyróżniona: historia kosmologii toczy się nadal... Gdyby jednak ktoś obec-

nie zamierzał napisać książkę o tej „toczącej się historii", nie byłaby to już książka historyczna, lecz co najwyżej reportaż z prowadzonych współcześnie prac kosmologicznych. Bo naukowe „teraz" niewątpliwie obejmuje okres conajmniej kilkuletni. Teraźniejszość jest nieustannie poruszającym się naprzód brzegiem historii.

Jeżeli można powiedzieć, że teraźniejszość jest „górnym brzegiem" historii, to można także powiedzieć, iż teraźniejszość jest równocześnie „dolnym brzegiem" futurologii. Co będzie potem? Czy przyszłość nie obali naszego dorobku? Prognozy futurologiczne, jeśli tylko traktuje się je choć trochę odpowiedzialnie, powinny być zawsze obwarowane bardzo licznymi zastrzeżeniami i świadomością wielkich marginesów błędu, ale w przewidywaniu przyszłości naukowej jednego możemy być pewni: przyszłość nie zniszczy przeszłości, nawet najbardziej wstrząsające rewolucje, które drastycznie zmienią obraz rzeczywistości, jeśli nastąpią, będą wyrastały z prac poprzedników. Nauka zmienia się, ale nie unicestwia swojej historii.

Jeżeli w ciągu najbliższych lat nie pojawią się jakieś nieprzewidziane okoliczności, to współczesny kosmolog może pokusić się o bliskoterminową prognozę futurologiczną. Zresztą i uważny czytelnik wszystkich poprzednich rozdziałów może mu w tym wydatnie pomóc. I tak istnieje ciągle zapotrzebowanie — a więc i presja na uczonych, by w tym kierunku szukali — na kwantową teorię grawitacji. Można powiedzieć, że wiele prac i wysiłków będzie zmierzać do tego celu. I można także przypuszczać, że kolejna wielka rewolucja w fizyce będzie związana z tym zagadnieniem. Nie wykluczone, że jeszcze raz nasze pojęcia na temat czasu i przestrzeni ulegną głębokiemu przeformułowaniu. Ale zanim nastąpi tego rodzaju globalna rewolucja w fizyce, kosmolog pracujący w ramach dotychczasowego standardowego modelu będzie też miał wiele do roboty. Nadal czekamy na rozwój teorii powstawania galaktyk i nadal chcielibyśmy mieć więcej modeli niejednorodnych.

Prognozowanie prac obserwacyjnych jest znacznie trudniejsze niż przepowiedzenie dotyczące rozwoju teorii. Nowoczesne obserwacje wymagają coraz większych nakładów finansowych i tu wewnętrzna logika, powodująca ewolucją nauki, miesza się z ekonomicznymi trendami; ten czynnik może zniszczyć wszelkie rozsądne przewidywania. Ale wydaje się, że jeśli świat nie ugrzęźnie w jakimś wielkim regresie gospodarczym, to najbliższe lata będą okresem kosmologii obserwacyjnej. Już

dziś zaczyna się badać drobne anizotropie w rozkładzie promieniowania tła. Badania te mogą przynieść ważne informacje z końca ery promienistej, a zwłaszcza informacje na temat tworzących się podówczas niejednorodności, które potem dały początek galaktykom: małe nieregularności w polu promieniowania tła są właśnie śladem ówczesnych niejednorodności. Obserwatoria astronomiczne umieszczone poza atmosferą ziemską — na sztucznych satelitach, lub kiedyś na Księżycu — mogą także zrewolucjonlizować nasz obraz Wszechświata. I to przynajmniej z dwu względów: pod względem nieosiągalnej na powierzchni Ziemi dokładności danych i pod względem obserwacji radiowych na częstościach nie przepuszczalnych przez atmosferę ziemską.

Muszę się przyznać czytelnikowi, że nigdy nie żałuję lat, które minęły. Nie dałbym w zamian za odmłodzenie się tego, co wiem obecnie. Jeżeli czasem chciałbym dopiero dziś, jako początkujący student, otwierać podręcznik kosmologii, albo po raz pierwszy, w gimnazjalnym wieku, przeżywać emocje spotkania z nauką o Wszechświecie na kartkach jakiejś popularnonaukowej książki, to tylko dlatego, iż w międzyczasie naukowe teraz, brzeg dziejów kosmologii, przesunąłby się dalej i miałbym większe szanse zobaczyć na własne oczy, jak kosmologia będzie wyglądać po roku dwa tysiące.

Przypisy

[1] Por. tom sprawozdań z Krakowskiego Sympozjum: Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data, pod red. M. Longaira, Reidel Publ. Comp., Dordrecht — Boston, 1974.

[2] W tomie sprawozdań z Sympozjum w Trieście: The Physicist's Conception of Nature, pod red. J. Mehra, Reidel Publ. Comp., Dordrecht — Boston, 1973.

[3] Por. w polskim tłumaczeniu: H. Alfvén, Kosmologia i antymateria, (Biblioteka Problemów), PWN, Warszawa 1973.

TOMASZ KWAST — Warszawa

GWIAZDY MEDYCEJSKIE

3. Callisto

Callisto, galileuszowy satelita Jowisza nr 4, wyglądem i budową wewnętrzną zbliżony jest do Ganimedesa. Zewnętrznie przypomina nasz ziemski Księżyc — cała jego powierzchnia

jest bardzo gęsto pokryta licznymi kraterami uderzeniowymi (por. zdjęcie na pierwszej stronie okładki), których wiek oceniany jest na ok. 4 miliardów lat. Znaczy to, że powierzchnia Callisto nosi na sobie ślady „wielkiego bombardowania" przez meteoryty w okresie młodości Układu Słonecznego. Ślady te z kolei mogły się tu lepiej zachować niż na Ganimedesie, gdyż Callisto, jako satelita dalszy od Jowisza (promień jego orbity wynosi 1880 miliona kilometrów, okres obiegu — 16,689 dnia), podlegał słabszym siłom przypływowym. Co za tym idzie, słabiej był przez te siły grzany i dlatego jego powierzchnia mogła wcześniej zakrzepnąć i osiągnąć dostatecznie wysoką twardość.

W przeciwieństwie do Ganimedesa brak jest na Callisto kraterów o średnicach przekraczających 100 km, brak jest również charakterystycznych dla Ganimedesa wiązek rowów. Ciekawe natomiast, że również na Callisto jest ślad wyjątkowo potężnego uderzenia meteorytu (patrz zdjęcie na czwartej stronie okładki), czyli znowu mamy tu twór podobny do Mare Orientale na Księżycu lub Caloris Basin na Merkurym. Na Callisto wyraźnie widać samo centrum uderzenia w postaci jasnej plamy o średnicy ok. 300 km, a wokół niej do odległości ok. 1500 km szereg współśrodkowych kręgów. Sama plama centralna jest słabiej pokryta kraterami niż reszta globu, z czego wniosek, że powstała pod koniec okresu „wielkiego bombardowania". Prawdopodobnie na Callisto istnieje jeszcze jedna formacja tego rodzaju.

Callisto jest najciemniejszym z galileuszowych satelitów Jowisza, tzn. ma najmniejsze albedo. Jest on również satelitą o najniższej gęstości, wynoszącej 1,79 g/cm^3. Wiąże się to z tym, że podobnie jak Ganimedes zbudowany jest w znacznym procencie z wody (lodu). Cały glob o promieniu 2420 km ma masę $1{,}07 \times 10^{23}$ kg. Pod dość cienką skalno-lodową skorupą na prawie $^1/_3$ promienia w głąb rozciąga się płaszcz wody spoczywający na krzemianowym jądrze satelity. Podobnie jak na Ganimedesie tak i na Callisto widać jasne kratery, których dno stanowi właśnie lód.

W ten sposób w trzech kolejnych artykułach omówiliśmy w wielkim skrócie najważniejsze charakterystyczne cechy Europy, Ganimedesa i Callisto, czyli satelitów nr 2, 3 i 4. Jak widzimy, satelity te rozpatrywane w kolejności numeracji, a więc w miarę wzrastającej odległości od Jowisza, wykazują szereg interesujących prawidłości. Przede wszystkim zauważmy, że w kolejności tej satelity zawierają coraz więcej wody.

