Na rozkładówce

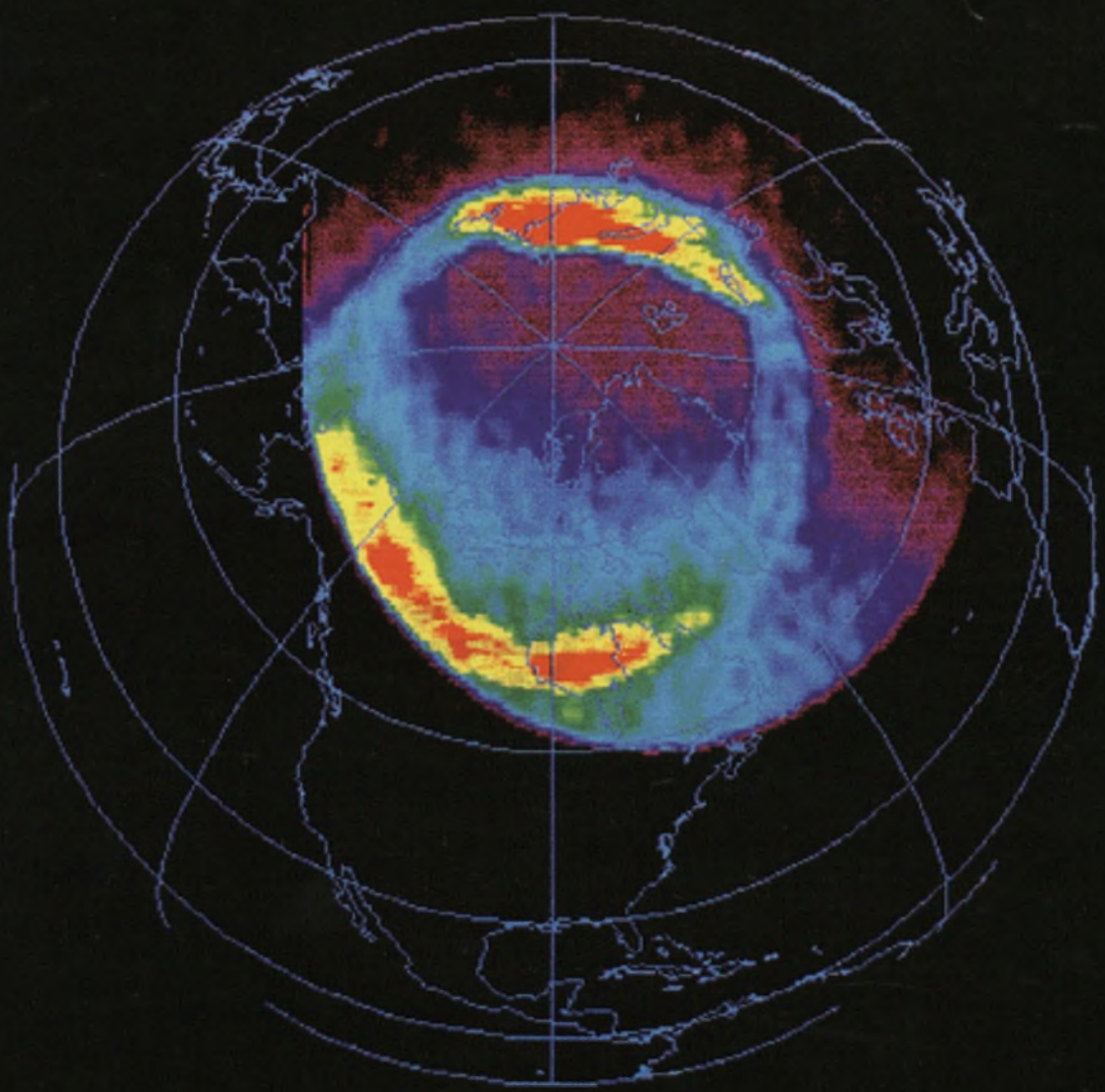
Postępy Astronomii

2/96

tom 44

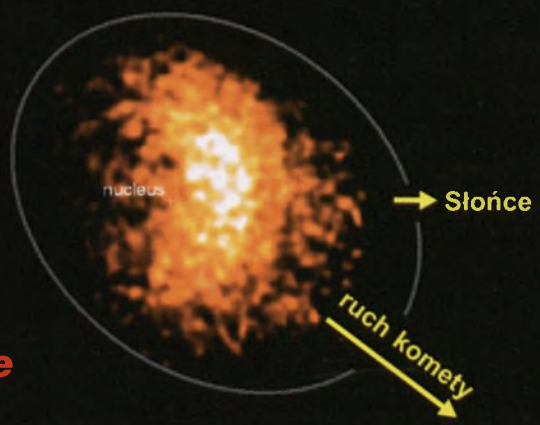
kwiecień - czerwiec

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE



W numerze:

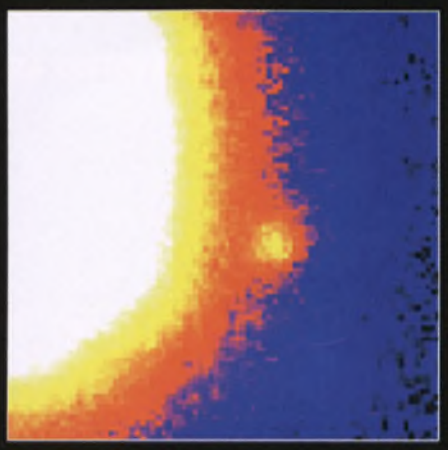
- *obserwacje zórz polarnych*
- *kometa pełna niespodzianek*
- *pożytki z astronomii*
- *kosmologiczne powiązania w przyrodzie*

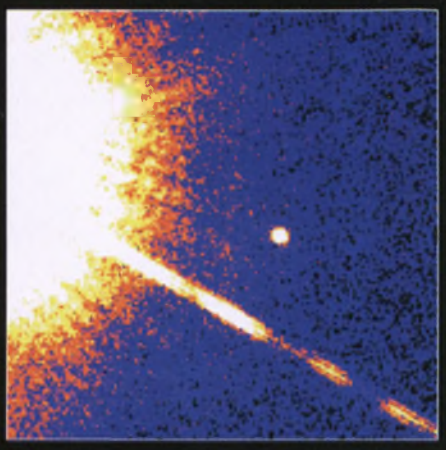


TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

obserwuje

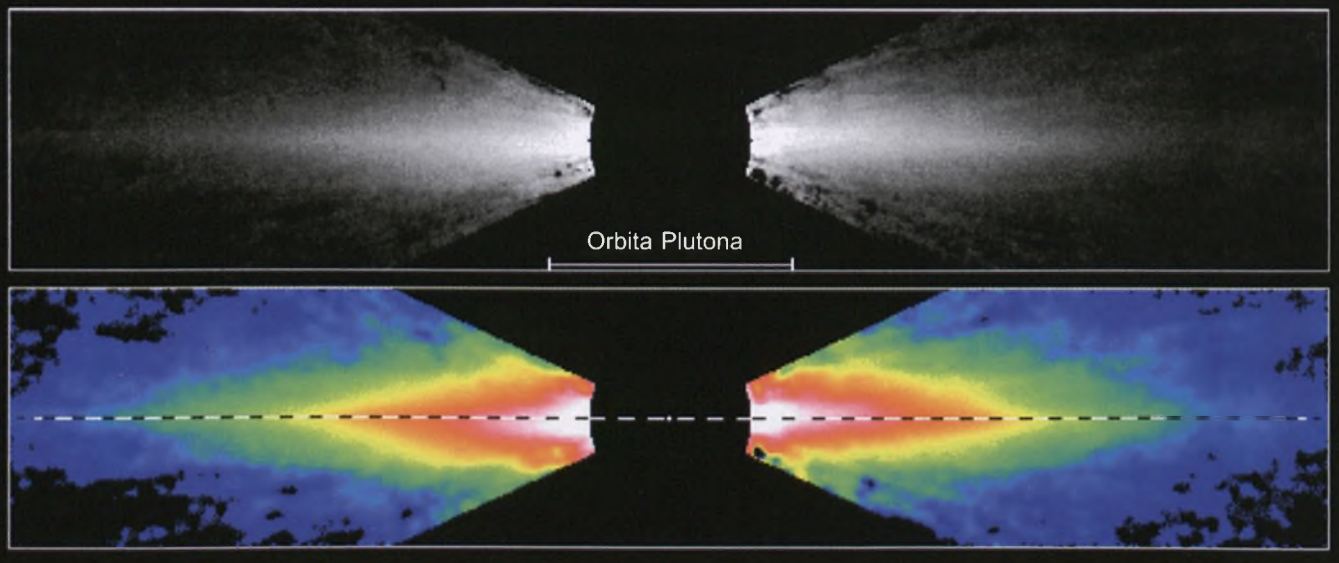
Brązowy karzeł Gliese 229B





Z lewej Brązowy karzeł GL229B został po raz pierwszy zaobserwowany 27 października 1994 roku, przy wykorzystaniu optyki adaptacyjnej i 1,5 metrowego teleskopu w obserwatorium na Mt. Palomar. Kolejny rok był potrzebny by potwierdzić, że obiekt ten jest rzeczywiście związany grawitacyjnie z gwiazdą. Odległość pomiędzy głównym składnikiem a GL229B jest mniej więcej taka sama, jak pomiędzy Plutonem a Słońcem.
Z prawej Zdjęcie wykonane kamerą WFPC2 zainstalowaną na HST, w dniu 17 listopada 1995 roku. Obserwacje wykonane Teleskopem Kosmicznym zostaną wykorzystane do dokładnego pomierzenia odległości brązowego karła od Ziemi i dostarczą danych o jego okresie orbitalnym, który może udzielić wskazówki co do pochodzenia gwiazdy. Ukośne pasmo jest pochodzenia instrumentalnego. (Czytaj również na str. 78 - 79)

Dysk pyłowo-gazowy Beta Pictoris



W styczniu 1996 roku C.Burrows i J.Krist z Europejskiej Agencji Kosmicznej i NASA, przy pomocy Teleskopu Kosmicznego Hubble'a uzyskali, najdokładniejsze z dotychczas zrobionych, zdjęcie dysku gazowo-pyłowego wokół gwiazdy Beta Pictoris. Potwierdza ono wcześniejsze podejrzenia (patrz PA 4/91 i 3-4/92), że wokół tej gwiazdy może tworzyć się lub istnieć planeta. Na prezentowanym tu zdjęciu sama gwiazda β Pic jest zasłonięta, aby nie "oślepiała" i pozwoliła dojrzeć okalający ją dysk. Na dolnym, komputerowo przetworzonym obrazie oryginalnego zdjęcia (zrobionego w świetle widzialnym) prezentowanego powyżej, widać wyraźnie, że najbardziej wewnętrzna część dysku jest nieco odchylona od płaszczyzny symetrii całego dysku. Jednym z możliwych wyjaśnień tego faktu jest przyjęcie, że wewnątrz dysku, blisko gwiazdy centralnej, krąży planeta o dużej masie. To właśnie obecność jej pola grawitacyjnego wywiera taki wpływ na kształt dysku. Nie możemy widzieć samej planety, ponieważ w tej skali krąży zbyt blisko gwiazdy (w obszarze zasłoniętym przesłoną), a ponadto jej blask jest prawdopodobnie miliard razy słabszy od blasku β Pic.

Drodzy Czytelnicy,

Oddajemy w Wasze ręce drugi już zeszyt roku 1996 w zmienionej nieco szacie graficznej okładki. Nowe „logo" uzyskało pozytywną opinię zawodowych grafików i akceptację Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Zaprojektował je nasz redakcyjny kolega ***Jacek Drążkowski****. Choć byliśmy bardzo przywiązani do poprzedniego kształtu graficznego tytułu naszego pisma, wydaje się nam, że nowy również przypadnie do gustu naszym Czytelnikom. Najważniejsze jest dla nas dostarczanie Wam, Drodzy Czytelnicy, rzetelnej wiedzy o postępie współczesnych badań Kosmosu. Pragniemy tę wiedzę podawać w możliwie różnorodnej, atrakcyjnej i trafiającej do Waszych serc i umysłów formie. Tak, abyśmy wszyscy, po lekturze kolejnych zeszytów, wiedzieli więcej o tym, co dzieje się aktualnie w Astronomii i lepiej rozumieli otaczający nas Wszechświat.*

Najważniejszymi twórcami pisma są AUTORZY. Myślę, że możemy być dumni z faktu, iż na łamach „Postępów Astronomii" zechcieli się wypowiadać znani na całym świecie polscy astronomowie. Korzystaliśmy i w dalszym ciągu pragniemy korzystać z Ich doświadczenia naukowego i sławy. Oczekujemy na obiecane artykuły przez jeszcze wielu luminarzy Polskiej Astronomii. Ale oczekujemy też na artykuły tych, których gwiazda ma dopiero rozbłysnąć i tych, którzy już świecą, ale chowają sie gdzieś za tłumiącymi ich blask chmurami. Apelujemy do wszystkich, którzy mają coś, czym mogliby się podzielić z czytelnikami „Postępów Astronomii", aby zechcieli to zrobić. Wszyscy na tym skorzystamy.

Nie ograniczamy się tylko do autorów Polskich. Korzystamy z uprzejmości i uczynności kolegów z różnych krajów. W bieżącym zeszycie na przykład mamy artykuł astronoma francuskiego. Ale obiecali napisać do „Postępów Astronomii" koledzy amerykańscy, brytyjscy i belgijscy.

Bieżący zeszyt otwieramy artykułem dr ***Krzysztofa ZIOŁKOWSKIEGO*** *na temat komety Hyakutake (C/1996 B2), komety niespodzianek. Tak, jak niespodziewanie pojawiła się, tak też objawiła astronomom szereg tajemnic swej natury, których wcale nie spodziewaliśmy się, a czasami nawet narazie nie rozumiemy. Dalej w artykule mgr* ***Leszka BŁASZKIEWICZA*** *otwierają się przed nami odległe czeluście przestrzeni i czasu z początków istnienia Wszechświata. Mamy okazję zdać sobie sprawę, z jakimi problemami stykamy się i jakie trudności trzeba pokonać, aby zrozumieć te pierwsze chwile istnienia Kosmosu. Astronom z Tuluzy,* ***Emmanuel DAVOUST*** *snuje rozważania na temat miejsca i roli Astronomii we współczesnym społeczeństwie w artykule „Pożytki z Astronomii". Jest to, zrobione za Jego zgodą i przy Jego współpracy, tłumaczenie Jego artykułu, który ukazał się na jesieni ubiegłego roku w „Vistas and Astronomy". Doc.* ***Jan HANASZ*** *z Centrum Badań Kosmicznych PAN przedstawia satelitę INTERBALL i eksperyment kosmiczny, nad którym pracuje od kilku lat w szerokiej współpracy międzynarodowej, a dr* ***Jan MIETELSKI*** *omawia problemy rachuby czasu, czyli kalendarza. Zorze polarne, brązowe karły, żelazne jądro Io, mgławice planetarne, są m.in. tematami omawianymi w krótkich notatkach „Rozmaitości" i „HST obserwuje."*

Obok rubryki „Na półce z książkami" otwieramy nową rubrykę „w pudełku z dyskietkami". W pierwszej omawiamy piórem dr ***Kazimierza SCHILLINGA*** *z Olsztyna całą serię „Na ścieżkach nauki" Wydawnictwa M. Prószyńskiego, a w drugiej nowy program dydaktyczny komputerowego nauczania astronomii „Urania" opracowany przez astronomów krakowskich. Dydaktyka astronomii jest obecna na naszych łamach w dwóch relacjach dr* ***Magdaleny SROCZYŃSKIEJ-KOŻUCHOWSKIEJ****: ze spotkania nauczycieli astronomii z astronomami w Koninkach i z Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego w Grudziądzu.*

Znakomity kosmolog ks. prof. Michał Heller został wyróżniony doktoratem honorowym Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Gratulujemy serdecznie i relacjonujemy to wydażenie na stronie 93.

W „In Memoriam" przypominamy postać niedawno zmarłego w USA profesora Romana Smoluchowskiego.

Na koniec dr ***Ewa KUCZAWSKA*** *z Krakowa upomina się za swą płcią i w zamykającym zeszyt felietonie rozważa problemy „równości ras" i od pewnego czasu dość nagłaśniany problem Pań w astronomii.*

Proszę przyjąć życzenia interesującej lektury.

Toruń, w czerwcu 1996 roku

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu

In memoriam

Roman Smoluchowski (1910 - 1996)

W dniu 12 stycznia 1996 zmarł w Austin, w Teksasie, profesor Roman Smoluchowski. Międzynarodową reputację zdobył w dziedzinie fizyki ciała stałego i astrofizyki ciał Układu Słonecznego. W tej ostatniej dziedzinie szczególnie znane są Jego pionierskie prace dotyczące budowy wnętrz planetarnych, powstawania Systemu Słonecznego, struktury pierścieni Saturna, ziaren międzygwiazdowych i komet.

Roman Smoluchowski był synem znakomitego polskiego fizyka, profesora uniwersytetów we Lwowie i Krakowie, swego czasu rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego Mariana Smoluchowskiego (1872 - 1917). Urodził się w Zakopanem 31 sierpnia 1910 roku. Magisterium z fizyki uzyskał na Uniwersytecie Warszawskim w roku 1933, a doktorat z fizyki i matematyki na Uniwersytecie w Groningen (Holandia) w roku 1935. Od początku II Wojny Światowej przebywał w USA. Tam pracował najpierw w Instytucie „for Advanced Study" w Princeton i laboratorium badawczym General Electric. Później prowadził badania w Instytucie Technologicznym Carnegie w Pittsburgu. Od roku 1960 do 1978 był profesorem i dyrektorem programu badań ciał „stanu stałego" na słynnym Uniwersytecie w Princeton w stanie New Jersey. Od roku 1979 był profesorem „astronomii i fizyki" w Departamencie Astronomii na Uniwersytecie Teksaskim w Austin, gdzie prowadził badania i bogatą działalność dydaktyczną praktycznie aż do śmierci.

Swój dorobek badawczy Roman Smoluchowski opublikował w około 300 pracach naukowych. Ponadto napisał szereg książek i artykułów o charakterze encyklopedycznym i popularnonaukowym.