O ile u Europy warstwa wody ma grubość około 100 km, to u Callisto zajmuje ona znaczną część promienia globu. W związku z tym średnia gęstość kolejnego satelity jest oczywiście coraz mniejsza. W tej samej kolejności spada albedo a wzrasta „chropowatość" powierzchni, od gładkiej Europy do niezwykle gęsto usianego kraterami Callisto.

Nie potrafimy obecnie wytłumaczyć we wszystkich szczegółach, dlaczego tak właśnie jest. Zagadnienie powstania Układu Słonecznego jest jednym z najbardziej skomplikowanych problemów w astronomii i na wyjaśnienie tych zagadek prawdopodobnie przyjdzie nam jeszcze długo poczekać.

A dlaczego opuściliśmy dotychczas satelitę nr 1, Io? Otóż jest to glob tak niezwykły, że można, a nawet chyba trzeba, opowiedzieć o nim osobno, co też nastąpi w następnym numerze „Uranii".

JAN MERGENTALER — Wrocław

AKTYWNOŚĆ SŁOŃCA W WIEKU XVII

Artykuł ten dotyczy reakcji na prace Eddy'ego i stanowi dalszy ciąg dyskusji omówionej w nr 10 „Uranii" w roku 1970.

Jednymi z najłatwiejszych do obserwacji zjawisk kosmicznych są plamy na Słońcu. Wiemy o ich istnieniu co najmniej od czasów Galileusza, ale przy bardziej źródłowych poszukiwaniach okazuje się, że nawet od bardziej dawnych czasów. Wiemy dziś o tym, że plamy te nie występują stale w jednakowej ilości, ale że istnieje cykl 11-letni, w ciągu którego występuje jedno maksimum i jedno minimum ilości plam na Słońcu. Powstaje pytanie: czy zawsze tak było? Przynajmniej — w ostatnich wiekach? Właściwie można by postawić dwa odrębne pytania: czy zawsze występowały plamy oraz — czy zawsze występował 11-letni cykl.

Wielokrotnie wysuwano przypuszczenie, że w wieku XVII Słońce było słabo aktywne, bądź nawet w ogóle pozbawione było plam przez dłuższy okres czasu. Bodajże pierwszą taką sugestię wypowiedział w roku 1894 E. W. Maunder, a następnie powtórzył ją w roku 1921, już jako zupełnie pewne stwierdzenie. Okazało się jednak, że te stwierdzenia wynikały z błędnej interpretacji pracy Spörera, który w końcu ubiegłego wieku podał, że w wieku XVII istotnie było mało plam, ale

tylko na jednej półkuli słonecznej, mianowicie północnej, podczas gdy na południowej bywało ich zupełnie dużo. Zauważyć tu należy, że przecież już R. Wolf przed pracami Maundera wyznaczył momenty maksimum plam od czasów Galileusza, czego by nie mógł dokonać bez dostrzegania plam słonecznych. Tak więc zarówno z dawnych prac Spörera jak i Wolfa wynikało, że zarówno cykl 11-letni jak i pojawianie się plam na Słońcu nie zanikły całkowicie w owym XVII wieku.

Pomimo to jednak raz wypowiedziane przypuszczenie o braku plam w XVII wieku znajdowało zwolenników w różnych czasach aż do dni ostatnich. Tak więc na przykład A. E. Douglas, znany badacz wpływu plam słonecznych na przyrost roczny drzew, stwierdził w roku 1919, że w latach 1654—1727 brak było 11-letniej cykliczności w przyrostach sosen i sekwoi w Kalifornii, podczas gdy w innych okresach cykliczność taka występowała zupełnie wyraźnie. Zagadnienie to opracował ostatnio J. A. Eddy, który w 1976 r. poublikował pracę mającą na celu udowodnienie słuszności twierdzeń Maundera i tych autorów, którzy mówili o słabej aktywności słonecznej przed trzema wiekami. Wtedy to rzekomo prawie bezplamowe stulecie — wiek XVII — zostało nazwane „minimum Maundera", a podobny jakoby bezplamowy okres pomiędzy latami od połowy XV wieku do około połowy następnego — „minimum Spörera". Eddy zaryzykował nawet takie twierdzenie, że „... stare zapiski wskazują na to, że w latach 1645—1715 żadnych w ogóle plam na Słońcu nie było".

Sprawdzenie tego rodzaju hipotez i twierdzeń, zwłaszcza o braku 11-letniej cykliczności w jakimkolwiek przedziale czasu, a więc i w „minimum Maundera", mogło iść dwoma drogami. Poprzez wyszukiwanie w kronikach owych czasów danych o obserwacjach Słońca, lub przez badania pośrednie, podobne do prac Douglasa — a więc poszukiwanie danych historycznych o skutkach aktywności słonecznej w postaci zmiennej ilości występujących zórz polarnych, częstości wykrywania komet, obfitości izotopu radioaktywnego węgla w przyrostach rocznych drzew itp.

Jeżeli chodzi o dane historyczne — to już samo stwierdzenie Spörera występowania plam w tym czasie na jednej półkuli wystarczyłoby do uzasadnienia wniosku, że aktywność słoneczna nie wygasła w owym czasie, a praca R. Wolfa mówiła także wyraźnie o tym, że cykl 11-letni także nie zanikał. Ale istotnie obserwacji plam było znacznie mniej niż w innych czasach. Wynikało to zapewne, przynajmniej częściowo, z przy-

czyn niezależnych od Słońca. Zainteresowanie plamami zaraz po odkryciu ich przez Galileusa było początkowo bardzo duże. Obserwowali je nawet jezuici w Kaliszu celem udowodnienia, że nie są to skazy na czystej tarczy słonecznej, ale nieznane planety, przechodzące przed tarczą Słońca. Z chwilą jednak gdy udowodniono, że są to szczegóły powierzchni słonecznej, wielu przeciwników poglądów zbyt wolnomyślnych przestało się interesować tą kontrowersyjną cechą Słońca, co mogło wpłynąć na zmniejszenie ilości rejestrowanych plam. Nie było wtedy tak rozwiniętego ruchu miłośniczego jak dziś, kiedy to w każdym prawie kraju rzesze miłośników rejestrują zaplamienie Słońca.

Tak by to wyglądało w Europie. Ale, jak wiadomo, zanim Europejczycy zainteresowali się plamami słonecznymi, rejestrowali je Chińczycy, oczywiście tylko takie, które były widoczne gołym okiem. Otóż kroniki chińskie z wieku XVII milczą na ten temat; można zatem przypuszczać, że nie obserwowano wtedy wielkich, widzialnych gołym okiem plam słonecznych i, że musiało ich wtedy nie być. Okazało się jednak, że wniosek taki, wypowiadany zresztą wielokrotnie przez różnych autorów, jest zbyt pośpieszny. Wiek XVII w Chinach był raczej niespokojny, zachodziły wtedy wielkie gwałtowne zmiany polityczne, podbój przez dynastię mandżurską i, co za tym idzie świadome zniszczenie kronik urzędowych opisujących zdarzenia, jakie miały miejsce za czasów poprzednich cesarzy. Stąd mogło wynikać to, że zabrakło także informacji o dostrzeganych gołym okiem zakłóceniach na jasnej tarczy słonecznej.

Wobec braku kronik urzędowych postarano się jednak odszukać jakieś ślady obserwacji w zapiskach prywatnych, a zajęli się tym astronomowie z Góry Purpurowej pod Nankinem — Xu Zhentuo i Jiang Yaotiao. Odnaleźli oni stare archiwa, zawierające dane o obserwowanych gołym okiem plamach słonecznych w XVII wieku. Obserwowano te zjawiska w latach 1603, 1604 — a więc przed odkryciem Galileusza i następnie w latach 1613, 1616 i innych aż do roku 1684, ostatniego z archiwum. W sumie obserwowano gołym okiem grupy plam w odstępach bliskich obecnie rejestrowanej długości cyklu aktywności słonecznej w 6—7 przypuszczalnych maksimach. Jak wynika z obserwacji w późniejszych stuleciach widoczne gołym okiem plamy pojawiają się mniej więcej 6—7 razy w ciągu około 70 lat, czyli na 7 cykli aktywności słonecznej. A tak wielkie grupy plam, aby można je było obser-

wować gołym okiem — występują na ogół tylko w dość wysokich cyklach aktywności. Zaobserwowanie więc takiej ilości grup plam przez Chińczyków wtedy, gdy w Europie mało ich obserwowano zdaje się świadczyć o tym, że brak było nie plam, lecz obserwatorów.

Tyle kroniki chińskie — w sprzeczności z twierdzeniem Eddy'ego. Ale czy rzeczywiście aktywność Słońca zawsze była tak silna jak obecnie? Zapewne obecność 11-letniego cyklu nie może być poddawana w wątpliwość, ale wysokości cykli mogły bywać mniejsze i większe od rejestrowanych obecnie. Wobec braku bezpośrednich obserwacji poszukajmy zatem świadectw pośrednich.

Plamy słoneczne bywały obserwowane przez nielicznych astronomów. Powszechnie przez wielu ludzi widzialne bywały zorze polarne, a wiadomo, że ilość ich zwiększa się w okresie intensywnego zaplamienia tarczy słonecznej. Czeski astronom F. Link opracował zapisy obserwacji zórz polarnych w latach od 1600 do ok. 1720 i stwierdził, że podobnie jak plam na Słońcu było ich nieco mniej w końcu wieku XVII, ale nigdy nie brakowało ich całkowicie, a prócz tego ilość ich wahała się w okresie 11-letnim. Link zwrócił uwagę na to, że już R. Wolf pod koniec ub. wieku stwierdził istnienie około 80-letniego cyklu w aktywności Słońca i że osłabienie plamotwórczej aktywności w końcu wieku XVII jest prostą konsekwencją nakładania się tych dwóch cykli, skąd nie wynika, że by ten jedenastoletni kiedykolwiek zanikał.

Inne pośrednie dane można uzyskać badając tempo produkcji radioaktywnego izotopu węgla ^{14}C. Izotop ten powstaje w wyniku bombardowania atomów azotu przez neutrony promieniowania kosmicznego. Połowiczny czas rozpadu atomów węgla promieniotwórczego wynosi ok. 6000 lat, gdyby zatem udało się odnaleźć źródła rejestrujące ilość takich atomów, możnaby badać ewentualne zmiany ilości powstających atomów węgla z azotu pod wpływem promieniowania kosmicznego. Zmiany takie powinny wystąpić i powinny wykazać 11-letnią cykliczność, gdyż w okresie silnej aktywności Słońca chmury plazmy płynące ze Słońca i niosące ze sobą pole magnetyczne odmiatają od Ziemi strumienie cząstek promieniowania kosmicznego, a tym samym likwidują w znacznym stopniu produkcję atomów radioaktywnego węgla w naszej atmosferze. Zmiany więc powinny wystąpić. A jak będzie z ich rejestracją? Robią to drzewa, które przecież co roku magazynują w kolejnych warstwach przyrostu taki węgiel, jaki w danym

roku był w atmosferze, a więc z taką ilością izotopu ^{14}C jaki procent tych atomów był wytworzony przez promieniowanie kosmiczne. Mniej powinno być takiego węgla w okresie silnej aktywności Słońca, więcej — w okresie bezplamowym.

Wystarczy więc wyznaczyć stopień promieniotwórczości poszczególnych przyrostów rocznych starych drzew, żeby dowiedzieć się, jak w dawnych latach wyglądała produkcja radioaktywnego węgla, a więc także jak wyglądała aktywność Słońca. Byłoby pięknie, gdyby ta zależność była liniowa. Niestety, niezupełnie tak jest... Po pierwsze — nie jesteśmy pewni, czy natężenie promieniowania kosmicznego jest (poza zakłóceniami przez plazmę słoneczną) stale jednakowe, choć jak dotychczas nic nie przemawia za jego zmiennością. Ale jest i drugi szkopuł: Oto samo Słońce w okresie silnej aktywności, kiedy na przykład wybuchają na nim protonowe rozbłyski, zasiewa okolice Ziemi słonecznymi promieniami kosmicznymi, wprawdzie słabszymi od tych, które pochodzą z kosmosu, ale mimo to zdolnymi do produkcji niedużych ilości atomów ^{14}C. Dzięki temu zależność natężenia produkcji tych atomów od stanu aktywności słonecznej nieco się zamazuje.

Te uboczne efekty jednak są zapewne niewielkie, dzięki czemu możemy założyć, że kryterium ^{14}C może być dobrym wskaźnikiem aktywności słonecznej w dawnych wiekach. Należałoby się więc spodziewać, że w minimum Maundera słoje drzew pochodzące z tego czasu powinny być silniej radioaktywne niż te, które zostały wytworzone w wieku XVIII i następnych. Pewien ślad tego rodzaju zjawiska istotnie występuje, choć nieco różnie u różnych autorów. W każdym razie bliżej roku 1600 radioaktywność była słabsza niż bliżej roku 1700. Nie wiemy jak było w dawnych wiekach z liczbami Wolfa, ale częstość występowania zórz polarnych, która jest na ogół proporcjonalna do stanu aktywności Słońca, przebiega odwrotnie niż poziom radioaktywności przyrostów drzew w piętnastu wiekach od roku 500 do 1800.

Jaki stąd wniosek? Aktywność Słońca podlega wiekowym wahaniom, ale nigdy nie zanika całkowicie i nigdy nie zanika 11-letni cykl. Zapewne w wieku XII, w średniowieczu, Słońce bywało znacznie bardziej zaplamione niż obecnie i podobnie około V—VI wieku. Bardziej szczegółowe badania nad radioaktywnością węgla w drzewach zapewne pozwolą w przyszłości bardziej precyzyjnie określić jak Słońce wyglądało w czasie wędrówek ludów, czy wtedy gdy Leonardo da Vinci malował Giocondę.

KRONIKA

Nowe dane o Saturnie

Sonda kosmiczna Pioneer 11, która 6 kwietnia 1973 roku opuściła Ziemię, po przeleceniu w grudniu 1974 roku w pobliżu Jowisza, 1 września 1979 roku minęła Saturna zbliżając się do jego powierzchni na odległość 20 800 km. W numerze lipcowym *Uranii* donosiliśmy o odkryciu przez nią prawdopodobnie nawet kilku nowych księżyców Saturna, a obecnie chcemy poinformować o uzyskanych dzięki niej nowych danych dotyczących samej planety i jej pierścieni.

Podobnie jak Ziemia i Jowisz, Saturn ma pole magnetyczne, magnetosferę i pasy radiacyjne. Pole magnetyczne Saturna jest mniej więcej 1000 razy silniejsze niż Ziemi i 20 razy słabsze niż Jowisza. Oś magnetyczna planety pokrywa się z jej osią obrotu w przeciwieństwie do około 10-cio stopniowego odchylenia tych osi w przypadku Ziemi i Jowisza, a także Słońca. Brzeg zwróconej ku Słońcu przedniej części magnetosfery Saturna znajduje się w odległości około 1250 tys. km od środka planety, a szerokość warkocza magnetosfery jest oceniana na 3400 tys. km. Pasy radiacyjne Saturna, zawierające wysokoenergetyczne elektrony i protony, pod względem natężenia są podobne do ziemskich, chociaż obszar przez nie zajmowany jest mniej więcej dziesięciokrotnie większy. Zarówno pierścienie Saturna jak też jego satelity Janus, Enceladus i Tetyda absorbują wielkie ilości wysokoenergetycznych cząstek z pasów radiacyjnych. Obłoki wodoru atomowego wokół pierścieni planety wydają się świadczyć o tym, że absorpcja protonów powoduje dysocjację w lodowych bryłkach tworzących pierścienie.

Pomiary pola grawitacyjnego potwierdzają stosunkowo duże spłaszczenie globu Saturna na biegunach spowodowane szybkim obrotem planety. Depresja na średnich szerokościach wynosi około 120 km. Analiza pola grawitacyjnego i profilów zmian temperatury prowadzą do wniosku, że żelazo-kamienne jądro Saturna rozciąga się mniej więcej do odległości od centrum około 13800 km. Jądro otoczone jest warstwą płynnego wodoru metalicznego o grubości około 21000 km. Jej istnienie i szybki obrót planety są odpowiedzialne za stosunkowo silne pole magnetyczne Saturna.