W początkach swej kariery Roman Smoluchowski badał strukturę atomów, metali i różnych stopów. Choć były to tzw. badania podstawowe, wiele z Jego rezultatów znalazło praktyczne zastosowanie w usprawnieniu szeregu procesów technologicznych w przemyśle. To doświadczenie badacza struktury materii, zwłaszcza materii skondensowanej, pchnęło Go, wraz z programem APOLLO w wir zainteresowań materią innych niż Ziemia ciał Systemu Słonecznego. Angażował się w zrozumienie pyłowej natury powierzchni Księżyca, później struktury wnętrza Jowisza i innych wielkich planet oraz lodowych brył obecnych w pierścieniach Saturna i stanowiących jądra komet. Wyniki Jego teoretycznych prac dotyczących struktury Jowisza dopiero teraz będą porównane z rezultatami sondy zawiezionej na tę planetę przez stację kosmiczną GALILEO. Był bardzo ciekaw tej konfrontacji i miał nadzieję, że dożyje tej chwili.

Autor tej notatki miał przyjemność znać osobiście i cieszyć się sympatią zarówno profesora Romana Smoluchowskiego jak i Jego żony Luizy. Pani Smoluchowska, miłośniczka i badaczka literatury rosyjskiej XIX wieku, kilka lat temu, dedykowała nawet rodzinie autora swą książkę dokumentującą historię miłości i małżeństwa Lwa i Soni Tołstojów. Z książki tej aż bije sympatia Autorki do opisywanych postaci i ich otoczenia. Z taką też sympatią odnosili się oboje do swych znajomych i przyjaciół w Austin i ta sympatia była im odwzajemniona przez ich teksaskie otoczenie. Oboje, choć Roman miał obywatelstwo amerykańskie przez ostatnie 50 lat, czuli i przeżywali codzienne wydarzenia „po polsku". Historyczny przełom w Polsce i Europie roku 1989 był dla nich, jak mówili „ich osobistym szczęściem".

Odejście Profesora Romana Smoluchowskiego stanowi nie tylko stratę dla Nauki, stratę wielce lubianego i szanowanego Przyjaciela i Nauczyciela, ale jest też odejściem Wielkiego Polskiego, choć legitymującego się amerykańskim paszportem, Uczonego.

Andrzej Woszczyk

LISTY... LISTY... LISTY... LISTY...

Szanowna Redakcjo!

Wasze czasopismo czytam od 1991 roku i prawie nigdy nie miałem względem niego poważniejszych uwag czy też zastrzeżeń. Zamieszczane artykuły i doniesienia w dużej części odpowiadały poziomowi posiadanej przeze mnie wiedzy, a oprawa graficzna była rewelacyjna. Właśnie użyłem słowa w czasie przeszłym, gdyż odkąd rozstaliście się z „nierzetelnym" współpracownikiem od składu komputerowego, dwa ostatnie numery *PA*, 4/95 i 1/96 wyglądają fatalnie. Zwłaszcza w pierwszym z nich właściwie wszystkie zdjęcia kolorowe oraz większość czarno-białych jest niewyraźna, pełna ziarnistych plam i przebarwień. Zdjęcia satelitów Jowisza to pstrokate kółka o rozmazanej powierzchni, obraz Słońca w promieniach *X* wygląda w rogach jakby był posypany makiem lub piaskiem, kolory na rozkładówce z mgławicą w Orionie są poprzesuwane. Przykłady można wymieniać dalej, ale po co? Czytelnicy sami to widzą i nie sądzę, żeby aprobowali te fakty. Mimo, że opóźnienie z jakim dostałem dwa ostanie numery było mniejsze niż dawniej, jednak kosztem tego oprawa graficzna Waszego pisma straciła bardzo dużo. Moim zdaniem jest to wina nowego „speca" od składu, który niestety jest zwykłym amatorem. Po części może to być też rezultat korzystania przez niego z tanich i byle jakich programów do składu, ale to tylko jego sprawa, że nie kupił profesjonalnych aplikacji oraz sprzętu i pracuje na tandecie. Chyba wiedział za co się bierze, kiedy otwierał interes?

Myślę, że dla dobra *Postępów* rozstaniecie się z nim i już najbliższe numery wrócą jakością do poziomu poprzednich egzemplarzy. Nie mam też zielonego pojęcia dlaczego zmieniliście logo *Postępów*, to stare bardziej mi się podobało, nie było takie pospolite. Może jednak wróci na okładkę?

Mimo tych uwag nie rezygnuję z czytania *Postępów*, w końcu liczy się przede wszystkim treść. Jednak w mało której dziedzinie nauk ścisłych jak w astronomii obrazy spełniają bardzo dużą rolę w przekazywaniu wiedzy i dlatego ich jakość jest taka ważna (w końcu po co budować coraz większe teleskopy albo wysyłać je w Kosmos?). Życzę Wam, aby poziom *Postępów* był zawsze wysoki, a artykuły pisali dla Was same sławy świata astronomii.

Łączę ukłony.

Wojciech Migda

Szanowny
i Drogi Czytelniku!

Jesteśmy ogromnie wdzięczni za druzgocącą, ale jednak życzliwą krytykę ostatnich zeszytów naszego pisma. Jesteśmy świadomi braków i podpisujemy się oboma rękoma pod oceną jakości druku ostatnich 2 zeszytów *Postępów*, jaką Pan przedstawił w swym liście. Nasze oceny są podobne i dlatego poszukujemy bardziej profesjonalnych wykonawców ostatniego etapu naszej pracy, ponieważ większość wymienionych przez Pana błędów nie była winą „nowego speca od składu", ale drukarni, w której drukowane były ostatnie numery *PA* (tam również przygotowywano kolorowe strony *PA* 4/95).

Cieszymy się jednak z wysokiej oceny treści *Postępów Astronomii*. Nie wszystko się nam udaje, jak to sobie wymarzyliśmy, ale systematycznie pracujemy nad usuwaniem denerwujących zarówno Czytelników, jak i Redakcję mankamentów i nieustannie obiecujemy poprawę.

Być może już ten zeszyt będzie świadczył o sukcesach na tym polu.

Kłaniamy się pięknie.

Redakcja

Postępy Astronomii

(PL ISSN 0032-5414)

są kwartalnikiem poświęconym popularyzacji astronomii. Pismo jest oficjalnym organem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, założonego w roku 1923. *POSTĘPY ASTRONOMII* ukazują się od 1953 roku, a od 1991 roku w zmienionej formie i nowej szacie graficznej.

Redaktor naczelny:
Andrzej Woszczyk (IA UMK Toruń)

Kolegium redakcyjne:
Roman Schreiber (CAMK Toruń),
Andrzej Sołtan (CAMK Warszawa)

Redakcja techniczna i opracowanie graficzne: Jacek Drążkowski

Korekta: Małgorzata Śróbka - Kubiak

Redakcja w Toruniu:
Instytut Astronomii UMK
ul.Chopina 12/18; 87-100 Toruń
tel. 260-18 w. 51

Poczta elektroniczna (e-mail address);
aw@astri.uni.torun.pl

Redakcja w Warszawie:
Centrum Astronomiczne
im. Mikołaja Kopernika PAN
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa

Skład komputerowy: *Parinama - Soft*, Mirosław Kubiak, Grudziądz

Druk: Zakład Poligraficzno-Wydawniczy *POZKAL*, Inowrocław, ul. Cegielniana 10/12

Dystrybucja: Barbara Gertner, Instytut Astronomii UMK, Toruń

Numer zamknięto w lipcu 1996 r.

• Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca • Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji • Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska Towarzystwa •

Pismo jest dofinansowywane przez Komitet Badań Naukowych

© POSTĘPY ASTRONOMII 1996

Materiały dotyczące wyników obserwacji Teleskopu Kosmicznego Hubble'a uzyskano dzięki uprzejmości doktora **F. Duccio Macchetto**, przedstawiciela Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w *Space Telescope Science Institute* w Baltimore (USA).

W NUMERZE:

52 **Kometa niespodzianek**

Krzysztof Ziołkowski

Największą niespodzianką było samo pojawienie się komety Hyakutake (C/1996 B2). Po raz pierwszy od dwudziestu lat można było bowiem zobaczyć gołym okiem jasną, urodziwą kometę. Dzięki jej dużemu zbliżeniu do Ziemi, a także sprzyjającemu usytuowaniu w przestrzeni jej orbity, w końcu marca i w pierwszej połowie kwietnia 1996 roku, byliśmy świadkami niecodziennego zjawiska na niebie.

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A
Mgławica planetarna Helix (NGC 7293) (76)
GL229B - brązowy karzeł (77)
Mapa Plutona (80)

56 **Pożytki z astronomii**

Emmanuel Davoust

*Pytanie: **Jaki jest pożytek z astronomii?** wydaje się bardzo proste, lecz niełatwo na nie znaleźć odpowiedź. Częściowo wynika to zapewne z faktu, że problem oparty jest na staromodnych pojęciach o rzeczywistym znaczeniu nauk przyrodniczych w ogóle, zaś astronomii w szczególności. Gdyby mi postawiono to pytanie 100 lub 200 lat temu (...)*

61 **Kosmiczne powiązania w Przyrodzie**

Leszek P. Błaszkiewicz

Współczesna kosmologia rozpoczęła się, gdy Albert Einstein zaproponował swój statyczny model Wszechświata (1917), a Edvin Hubble ogłosił swe obserwacje przesunięcia ku czerwieni linii w widmach galaktyk i ich dopplerowską interpretację (1929). W tych faktach obserwacyjnych znalazły potwierdzenie teoretyczne przypuszczenia Aleksandra Friedmana.

73 **Badania magnetosfery ziemskiej - misja Interball**

Jan Hanasz

W nocy z 2 na 3 sierpnia 1995 roku wystartowała z kilkuletnim opóźnieniem z poligonu rakietowego w Plesiecku na północy Rosji Sonda Ogonowa, przeznaczona do badań ogona magnetosfery ziemskiej(...) Celem projektu INTERBALL są badania przepływu energii, pędu i masy w kluczowych obszarach oddziaływań wiatru słonecznego na magnetosferę ziemską.

81 **Kwestia możliwości i celowości korekty reguł kalendarza słonecznego**

Jan Mietelski

Dzisiejsza wiedza astronomiczna o ruchu orbitalnym Ziemi i o precesji jej osi oraz o wydłużaniu się doby, wskazuje jednoznacznie na to, że uzupełnienie reguł kalendarza słonecznego (w szczególności gregoriańskiego) stać się może w pewnym momencie nieubłaganą koniecznością.

różnitości *Żelazne jądro Io (71).*
Polar obserwuje zorzę polarną (72).

50 **In memoriam:** *Roman Smoluchowski (1910 - 1996).*
87 **Na półce z książkami:** *Pasjonująca wędrówka po krętych ścieżkach nauki*
90 **Astronomia w szkole:** Magdalena Kożuchowska - *Seminarium dla nauczycieli fizyki 1-3 grudnia 1995 - Koninki, Przed XIII OMSA w Grudziądzu.*
93 **W kraju:** *Ks. prof. Michał Heller doktorem honoris causa AGH*
94 **Felieton:** *Czy Einstein śpiewał barytonem...*
96 **W pudełku z dyskietkami:** *URANIA - komputerowy program astronomiczny.*

NA OKŁADCE: *obraz zorzy polarnej uzyskany 6 kwietnia 1996 r. za pomocą tzw. Imagera Ultrafioletowego UVI, umieszczonego na pokładzie satelity POLAR, oraz obraz komety Hyakutake, wykonany teleskopem rentgenowskim ROSAT.*

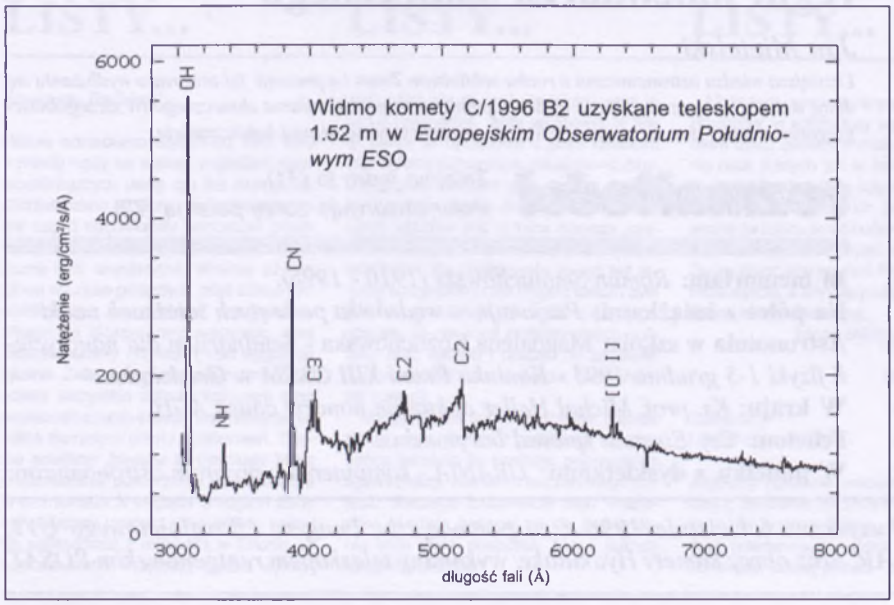
Krzysztof Ziołkowski

Kometa niespodzianek

Największą niespodzianką było samo pojawienie się komety Hyakutake (C/1996 B2). Po raz pierwszy od dwudziestu lat można było bowiem zobaczyć gołym okiem jasną, urodziwą kometę. Dzięki jej dużemu zbliżeniu do Ziemi, a także sprzyjającemu usytuowaniu w przestrzeni jej orbity, w końcu marca i w pierwszej połowie kwietnia 1996 roku, byliśmy świadkami niecodziennego zjawiska na niebie. Liczne informacje o nim w prasie, radiu i telewizji umożliwiły zapewne wielu ludziom zobaczenie po raz pierwszy prawdziwej komety. Miłośnicy astronomii z pewnością przeżywali emocje śledzenia jej ruchu, zmian blasku, ewolucji wyglądu głowy i długiego warkocza. Profesjonalistów cieszyła natomiast niezbyt często zdarzająca się okazja prowadzenia wszechstronnych badań łatwo dostępnego różnego typu obserwacjom, przedstawiciela ciągle jeszcze tajemniczych obiektów, które ostatnio coraz bardziej intrygują wielu badaczy.

Kometę C/1996 B2 odkrył 30 stycznia 1996 roku - jako rozmyty obiekt o średnicy 2.5 minuty kątowej i jasności około 11 wielkości gwiazdowych - japoński miłośnik astronomii **Yuji Hyakutake**, fotografik z Hayato koło Kagoshimy, który miesiąc wcześniej stał się już odkrywcą innej komety C/1995 Y1. Z szybko powiększającego się zbioru obserwacji astrometrycznych nowej komety, wzbogaconego o przedodkryciową pozycję z 1 stycznia 1996 roku, którą udało się znaleźć, stwierdzono, że obiega ona Słońce po torze w kształcie silnie wydłużonej elipsy o mimośrodzie 0.99966, położonej w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ekliptyki pod kątem 125°. Przez peryhelium, oddalone od Słońca o zaledwie 0.23 j.a., przeszła 1 maja 1996 roku, a 25 marca zbliżyła się do Ziemi na minimalną odległość 0.1 j.a. czyli około 15 mln km. Dobra znajomość orbity komety pozwoliła ustalić, że przed obecnym zbliżeniem do Słońca okres jej obiegu wynosił około 16.5 tys. lat, a po przejściu przez Układ Słoneczny wydłużył się do około 100 tys. lat.

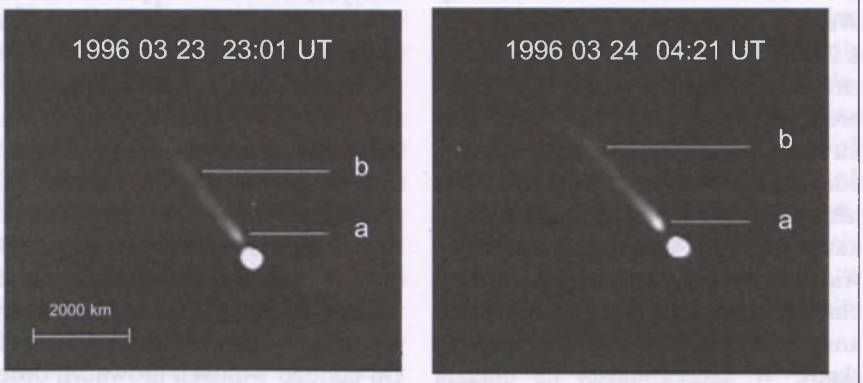
Ponad trzymiesięczny okres obserwacji komety przyniósł tak wiele pomiarów jej pozycji na niebie, że w obliczonym na ich podstawie torze, po którym okrążyła Słońce, zdołano dostrzec subtelne zmiany, nazywane efektami niegrawitacyjnymi, wynikające z sumowania się wektora prędkości orbitalnej i wektora siły reakcji na wyrzut materii z rotującego jądra. Była to niespodzianka, gdyż takie anomalie udaje się wygenerować w zasadzie tylko w przypadku komet krótkookresowych obserwowanych w kilku pojawieniach. Kometa Hyakutake dołączyła więc do grupy zaledwie kilku tzw. komet jednopojawieniowych, dla których udało się dotychczas w sposób wiarygodny wyznaczyć efekty niegrawitacyjne.



Dzięki dużemu zbliżeniu komety Hyakutake do Ziemi nadarzyła się okazja - po raz pierwszy od 10 lat - do śledzenia radarowego komety. Dotychczas udało się zarejestrować echo radarowe w przypadku jedynie 5 komet; ostatni raz tego typu obserwacje prowadzono dla komety Halleya za pomocą radioteleskopu w Arecibo. Tym razem wykorzystano 70 m radioteleskop NASA w Goldstone, który 24 i 25 marca zdołał odebrać (po około 104 s od wysłania sygnału) promieniowanie odbite nie tylko od jądra komety lecz także od bryłek materii o rozmiarach rzędu 1 cm oddalających się od jądra

z prędkościami około 10 m/s. Pierwsze opracowania wyników wskazują, że rozmiary jądra komety zawierają się w granicach 1-3 km. Z analiz fotometrycznych najbliższego otoczenia jądra wynika, że najbardziej prawdopodobny okres jego rotacji przewyższa nieco 6 godzin.