Wykonane podczas największego zbliżenia obrazy powierzchni Saturna ukazują — podobnie jak na Jowiszu — równoleżnikową strukturę pasmową obłoków otaczających planetę. W obszarach biegunowych przeważają kolory niebiesko-zielone. Na szerokości około 55° obserwuje się czerwono-brązowe pasmo, którego temperatura jest prawdopodobnie wyższa niż w obszarach równikowych.

Za pomocą Pioneera 11 odkryto dwa nowe pierścienie Saturna. Tzw. pierścień F jest odległy od najbardziej zewnętrznego z dotychczas znanych pierścienia A o 3600 km; obszar ten nazwano przerwą Pioneera. Natomiast w odległości około 500 tys. km od powierzchni planety, między orbitami satelitów Rhea i Tytan, zaobserwowano jeszcze jeden tzw. pierścień G. Nie stwierdzono istnienia przerwy między środkowym i wewnętrznym pierścieniami B i C oraz nie znaleziono żadnych śladów pierścieni D i E. Przerwa Cassiniego nie jest zupełnie pusta; podobnie jak w pierścieniach ale w dużo mniejszych ilościach obserwuje się w niej lodowe bryłki materii.

Wg *COSPAR Information Bulletin*, April 1980, No. 87.

K. ZIOŁKOWSKI

Układ planetarny (?) w Andromedzie

W czasie obserwacji gwiazdy zmiennej EG And w roku 1971 przeprowadzonych w Krakowie (Obserwatorium Astronomiczne Fort Skała) oraz w trakcie późniejszego opracowywania dr T. Z. Dworak stwierdził, że jedna z gwiazd porównania — HD 3765 (z katalogu *The Henry Draper Catalogue*) — wykazuje zmiany jasności o przebiegu odpowiadającym gwiazdom zmiennym typu zaćmieniowego. Gwiazda ta należy do klasy widmowej K3V, jej paralaksa $\pi = 0'',071 \pm 0'',007$, co odpowiada odległości ok. 46 lat świetlnych. Z analizy krzywej blasku zdaje się wynikać, że gwiazda HD 3765 jest układem podwójnym o bardzo zróżnicowanych rozmiarach składników (stosunek promieni większego do składnika mniejszego jak 5 : 1). Masy składników według Dworaka wynoszą 0,67 i 0,003 masy Słońca, promienie — ok. 0,70 i 0,14 promienia Słońca, a okres obiegu $P > 15{,}7$ roku. Układ HD 3765 bardzo więc przypomina układ Słońce — Jowisz.

Autor zastrzega, że wnioski oparte są na skąpym materiale obserwacyjnym i otrzymane liczby mogą być obciążone przypadkowymi błędami obserwacyjnymi. Pożądane są więc dalsze obserwacje.

LUDWIK ZAJDLER

Źródło: T. Z. Dworak The Star HD 3765: Eclipsing Binary or Eclipsing Planetary? *Acta Astronomica*, 29, 1, 151—155 (1979).

Zastosowanie metody Monte Carlo do modelowania orbit komet krótkookresowych

Jednym z ważniejszych problemów kosmogonicznych jest poszukiwanie odpowiedzi na pytanie, skąd się biorą komety krótkookresowe. Specjalną uwagą darzą astronomowie komety z rodziny Jowisza (aphelia ich orbit znajdują się blisko orbity Jowisza). Ponieważ polepszyły się techniki obserwacyjne, liczba obserwowanych członków tej rodziny stale wzrasta. Katalog orbit kometarnych B. Marsdena z 1979 roku zawiera 88 komet o okresach obiegu wokół Słońca mniejszych niż 13 lat. Ważną cechą tych komet jest krótki — w skali astronomicznej — czas życia, oceniony na 10 000 lat. Warto zatem zastanowić się nad problemem „uzupełnienia" tej rodziny, tzn. określić skąd się biorą jej członkowie. W pracy dotyczącej ewolucji orbit komet krótkookresowych C. Froeschle i H. Rickman próbują pokazać, że komety, które zasilają rodzinę Jowisza pochodzą z rodziny Saturna (peryhelium orbit tych komet znajdują się w pobliżu orbity Jowisza), a za samo pozostanie w rodzinie odpowiedzialny jest Jowisz. Badają oni ruch pewnej próbki fikcyjnych komet stosując modną obecnie metodę Monte Carlo. Metoda ta, oparta na rachunku prawdopodobieństwa, pozwala uniknąć żmudnych i czasochłonnych rachunków stosowanych w tradycyjnych technikach obliczeniowych polegających na analitycznym lub numerycznym całkowaniu równań ruchu komet. Może więc być stosowana do badania zachowania się bardzo licznego zbioru komet. W modelu przyjętym przez autorów metoda Monte Carlo pozwala na śledzenie zachowania się fikcyjnego zbioru komet. Opierając się na wcześniej wyznaczonych rozkładach prawdopodobieństwa perturbacji pochodzących

od Jowisza i na rozkładach prawdopodobieństwa obserwowanych czasów życia komet, wybiera się w sposób przypadkowy każdy następny krok w ruchu komety. Czas życia komety określający liczbę jej pojawień zależy od wpływu promieniowania słonecznego na jądro komety. Zakładając zatem pewien rejon źródłowy, z którego startują komety oraz obserwowany czas życia całego zbioru komet, można otrzymać w każdej chwili obraz rozkładu orbit komet, które wystartowały z rejonu źródłowego. To modelowanie ruchu komet metodą Monte Carlo wykonano dla czterech różnych rejonów źródłowych. Z otrzymanych danych autorzy próbowali oszacować zdolność „przechwytu" komet przez Jowisza i przeanalizować czy zapewniony jest w ten sposób pewien, w miarę stabilny, stan liczebności zbioru komet należących do rodziny Jowisza. Najlepsze wyniki osiągnęli dla modelu, który zakładał jako rejon źródłowy rodzinę Saturna i skończony czas życia komet dla orbit o małych odległościach peryhelium oraz nieskończony dla komet, których odległości peryhelium były większe od trzech jednostek astronomicznych. Model ten wykazuje też największą zgodność z obserwacjami oraz wydaje się potwierdzać teorię lodowego jądra komety. Wyniki te różnią się jednak istotnie od wyników otrzymanych we wcześniejszej pracy H. Rickmana i S. Vaghi, którzy, analizując ten sam problem, również stosowali metodę Monte Carlo. Próbując wyjaśnić te rozbieżności autorzy sugerują, że zastosowana obecnie metoda uległa pewnym ulepszeniom gdyż wykorzystuje poprawniejszy sposób otrzymywania rozkładów prawdopodobieństwa perturbacji oraz uwzględnia dużo większą próbkę fikcyjnych komet. Niepewność otrzymanych wyników wskazuje, że problem liczebności komet „zasilających" rodzinę Jowisza oraz mechanizm ich przejścia do tej rodziny nie jest jeszcze problemem jednoznacznie rozwiązanym.

Wg *Astronomy and Astrophysics, 1980*, 82, 183.

B. TODOROWIC-JUCHNIEWICZ

OBSERWACJE

Komunikat Centralnej Sekcji Obserwatorów Słońca nr 4/80

Aktywność plamotwórcza Słońca w maju 1980 r. znacznie wzrosła w stosunku do miesiąca poprzedniego i była bardzo wysoka. Średnia miesięczna względna liczba plamowa (*month mean Wolf Number*) za miesiąc

kwiecień 1980 r. . . . . R = 179,4

W ciągu kwietnia odnotowano na widocznej tarczy Słońca powstanie 27 nowych grup plam słonecznych. Wśród odnotowanych grup dwie były bardzo duże, dwie grupy duże, a trzy — średniej wielkości. Duże grupy były bardzo rozbudowane ze znaczną liczbą plam, dochodzącą do 70. Przejście przez tarczę Słońca tych rozbudowanych grup spowodowało znaczny wzrost liczb plamowych. Liczby plamowe, jak widać z zestawienia, przez wiele dni w środku miesiąca, znacznie przekraczały wartość R = 200.

Szacunkowa średnia miesięczna powierzchnia plam (*month mean Area of Sunspots*) za miesiąc

kwiecień 1980 r. . . . . S = 2424 · 10^{-6} p.p.s.

Wskaźnik zmienności plamowej cyklu (*Solar Variability Index*) co miesiąca październik 1979 r.: Z = 10,3. Średnia miesięczna konsekutywna liczba plamowa z 13 miesięcy za październik 1979 r. wyniosła R = 152,9.

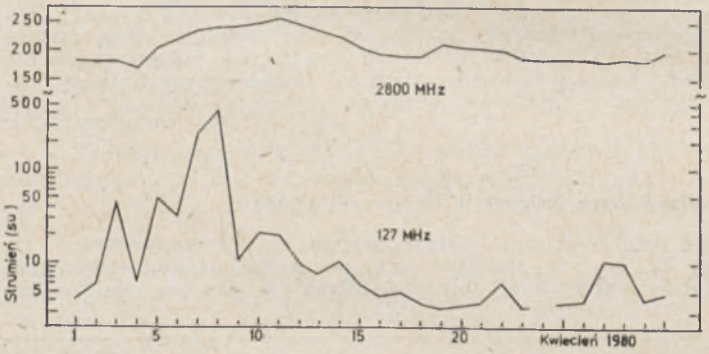
Dzienne liczby plamowe (*daily Wolf Numbers*) za IV 1980 r.: 193, 185, 130, 140, 161, 217, 203, 196, 235, 213, 237, 242, 236, 2[illegible]9, 240, 206, 178, 170, 173, 152, 136, —, —, 113, 116, 165, 164, 161, 149, 183.

Wykorzystano: 246 obserwacji 23 obserwatorów w 28 dniach obserwacyjnych. Obserwatorzy: P. Altermatt, M. Biesiada, J. Brylski, U. Bendel, T. Górski, P. Dunin, A. Lazar, D. Lis, P. Machata, R. Miglus, L. Nowak, A. Owczarek, A. Pilski, F. Rümmler, Z. Rzepka, M. Siemieniako, B. Szewczyk, M. Szulc, Ł. Szymańska, W. Szymański, P. Urbański, W. Zbłowski, Z. Ziółkowski.

Dąbrowa Górnicza, 7 maja 1980 r.

WACŁAW SZYMAŃSKI

Raport IV 1980 o radiowym promieniowaniu Słońca



Średnie strumienie miesiąca: 33,6 (127 MHz), 29 dni obserwacji i 204,6 su (2800 MHz, 30 dni). Średnia miesięczna wskaźników zmienności: 0,79.

Na częstotliwości 127 MHz zarejestrowano 31 zjawisk niezwykłych (w tym 17 burz szumowych). Burze szumowe występowały codziennie od 2 IV do 14 IV i 5 z nich osiągnęło wskaźnik zmienności 2, dla pozostałych wskaźnik ten wynosił 1. Spośród innych zjawisk wyróżniają się wybuchy: typu 49GB obserwowany w dniu 6 IV o godz. 1246,6 UT oraz typu 8S — w dniu 13 IV o godz. 0709,1 UT, których wartość strumienia przekroczyła 2000 su. Gęstość strumienia promieniowania wybuchów zarejestrowanych podczas burz szumowych w dniach 10 IV (maksimum o godz. 1408,2 UT) i 11 IV (maksimum o godz. 1105,5 UT) miały wartość 1000 su.

W paśmie 2800 MHz zanotowano jedno zjawisko typu GB w dniu 3 IV, którego strumień w maksimum — godz. 0721 UT — wynosił 930 su.

Toruń, 6 maja 1980 r.

GRAŻYNA GAWROŃSKA, HENRYK WEŁNOWSKI

Wyjątkowo słaba aktywność roju Geminidów w roku 1979

Prowadząc na zasadach miłośnictwa od ponad 30 lat w miarę regularne obserwacje meteorów, a zwłaszcza rojów meteorycznych, zostałem wprawiony w ogromne zdumienie wynikami jakie uzyskałem w obserwacji roju Geminidów wieczorem 13 grudnia 1979 r. w czasie od godz. 18.40 do godz. 21.20 (zaobserwowałem wówczas zaledwie 2 meteory, w tym tylko jeden z roju Geminidów) oraz przed świtem 14 grudnia 1979 r. w czasie od godz. 5.50 do godz. 6.55 (zaobserwowałem wówczas w ogóle tylko jeden meteor, który należał do roju Geminidów).

Dany rój obserwowałem bądź sam bądź przy udziale kolegów: Henryka Marlickiego i Mariana Skrobiszewskiego, 17 razy w różnych latach, od roku 1950 począwszy. Obserwacje przebiegały z reguły w warunkach dość dobrej a czasem bardzo dobrej pogody i zawsze częstotliwość godzinna roju w okresie jego maksimum wahała się w granicach od 17 do 74 meteorów.

Wieczorem 13 grudnia 1979 r. uwzględniałem również fakt, że w początkowej fazie obserwacji radiant roju znajdował się stosunkowo nisko nad horyzontem, lecz od godz. 20.30 warunki obserwacji były niemal idealne. Dopiero o godz. 21.20 niebo zachmurzyło się.

Interesują mnie w tej kwestii spostrzeżenia kolegów z sekcji obserwacji meteorów z Poznania lub innych obserwatorów rojów meteorycznych w kraju. Potwierdzenie moich spostrzeżeń wskazywałoby na to, że również i ten rój meteorów, uważany dotąd powszechnie za najbardziej regularny, w istocie rzeczy takim nie jest.

EUGENIUSZ GRACZYK

Zakrycia gwiazd przez Księżyc w IV kwartale 1980 r.

Tab. 1. Dane ogólne: miesiąc, dzień, godzina, nr, nazwa gwiazdy i nr wg katalogu ZC, jasność, zjawisko, kąty pozycyjne, azymut i wysokość Księżyca, procent oświetlonej tarczy Księżyca (+ faza rosnąca, — faza malejąca).

UT			Nr	Gwiazda	ZC	Jasn.	Zj.	A_p	A_z	A_k	H_k	Ośw.
X	4d	0h	5965	81 Cnc	1371	6m4	k	215°	255°	—100°	10°	22—%
	4	2	5966	π Cnc	1375	5.6	k	235	275	— 80	25	21—
	5	3	5967	α Leo	1487	1.3*	p	100	140	— 80	25	13—
	5	4	5968	α Leo	1487	1.3*	k	290	325	— 60	35	13—
	5	5	5969	Wenus	4002	—3.6	p	180	205	— 45	40	13—
	5	6	5970	Wenus	4002	—3.6	k	220	245	— 35	45	13—
	15	17	5971	21 Sqr	2666	5.0*	p	30	5	+ 35	10	36+
	17	19	5972	σ Cap	2963	5.5*	p	100	75	+ 40	10	57+
	19	16	5973	ι Aqr	3237	4.4	p	120	140	— 35	20	77+
	19	18	5974	—14°6218	3245	6.9	p	35	45	— 15	25	77+
	19	22	5975	42 Aqr	3268	6.0*	k	100	70	+ 50	10	78+
	25	23	5976	179 B.Tau	608	5.6	p	210	225	— 20	50	93—
	28	2	5977	71 Ori	947	5.2*	k	200	190	+ 10	55	76—
XI	1	11	5978	α Leo	1487	1.3*	p	70	30	+ 90	15	33—
	1	12	5979	α Leo	1487	1.3*	k	330	285	+100	5	33—