Najwięcej niespodzianek przyniosły obserwacje spektroskopowe komety Hyakutake. Niemal sensacją stało się odkrycie etanu (C_2H_6) w gazie sublimującym z jej jądra. Molekuł tego związku węgla i wodoru dotychczas w kometach nie obserwowano. Nie znaleziono go także w materii międzygwiazdowej i dlatego sądzi się, że nie występował w obłoku gazowo-pyłowym, z którego uformował się Układ Słoneczny, a więc z którego - jak się dziś sądzi - powstały również i komety. Prowadzi to do wniosku, że komety zawierające etan musiały tworzyć się w zupełnie innych warunkach niż komety, w których go nie ma. Być może powstawały w bliższych prasłońca, czyli cieplejszych obszarach pierwotnej mgławicy, blisko formującego się Jowisza i Saturna, a nie w chłodniejszych rejonach kondensacji Urana i Neptuna, bardziej sprzyjających tworzeniu się lodów o składzie odpowiadającym temu, który dotychczas w kometach obserwowano. Nie można też wykluczyć, że lody, które wchodzą dziś w skład komet, powstawały w różniących się składem obszarach pierwotnej mgławicy gazowo-pyłowej jeszcze przed rozpoczęciem formowania się Słońca.

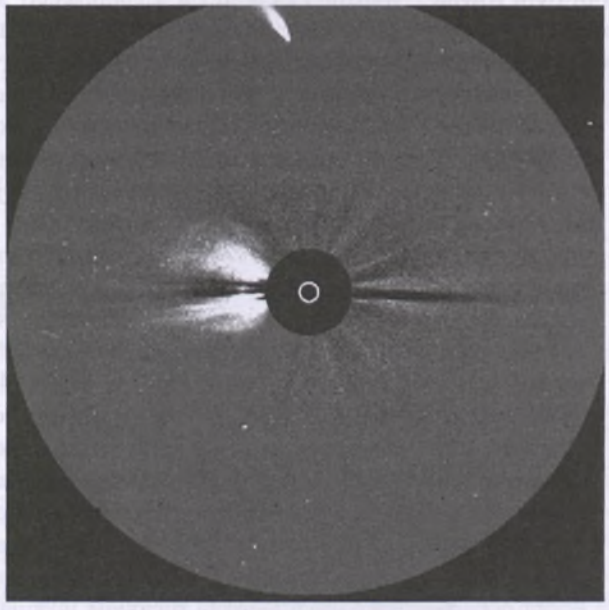


Na tych dwóch obrazach uzyskanych 1. metrowym teleskopem francuskiego obserwatorium Pic du Midi można zobaczyć fragmenty jądra przemieszczające się wzdłuż pyłowego warkocza komety.

Odkrycie w komecie Hyakutake etanu, którego przecież nikt się nie spodziewał, było właściwie dziełem przypadku. Obserwacje spektroskopowe prowadzone za pomocą teleskopu podczerwonego NASA na Hawajach podczas największego zbliżenia komety do Ziemi przez zespół astronomów amerykańskich, któremu przewodniczył Michael J. Mumma, miały przede wszystkim na celu ustalenie zawartości metanolu w komecie Hyakutake. Metanol, czyli alkohol metylowy (CH_3OH), jest prawdopodobnie trzecim po wodzie (H_2O) i tlenku węgla (CO) najobfitszym składnikiem materii lotnej komet. Obserwowano go dotychczas w kilku kometach stwierdzając, że stanowi około 7 procent zawartości wody. Jedynie w dwóch przypadkach (komety Halleya i komety Levy'ego C/1990 K1) zawartość metanolu okazała się znacznie mniejsza, około jednego procenta. Różnica ta wydaje się wskazywać, że lody w tych kometach tworzyły się i ewoluowały w odmiennych warunkach. Nie udało się do tej pory wiarygodnie wytłumaczyć przyczyn różnic obfitości metanolu ani znaleźć jakichś ich korelacji z innymi cechami fizycznymi lub dynamicznymi komet. Sprawa wydaje się jednak na tyle intrygująca, że skwapliwie wykorzystuje się każdą okazję do badań zawartości metanolu w kometach. Przelatująca blisko Ziemi i jasna kometa Hyakutake stwarzała wyjątkowo dobre warunki do bardzo trudnych przecież obserwacji spektroskopowych w podczerwieni.

Zespół M.J. Mummy zaobserwował jednak w widmie komety Hyakutake jedynie bardzo słabą linię emisyjną metanolu (co wskazuje na znacznie mniejszą jego obfitość niż oczekiwano), stosunkowo silne linie emisyjne wody, tlenku węgla i metanu oraz niespodziewanie silną linię wskazującą właśnie na emisję etanu. Tempo produkcji etanu ($6.4 \cdot 10^{26}$ molekuł na sekundę) okazało się porównywalne z tempem produkcji metanu ($1.2 \cdot 10^{27}$ molekuł na sekundę). Badania spektroskopowe komety wykonane za pomocą Teleskopu Kosmicznego Hubble'a w dniu 1 kwietnia umożliwiły określenie względnej obfitości tych najważniejszych składników gazu w głowie komety: $H_2O : CO : CH_4 : C_2H_6 = 100 : 5.8 : 0.7 : 0.4$.

Z obserwacji emisji rodnika OH wykonanych 23 i 24 marca wyznaczono tempo produkcji cząsteczek H_2O



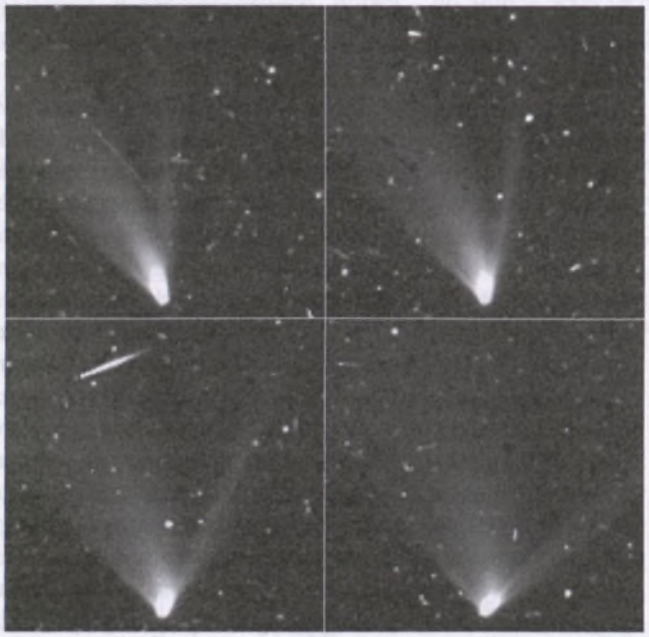
Obraz Słońca i komety uzyskany korografem LASCO znajdującym się na satelicie SOHO w dniu 1 maja 1996 r. Kometa Hyakutake jest widoczna na górnym skraju zdjęcia. Centralną część zdjęcia zajmuje obraz korony słonecznej. Słońce (jego wielkość jest wyrażona centralnym białym kółeczkiem) jest przesłonięte tarczą koronografu, aby w ten sposób wygasić jego blask i zobaczyć zewnętrzną atmosferę Słońca. W tym dniu nastąpił silny wypływ materii ze Słońca, co można wnosić po szczególnie dużej jasności korony słonecznej (na obrazie na lewo od przesłony słonecznej).

na 3.5 $\cdot 10^{29}$ molekuł na sekundę. Wartość tę potwierdziły obserwacje z 27 marca, natomiast 25 marca dostrzeżono wyraźne osłabienie tempa produkcji wody, a także molekuł tlenku węgla. Interpretuje się to jako efekt oderwania się od jądra w tym czasie jakiegoś większego fragmentu. Te ciekawe wnioski wynikające z analizy widma znalazły potwierdzenie na zdjęciach najbliższego otoczenia jądra komety wykonanych przez duże teleskopy. W szczególności na obrazie uzyskanym za pomocą Teleskopu Kosmicznego Hubble'a w czasie największego zbliżenia komety do Ziemi w dniu 25 marca wyraźnie widać rozciągniętą wzdłuż warkocza plamkę, która jest najprawdopodobniej śladem oderwanych od jądra co najmniej trzech jego fragmentów.

Mówiąc o teleskopie Hubble'a warto dodać, że dzięki niemu udała się po raz drugi w historii detekcja w głowie komety dwuatomowej molekuły siarki (S_2). Pierwszy raz zrobił to działający od 1978 roku i niezwykle zasłużony dla badań astronomicznych w nadfiolecie, satelita IUE (*International Ultraviolet Explorer*) obserwując kometę IRAS-Araki-Alcock (C/1983 H1), która w maju 1983 roku przeleciała jeszcze bliżej Ziemi niż obecnie obserwowana kometa Hyakutake (w minimalnej odległości 0.03 j.a.). Molekuła S_2 jest bardzo nietrwała; w odległości 1 j.a. od Słońca ulega rozpadowi w ciągu zaledwie 10 minut i dlatego bardzo trudno jest ją zaobserwować. Odkrycie jej obecności w kometach świadczy o tym, że musiały się one formować w temperaturach mniejszych niż 30 K. Obfitość siarki w komecie Hyakutake oceniono na 0.01% zawartości wody.

Kometa Hyakutake wydaje się być ponadto bogata w związki węgla. Do takiego wniosku prowadzą obserwacje wykonane 1 kwietnia, z których wynika, że stosunek jonów tlenku węgla do jonów wody w odległości rzędu 60 tys. km od jądra wzdłuż warkocza komety jest większy od jedności ($CO^+/H_2O^+ > 1$), podczas gdy dla komety Halleya ten sam stosunek był mniejszy od 0.2. Dodajmy jeszcze, że stosunek obfitości deuteru do wodoru oceniono na $D/H = 1.4 \cdot 10^{-4}$, co jest wartością o rząd wielkości mniejszą niż w przypadku komety Halleya.

Analiza widma ciągłego komety Hyakutake pozwoliła stwierdzić obecność stosunkowo dużych ilości pyłu w obszarze okołojądrowym. Z obserwacji w dniach 23 i 24 marca oszacowano np., że w promieniu 1700 km znajduje się około 10^8 kg pyłu. Zakładając prędkość drobin pyłu równą 10 m/s oceniono tempo jego produkcji w okresie największego zbliżenia komety do Ziemi na 1200 kg/s.



Mozaika czterech obrazów komety Hyakutake uzyskanych między 29 kwietnia, a 6 maja 1996 roku, czyli w pobliżu peryhelium przez koronograf LASCO. Wszystkie zdjęcia zostały wykonane w świetle niebieskim. Widać dramatyczne zmiany kształtu warkocza kometarnego.

Kometa Hyakutake rozwinęła piękny, długi warkocz. Na początku marca, gdy jej jasność była na granicy widoczności okiem nieuzbrojonym, długość warkocza oceniano na około 15'. A. Hale (współodkrywca komety Hale'a-Bopp a C/1995 O1) oszacował długość warkocza w dniu 19 marca już na około 15°. Publikowane w cyrkularzach Międzynarodowej Unii Astronomicznej doniesienia różnych obserwatorów o długości warkocza podczas największego zbliżenia komety do Ziemi w dniach 24-26 marca wymieniały nawet liczbę 100°. Szybko jednak zorientowano się, że jest po prostu fizycznie niemożliwe, aby kątowa długość warkocza (rozciągającego się wzdłuż promienia wodzącego komety) przewyższała wartość tzw. kąta fazowego komety (czyli kąta między kierunkami z komety na Słońce i na Ziemię).W dniu 25 marca kąt ten wynosił około 70°, a maksymalną wartość 111° osiągnął w dniu 6 kwietnia.

Wielką niespodzianką była możliwość prześledzenia szybko zmieniających się struktur warkocza podczas największego zbliżenia komety do Słońca, gdy przechodziła przez peryhelium. Przypomnijmy, że w tym czasie z Ziemi komety nie można było zobaczyć, gdyż znajdowała się na niebie zbyt blisko Słońca. Ale widział ją wtedy satelita SOHO, który w grudniu ubiegłego roku został wystrzelony przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) i umieszczony w punkcie *Lagrange'a* L_1 układu Ziemia-Słońce dla badań Słońca i heliosfery. Obserwacje komety prowadzono za pomocą znajdującego się na pokładzie tego satelity koronografu LASCO (*Large Angle Spectrometric Coronograph*) w dniach od 29 kwietnia do 6 maja. Uzyskane obrazy pokazały w szczególności interesujące zmiany kształtu warkocza komety podczas jej przelotu koło Słońca. Spowodowały je odmienności reakcji na oddziaływanie Słońca różnych składowych materii stanowiącej warkocz. Poruszające się wzdłuż orbity komety cząstki pyłu poddane ciśnieniu promieniowania słonecznego uległy - w zależności od wielkości i masy - większym lub mniejszym odchyleniom od Słońca, podczas gdy lekkie i zjonizowane cząsteczki gazu zostały radialne uniesione przez wiatr słoneczny i związane z nim pole magnetyczne. Kometa stanowiła więc jakby naturalną sondę, dzięki której będzie można coś powiedzieć również i o górnych warstwach korony słonecznej.

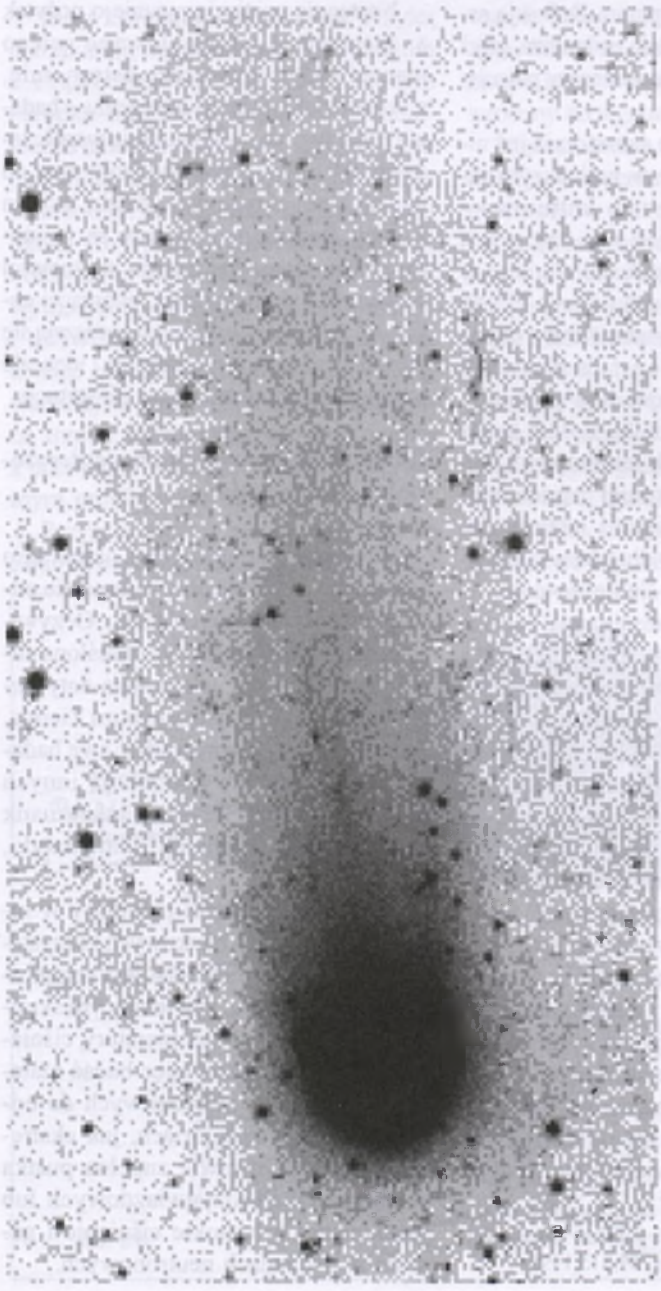
I na zakończenie największa bodaj niespodzianka: **kometa Hyakutake świeci rentgenowsko**. Po raz pierwszy zarejestrowano promieniowanie X pochodzące od komety. Dokonał tego satelita ROSAT obserwując kometę

C/1996 B2 w dniach 26 i 27 marca. Stwierdzono, że stosunkowo silna i zmieniająca się w czasie emisja promieniowania rentgenowskiego pochodzi ze zwróconego w kierunku Słońca półkolistego obszaru wokół jądra komety do odległości mniej więcej 30-40 tys. km. Ponieważ nikt się tego nie spodziewał, rodzi się pytanie, jakie procesy fizyczne w głowie komety prowadzą do generacji tego promieniowania. Nie ma na nie jeszcze odpowiedzi. Podejrzewa się, że może to być efekt rozproszenia słonecznego promieniowania X na materiale komy lub też fluorescencja molekuł wody wywołana przez wiatr słoneczny.

Odkrycie promieniowania rentgenowskiego komety Hyakutake zachęciło do przejrzenia archiwalnych materiałów satelity ROSAT dla ewentualnego znalezienia obserwacji innych komet. Udało się to dla wspomnianej już wyżej komety C/1990 K1 (Levy), dla komety C/1990 N1 (Tsuchiya-Kiuchi) i dla komety okresowej 45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova. W okresie rejestracji emisji promieniowania rentgenowskiego tych komet znajdowały się one w odległościach od Słońca mniejszych niż dwie jednostki astronomiczne.

Kometa Hyakutake przejdzie więc do historii badań kometarnych jako obiekt, w którym po raz pierwszy zaobserwowano emisję promieniowania rentgenowskiego i odkryto obecność etanu, jako komety, w której zdołano zaobserwować bardzo nietrwałą dwuatomową molekułę siarki, potwierdzając tym samym jej odkrycie w 1983 roku, jako jedna z pierwszych komet, dla których udała się bezpośrednia detekcja molekuł wody, jako jedna z nielicznych komet sondowanych radarowo oraz obserwowanych w bezpośrednim sąsiedztwie Słońca i wreszcie jako jedna z niewielu komet jednopojawieniowych, w której ruchu ujawniły się efekty niegrawitacyjne.

Dr Krzysztof Ziołkowski, wieloletni Redaktor Naczelny „Uranii" jest specjalistą mechaniki nieba, głównie dynamiki małych ciał Układu Słonecznego. Pracuje w Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie.



Obok przedstawiamy negatyw zdjęcia zrobionego we Wrocławiu, 27 marca tego roku w Instytucie Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego. Autorami zdjęcia są panowie: Piotr Skarbutowicz, dr Andrzej Pigulski i dr Paweł Rudawy. Zdjęcie zostało wykonane aparatem Zenit 122 podczepionym pod prowadzony teleskop. Korekcja na ruch własny komety była prowadzona na jądrze. Do aparatu domontowany był teleobiektyw 200/3.5, a jako kliszy użyto popularnej błony Konika 200. Czas ekspozycji wyniósł 2.5 minuty.

Prenumerata
Postępów Astronomii

Wszystkie sprawy związane z prenumeratą i kolportażem *Postępów Astronomii* prosimy kierować na adres:

Barbara Gertner
Instytut Astronomii UMK
ul. Chopina 12/18
tel.: (0-56) 260 18 w. 33
e-mail: basia@astri.uni.torun.pl

konto bankowe:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Gdański S. A. o/Toruń
Nr 308601-6347-132

Cena prenumeraty na rok 1996 wynosi 15 zł (dla członków PTA - 10 zł). Prenumeratę przyjmujemy przez cały rok i realizujemy począwszy od wskazanego zeszytu.

Posiadamy jeszcze pewną ilość egzemplarzy archiwalnych.

Pożytki z astronomii*)

Emmanuel Davoust

Pytanie *Jaki jest pożytek z astronomii?* wydaje się bardzo proste, lecz niełatwo na nie znaleźć odpowiedź. Częściowo wynika to zapewne z faktu, że problem oparty jest na staromodnych pojęciach o rzeczywistym znaczeniu nauk przyrodniczych w ogóle, zaś astronomii w szczególności.

Gdyby mi postawiono to pytanie 100 lub 200 lat temu, w czasach gdy astronomia była nauką stosowaną, nie miałbym zapewne trudności w sformułowaniu odpowiedzi w takim systemie pojęć, w jakim pytanie zostało postawione.

Wymieniłbym przede wszystkim geografię i długie podróże przedsiębrane przez Karola de la Condamine'a, przez Ludwika - Antoniego de Bougainville'a celem wyznaczenia długości i szerokości geograficznych różnych punktów naszej kuli ziemskiej. Dalej, wymieniłbym nawigację morską, żeglarzy używających sekstantów oraz tablic położeń Księżyca i jasnych gwiazd celem ustalenia pozycji na morzu. W końcu, wymieniłbym metrologię i przyrządy astronomów Jana Chrzciciela Delambre'a i Piotra Mechain'a, którzy przemierzali Francję w okresie rewolucji dla ustalenia długości południka, a w konsekwencji - metra, jako jednej czterdziestomilionowej części południka.

Przypomniałbym Obserwatorium w Besançon w pobliżu granicy Francji ze Szwajcarią, gdzie rozpocząłem moją karierę astronomiczną: Obserwatorium to było założone ponad 100 lat temu dla sprawdzenia dokładności wyrobów miejscowych zegarmistrzów.

Ale ta epoka już się skończyła. Ustalanie południka, nawigacja morska i powietrzna są obecnie prowadzone przez urządzenia radarowe i sztuczne satelity. Definicja metra została zmieniona i jest obecnie oparta na długości fali pewnego przejścia elektronowego w atomie kryptonu. Definicja sekundy czasu także została zmieniona, gdyż czas wyznaczają atomowe zegary pracujące na atomach cezu.

Czy to oznacza, że astronomia już niczemu nie służy? Że w najlepszym razie, pełni już tylko rolę kulturowo - oświatową, nauczając nas czym jest czarna dziura lub jak został utworzony Wszechświat i jak się skończy? Wszak takie znaczenie nie stanowiłoby chyba usprawiedliwienia dla władz płacących pensje zastępom astronomów patrolujących ciągle niebo wielką ilością coraz bardziej kosztownych teleskopów? Byłoby to nawet coraz mniej usprawiedliwione w epoce kryzysu i bezrobocia, w czasie, gdy budżety dla zdrowia, transportu, edukacji stają się deficytowe.

A może władze finansują nadal badania podstawowe w nadziei, że pewnego dnia, raz na 50, czy 100, czy 1000 lat badania wytworzą coś, co będzie mogło być sprzedawane jak komputery, lub będzie równie pożyteczne jak energia elektryczna? Ale pamiętajmy, że politycy na ogół pragną inwestycji zwracających się po krótkim czasie. Nawet jeśli badania podstawowe dostarczają niekiedy „pożytecznych" wyników, nikt nigdy nie wykazał, że jest to najtańsza i najbardziej bezpośrednia droga do postępu technicznego i z tego punktu widzenia taki kraj jak Japonia woli masowo inwestować w badania stosowane.

Widać zatem, że zagadnienie jest źle postawione. Aby na nie odpowiedzieć, omówię najpierw pewne błędne wyobrażenie (Callon, 1995): astronomia jest odrębną nauką o dobrze określonych granicach, a zatem może być badana niezależnie; jest więc nauką abstrakcyjną, która może być, lub nie, wykorzystywana do innych dziedzin działalności danego kraju.

Następnie postawię pytanie o pożytek z astronomii sformułowane nieco inaczej, gdyż umieszczę astronomię, a w bardziej ogólnym znaczeniu - badania podstawowe - w kontekście współczesnym, tak aby nie była ona izolowana od innych form aktywności, dzięki którym żyjemy. Badania podstawowe są w istocie rzeczy integralną częścią aktywności społecznej i ekonomicznej, tworzącej gęstą sieć związków, w których poruszają się i działają nie tylko wyobrażenia i idee, ale również ludzie, instrumenty i instytucje.

Pierwsze błędne wyobrażenie: terytorialny zasięg badań

Pierwsza trudność przy określaniu astronomii powstaje przy usiłowaniu oddzielenia jej od innych nauk. Oczywiście, astronomia może być określona zupełnie precyzyjnie, jako nauka dotycząca wszystkiego, co istnieje poza Ziemią. Jednakże, aby przeprowadzić swe badania, astronomowie potrzebują innych nauk, zwłaszcza fizyki, a także nauk komputerowych, chemii, matematyki, biologii itd.

I odwrotnie, uczeni pracujący w innych dyscyplinach naukowych korzystają z tego, że Wszechświat jest wyjątkowym laboratorium, zawierającym skrajne warunki fizyczne temperatury, ciśnienia i gęstości, można więc badać materię w sytuacjach niemożliwych do odtworzenia w laboratoriach, jak ekstremalne zimno i prawie zupełna pustka w chmurach międzygwiazdowych lub nieskończenie wysokie ciśnienie i gęstość w gwiazdach neutronowych.

*) Dziękujemy Autorowi za zezwolenie na tłumaczenie jego tekstu, który ukazał się pierwotnie w *Vistas in Astronomy*, **39**,315,1995.

Spotykamy zatem wielu uczonych pracujących w dziedzinach leżących na obrzeżu astronomii, którzy rzeczywiście nie wiedzą, czy są jeszcze astronomami, czy też już są chemikami lub fizykami jądrowymi. A zatem - z powodu swej złożoności - badania podstawowe stały się w istocie swej wielodyscyplinarne.

Weźmy kilka konkretnych przykładów.

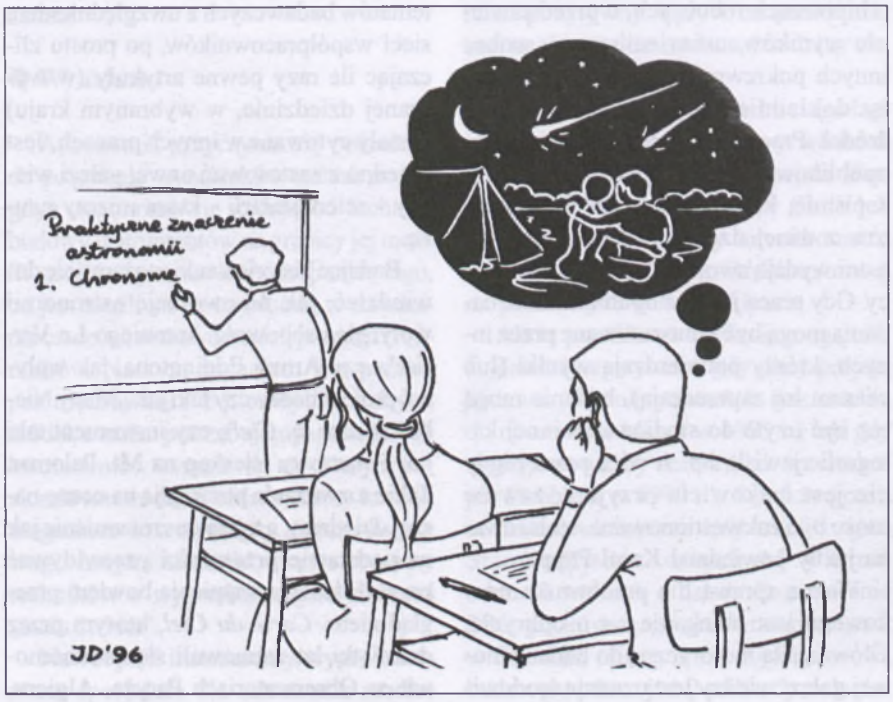
Jedna z moich koleżanek bada, dlaczego pewien atom wapnia o liczbie atomowej 48 występuje we Wszechświecie w większej ilości niż jego izotop o liczbie atomowej 46. Część jej badań przeprowadzanych jest w akceleratorze cząstek, zaś wyniki badań w laboratoriach ziemskich posłużą jej do wyjaśnienia tego, co odbywa się w laboratorium kosmicznym.

Inny kolega interesuje się fizyką ośrodka międzygwiazdowego. Niektóre z cząsteczek występujących w tym ośrodku mogą być zakupione w buteleczce nawet w najbliższej drogerii, lecz jest też wiele takich, których pracujący w laboratorium chemik nigdy nie widział. Aby zidentyfikować molekuły odkryte w ośrodku międzygwiazdowym, trzeba wykonać szereg obliczeń i doświadczeń czysto chemicznych, a więc narzędziami i metodami wprowadzonymi przez chemików. Taką pracę trzeba wykonywać we współpracy z chemikami zainteresowanymi tym samym problemem z innych powodów.

Przyszła misja Cassini wysyłana na Saturna ma objąć także wystrzelenie małej sondy, Huyghensa, dla zbadania atmosfery satelity Tytana. W atmosferze tej uczeni spodziewają się znaleźć molekuły przed - organiczne, lub nawet związki organiczne. A więc w przygotowaniu tej wyprawy współpracują ze sobą specjaliści z różnych dziedzin: fizycy plazmy, biologowie, komputerowcy, specjaliści z dziedziny chemii przed - organicznej, atmosfer planetarnych, telemetrii itd. A zatem paradoksalnie, superspecjalizacja w nauce przynosi w rzeczywistości podział dyscyplin klasycznych i wytworzenie się obszarów wspólnych zainteresowań i owocnej wymiany myśli między sąsiednimi dyscyplinami, wytwarzając w ten sposób nowe dziedziny.

Ta złożoność w badaniach, to zachodzenie na siebie dyscyplin, to mieszanie zadań jest w istocie odbiciem podstawowej cechy charakterystycznej dla nauki współczesnej - jej organizacji w system sieci. Idea sieci jest konieczna dla zrozumienia istoty współczesnych badań, więc wrócimy do tego tematu później.

Można dodać, że formalny podział istniejący obecnie w nauce jest konieczny dla celów praktycznych i administracyjnych, lecz nie odpowiada on już rzeczywistości. Administratorzy nauki chcą tego podziału, aby zarządzać uczonymi i ich działalnością dla swoich celów statystycznych, aby móc powiedzieć, że jest tylu a tylu astronomów, fizyków atomowych, chemików; że każda z tych grup produkuje tyle artykułów i tez, kształci tylu studentów, ma taki budżet, itd. A sami uczeni powinni należeć do laboratorium badawczego.



Drugie błędne wyobrażenie: liniowy model badań

W niekompletnym obrazie nauk przyrodniczych astronomia wydaje się być układem praw, reguł empirycznych i postulatów, układem abstrakcyjnych pojęć, który inżynierowie, technicy, lekarze lub inni przedstawiciele życia ekonomicznego mogą zdjąć z półki i wykorzystać do rozwiązania konkretnego problemu, do zbudowania maszyny przydatnej dla człowieka, do zwiększenia plonów pewnej uprawy, do zwalczenia epidemii, do zapobieżenia materialnej katastrofie, itp.

Mielibyśmy zatem następujący model badań:

Astronomia → Pomysły → „pożyteczne" zastosowania. Z takiego punktu widzenia, jedyny pożytek z badań podstawowych - to zwiększenie ilości wiedzy, która wcześniej czy później znajdzie „pożyteczne" zastosowanie, zawdzięczając to komuś zręcznemu i zainteresowanemu.

Taki punkt widzenia jest odbiciem tego, czego w ciągu długiego czasu nauczano nas w historii astronomii i w historii nauki. Zawsze były to opowiadania o pomysłach i ideach. Ale takie opowiadania interpretują błędnie 3/4 tego, co stanowi naukę. Nawet jeśli pomysły mają do odegrania ważną rolę, to ludzie, instrumenty i instytucje, a także więzy między nimi i sieć jaką tworzą są tak samo konieczne.

Wydaje się oczywiste, że pomysły nie wytworzyły się same, bez pomocy uczonych i instrumentów, więc dlaczego mamy je usuwać z obrazu, jakby były tylko narzędziami pomocniczymi dla wiedzy? Czy to idealizm czy krótkowzroczność? Bo przecież w większości wypadków nie można ich pominąć. Bez teleskopów, Galileo i wszyscy następujący po nim astronomowie, zapewne niczego by nie odkryli. A gdyby astronomowie z dawnych pokoleń nie przekazali swych umiejętności oraz wiedzy, to ta wiedza nie byłaby do niczego potrzebna.

W astronomii, podobnie jak w innych naukach, pomysły są bezużyteczne, jeśli są oddzielone od kompetencji, umiejętności, instrumentów i tej sieci związków, z których one się wywodzą. Właśnie tak, jak grzyb nie może rosnąć bez podziemnej sieci grzybni, tak też pomysły nie mogą wytworzyć „pożytecznych" zastosowań, gdy są wyjęte z kontekstu. Dlatego też, aby ocenić rolę astronomii

w społeczeństwie musimy rekonstytuować kontekst, w którym wiedza została wyprodukowana i ocenić po kolei zgodnie z ich specyficznymi kryteriami, różnych aktorów grających role w procesie badawczym.

W jaki sposób zatem mamy oceniać dziedzinę wiedzy, jeśli nie możemy wyizolować jej z kontekstu badań podstawowych i jeśli musimy wziąć pod uwagę wszystkich aktorów grających role, czy to żywych, czy nieożywionych, czy też abstrakcyjnych? Oczywiście zadanie jest trudne, nawet jeśli nieporozumienia zostały już wytłumaczone. Aby zatem wyjaśnić sytuację, zasugeruję teraz nowy podział obrazu, trochę zmniejszający, lecz bardzo przydatny, gdy staramy się ocenić badania podstawowe, a szczególnie astronomię. Ten podział będzie uwzględniał wielorakie wymiary badań podstawowych i ich sieciowej organizacji.

Diagram kompasu dla badań naukowych

Diagram kompasu dla badań naukowych został zaproponowany przez socjologów z Państwowej Wyższej Szkoły Górniczej w Paryżu jako opis badań podstawowych biorący pod uwagę wszystkie parametry (Callon et al., 1994). Spróbujmy zastosować ten schemat do astronomii, aby ocenić jej rolę w różnych przejawach życia naszego społeczeństwa: socjalnym, kulturowym, ekonomicznym, politycznym, a nawet artystycznym.

Każdy kierunek kompasu odpowiada jakiejś instytucji, jakiemuś rodzajowi bodźca i jakiejś metodzie oceny. Sam prestiż astronoma i kariera astronomiczna nie są oceniane w ten sam sposób. W jednym wypadku liczymy głosy oddane na polityków, którzy byli za projektem naukowym; w innym wypadku rozważamy ilość, jakość i wpływ publikacji naukowych. Te same motywy nie prowadzą do odkrycia nowych galaktyk, do powstania rozprawy doktorskiej, czy też wynalazków technologicznych, gdyż motywem uczonego jest głód wiedzy, doktorant pragnie uzyskać stopień naukowy, zaś wynalazca pragnie zarobić pieniądze.

❶ Ogólnie przyjęta wiedza

Wytworzenie nowej wiedzy jest oczywiście pierwszym celem pracy astronoma. Staramy się wyjaśnić narodziny gwiazdy, jej ewolucję i śmierć, przewidujemy przyszłość Wszechświata, opisujemy kształt Drogi Mlecznej bez zobaczenia jej z zewnątrz - innymi słowami - staramy się wyjaśnić Wszechświat.

Ale ta nowa wiedza nie jest natychmiast - jak tylko zostanie ogłoszona - akceptowana przez całą społeczność astronomiczną. Zanim wiarygodność jakiegoś wyniku badań zostanie zaakceptowana, jej autorzy muszą poddać się ścisłemu protokółowi. Muszą przygotować szczegółowe techniczne sprawozdanie, trzymając się ustalonych reguł o hipotezach roboczych, o przedstawieniu wyników, ustawieniu pracy wobec innych pokrewnych badań, które należy dokładnie zacytować w wykazie źródeł. Praca zostaje wtedy złożona do opublikowania w specjalistycznym czasopiśmie, które zasięga zdania ekspertów z danej dziedziny (recenzentów), a oni wydają swoją opinię o jakości pracy. Gdy praca jest już opublikowana, badania mogą być kontynuowane przez innych, którzy potwierdzają wyniki (lub czasem im zaprzeczają), badania mogą też być użyte do studiowania innej kategorii zjawisk, itp. A więc praca nigdy nie jest całkowicie przyjęta, zawsze może być zakwestionowana, sfałszowana jakby powiedział Karol Popper.

Ważną sprawą dla pracownika naukowego jest ubieganie się o odkrycie. Główną siłą motoryczną do badania nowej gałęzi wiedzy jest uznanie środowiska. Ta opinia wpływa na reputację uczonego, jego karierę; może być szanowany, uzyskać profesurę na uniwersytecie lub kierownictwo laboratorium.

Ta konieczność ubiegania się o odkrycia prowadzi niekiedy do odchyleń od klasycznej procedury zatwierdzania. Na ogół upływa szereg miesięcy lub rok pomiędzy przedstawieniem artykułu do druku a jego publikacją, zaś w tym czasie mogą nastąpić „przecieki". Niektórzy uczeni, przekonani, że ich odkrycie jest sensacyjne, sami rozpowszechniają komunikat prasowy, który wręcz może być wykorzystywany przez prasę niespecjalistyczną. W ten sposób czytamy nieraz w gazecie codziennej, lub słyszymy w wiadomościach radiowych czy telewizyjnych, że pewna grupa odkryła nową planetę, lub kwazara na granicy Wszechświata. Ale wiadomość o tym odkryciu nie przechodzi zwykłymi filtrującymi kanałami.