UT	Nr	Gwiazda	ZC	Jasn.	Zj.	A_p	A_z	A_k	H_k	Ośw.
14h17d	5980	19 Cap	3058	5m9	p	80°	65°	+ 20°	20°	40+%
16 19	5981	70 Aqr	3347	6.2	p	60	40	+ 35	20	63+
18 16	5982	—02°0069	66	6.8	p	50	80	— 55	25	82+
20 17	5983	ξ² Cet	364	4.3	p	75	110	— 65	30	96+
21 2	5984	μ Cet	405	4.4	p	75	35	+ 80	20	98+
22 21	5985	α Tau	692	1.1	p	145	175	— 45	45	99—
22 21	5986	α Tau	692	1.1	k	180	205	— 40	45	99—
23 19	5987	119 Tau	832	4.7	k	250	290	— 85	30	96—
23 19	5988	120 Tau	836	5.5	k	220	265	— 80	30	96—
28 2	5989	7 Leo	1415	6.2*	k	260	275	— 30	50	63—
XII 1 2	5990	7 Vir	1733	5.2	k	0	325	— 60	25	34—
12 15	5991	131 B.Cap	3157	7.1*	p	90	80	+ 15	20	25+
15 15	5992	—04°0012	25	7.5	p	130	140	— 30	30	57+
15 21	5993	54 B.(Cet) Psc	49	6.3	p	35	0	+ 70	10	59+
18 16	5994	+10°0401	444	6.2	p	80	115	— 65	30	87+
18 19	5995	+11°0434	453	7.3	p	35	40	— 10	50	88+
18 21	5996	+11°0445	462	5.9	p	80	60	+ 40	45	89+
23 18	5997	10 H.Cnc	1217	6.1	p	10	50	— 80	15	95—
23 18	5998	10 H.Cnc	1217	6.1	k	355	35	— 80	15	95—
31 3	5999	Juno	4013	10.0	k	350	15	— 45	20	33—

* — gwiazda podwójna, „p" i „k" oznacza początek i koniec zjawiska. Wartości A_p, A_z, A_k, H_k odnoszą się do centrum Polski.

Tab. 2. Moment zjawiska (minuty) dla Szczecina (Sz), Poznania (P), Wrocławia (Wr), Torunia (T), Gdańska (G), Łodzi (Ł), Krakowa (K), Warszawy (Wa), Rzeszowa (R) i Białegostoku (B).

Nr	Sz	P	Wr	T	G	Ł	K	Wa	R	B
5965	—	—	—	*	59,3	49,4	—	50,3	—	52,5
5966	27,7	25,5	22,1	27,4	31,3	24,3	19,1	26,1	19,4	29,3
5967	31,7	31,5	29,8	33,1	35,0	32,0	30,4	33,6	31,6	36,0
5968	39,4	40,8	40,0	42,7	43,7	42,9	42,0	44,8	44,2	47,4
5969	38,5	46,5	—	43,8	38,7	51,3	—	50,0	—	47,0
5970	10,3	10,5	—	20,4	25,8	13,4	—	20,7	—	31,3
5971	*	56,6	*	*	—	58,0	57,7	—	59,1	—
5972	41,4	45,4	47,1	46,6	45,0	49,4	52,4	50,7	55,1	52,0
5973	28,5	30,6	29,8	33,0	33,7	33,2	33,3	35,7	36,1	39,1
5974	01,0	02,0	00,3	04,5	05,3	03,8	02,4	06,2	04,8	09,6
5975	15,3	19,2	21,2	19,9	17,7	22,9	26,7	23,7	28,9	24,2
5976	38,9	38,5	35,6	41,2	44,6	38,9	34,5	41,4	35,6	45,4
5977	*	45,9	*	*	*	46,4	—	50,9	—	*
5978	33,3	35,4	37,2	35,0	33,3	37,1	39,4	36,9	39,8	36,1
5979	21,3	22,8	25,6	20,9	18,0	23,3	26,8	21,9	26,1	19,4

Nr	Sz	P	Wr	T	G	Ł	K	Wa	R	B
5980	18,1	21,6	22,3	23,5	22,9	25,4	27,1	27,2	29,9	29,4
5981	56,5	58,7	58,9	60,1	59,9	61,2	62,3	62,5	64,3	64,1
5982	04,2	03,8	01,6	05,8	08,3	04,3	01,7	06,3	03,1	09,2
5983	25,5	25,1	23,1	26,9	29,0	25,4	23,2	27,3	24,6	30,1
5984	07,3	09,5	10,8	09,7	08,3	11,2	13,4	11,4	14,2	11,3
5985	07,2	—	—	—	15,0	—	—	—	—	—
5986	27,4	—	—	—	30,1	—	—	—	—	—
5987	27,0	25,8	23,6	27,1	29,5	25,2	22,4	26,6	22,7	28,8
5988	55,0	53,1	50,3	54,6	57,7	51,9	48,0	53,4	48,1	55,9
5989	33,4	35,9	34,4	39,3	40,9	39,2	37,9	42,4	41,5	46,9
5990	—	—	*	—	—	—	30,1	—	*	—
5991	42,2	46,1	46,8	48,3	47,7	50,3	52,1	52,4	55,6	55,0
5992	29,7	34,1	34,2	37,3	37,5	38,8	42,4	42,9	—	—
5993	57,5	58,0	57,8	58,6	58,9	58,7	58,7	59,1	59,3	59,6
5994	18,7	18,5	16,5	20,4	22,5	19,1	17,1	21,1	18,7	24,1
5995	32,1	32,3	30,0	34,9	37,2	33,4	31,2	35,8	33,4	39,3
5996	40,5	43,9	44,4	45,8	45,4	47,4	49,0	49,1	51,6	51,2
5997	—	—	—	*	*	*	53,9	41,7	55,9	*
5998	—	—	—	*	*	*	—	49,4	—	*
5999	22,1	24,1	26,0	23,4	21,0	25,7	28,3	25,0	29,1	23,4

* — zakrycie (odkrycie) możliwe do zaobserwowania.

Opracowali: Z. RZEPKA i M. ZAWILSKI

KRONIKA PTMA

Pierwszy obóz astroarcheologiczny

W dniach 18—24 sierpnia 1979 r. odbył się w Borach Tucholskich, kto wie czy nie po raz pierwszy w Polsce, młodzieżowy obóz astroarcheologiczny. Pomysł takiego obozu zrodził się w Grudziądzu po wizycie dra T. Zbigniewa Dworaka, który wygłosił odczyt na temat budowli megalitycznych na świecie.

Młodzież zrzeszona w Międzyszkolnym Kole Astronomicznym w Grudziądzu postanowiła dokonać ekspedycji celem zwiedzenia tajemniczych kręgów kamiennych w Odrach. Pierwszym zwiadem w celu „zasięgnięcia języka" był wyjazd niżej podpisanego do Biblioteki UMK w Toruniu. Po przewertowaniu dużej ilości materiału okazało się, że kręgi kamienne w Odrach — to niemalże angielskie Stonehenge. Dwie hipotezy sugerujące astronomiczny charakter kręgów były bardzo kuszące i dlatego postanowiono dokonać wypadu w teren. Zorganizowano go w dniach 6—10 sierpnia 1979 r. w celu rozpoznania terenu, sporządzenia pierwszych pomiarów i wykonania wstępnej dokumentacji fotograficznej. Rekonesans ten posłużył do lepszego przygotowania się do właściwego wyjazdu.

18 sierpnia przy finansowej pomocy Wydziału Oświaty i Wychowania wyruszyliśmy szlakiem kręgów kamiennych na Pomorzu na trasie

Odry—Węsiory—Grzybica. Wyposażeni w aparaty fotograficzne oraz teodolit postanowiliśmy wykonać dokumentację fotograficzną kręgów oraz szukać wyróżnionych kierunków, mogących mieć interpretację astronomiczną. W wyniku przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że jedynie dla kręgów kamiennych w Odrach można taką interpretację zastosować. Plonem ekspedycji była wystawa fotograficzna, jak również zarys metody datowania kręgów przez wykorzystanie utrwalonych w nich kierunków letniego i zimowego przesilenia.

Na czerwiec 1980 roku planujemy kolejny wyjazd do Odrów w celu sfilmowania lub sfotografowania wschodu i zachodu Słońca w dniu przesilenia letniego oraz wykonania brakujących pomiarów.

MIROSŁAW KUBIAK

Od redakcji: Notatkę powyższą otrzymaliśmy w maju 1980 r., tuż przed oddaniem do druku niniejszego (wrześniowego) numeru „Uranii".