Zarządzanie zasobami naszej dziedziny wiedzy wymaga bardziej całościowej oceny, albo całego problemu naukowego, albo tematyki badawczej całego kraju. W takich wypadkach ocena bibliograficzna jest coraz częściej stosowana (Devoust i Schmadel, 1987). I rzeczywiście, publikacje naukowe, tak z uwagi na ilość jak i znaczenie, mogą być dowodem powodzenia w różnych dziedzinach wiedzy. W ten sposób można ułożyć mapę tematów badawczych z uwzględnieniem sieci współpracowników, po prostu zliczając ile razy pewne artykuły (w wybranej dziedzinie, w wybranym kraju) zostały cytowane w innych pracach. Jest to jedno z zastosowań nowej gałęzi wiedzy - scientometrii - która mierzy naukę.

Badając historię nauki możemy się dowiedzieć, jak na ewolucję astronomii wpłynęła osobowość Antoniego Le Verrier'a czy Artura Eddingtona, jak wpłynął projekt badawczy taki jak „Mapy Nieba" (*Carte du Ciel*), czy instrument taki jak 5 metrowy teleskop na Mt. Palomar. Takie rozważania pozwalają na ocenę naszej dziedziny, a także na zrozumienie jak na podstawie przeszłości przewidywać przyszłość. Bez wątpienia bowiem przegląd nieba *Carte du Ciel*, którym przez dziesiątki lat zajmowali się astronomowie w Obserwatoriach Paryża, Algieru,

Bordeaux i Tuluzy, był zbyt ambitnym projektem jak na możliwości ludzkie i techniczne tych czasów. A jest on jednym z głównych powodów, dla których początki astrofizyki i astronomii gwiazdowej nie obejmowały francuskich astronomów.

❷ Nabyte umiejętności

Na nic zda się cała wiedza astronomiczna jeśli będzie oderwana od swego otoczenia. Np. można zrzucić podręcznik astronomii na spadochronie w środku Syberii, ale nic się nie będzie działo, jeśli równocześnie nie wylądują astronomowie, teleskopy, komputery i cała sieć związków ze światem zewnętrznym.

Wytwarzane umiejętności, zwykle nabywanych przez studentów, przez nauczycieli na różnych poziomach, jest ważnym produktem ubocznym astronomii. Umiejętności są także przekazywane maszynom, zaprogramowanym do specjalnych zadań. Te umiejętności niekoniecznie muszą być używane do badań astronomicznych, ponieważ student może pracować dla prywatnych towarzystw, zaś techniki opracowania obrazu mogą być wykorzystane przez lekarzy czy geografów. Instytucją odpowiadającą takiemu zastosowaniu badań jest organizacja nauczająca, jak uniwersytet, politechnika, itd, zaś bodźcem jest tu dyplom uzyskiwany na zakończenie studiów czy kursu. Podkreślam, że umiejętności nie przynoszą pożytku samej astronomii, lecz nauczanie poprzez prowadzenie badań jest jednym z naszych zadań.

❸ Wynalazki

Astronomia przyczynia się pośrednio do powstania wynalazków technicznych, gdyż astronomowie żądają od techniki budowy instrumentów na granicy jej możliwości, a często nawet poza granicą tego, co jest możliwe do uzyskania w dziedzinie czułości, niezawodności, precyzji i rozmiarów. Naszym zadaniem jest pomiar promieniowania z niezwykle słabych źródeł, a zatem potrzebujemy ultraczułych instrumentów o możliwie najniższym poziomie szumu tła. Niekiedy mamy też wymagania co do temperatury, rozmiarów czy wagi. Innymi słowami, często prosimy techników o wyprodukowanie jakiegoś „cudu świata".

Nawet jeśli instrumenty wyprodukowane specjalnie dla astronoma rzadko znajdują zastosowanie w innych dziedzinach, to wytwarzanie ich działa stymulująco na techników: muszą bowiem zmienić swe przyzwyczajenia, muszą zawsze rozwinąć nowe metody, a to z kolei może się przydać gdzieś indziej. Przechodząc do czynników ekonomicznych, zamówienia na bardzo kosztowne instrumenty działają stymulująco na przemysł; stąd też - poprzez finansowanie badań - państwo staje się sponsorem dla przemysłu.

Niektóre technologie rozwinięte dla celów astronomicznych mogą znaleźć zastosowanie w innych dziedzinach. Technologia CCD, odbiornik obrazu elektronicznego oraz skomputeryzowane traktowanie obrazu mogą być zastosowane zarówno do obrazów satelitarnych jak i do medycznych. Na przykład dwóch uczonych lekarzy badało w 1987-88 siatkówkę oka prowadząc swe badania w Obserwatorium Astronomicznym w Tuluzie, używając obrazów otrzymanych przy użyciu techniki CCD i opracowując swe wyniki jak obrazy astronomiczne.

❹ Korzyści zbiorowe

Politycy są bezpośrednio zainteresowani astronomią, gdyż jest to coś, co może przynieść prestiż dla kraju. Astronomia jest częścią wielkiej nauki. Naziemne i krążące w przestrzeni instrumenty są bardzo kosztowne, zaś trudności techniczne do przezwyciężenia, aby otrzymać np. nadzwyczajne obrazy powierzchni Marsa czy Neptuna, mogą mieć pozytywny wpływ na prestiż naszej nauki, a także na inne dziedziny aktywności danego kraju.

Dlatego też kraje zachodnie zgadzają się ponieść koszty budowy wielkich instrumentów, jak np. europejski Bardzo Duży Teleskop (VLT) w Chile lub 4 (a niedługo 5) anteny interferometru Instytutu Radioastronomii Milimetrowej na płaskowyżu Bure w Alpach.

Ale te prestiżowe działania mogą także działać negatywnie, gdy dany projekt badawczy się nie powiedzie (jak satelita do obserwacji Marsa w 1993 r.) lub gdy wystąpi poważny defekt (jak w teleskopie Hubble'a w 1990 r.). Są także granice finansowania przez dany kraj; Kongres Stanów Zjednoczonych AP właśnie odrzucił wniosek o dalsze finansowanie SSC, gigantycznego akceleratora cząstek w Teksasie, mimo, iż na dotychczasową budowę wydano już 2 miliardy dolarów z 10 planowanych.

Jeśli dany wielki projekt badawczy nie powoduje żadnego oddziaływania na prestiż kraju, to rząd zwykle upewnia się, czy finansowanie go będzie wpływało na otrzymywanie dalszych zamówień. I tak - ośmiometrowe zwierciadła teleskopu VLT zostały zamówione w REOSC, przedsiębiorstwie z rejonu paryskiego. Oczywiście, otrzymanie zamówień na aparaturę przez przemysł narodowy jest warunkiem sine qua non, aby dany kraj przyłączył się do wielkiego międzynarodowego projektu badawczego.

❺ Ekspertyza

Ekspertyza astronomiczna jest niekiedy wymagana, gdy coś ma związek z kalendarzem. Towarzystwa ubezpieczeniowe muszą wiedzieć, czy było jeszcze widno danego dnia o danej godzinie, gdy wydarzył się wypadek. Ja sam odebrałem kiedyś telefon od pani, która chciała wiedzieć czy będzie ciemno o godz. 18 pewnego dnia, czy zatem do fotografowania ślubu jej córki będą potrzebne lampy błyskowe! Niektóre uroczystości religijne jak Wielkanoc, czy Ramadan są związane z kalendarzem księżycowym.

Wspominałem wyżej, że astronomia nie prowadzi już najdokładniejszych pomiarów sekundy, ale z powodów historycznych astronomowie wykonują takie ekspertyzy. Ciągle jeszcze mierzą sekundę w Międzynarodowym Biurze Czasu (BIH) w Paryżu. Obserwatorium paryskie jeszcze podaje publicznie dokładny czas, zaś inne francuskie obserwatoria współpracują we francuskiej służbie czasu atomowego.

Astronomowie pomagają także przy korekcie kalendarzy. Nieco chwiejne ruchy ziemskiej osi rotacji wokół położenia średniego skracają lub wydłużają trwanie samej rotacji, a potem BIH decyduje się dodać lub odjąć jedną sekundę od godziny urzędowej, aby dopasować ją do czasu słonecznego.

❻ Popularyzacja nauki

Popularyzacja jest napewno najbardziej związana z astronomią, gdyż publiczność zawsze interesuje się istotą i historią Wszechświata. Rola astronoma nie byłaby spełniona w sposób kompletny, gdyby propagował wiedzę wyłącznie wśród swych kolegów. Ponieważ płatnicy podatków finansują badania naukowe, więc mają prawo skorzystania z nich

dla pogłębienia swej wiedzy, oraz dla oceny w jaki sposób publiczne pieniądze zostały wykorzystane.

Popularyzacja może być także zdeformowana, gdy staje się tylko „gablotą wystawową" wiedzy; gdy zamiast dzielenia się wiedzą, uczeni pokazują tylko piękne obrazki i nie wytłumaczone wzory lub potężne instrumenty bez pokazania jak one działają, twierdząc, że publiczność i tak nic z tego nie zrozumie.

Nie wychodząc poza obręb nauk ścisłych, możemy opowiadać o pięknych teoriach, a jest to właściwość często brana pod uwagę przy ocenie teorii. Niestety, to piękno jest często dostępne tylko dla specjalistów. A z drugiej strony, każdy może oceniać piękno obrazów nieba, lub majestat galaktyki spiralnej rozwijającej swe ramiona w pustce kosmicznej. Zapewne ten aspekt badań jest najłatwiej dostępny dla szerokiej publiczności.

Astronomia jako źródło natchnienia artystycznego, literackiego lub religijnego

Dodałbym szóstą dziedzinę po pięciu poprzednich: rola astronomii jako natchnienia w sferze poza naukami ścisłymi, w twórczości artystycznej, literackiej i religijnej.

Astronomia jest nie wyczerpalnym źródłem twórczości we wszystkich dziedzinach sztuki, zwłaszcza literatury fantastyczno - naukowej, poezji, malarstwa i sztuk plastycznych. Niebo zawsze było miejscem istot wyższych, nadzmysłowych i dlatego tyle dzieł sztuki przez nie zainspirowanych.

Spróbujmy pokazać ilustracje z Układu Słonecznego uczniom w klasie w szkole podstawowej, sugerując napisanie poematu lub wykonanie rysunku, a zobaczymy jakie cuda powstaną.

Pewien kompozytor z Tuluzy, Jan Girves czerpał natchnienie z dźwięków chwytanych przez mikrofon podłączony do radioteleskopu obserwującego pulsary, gwiazdy emitujące fale radiowe w okresie około 1 sekundy i skomponował oryginalny utwór muzyczny. Dziełem muzyka było wytworzenie dźwięków muzycznych opartych na rytmach, które nie stanowią całości harmonicznej, gdyż okresy wybranych pulsarów nie były współmierne.

Te trzy przykłady są lepsze niż długie dysertacje na ten temat. Chciałbym tylko dodać, że nie może być mowy o ocenie wartości naukowej wymienionych dzieł. Na ogół nie mają żadnej, lecz powinny być oceniane jako dzieła sztuki.

Astronomia może być też źródłem natchnienia religijnego, jeśli znajomość mechanizmów kosmicznego zegara stanowi bodziec do poszukiwania Zegarmistrza lub tylko medytacji nad pięknością Stworzenia. Lecz nie możemy poszukiwać współdziałania między astronomią i religią, np. przy interpretacji Pisma św. Takie stanowisko jest uważane za błędne przez Kościół. Zarówno astronomia jak i religia tłumaczą Wszechświat, lecz każda w inny sposób, wzajemnie się uzupełniający, lecz nie konfliktowy, przynajmniej z mojego punktu widzenia. Z jednej strony mamy racjonalne wytłumaczenie, z drugiej zaś dogmaty, objawienie, inne pojmowanie rzeczywistości.

Tłumaczyła
Cecylia Iwaniszewska

Literatura:

1. Callon, M.(1995) *La recherche et ses enjeux,* Journal des Astronomes Francais, **48**, 14-18.
2. Callon, M. Laredo P., Mustar, P. (1994) *Panorama de la science francaise,* La Recherche, **25** 378-383.
3. Davoust, E. , Schmadel, L. (1987) *A study of the publishing activity of astronomers since 1969*, Publ. Astron. Soc. Pac. **99**, 700-710.

Dr Emmanuel Davoust jest urodzonym w Szwecji, a wykształconym w Kanadzie astronomem francuskim Obserwatorium Midi - Pirènes w Tuluzie. Prowadzi badania galaktyk metodami optycznymi i radiowymi oraz w dziedzinie historii astronomii. Szczególnie interesuje się rolą astronomów i astronomii w społeczeństwie.

Któż z nas nie uległ kiedyś fascynacji widokiem gwiaździstego nieboskłonu usianego mrowiem migoczących gwiazd, z szeroko rozlaną, krętą wstęgą Mlecznej Drogi, z leniwie przesuwającym się ku zachodowi sierpem Księżyca. A jeśli, na dodatek, na tym niebie zdarzy się coś niezwykłego? Zabłyśnie oślepiający bolid, spadnie deszcz gwiazd, czy choćby najjaśniejsze z gwiazd i planet utworzą niecodzienną konfigurację? Wrażliwy człowiek nie pozostanie obojętny. Ktoś napisze wiersz lub piosenkę, inny namaluje obraz, niektórzy zaczną swoją przygodę z Astronomią.

Francuski impresjonista Vincent Van Gogh namalował kilkanaście obrazów uwieczniających jego zauroczenie widokami nieba. Jeden z bardziej znanych, którego reprodukcję przedstawiamy obok, zatytułowany jest po prostu *Gwiezdna noc.*

Kosmologiczne powiązania w Przyrodzie

Leszek P. Błaszkiewicz

Współczesna kosmologia rozpoczęła się, gdy Albert Einstein zaproponował swój statyczny model Wszechświata (1917), a Edvin Hubble ogłosił swe obserwacje przesunięcia ku czerwieni linii w widmach galaktyk i ich dopplerowską interpretację (1929). W tych faktach obserwacyjnych znalazły potwierdzenie teoretyczne przypuszczenia Aleksandra Friedmana. Gdy w latach 40-tych George Gamow uściślił hipotezę, że Wszechświat był niegdyś gęsty i gorący, rozważania na temat fizyki wczesnego Wszechświata stały się faktem. Odtąd rozwój kosmologii nierozerwalnie wiązał się i wiąże nadal z fizyką wysokich energii, czerpiąc z tej nauki rozbudowującą się błyskawicznie teorię, oferując w zamian najwspanialsze laboratorium - wczesny Wszechświat.

1. Modele i ich potwierdzenie obserwacyjne

Podstawą do wyprowadzenia większości modeli kosmologicznych jest *równanie pola*, zwane także *równaniem Einsteina*. W największym skrócie równanie to możemy zapisać następująco:

$$R_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}$$

Po prawej stronie tego równania mamy *tensor energii - momentu pędu*, który opisuje rozkład materii. Po stronie lewej zaś znajduje się *tensor Ricciego*, opisujący krzywiznę czasoprzestrzeni. Widzimy przeto już na pierwszy rzut oka, że rozkład materii determinuje krzywiznę przestrzeni - im więcej materii, tym przestrzeń bardziej zakrzywiona.

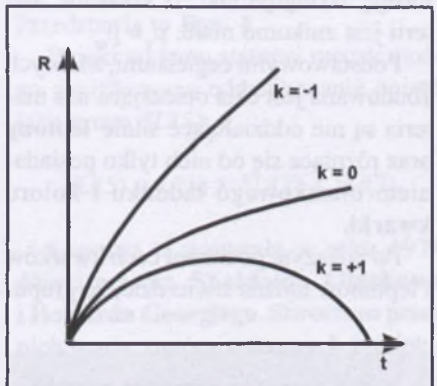
Wychodząc od tego równania i stosując odpowiedni kształt metryki, Friedman wyprowadził słynne równanie różniczkowe, którego rozwiązanie pokazuje nam ewolucję Wszechświata, a postać tego rozwiązania symbolicznie możemy zapisać:

$$R = R(\mathrm{t}, \mathbf{k})$$

gdzie t to czas, natomiast **k** to pewien znormalizowany czynnik krzywizny określający globalny kształt czasoprzestrzeni i przyjmujący wartości *1, 0, -1*. Rozwiązania *równania Friedmana* pokazuje **Rys. 1a i b.**

Wielu kosmologów szukało rozwiązań równania Friedmana dla różnych przypadków otrzymując liczne warianty ewolucji Wszechświata. Szczególnie wiele na tym polu uczynił **Georges Lemaître**, przedstawiając tory ewolucyjne dla różnych wartości *stałej kosmologicznej* (wprowadził ją Einstein, by jego rozwiązanie dało w wyniku Wszechświat statyczny).

W roku 1923 Hubble dokonał przypadkowego odkrycia. Stwierdził on, że linie w widmach galaktyk przesunięte są w stronę fal o większej długości. O swym odkryciu poinformował świat naukowy w 1929 roku, kiedy to zdecydował się na dopplerowską interpretację obserwowanego zjawiska. Obecnie interpretacja *przesunięcia ku czerwieni*, oznaczanego przez „**z**" związana jest ściśle z odległością obiektu. Im dalej od nas znajduje się dany obiekt, tym szybciej się oddala (odpowiada to większemu **z**). Tempo ekspansji Wszechświata *określa stała Hubble'a* $\mathbf{H_0}$, której wartość szacuje się obecnie z 15% przybliżeniem na 75 km/s·Mpc. Jeżeli przez *c* oznaczymy prędkość światła,



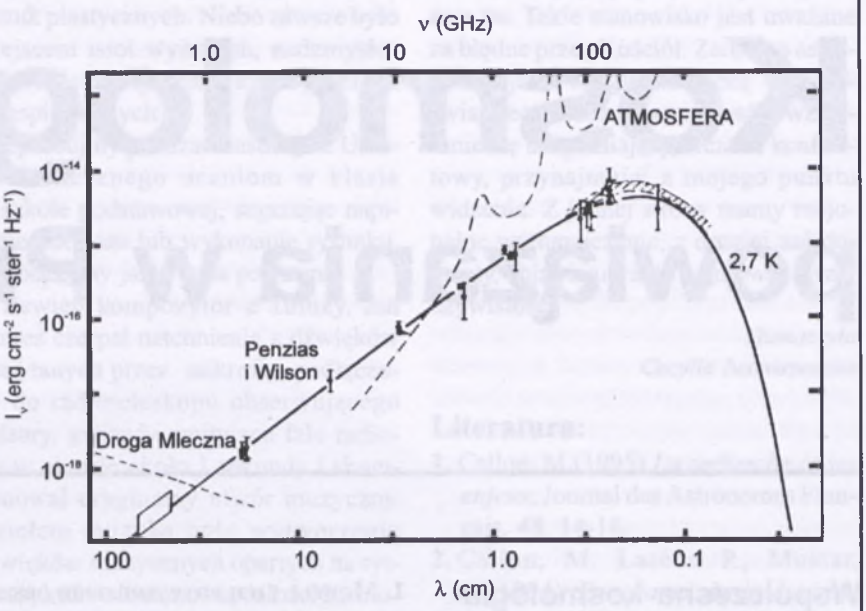
Rys. 1a. Zależność czynnika skali R od czasu w modelach Wszechświata. Dla **k** = 1 mamy model zamknięty, dla **k** = 0 i -1 dostajemy modele otwarte (zaczerpnięte z : M. Demiański *Astrofizyka relatywistyczna*, PWN, W-wa 1991, str. 310.

wtedy możemy zapisać, że:

$$c \cdot z = d \cdot H_0$$

gdzie d to odległość.