Na temat kręgów kamiennych w Odrach przed laty w „Uranii" pisał Stanisław R. Brzostkiewicz („Czy kręgi kamienne w Borach Tucholskich są obiektem astronomicznym?" (nr 5 z 1963 r.). Tegoż autora artykuł pt. „Obserwatorium astronomiczne z... neolitu" (o Stonehenge) zamieściliśmy w nr 7 z 1978 r. Por. też artykuł T. Z. Dworaka „Kamienne kręgi" ogłoszony w „Magazynie Kulturalnym" nr 1 z 1979 r.

KALENDARZYK ASTRONOMICZNY

Opracował G. Sitarski **Październik 1980 r.**

Słońce

W październiku Słońce wstępuje w znak Skorpiona (Niedźwiadka) i wędruje po ekliptyce pod płaszczyzną równika oddalając się stale od niej. W związku z tym dni są coraz krótsze, o czym świadczą momenty wschodów i zachodów Słońca w Warszawie podane dla kilku dat: 1^d wsch. 5^h37^m, zach. 17^h14^m; 11^d wsch. 5^h54^m, zach. 16^h51^m; 21^d wsch. 6^h11^m, zach. 16^h29^m; 31^d wsch. 6^h29^m, zach. 16^h9^m.

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

Data 1979	P	B_0	L_0	Data 1979	P	B_0	L_0
X 1	+26°06	+6°68	280°64	X 17	+26°07	+5°64	69°56
3	+26.16	+6.57	254.26	19	+26.00	+5.48	43.18
5	+26.24	+6.46	227.86	21	+25.84	+5.32	16.80
7	+26.30	+6.34	201.48	23	+25.65	+5.14	350.43
9	+26.32	+6.22	175.10	25	+25.43	+4.96	324.06
11	+26.32	+6.08	148.72	27	+25.18	+4.78	297.68
13	+26.28	+5.94	122.32	29	+24.90	+4.58	271.30
15	+26.22	+5.80	95.94	31	+24.59	+4.38	244.93

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy; L_0, B_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.
$22^d19^h29^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w pierwszej połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w październiku następująca: ostatnia kwadra 1^d4^h, nów 9^d4^h, pierwsza kwadra 17^d5^h, pełnia 23^d22^h i ponownie ostatnia kwadra 30^d18^h. Najdalej od Ziemi Księżyc znajdzie się 9, a najbliżej Ziemi 23 października. W październiku tarcza Księżyca zakryje Regulusa, Wenus i Aldebarana, przy czym zakrycie Regulusa i Wenus nastąpi rano 5 października i będzie widoczne w Europie.

Planety i planetoidy

Spośród wszystkich planet na październikowym niebie widoczna jest tylko Wenus świecąca pięknym blaskiem nad wschodnim horyzontem jako Gwiazda Poranna —3.6 wielkości. Przez lunety możemy też odnaleźć planetoidę Pallas świecącą w Gwiazdozbiorze Wieloryba jako gwiazda około 8.3 wielkości; dla łatwiejszego jej odnalezienia podajemy współrzędne równikowe dla kilku dat: październik 1^d rekt. 2^h38^m2, dekl. —14°59′; 11^d rekt. 2^h33^m1, dekl. —18°1′; 21^d rekt. 2^h26^m2, dekl. —20°46′; 31^d rekt. 2^h18^m2, dekl. —23°4′.

* *
*

3^d 1^h Mars w złączeniu z Uranem w odl. 1°.

5^d Tarcza Księżyca zakryje dwa ciała niebieskie, Regulusa i Wenus. W bliskim złączeniu z Regulusem Księżyc znajdzie się o 6^h, a z Wenus o 7^h. Zakrycie gwiazdy przez tarczę Księżyca widoczne będzie w Europie, w północno-zachodniej Afryce, w Azji i we wschodnich Indiach. Zakrycie Wenus widoczne będzie na Grenlandii, w północnej i wschodniej Europie oraz w Azji.

7^d10^h Jowisz w złączeniu z Księżycem w odl. 2°.

11^d5^h Merkury w złączeniu z Księżycem w odl. 8° i jednocześnie w największym wschodnim odchyleniu od Słońca w odl. 25°, znajduje się jednak w takim położeniu na swej orbicie względem Słońca i Ziemi, że praktycznie jest niewidoczny.

12^d O 6^h Księżyc w złączeniu z Uranem w odl. 5°, a o 19^h z Marsem w odl. 7°.

14^d O 13^h złączenie Księżyca z Neptunem w odl. 3°. O 23^h Pluton w złączeniu ze Słońcem.

20^d5^h Planetoida Pallas w przeciwstawieniu ze Słońcem względem Ziemi.

23^d O 7^h10^m Słońce wstępuje w znak Skorpiona (Niedźwiadka), jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 210°. W tym też czasie Merkury nieruchomy w rektascensji (zmienia kierunek swego pozornego ruchu wśród gwiazd).

24^d17^h Mars w złączeniu z Antaresem (w odl. 4°), gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Skorpiona (Niedźwiadka).

26^d12^h Bliskie złączenie Księżyca z Aldebaranem, gwiazdą pierwszej wielkości w gwiazdozbiorze Byka; zakrycie gwiazdy przez tarczę Księżyca widoczne będzie w północno-wschodniej Azji, na północnym Pacyfiku, w północnej części Ameryki Północnej, na Grenlandii i na północnym Atlantyku.

30^d21^h Wenus w złączeniu z Jowiszem w odl. 0°5; obie planety odnajdziemy blisko siebie rankiem nad wschodnim horyzontem.

Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie środkowo-europejskim.

Adresy Oddziałów PTMA

15-443 Białystok, ul. 1 Maja 11/4, Zakład Chemii UW (doc. dr Kazimierz Czerepko) tel. 362-57
42-200 Częstochowa, ul. Kościuszki 3/174 (mgr Jan Wieczorek)
41-300 Dąbrowa Górnicza, ul. 3 Maja 4/15 (p. Wacław Szymański)
14-530 Frombork, ul. Elbląska 2 „Wieża Wodna" (p. Jan Pogorzelski)
80-844 Gdańsk, ul. Podwale Staromiejskie 94/4 (doc. dr Andrzej Lisicki)
44-100 Gliwice, Al. Powstańców 3 (p. Zbigniew Szczeszek)
83-300 Grudziądz, ul. Krasickiego 5, Planet. i Obs. Astronom. tel. 27-94
58-560 Jelenia Góra, pl. Piastowski 18, tel. 512-37 (mgr Alfred Neumann)
41-501 Chorzów, Planetarium WPKiW, skr. poczt. 10, tel. 58-51-49 (dr H. Chrupała)
25-725 Kielce, ul. Sienna 28, tel. 525-29 (p. Andrzej Latkowski)
31-027 Kraków, ul. Solskiego 30/8, tel. 238-92
38-400 Krosno, ul. Nowotki 1 (p. Jan Winiarski)
20-031 Lublin, ul. Nowotki 10, Instytut Fizyki UMCS, tel. 382-41 (dr Stanisław Hałas)
92-203 Łódź, ul. Konstytucyjna 42, bl. 5/25 (inż. Edward Kowal)
33-300 Nowy Sącz, ul. Śniadeckich 6/10 (p. Wiesław Mochnacki)
10-558 Olsztyn, ul. Żołnierska 13, Obserwat. Astronom. PLK (mgr Tadeusz Rostański)
45-084 Opole, ul. Strzelców Bytomskich 1, MDK, (inż. Stefan Czech)
27-400 Ostrowiec Św., os. Słoneczne 8/37 (p. Jerzy Ułanowicz)
61-772 Poznań, Stary Rynek 9/10 (prof. dr Bohdan Kiełczewski)
24-100 Puławy, ul. Krańcowa 17/23, tel. 27-33 (p. Bogdan Szewczyk)
26-607 Radom, ul. Żeromskiego 75 p. 303a (inż. Piotr Janicki)
Szczecin, ul. 9 Maja 17, Dom Kultury „Hetman" (p. Lech Barski)
87-100 Toruń, ul. Kopernika 42, tel. 228-46 (doc. dr H. Iwaniszewski)
00-716 Warszawa, ul. Bartycka 18, CAMK, dyr. Zygmunt Grela
50-082 Wrocław, ul. Piotra Skargi 18a, tel. 347-32 (dr Przemysław Rybka)
65-246 Zielona Góra, ul. Podgórna 50, Zakład Fizyki WSI (doc. dr Napoleon Maron)

Adresy Sekcji PTMA

85-438 Bydgoszcz, ul. Wyrzyska 26/30 (inż. Zbigniew Binienda)
62-800 Kalisz, pl. Kilińskiego 11/7 (inż. Janusz Kaźmierowski)
75-330 Koszalin, ul. Bałtycka 7/6 (p. Urszula Wojciechowska)
83-400 Kościerzyna, ul. Świerczewskiego 6/5 (mgr Karol Brzeziński)
43-392 Międzyrzecze Górne, woj. Bielsko-Biała (Oddz. Kraków) (mgr Tadeusz Klocek) — korespondencje kierować 43-227 Miedźna Grzawa 19 k/Pszczyny
46-040 Ozimek — ZDK Huty „Małapanew" (inż. Feliks Luer) tel. 968 Hut. 169

Członkiem zwyczajnym Towarzystwa może zostać osoba pełnoletnia, zaś młodzież do lat 18 może być członkiem kółka młodzieżowego — po złożeniu deklaracji (na druku PTMA) i dokonaniu odpowiednich opłat.