Istnienie promieniowania reliktowego przewidział już w latach 30-tych Lemaître, kiedy zaczynano rozważać sprawy związane z przeszłością Wszechświata. Hipotezę *Wielkiego Wybuchu*, sformułowaną przez Lemaître'a uściślił w drugiej połowie lat 40-tych Gamow, stwierdzając, że okres gorącej młodości Wszechświata powinien pozostawić wypełniające przestrzeń tło mikrofalowe. Celowe poszukiwania tego promieniowania nie przynosiły rezultatu, aż do 1965 roku, kiedy to **Arno Penzias** i **Robert Wilson** odkryli przypadkowo promieniowanie, którego widmo odpowiada promieniowaniu ciała doskonale czarnego o temperaturze 2.735 K (± 0.006), co w pełni potwierdza rozważania teoretyczne. Widmo promieniowania tła pokazuje **Rys. 2.**



Rys. 2. Widmo promieniowania tła o temperaturze 2.7 K. Naniesiono obserwacje dokonane przez Penziasa i Wilsona (zaczerpnięto z : G. Börner, *The Early Universe*, Springer - Verlag, 1988, str. 80).

Z przedstawionych powyżej faktów wynika niezbicie, że Wszechświat na drodze swej ewolucji przeszedł przez stan, w którym był gorący i miał niewielkie rozmiary. Panowały wtedy warunki, które częściowo można odtwarzać i badać metodami fizyki cząstek elementarnych.

2. Fizyka wysokich energii

Cała otaczająca nas przestrzeń wypełniona jest promieniowaniem i materią, dlatego właśnie możemy napisać, że gęstość jest sumą gęstości materii i promieniowania: $\rho = \rho_\gamma + \rho_m$, przy czym na uwagę zasługuje fakt, iż ciśnienie materii jest znikomo małe: $p_\gamma \gg p_m$.

Podstawowymi cegiełkami, z których zbudowana jest cała otaczająca nas materia są nie oddziałujące silnie **leptony** oraz różniące się od nich tylko posiadaniem ułamkowego ładunku i koloru **kwarki.**

Po bliższym poznaniu cech kwarków i leptonów można stwierdzić, że grupują się one w wyróżnione podgrupy, zwane generacjami. **(Tab. 1.)**

Tab. 1. Generacja leptonów i kwarków.

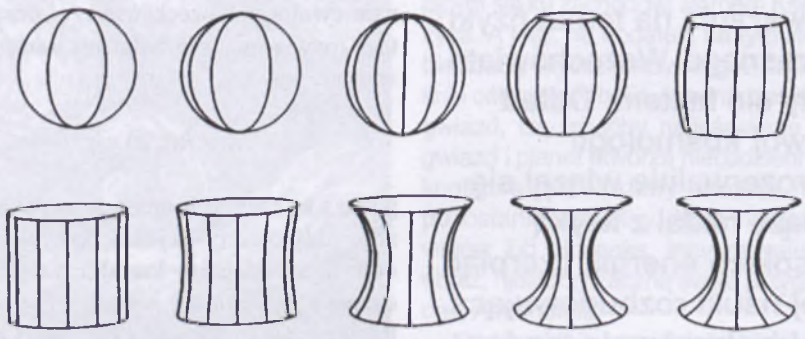
$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e^- \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu^- \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau^- \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} b \\ t \end{pmatrix}$$

Górny szereg stanowią trzy generacje leptonów, których cechy przedstawia **Tab. 2**, natomiast szereg dolny stanowią odpowiednio trzy generacje kwarków: u - górny, d - dolny, c - powabny, s - dziwny, b - dolny (piękny), t - górny (prawdziwy).

Oczywiście każdy z leptonów i kwarków każdej generacji występuje w postaci cząstki i antycząstki. Każdy natomiast kwark dodatkowo występuje w trzech kolorach. Uwidocznione jest to na **Rys. 3.** Kwarki tworzą strukturę wewnętrzną pewnych, dostępnych obserwacjom cząstek. Cząstkami tymi są **hadrony.** Dzielą się one na dwie odrębne grupy, ze względu na cechy wynikające z odrębnej struktury wewnętrznej:
bariony = qqq, czyli trzy kwarki,
mezony = $q\bar{q}$, a więc kwark i antykwark. Wynikają stąd na przykład różne wewnętrzne momenty pędu (spiny), które dla barionów są połówkową wielokrotnością *stałej Plancka* $\hbar$, natomiast dla mezonów wielokrotnością całkowitą $\hbar$, co z kolei stanowi podstawę do innego podziału cząstek elementarnych na **fermiony** i **bosony.**

Zobaczmy teraz jak wyglądają niektóre cechy cząstek elementarnych **(Tab. 2 i 3).**



Rys. 1b. Krzywa czasoprzestrzeni pokazuje nam globalne właściwości geometryczne. Rysunek przedstawia transformacje kuli (**krzywizna dodatnia** - proste równoległe lokalnie są wszędzie równoległe), aż do walca hiperbolicznego wklęsłego, który pokazuje dwuwymiarową przestrzeń siodłową (**krzywizna ujemna** - dwie proste lokalnie równoległe rozchodzą się). W równaniu Friedmana używa się krzywizn znormalizowanych do 1, 0 i -1 (zaczerpnięte z: J. Bronowski, *Potęga wyobraźni*, PIW, W-wa 1988, str. 240).

2.1 Unifikacja oddziaływań

Oddziaływania występujące w przyrodzie i ich opis przedstawione zostały w ramce na stronie 64, a także schematycznie na **Rys. 3.** Obecnie zajmiemy się rozważeniem tego, co dzieje się z podstawowymi siłami w momencie, gdy energia wzrasta i osiąga bardzo duże wartości.

Przy energiach niskich, tzn. takich, jakie panują obecnie (z dużym marginesem oczywiście), oddziaływania różnią się między sobą zasięgiem, stałą sprzężenia i rodzajami cząstek, jakie im podlegają.Na przykład dla oddziaływań elektromagnetycznych stała sprzężenia oznaczona jest jako α i wynosi:

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\hbar c} = \frac{1}{137}$$

Eksperymenty i badania prowadzone między innymi w CERN-ie, gdzie akcelerator pozwala na uzyskanie skrajnie wysokich energii sugerują, że wszystkie wymienione w poprzednim paragrafie siły są tylko przejawem i różnymi postaciami jednego oddziaływania (zob. **Rys. 4**). Od wielu już lat trwa próba stworzenia jednolitej teorii, która poprawnie by ten stan rzeczy opisała. Jednym z wyników tej pracy jest *Teoria Wielkiej Unifikacji* - GUT (ang. *Grand Unification Theory*).

W latach 1967 - 1968 Steven Weinberg i Abdus Salam zaproponowali w miarę poprawny model, który unifikuje grupy $U(1)$ i $SU(2)$, czyli oddziaływania elektromagnetyczne i słabe.

Pierwotnie istniejące oddziaływanie *elektrosłabe*: $U(1) \times SU(2)$ na skutek spontanicznego złamania symetrii podzieliło się i w wyniku tego istniejące bozony pośredniczące, będące kombinacją W_μ i B_μ rozdzieliły się na posiadające masę $W^\pm$ i Z^0, oraz na bezmasowy foton (odkrycie w roku 1983 bozonów W i Z w pełni potwierdziło teoretyczne przewidywania Weinberga i Salama). Ekstrapolacja w kierunku coraz to wyższych energii, wynikająca z doświadczeń naukowych sugeruje, że w odpowiednich warunkach do unifikacji przystępują także oddziaływania silne. Wynika to między innymi z dążenia stałej sprzężenia do ustalenia się na jednej wartości dla wszystkich trzech sił. Przedstawia to **Rys. 4.**

Dzięki takiemu stanowi rzeczy można zunifikowane oddziaływanie opisać jako grupę $SU(5)$.

$$SU(5) = U(1) \times SU(2) \times SU(3)$$

Sugestia ta powstała w roku 1974 dzięki pracom **Sheldoma Glashowa** i **Howarda Georgiego**. Stworzona przez nich teoria, oprócz poznanych już fotonów, bozonów i gluonów, postuluje istnienie jeszcze jednego rodzaju cząstek pośredniczących - supercięższkich bozonów X i Y. Cząstka ta istnieje w dwóch zapachach, trzech kolorach i dodatkowo występuje w formie cząstki i antycząstki. Przewidywana teoretycznie masa bozonu X wynosi $>10^{15}$ GeV.

Tab. 3. Skład kwarkowy i niektóre cechy wybranych hadronów.

nazwa	symbol	skład kwarkowy	czas życia t [s]	kanał rozpadu (%)
piony	$\pi^\pm$	$u\bar{d}$, $d\bar{u}$	$2.66030(23)\cdot10^{-8}$	$\mu\bar{\nu}_\mu$ (100)
	π^0	$u\bar{u}$, $d\bar{d}$	$0.83(6)\cdot10^{-16}$	$\gamma\gamma$ ($\approx$ 99)
proton	p	uud	$> 2\cdot10^{30}$ lat	$e^+\pi^0$
				$\bar{\nu}_e\pi^+$
				$\mu^+\pi^0$
				$\nu_\mu\pi^+$
netron	n	udd	896 ± 16	$pe^-\nu$ (100)
kaony	$K^\pm$	$u\bar{s}$, $s\bar{u}$	$1.2371\cdot10^{-8}$	$\mu\nu$ (63)
				$\pi\pi^0$ (21)
hiperony	Λ	uds	$2.632(20)\cdot10^{-10}$	$p\pi^-$ (65)
				$p\pi^0$ (35)
	Σ^-	sdd	$1.483\cdot10^{-10}$	$n\pi^-$ (100)
	Σ^0	usd	$5.8\cdot10^{-20}$	$\Lambda\gamma$ (100)
	Ξ^-	ssd	$1.48\cdot10^{-10}$	$\Lambda\pi^-$ (100)
mezony powabne	$D^\pm$	$c\bar{d}$, $d\bar{c}$	$2.5\cdot10^{-13}$	kaon + cokolwiek

Tab. 2. Wybrane cechy leptonów.

nazwa	symbol	czas życia [s]	symbol
elektron	e	trwała	
neutrino elektronowe	ν_e	trwała	
mion	μ	$2.197\cdot10^{-6}$	$e\nu\bar{\nu}$ (100)
neutrino mionowe	ν_μ	trwała	
taon	τ	$3.04\cdot10^{-3}$	$\mu\nu\bar{\nu}$ (18)
			$e\nu\bar{\nu}$ (18)
			$\pi^-\nu$ (8)
			$\rho\nu$ (22)
			hadron+ν (34)
neutrino taonowe	ν_τ	–	–

Oddziaływania w Przyrodzie.

- **Oddziaływanie grawitacyjne** - jego źródłem jest masa i właśnie do masy wzajemnie oddziałujących ciał jest proporcjonalna siła. Oddziaływanie to jest długozasięgowe i odpowiada za wielkoskalowe struktury we Wszechświecie. W niekompletnej jeszcze kwantowej teorii grawitacji, za oddziaływanie odpowiadałyby bezmasowe nośniki o spinie równym 2, tak zwane *grawitony*. Teoria ta, być może niebawem pozwoli uogólnić Teorię Wielkiej Unifikacji, da nam wgląd w głębszą i bardziej odległą historię Wszechświata. Na razie jednak musimy zadowolić się falową teorią grawitacji, w myśl której masa jest źródłem fal, za pośrednictwem których działa na inną masę.

- **Oddziaływanie elektromagnetyczne**. Jest około 10^{40} razy silniejsze od sił grawitacyjnych:

$$G \cdot m \cdot M / e^2 \approx 10^{-40}$$

co oznacza, że w opisie mikroświata nie uwzględnia się grawitacji, jako oddziaływania mało znaczącego. Siły elektromagnetyczne odpowiadają za przyciąganie i odpychanie ładunków elektrycznych, a co za tym idzie, za istnienie struktury atomowej i cząstek. Mówiąc krótko, elektromagnetyzm utrzymuje strukturę obiektów większych od jąder. Nośnikiem tych oddziaływań jest *foton*, przenoszący informację o oddziaływaniu z prędkością $v = c$, czyli z prędkością światła. W zmatematyzowanej formie siły elektromagnetyczne opisywane są grupą symetrii wewnętrznej, oznaczaną przez $U(1)$. Grupa ta należy do ogólnej klasy teorii zwanej *teorią pola z cechowaniem.*

- **Oddziaływanie słabe**. Przy zwiększonych energiach przejawia charakter zbliżony do poprzednio omówionych oddziaływań elektromagnetycznych **(Rys. 3)**, ale i tak jest około 10^9 razy słabsze od oddziaływań silnych, o których już za chwilę. Odpowiedzialne jest za rozpad neutronu, co jak nie tak dawno stwierdzono, jest wynikiem działania jednego z trzech możliwych nośników tych oddziaływań, a mianowicie bozonu W^-. Następuje ten rozpad według schematu:

$d \rightarrow W^- + u$, $\nu_e + W^- \rightarrow e^-$

$d \rightarrow d$

$u \rightarrow u$

a to w zapisie ogólnym daje $\nu_e + n^0 \rightarrow e^- + p^+$. Oznacza to, że jeden z kwarków tworzących strukturę neutronu emituje bozon W^-, zmieniając się w kwark *u*, a wyemitowany bozon łącząc się z neutrinem elektronowym, tworzy elektron. Oprócz bozonu W^- w oddziaływaniach słabych biorą też udział: odpowiedzialny za słabe prądy naładowane bozon W^+ oraz biorący udział w przemianach bez wymiany ładunku bozon Z^0. Masy wymienionych bozonów wynoszą:

1) masa W^- = masa W^+ = 82 ± 2 GeV

2) masa Z^0 = 92 ± 2 GeV

Opisane wyżej oddziaływania tworzą, podobnie jak poprzednie, unitarną grupę symetrii, oznaczaną jako $SU(2)$.

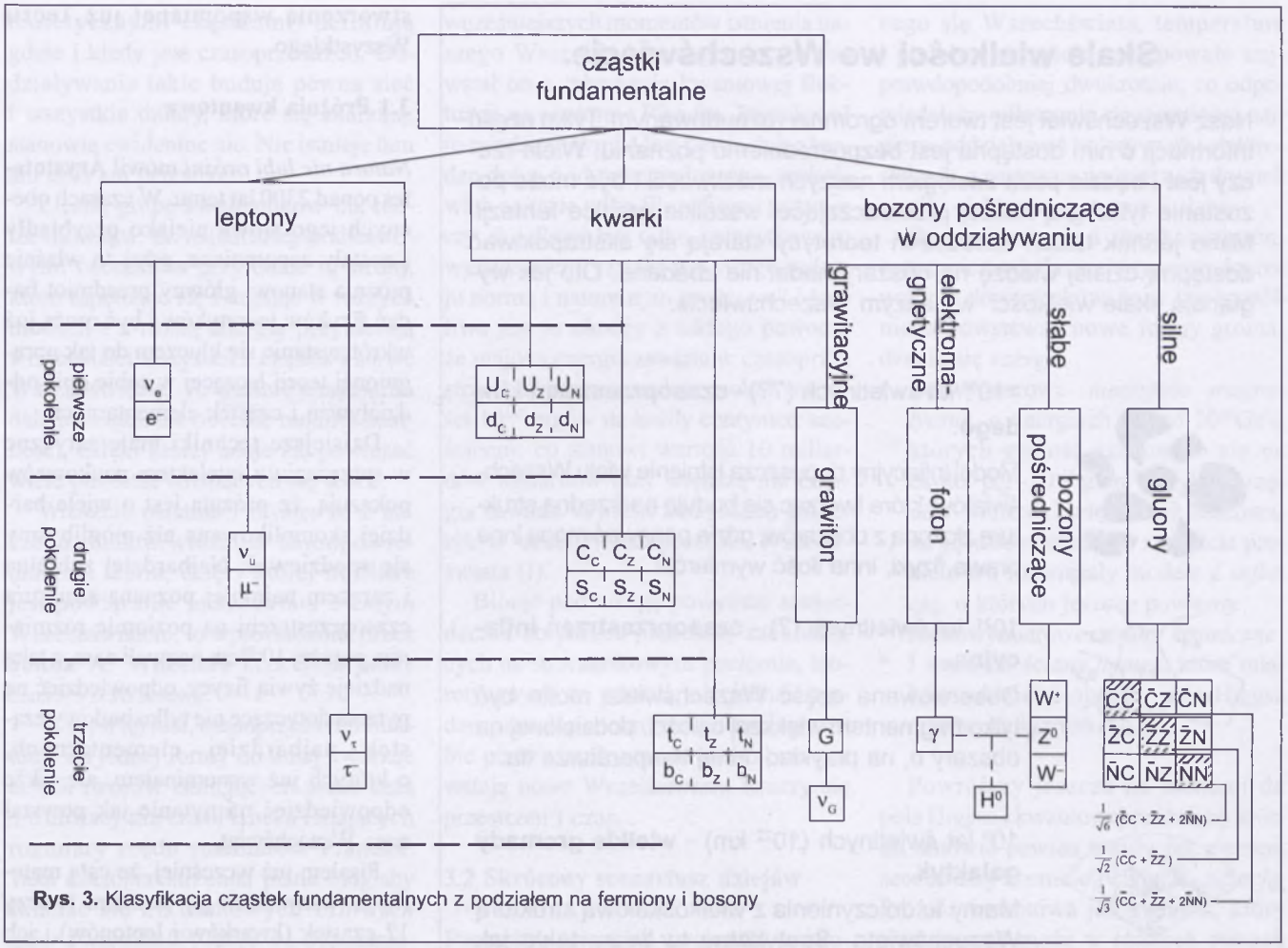
- **Oddziaływania silne**. Są wielokroć silniejsze od oddziaływań elektromagnetycznych, bo przeciwstawiając się tym siłom wiążą nukleony w jądrze atomowym. Siły te są tylko pozostałością innych, krótkozasięgowych, sklejających kwarki wewnątrz nukleonów *sił kolorowych*. Siły te działają na odległość kilku zaledwie fermich (1fm = 10^{-13} cm). Zależności między kolorami kwarków i ich wzajemnym oddziaływaniem jest przedmiotem badań *chromodynamiki kwantowej* - QCD (ang. *Quantum Chromodynamics*).Podstawą jest stwierdzenie, że każdy kwark występuje w trzech kolorach **(Rys. 3),** co automatycznie rozwiązuje problem cząstki dziwnej Ω^-. Cząstka ta, złożona z trzech dziwnych kwarków, godziła w *zasadę Pauliego*, która wykluczała istnienie w jednej strukturze trzech kwarków o tym samym spinie. Po wprowadzeniu koloru sprzeczność z przytoczoną zasadą została usunięta. W myśl QCD mezony to układ koloru i antykoloru:

mezon = **czerwony** + **antyczerwony** = $q_c + \bar{q}_c$

Natomiast bariony są kombinacją trzech kolorów:

barion = **czerwony** + **niebieski** + **zielony** = $q_c + q_n + q_z$

Nośnikami oddziaływań kolorowych są *gluony*, których w sumie jest osiem i niosą sobą kolor i antykolor: *(cñ, cž, nž, zč, nč, zñ, cč - nñ,cč + nñ - zž).*
Dla przykładu oddziaływanie pomiędzy kwarkiem czerwonym i niebieskim może nastąpić poprzez wymianę pojedynczego gluonu $G_{c\bar{n}}$. Wydawać by się mogło, że bezmasowe gluony, podobnie jak fotony i hipotetyczne grawitony, będą przenosić kolor na nieskończoną odległość. Jednak łączenie się kolorów w grupy o zerowym kolorze całkowitym, czyli hadrony, jest regułą **przestrzeganą bezwzględnie**. Wszelkie przesłanki wykazują, że gluony działają na odległości około 1 fermiego i podobnie jak kwarków nie udało się ich zaobserwować.Zadziwiający jest fakt, że siła wzrasta wraz z odległością, to znaczy, że wewnątrz hadronu kwarki zachowują się prawie swobodnie, a kolor daje o sobie znać, gdy spróbujemy je od siebie odłączyć (analogicznie jak sprężyna). Oddziaływania silne opisywane są grupą symetrii $SU(3)$.



Rys. 3. Klasyfikacja cząstek fundamentalnych z podziałem na fermiony i bosony

W myśl teorii bozon ten odpowiadałby za przemianę kwark - lepton:

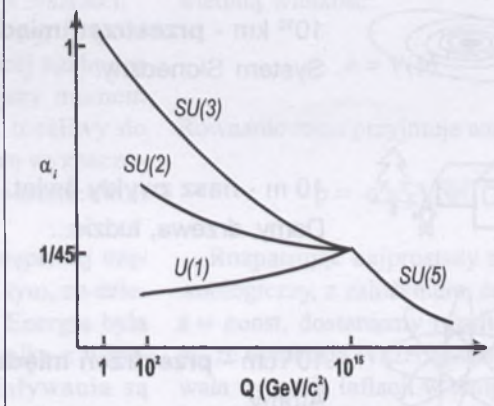
$$X \quad Q \Leftrightarrow L$$

Stan, w którym możliwe są takie reakcje określany jest mianem *supersymetrii* - SUSY. Niektórzy teoretycy nie ustają w próbach posunięcia się o krok dalej w teorii unifikacyjnej i starają się dojść w swych rozważaniach do *superunifikacji* - stanu w którym wszystkie cztery siły przyrody stanowią jedno. Jest to jedna z dróg wiodących do stworzenia *Teorii Wszystkiego* - TOE (ang. *Theory of Everything*).

Opis unifikacji oddziaływań nosi nazwę *modelu standardowego* i mimo swej przejrzystości, nastręcza wiele trudności. Głównym kłopotem jest niemożliwość, jak dotychczas, włączenia do unifikacji grawitacji, czego powodem są w dużej mierze nieudane próby stworzenia kwantowej teorii opisującej siły grawitacyjne.

Z Teorii Wielkiej Unifikacji wysnuć można wiele ciekawych wniosków. Między innymi:

1. Kwarki mają ułamkowe ładunki (± 2/3 i ±1/3), występują bowiem w trzech kolorach.
2. Ładunki elektronu i protonu są równe.
3. Przemiany wzajemne kwarków i leptonów powodują, że dualność poszczególnych generacji **(Tab. 1)** jest naturalna.
4. Proton nie jest trwały, jak to dawniej sugerowano.
5. Neutrina mogą posiadać masę, co niesie za sobą poważne konsekwencje w modelowaniu Wszechświata.



Rys. 4. Zmienne stałe sprzężenia dla oddziaływań silnych (SU(3)), słabych (SU(2)) i elektromagnetycznych (U(1)) wydają się zmierzać do wspólnej wartości w okolicach energii 10^{15} GeV. Stałą sprzężenia oznaczono przez α_i, Q zaś oznacza energię. (Zaczerpnięto z: E. Leader, E. Predazzi, *Wstęp do teorii oddziaływań kwarków i leptonów*, PWN, W-wa 1990.

3. Wczesny Wszechświat

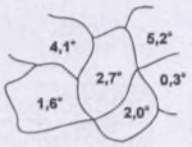
Rozważania nad najwcześniejszymi etapami ewolucji Wszechświata stanowią wielkie wyzwanie dla fizyków teoretyków, którzy dzięki bardzo rozwiniętemu aparatowi matematycznemu mogą zastanawiać się nad strukturą przestrzeni i czasu. Jednym z głównych nurtów badań współczesnej nauki jest świat na poziomie subcząstkowym, którego zrozumienie może dać odpowiedzi nie tylko z dziedziny kosmologii, może przyczynić się także do

Skale wielkości we Wszechświecie.

Nasz Wszechświat jest tworem ogromnie rozbudowanym. Tylko część informacji o nim dostępna jest bezpośredniemu poznaniu. Wiele rzeczy jest i będzie poza zasięgiem naszych możliwości i być może pozostanie tylko grą naszej przekraczającej wszelkie granice fantazji. Mimo jednak takich zastrzeżeń teoretycy starają się ekstrapolować dostępną dzisiaj wiedzę na obszary nadal nie zbadane. Oto jak wyglądają skale wielkości w naszym Wszechświecie:

$>10^{33}$ lat świetlnych (??) - **czasoprzestrzeń Lindego**.

Model inflacyjny dopuszcza istnienie wielu Wszechświatów, które tworząc się budują nadrzędną strukturę złożoną z obszarów, gdzie panować mogą inne prawa fizyki, inna ilość wymiarów...

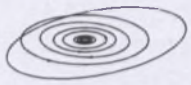


10^{21} lat świetlnych (?) - **czasoprzestrzeń inflacyjna.**

Obserwowana część Wszechświata może być tylko fragmentem większej całości, podzielonej na obszary o, na przykład, innej temperaturze tła.

10^{9} lat świetlnych (10^{22} km) - **wielkie gromady galaktyk.**

Mamy tu do czynienia z wielkoskalową strukturą Wszechświata. Spotykamy tu twory takie jak „Wielki mur", „Wielki Atraktor".



10^{10} km - **przestrzeń międzyplanetarna.**

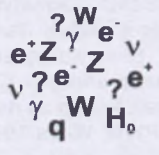
System Słoneczny.

10 m - **nasz zwykły świat.**

Domy, drzewa, ludzie...

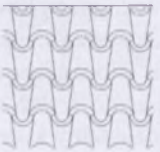
10^{-9} cm - **przestrzeń międzyatomowa.**

Atomy.



10^{-21} cm - **głęboko w fizycznej próżni.**

Próżnia w modelu standardowym wypełniona jest całym mrowiem cząstek wirtualnych.



10^{-33} cm - **kwantowa struktura czasoprzestrzeni.**

Jeszcze nie wiemy, jaka jest ta struktura, ale kilka z możliwych odpowiedzi sugeruje istnienie na tym poziomie twistorów, grawitonów, superstrun lub też postulowanej przez Wheelera piany kwantowej.

stworzenia wspomianej już Teorii Wszystkiego.

3.1 Próżnia kwantowa

Natura nie lubi próżni mówił **Arystoteles** ponad 2300 lat temu. W czasach obecnych jego słowa niejako przybladły i zostały zapomniane, gdyż to właśnie próżnia stanowi główny przedmiot badań fizyków teoretyków i być może już wkrótce stanie się kluczem do tak upragnionej teorii łączącej w sobie opis oddziaływań i cząstek elementarnych.

Dzisiejsze techniki matematyczne w sprzężeniu z intelektem naukowców pokazują, że próżnia jest o wiele bardziej skomplikowana niż moglibyśmy się spodziewać. Najbardziej subtelna i zarazem najmniej poznana struktura czasoprzestrzeni na poziomie rozmiarów poniżej 10^{-20} cm pozwoli nam, a taką nadzieję żywią fizycy, odpowiedzieć na pytania dotyczące nie tylko budowy cząstek najbardziej elementarnych, o których już wspominałem, ale także odpowiedzieć na pytanie jak powstał nasz Wszechświat.

Pisałem już wcześniej, że całą materię ze wszystkimi jej formami tworzy 12 cząstek (kwarków i leptonów) i ich antycząstek oraz kilka nośników, które są niejako „posłańcami" informującymi o oddziaływaniach. Każda z tych cząstek, jak na przykład elektron otoczona jest, zgodnie ze standardowym modelem próżni, rojem cząstek wirtualnych, żyjących około 10^{-21}s. Są tam tworzące się i anihilujące elektrony i pozytony wirtualne, a być może także postulowane przez **Petera Higgsa** bosony H^0, które oddziałując nadają cząstkom masę. Nas interesuje jednak świat położony głębiej, gdzie nie roi się od mrowia otaczających cząstki wirtualnych sąsiadów, gdzie skala czasu jest wielokroć krótsza, a rozmiary tworów znacznie mniejsze. Zastanówmy się bowiem, jak wyglądają procesy na poziomie *parametrów Plancka*. Rozmiary Plancka to 10^{-33} cm, czas, w jakim światło przebywa tę odległość, to czas Plancka, który wynosi 10^{-44} s. Na tym właśnie poziomie czasoprzestrzeń przejawiać powinna swoją kwantową naturę. Jak „wygląda" ta struktura możemy się tylko domyślać.

Istnieje kilka opisów czasoprzestrzeni na poziomie Plancka. Niektórzy twierdzą, że tylko oddziaływania pomiędzy grawitonami albo *twistorami* (nadal słabo poznanymi matematycznie

teoretycznymi cząstkami) definiują gdzie i kiedy jest czasoprzestrzeń. Oddziaływania takie budują pewną sieć i wszystkie dziury, które się zdarzają, stanowią ewidentne nic. Nie istnieje tam ani czas ani przestrzeń.

Liczną grupę zwolenników ma teoria mówiąca, że najbardziej podstawowymi tworami w przyrodzie są struny, które zapętlając się i drgając w różnych modach i z różną energią przybierają właściwości wszystkich cząstek i sił we Wszechświecie. To właśnie teoria strun dała początek tak obecnie modnej dualności, dzięki której udaje się powiązać wiele pozornie różniących się teorii.

Wreszcie ostatnia i myślę, że z naszego punktu widzenia najodpowiedniejsza teoria, dzięki której możliwe jest powiązanie mikroświata z całym Wszechświatem, to wprowadzona przez **Johna A. Wheelera** koncepcja *piany czasoprzestrzennej*.

W myśl tej idei, czasoprzestrzeń fluktuuje od jednej formy do innej, tworząc zespół tworów istniejących przez czas nie dłuższy niż czas Plancka i mających rozmiary rzędu rozmiarów Plancka. Taka czasoprzestrzenna piana mogłaby składać się z kwantowych *czarnych dziur* i *wormholi*[1], które we wspomnianej skali przechodzą jedne w drugie. Ta idea jest naturalną ekstrapolacją standardowego modelu próżni z cząstkami wirtualnymi, albowiem te, jeśli istniałyby na poziomie Plancka, wtedy musiałyby mieć masę rzędu 10^{-5} gramów. W takim przypadku grawitacja tych cząstek powoduje, że prędkość ucieczki wielokrotnie przekracza prędkość światła - pojawiają się malutkie czarne dziury. Bezpośrednio z czarnymi dziurami wiąże się koncepcja wormholi, które są niejako tunelami łączącymi dwa bardzo nawet odległe miejsca czasoprzestrzeni. Daje to pole do popisu dla obdarzonych fantazją teoretyków, którzy rozważali nawet możliwość podróżowania z prędkościami nadświetlnymi dzięki wormholom. Pomysł z pianą kwantową jest doskonałym fundamentem pod teorię *wszechświatów niemowlęcych* i w ostateczności pod teorię Wielkiego Wybuchu. Dzisiejsze przypuszczenia dotyczące najwcześniejszych momentów istnienia naszego Wszechświata sugerują, że powstał on z zaburzenia kwantowej fluktuacji na poziomie Plancka. Postulował to między innymi **Alan Guth**, dając bardzo dobrą podstawę pod ważne, aczkolwiek na razie tylko filozoficzne pytanie: czy *Big Bang* był tylko jednostkowym wydarzeniem, czy też jest swego rodzaju normą i naturalnym procesem? Możliwe jest to choćby z takiego powodu, że utajona energia zawarta w czasoprzestrzennej pianie oscyluje wokół wartości 10^{105} ergów na każdy centymetr sześcienny, co stanowi wartość 10 miliardów miliardów razy większą niż energia zawarta w masie wszystkich galaktyk w obserwowanej części Wszechświata (!).

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia dotyczące procesów zachodzących na subcząstkowym poziomie, teoretycznych co prawda, ale jednak bardzo prawdopodobnych, pomyślmy sobie przez chwilę, że oto wokół nas powstają nowe Wszechświaty, tworzy się przestrzeń i czas...

3.2 Skrócony scenariusz dziejów

Popatrzmy teraz, jak wyglądała ewolucja Wszechświata, od jego narodzin aż po dzień dzisiejszy i zastanówmy się na koniec nad jego losem w przyszłości.

Sytuacja, jaką zastajemy, to pole próżni kwantowej, w której zachodzą fluktuacje. Najwcześniejszy moment w historii Wszechświata możliwy do poprawnego opisania to ten wyznaczony wspomnianymi już parametrami Plancka.

Zastanówmy się na wstępie tej części naszych rozważań nad tym, co dzieje się z siłami przyrody. Energia była ogromna, a zatem jak wynika z wcześniejszego opisu oddziaływania są zunifikowane. W chwili spadku energii symetria grupy cechowania $SU(5)$ powinna być złamana do:

$$SU(3) \times SU(2) \times SU(1)$$

Pamiętać należy, że energia próżni opisana jest potencjałem *pola Higgsa* - pola skalarnego opisującego próżnię kwantową. Gdy temperatura osiąga pewną wartość, kształt potencjału ulega znacznej zmianie, czego następstwem jest złamanie symetrii, zgodnie z przedstawionym wcześniej schematem. W warunkach wczesnego, rozszerzającego się Wszechświata, temperatura i podobne przejście następowało najprawdopodobniej dwukrotnie, co odpowiadałoby odłączaniu się stopniowo najpierw oddziaływań kolorowych i elektrosłabych, a następnie podział tych drugich na siły elektromagnetyczne i słabe.

Rozważania nad mechanizmami spontanicznego łamania symetrii doprowadziły do wniosków, że w ten sposób mogą powstawać nowe formy gromadzenia się energii:

- Bezwymiarowe *monopole magnetyczne*, o energiach ponad 10^{16}GeV, których gęstość szacowało się na około: $\rho_M \sim 10^{-15}$ g/cm^3, czyli 15 rzędów wielkości więcej, niż szacowana gęstość materii. Na szczęście problem ten rozwiązały modele z *inflacją*, o których jeszcze powiemy.
- Jednowymiarowe *struny kosmiczne*.
- I wreszcie *ściany domen*, które miałyby oddzielać obszary pola Higgsa o różnych kierunkach.

Powróćmy jeszcze na moment do pola Higgsa i kwantowej próżni, by krótko omówić pewien trwały już element scenariuszy kosmologicznych - *inflację*. Próżnia kwantowa jest tworem, który występować może w różnych stanach ϕ. W zależności od stanu, w jakim znajduje się pole, energia przybiera odpowiednią wielkość:

$$\varepsilon = V(\phi)$$

Równanie stanu przyjmuje wtedy postać

$$p = -\varepsilon = -V(\phi)$$

Rozpatrując najprostszy model kosmologiczny, z założeniem, że $\Lambda = -p = \varepsilon = \text{const}$, dostaniemy rezultat mówiący, że ekspansja Wszechświata następowała w czasie inflacji w tempie wykładniczym, a skala procesu była ogromna. I tak, startując od rozmiarów rzędu 10^{-25} cm możemy w niesłychanie krótkim czasie powiększyć rozmiary o kilkadziesiąt rzędów wielkości.

Powróćmy jeszcze na kilka chwil do naszej kwantowej próżni. Otóż, jak już to zostało powiedziane może posiadać ona różne stany. Stan o skrajnie wysokiej energii to stan tak zwanej *fałszywej próżni*. W pewnej chwili, gdy temperatura osiąga wartość większą od krytycznej, próżnia zaczyna ewoluować od stanu $\phi = 0$ w kierunku stanu o najniższej energii, czyli stanu próżni prawdziwej.

[1] Definicja wormholi, wymyślonych w 1962 roku przez Johna Wheelera mówi, że są to topologiczne twory, łączące dwie asymptotyczne części czasoprzestrzeni. Obrazowo można stwierdzić, iż są to niejako wielowymiarowe tunele, które łączą nawet odległe w czasie i przestrzeni obszary w naszym czterowymiarowym świecie.

Asymetria barionowa.