1. wpisowe jednorazowe 10 zł
2. składka członka zwyczajnego (dorośli) — rocznie 120 zł
   składka członka niepełnoletniego — rocznie 36 zł
3. prenumerata miesięcznika „Urania" — dla członków PTMA 72 zł

Młodzieży studiującej i uczącej się, emerytom i rencistom przysługuje zniżka wysokości składki — tj. rocznie 36 zł

CONTENTS

M. Heller — Evolution of the Cosmos and cosmology.

T. Kwast — Stars of Medici.

J. Mergentaler — The Solar Activity in the XVII century.

Chronicle: New data on Saturn — A planetary system (?) in Andromeda — Application of the Monte Carlo method to model the orbits for the short-period comets — One more Jupiter's ring.

Observations: An exeptonally weak activity of the Geminid stream in 1979 — Occultations of stars by the Moon in the IV quarter of 1980.

PTMA chronicle: The first archeoastronomical camp.

Astronomical calendar.

СОДЕРЖАНИЕ

М. Хеллер — Эволюция Космоса и космологии.

Т. Кваст — Звёзды Медичи.

Я. Мергенталер — Активность Солнца в XVII веке.

Хроника: Новые данные о Сатурне — Планетарная система (?) в Андромеде — Применение метода Монте Карло для моделирования орбит краткопериодических комет — Ещё одно кольцо Юпитера.

Наблюдения: Исключительно слабая активность потока Геминидов в 1979 г. — Покрытия звёзд Луной в IV четверти 1980 г.

Хроника Общества (PTMA). Первый астроархеологический лагерь.

Астрономический календарь.

OGŁOSZENIE

Z.G. PTMA rozprowadza wśród członków Towarzystwa atlas nieba w jęz. niem. S. Marx, U. Pfan „Sternatlas" (1975.0). Cena 1 egz. wynosi 160 zł plus 15 zł koszty wysyłki. Wpłaty wyłącznie na konto PKO Nr 35510-16391-132. Zamówienia będą realizowane w kolejności wpłat.

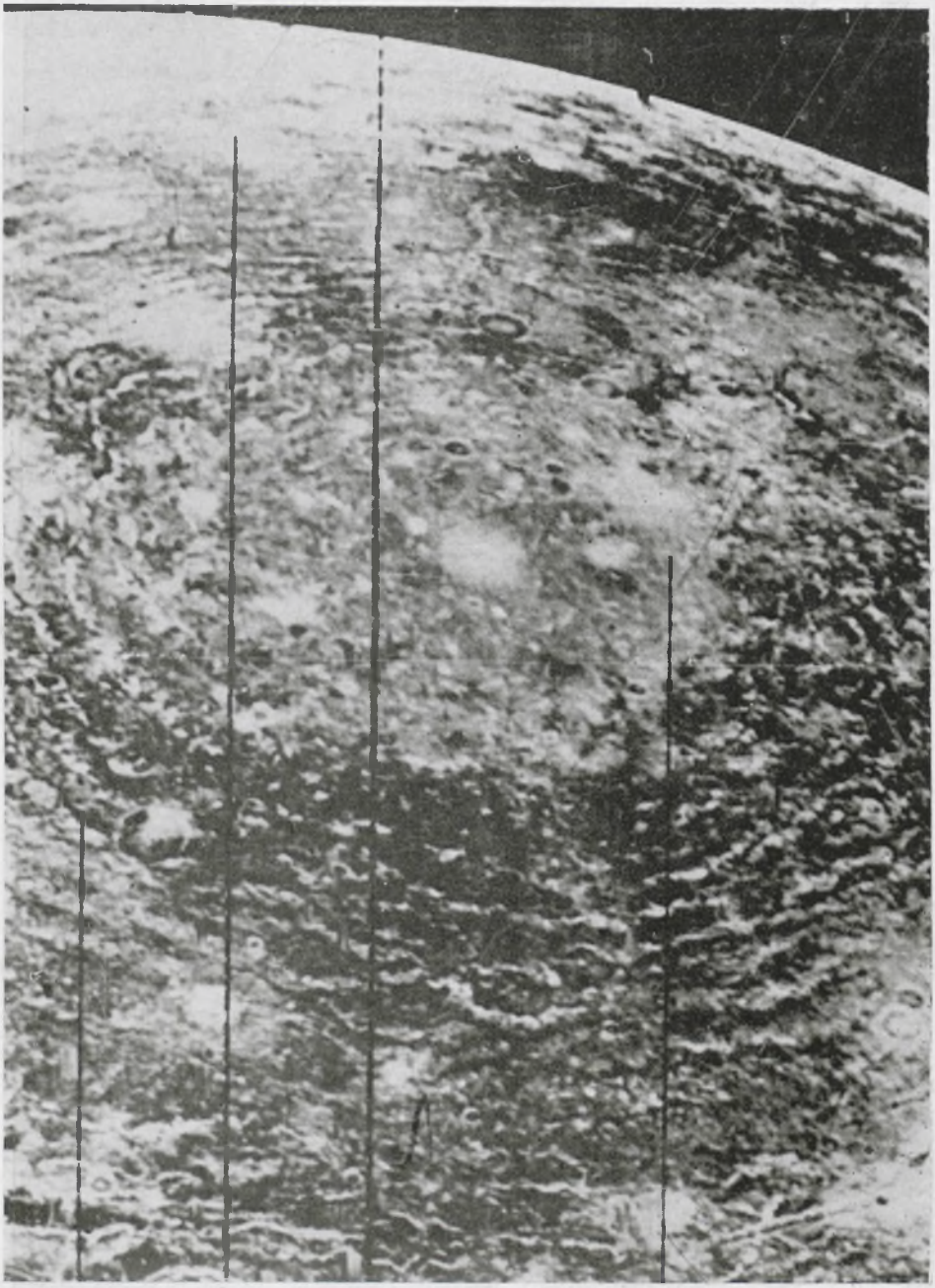
Zarząd Gł. PTMA

Redakcja i Administracja: Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Zarząd Gł., 31-027 Kraków, Solskiego 30/8, tel. 238-92; Nr k-ta PKO I OM 35510-16391-132. **Red. nacz.:** L. Zajdler, 02-590 Warszawa, ul. Drużynowa 3, tel. 44 49 35. **Sekr. red.:** K. Ziołkowski. **Red. tech.:** Z. Korczyńska. **Przewodn. Rady Redakcyjnej:** S. Piotrowski. Warunki prenumeraty: roczna zł 96,— dla członków PTMA (25% zniżki) — zł 72,— (bez składki członkowskiej), cena 1 egz. — zł 8,—. Zgłoszenia w Redakcji, adres j.w.

Wydawca: Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo PAN, Wrocław. Oddział w Krakowie. 1980. Nakład 3300 egz. Objętość ark. wyd. 3, ark. druk. 2,25. Pap. druk. sat. kl. V, 65 g, 61×86.
Indeks 38001

Drukarnia Związkowa, Kraków, ul. Mikołajska 13 — Zam. 3699/80 — H-17 — 3300

Cena zł 8.—



Indeks 38001