Dzisiejsze obserwacje (między innymi Układu Słonecznego) dowodzą, że antymateria stanowi niewielki ułamek całej zawartości Wszechświata. Stosunek na przykład ilości protonów i antyprotonów wynosi:

$$\frac{p^+}{p^-} = \frac{1}{3 \cdot 10^{-4}},$$

natomiast stosunek podobnie docierających do Ziemi w promieniowaniu kosmicznym He i anty-He wynosi:

$$\frac{^4He}{^4\bar{H}e} = \frac{1}{10^{-5}}$$

Nie jest też sprawą pewną, czy docierające do nas antycząstki są produktem pierwszych chwil istnienia Wszechświata, czy też powstają w chwili obecnej. Przykładem jest tu reakcja wysokoenergetycznych zderzeń pp: $p + p \rightarrow 3p + \bar{p}$, która daje rozpowszechnienie rządu 10^{-4}. Także obserwacje tła gamma nie potwierdzają tezy, że niektóre galaktyki mogą być zbudowane z antymaterii. W sposób naturalny rodzi się zatem pytanie: Jakie mechanizmy zadecydowały, że przy początkowym stanie, w bardzo wczesnym Wszechświecie, przy oznaczeniu n_b liczba barionów, $n_{\bar{b}}$ liczba antybarionów, stosunek:

$$\frac{(n_b - n_{\bar{b}})}{n_b} = 0,$$

natomiast w chwili obecnej wynosi on:

$$\frac{(n_b - n_{\bar{b}})}{n_b} = 10^{-10}.$$

Po anihilacji barionów zniknęły prawie wszystkie antybariony, a pozostałe przy życiu bariony stanowią ilościowo znikomy ułamek względem fotonów:

$$\frac{n_b}{n_\gamma} = 10^{-10}.$$

Aby omówić ten problem i dojść do wyjaśnień, dlaczego liczba barionowa Wszechświata nie jest równa zero, musimy raz jeszcze cofnąć się do momentu, w którym obowiązuje teoria Wielkiej Unifikacji. W tym bowiem czasie bardzo wysokoenergetyczne fotony produkują tyle samo ciężkich bozonów egzotycznych X i Y, co ich antycząstek $\bar{X}$ i $\bar{Y}$, przy okazji rozpadów: $\gamma = X + \bar{X}$. Gdy temperatura spada poniżej 10^{27}K, a energia ma wartość ok. $\varepsilon = 10^{14}$ GeV, następuje złamanie symetrii i przejście od stanu równowagi termodynamicznej. W tym czasie następują przemiany cząstek X, zgodnie ze schematem:

$$X \nearrow (r) \quad \bar{q}\bar{q} \quad \text{lub} \quad qq$$
$$X \searrow (r\text{-}1) \quad \bar{q}\bar{l} \quad \text{lub} \quad ql$$

Wystarczy teraz nawet bardzo mała różnica w prawdopodobieństwach (r) - odpowiadającym za rozpad $X \rightarrow qq$ lub ql i (r - 1) odpowiadającym odpowiednio za $X \rightarrow \bar{q}\bar{q}$ lub $\bar{q}\bar{l}$, rzędu około 10^{-10}, by wytłumaczyć obecny stan rzeczy. Oczywiście założeniem wstępnym jest stan, w którym:

$$n_X = n_{\bar{X}} \approx n_\gamma$$

Niestety, do teraz nie ma pewności, jakie konkretnie mechanizmy spowodowały tę różnicę prawdopodobieństw. Wiadomo jednak, że zachodzące procesy naruszały symetrie C i CP, czyli symetrię sprzężenia ładunkowego i sprzężenia ładunkowego z odbiciem zwierciadlanym. Takie naruszenie symetrii mogło nastąpić tylko w czasie, gdy nie była ustalona równowaga termodynamiczna, a więc w pierwszej fazie podziału zunifikowanych sił.

Możemy zauważyć, że swego rodzaju „odpychająca" grawitacja i ujemne ciśnienie, które charakteryzuje stan fałszywej próżni pola Higgsa, odpowiedzialne są za rozszerzenie przestrzeni i przejście do stanu próżni prawdziwej. Energia wyzwolona w tym procesie została zmieniona w inne formy (min. materię i promieniowanie), a efektywność tych zmian powiększały jeszcze drobne zmiany stanu (drgania). Inflacja kończy się, gdy temperatura osiągnie wartość krytyczną, a dalsza ewolucja przebiega już w sposób zgodny z modelem standardowym.

Co takiego ciekawego daje nam teoria inflacyjna? Po pierwsze wyjaśnia problem horyzontu. Rozmiary bowiem Wszechświata mówiły nam, że już odległe na niebie o dwa stopnie łuku obszary nie mogły być z sobą przyczynowo związane, czyli horyzont, zgodnie z szacowaniem był za daleko. Powstawały pytania na temat izotropowości promieniowania tła, które modele z inflacją częściowo wyjaśniają. Jedyna, związana z tym kwestia, to ta, jak daleko wypchnięty został horyzont.

W trakcie naszych rozważań pojawił się też problem monopoli magnetycznych, powstałych w procesie Wielkiej Unifikacji. Liczba monopoli wynosi bowiem $n_M R^3 = \text{const}$, zatem obecna gęstość monopoli jest mniejsza od gęstości sprzed inflacji o czynnik $\sim 10^{80}$. Inflacja rozwiązuje także problem płaskości Wszechświata, oraz przewiduje parametr gęstości na poziomie $\Omega = 0$.

Zatem, jak widać modele z inflacją wolne są od różnych nieścisłości, które w pewien sposób wyjaśniają. Jednak pytanie o to, czy zaproponowane wyżej rozwiązania rzeczywiście miały miejsce jest podobne do wielu innych niewyjaśnionych i trudnych do sprawdzenia kwestii.

Zostawiając w tyle problemy inflacyjne, które były tylko wtrętem, możemy powrócić do modelu standardowego, czyli do naszego rozpoczętego już scenariusza. Przygotowani w pewne, niezbędne wyjaśnienia możemy udać się w podróż w czasie, przyglądając się bacznie rozwojowi przestrzeni i materii i rejestrując ważniejsze parametry. Jak już wiemy pierwszym możliwym do opisu momentem jest era Plancka, a podstawowe parametry podałem wyżej. Prześledźmy teraz kolejne etapy rozwoju Wszechświata.

♠ Dla momentów sprzed ery Plancka, tzn. dla czasu $t < 10^{-43}$s istniał zapewne stan *superunifikacji*, kiedy to wszystkie oddziaływania, łącznie z grawitacją były zunifikowane. Niemożliwy jest opis fizyczny pola bez stworzenia kwantowej teorii grawitacji.

♠ **Era Plancka** (zdefiniowana parametrami Plancka). Następuje złamanie symetrii, co powoduje oddzielenie się grawitacji od pozostałych zunifikowanych oddziaływań, które opisuje GUT. Pozostałością po tym okresie może być *tło grawitonowe*.

* Dla momentu w czasie 10^{-43}s $< t < 10^{-35}$s realizowany jest proces spontanicznej inflacji Wszechświata.

♠ Od momentu określonego parametrami - $t = 10^{-33}$ s, $T = 10^{27}$ K, $\varepsilon = 10^{15}$ GeV trwa **era hadronowa**. Procesy kontrolowane przez ciężkie bozony X i Y ulegają znacznemu zahamowaniu, a temperatura jest już na tyle niska, że cząstki te ulegają rozpadowi na kwarki i leptony. Dzięki istniejącym jeszcze bozonom X i Y możliwa jest przemiana kwarków w leptony i odwrotnie - istnieje stan supersymetrii. Przy dalszym spadku temperatury najważniejszą rolę zaczynają pełnić oddzielone od superoddziaływania siły kolorowe, które wiążą kwarki w hadrony. Hadronowo - kwarkowo - leptonowa plazma znajduje się w równowadze termodynamicznej, a licznie zachodzące procesy anihilacji par hadron-antyhadron, lepton - antylepton i kwark - antykwark, doprowadza ją do ustalenia się przewagi materii nad antymaterią (patrz ramka dotycząca asymetrii barionowej na str. 68).

Wyżej opisany stan trwa aż do momentu $t = 10^{-10}$ s.

♠ Wtedy to parametry wynoszą $\varepsilon = 100$ GeV, a $T = 10^{15} K$. W tym momencie ulega zamrożeniu proces powstawania bozonów W i Z, a spontaniczne złamanie symetrii doprowadza do osłabienia i oddzielenia się oddziaływań słabych od elektromagnetycznych. Jest to okres, który dostępny jest badaniom w akceleratorach. Jego koniec zwiastuje zaś nadejście...

♠ **...ery leptonowej** ($t = 10^4$ s, $\varepsilon = 1$GeV, a $T = 10^{12}$ K, a $\rho = 10^{14}$ g/cm^3. Do tego momentu przeżyć mogły tylko najbardziej trwałe hadrony - nukleony. Na pierwsze miejsce wysunęły się leptony, które ze spadkiem temperatury w czasie anihilowały ze sobą i rozpadały się pozostawiając ostatecznie ze swego grona tylko elektrony i neutrina. W trakcie ery leptonowej, w chwili określanej jako t^{++} ($T = 2 \cdot 10^{10} K$), nastąpiło oddzielenie się neutrin od reszty materii. Utworzyło się wówczas tło neutrinowe, którego obserwacja, obecnie jeszcze niemożliwa, pozwoliłaby sięgnąć obserwacyjnie w głąb czasu do chwili t^{++}. Era leptonowa trwa kilkadziesiąt sekund i jej koniec zwiastuje nadejście nowych procesów, bardziej możliwych do wyobrażenia.

♠ W chwili t =100 s rozpoczyna się **era promieniowania**. Podstawowe parametry kształtują się na poziomie: $T = 10^9 K$, $\varepsilon = 10^{-4}$ GeV, $\rho = 10^4$ g/cm^3. Wypełniająca ognistą kulę Wszechświata plazma jest w równowadze termodynamicznej. Największy jednak wkład energetyczny wnosi promieniowanie, czyli fotony i neutrina, ale jak wiadomo wkład cząstek bezmasowych do energii spada jak R^{-4}. Pod koniec tej ery fotony całkowicie oddzielają się od materii, a pozostałość tego faktu obserwujemy w postaci promieniowania tła. Moment oddzielenia się fotonów jest pierwszym możliwym do obserwacji przez astronomię bazującą na promieniowaniu elektromagnetycznym.

W erze promieniowania trwa wydajna nukleosynteza. Powstają lekkie jądra, od deuteru i helu, aż po lit i śladowe ilości dalszych. W początkowym etapie wydajna jest reakcja $n + p \Leftrightarrow D + \gamma$, a gdy temperatura spada poniżej $10^9 K$, zachodzą reakcje, które prowadzą do powstania helu:

$$D + D \rightarrow {}^3He + n$$
$${}^3He + n \rightarrow T + p$$
$$T + p \rightarrow {}^4He + \gamma$$

Bariera kulombowska nie sprzyja powstawaniu jąder cięższych od helu, jednak mimo to powstają niewielkie ilości ${}^7Li$ i ${}^7Be$ dzięki reakcjom:

$${}^4He + {}^3He \rightarrow {}^7Be + \gamma$$
$${}^4He + T \rightarrow {}^7Li + \gamma$$

Stężenie jeszcze cięższych jąder jest zaniedbywalnie małe. Proces powstawania pierwiastków ustaje, gdy temperatura spada poniżej $T = 3 \cdot 10^8$ K. Materię wówczas tworzy plazma lekkich jąder i elektronów. Przy dalszym spadku temperatury (do ok. T = 4000 K) zaczyna zachodzić proces rekombinacji i tworzą się atomy.

Nie wnikając w obecny stan wiedzy na temat rozpowszechnienia pierwiastków, głównie helu i wodoru, przenosimy się dalej w tej wędrówce w czasie.

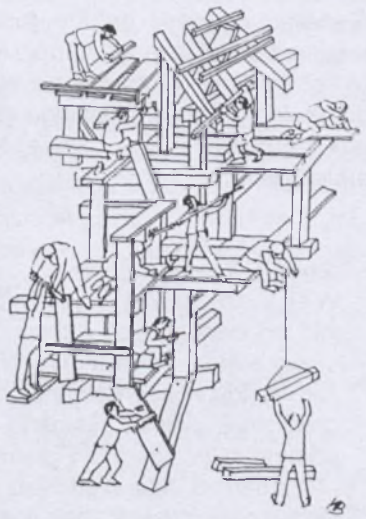
♠ Pod koniec ery promieniowania oddzieliły się fotony, Wszechświat stał się więc przeźroczysty dla promieniowania. W chwili $t = 10^6$ lat gęstość materii nie jest już tak niewyobrażalnie duża, jak na samym początku i wynosi $\rho = 10^{-21}$g/cm^3. Wchodzimy w **erę galaktyczną**.Powstają w tym czasie zalążki galaktyk, gwiazdy III populacji, we wnętrzach których następuje synteza pozostałych pierwiastków.

Dalsza wędrówka w czasie to już tylko obserwacja spokojnej ekspansji Wszechświata, który w swej ewolucji dotrwał do dnia dzisiejszego, czyli do chwili ok. $t = 10^{10}$ lat. W tym czasie zdążyły narodzić się gwiazdy II i I populacji, a także, ku naszemu zadowoleniu, planety.

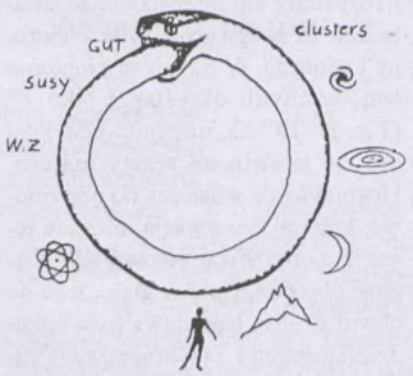
4. Na koniec o końcu

Wypada jeszcze kilka słów poświęcić przyszłości Wszechświata i roli, jaką człowiek w nim odgrywa.

Rys. 1 pokazuje nam trzy możliwe i zarazem najbardziej prawdopodobne tory ewolucji. Zależą one, jak mieliśmy się okazję przekonać, w zdecydowanej mierze od gęstości materii. I tak, dla gęstości większej od krytycznej, po pewnym etapie, w którym przestrzeń rozszerza się,



Rys. 5. Wielka ilość kosmologów ciężko pracuje, by wznieść solidną konstrukcję gmachu współczesnej kosmologii. (Zaczerpnięto z: G. Börner, *The Early Universe*, Springer - Verlag, 1988, str. 32).



Rys. 6. Pokrewieństwo i połączenie makroświata ze światem cząstek elementarnych i światem kwantowej próżni, przedstawione symbolicznie przez połykającego swój ogon węża. Czy rzeczywiście cały Wszechświat i świat w skali Plancka mają ze sobą tak wiele wspólnego? Czy nasz Wszechświat jest tylko niewielkim bąblem w pianie Kosmosu? Czy cały czas, wszędzie powstają nowe Wszechświaty, podobne do naszego lub krańcowo od niego różne? Takie pytania są naturalną konsekwencją badania struktur otaczających człowieka. (Zaczerpnięto z: G. Börner, *The Early Universe*, Springer - Verlag, 1988, str. 302)

nastąpi kurczenie się Wszechświata. Kto wie, czy może po dotarciu do *stanu osobliwego* nie nastąpi nowy Big Bang, rozpoczynając wszystko od nowa. Kto wie, czy podstawowe stałe fizyczne (np. *stała grawitacyjna G*) nie zmienią swej obecnej wartości, formując świat krańcowo różny od dzisiejszego. Można snuć na ten temat wiele domysłów, mniej lub bardziej fantastycznych, jednak w jednym podobnych - niesprawdzalnych.

Co się stanie, gdy gęstość materii jest mniejsza lub równa krytycznej. Modele kosmologiczne dają nam jedną odpowiedź, a mianowicie to, że Wszechświat będzie rozszerzał się do nieskończoności. Konsekwencje tego będą takie, że po pewnym czasie nastąpi całkowita erozja materii. Jak bowiem wiemy, proton rozpada się z okresem połowicznym $\approx 10^{30}$ lat, a czarne dziury tracą w efektach kwantowych masę. Zatem ciągnąc dalej scenariusz możemy dopisać:

- po 10^{14} lat od Wielkiego Wybuchu wszystkie gwiazdy wypalą swoje paliwo jądrowe,
- 10^{17} lat gwiazdy posiadające planety utracą je,
- 10^{18} lat gaz i neutrina rozproszą się w przestrzeni lub zapadnie się w masywne czarne dziury,
- jeżeli $\rho_0 = \rho_\kappa$ - to po 10^{30} lat Wszechświat będzie 10^{13} razy większy niż obecnie, a temperatura spadnie do $T = 10^{-13}$K
- jeśli zaś $\rho_0 < \rho_\kappa$, to rozmiary wzrosną o czynnik 10^{20}
- po 10^{32} lat skończy się rozpad protonów, a materię stanowić będą: gaz elektronowo - pozytonowy, neutrina i fotony,
- supermasywne czarne dziury, powstałe w wyniku kolapsu galaktyk parują zgodnie z *efektem tunelowym Hawkinga*, czego wynikiem są głównie fotony, a stan taki może trwać nawet 10^{100} lat ,
- model inflacyjny przewiduje obrót Wszechświata, którego cykl trwa 10^{124} lat...

No cóż, to nas chyba już nie dotyczy, ale warto na sam koniec przytoczyć dosyć może egocentryczną zasadę antropiczną, która w sposób dobitny uzmysławia nam, jak wiele potrzeba było zbiegów okoliczności, aby zaistnieć i rozwinąć mogło się życie. Zasada ta brzmi:

Wszechświat, który nas otacza, jest taki, a nie inny, bo my w nim jesteśmy.

Kłopoty z wiekiem Wszechświata

Określenie wieku Wszechświata dostarcza nam niemało kłopotów, a to z racji tego, że istnieje wiele metod prowadzących do jego wyznaczenia. Szkopuł tkwi w fakcie, że różne metody dają rozmaite wyniki. Generalnie dosyć dobrze możemy określić okres trwania początkowych etapów istnienia Wszechświata, aż do okresu formowania się galaktyk, to znaczy do około 10^9 lat od Wielkiego Wybuchu. Im dalej jednak się posuwamy w czasie, tym sytuacja staje się mniej jasna.

- **Modele kosmologiczne.**
  Wiek Wszechświata uzależniony jest od sposobu, w jaki ten ewoluuje, co z kolei uzależnione jest od gęstości materii zawartej we Wszechświecie. Stosunek gęstości obserwowanej, do pewnej wielkości teoretycznej, zwanej gęstością krytyczną nosi nazwę parametru gęstości Ω. Parametr ten znany jest jednak z bardzo dużą niedokładnością (między 0.1 i 1). Dodatkowo musimy znać stałą Hubble'a, której wyznaczona wartość obarczona jest także sporym błędem. Ostatecznie wiek Wszechświata, dla modelu o stałej kosmologicznej $\Lambda = 0$ zawiera się w przedziale od 12 do 14 miliardów lat.

- **Kosmochronologia i wiek Wszechświata.**
  Wiemy dosyć dokładnie, iż wiek Ziemi wynosi około 4.6 miliarda lat. Problemem jest wyznaczenie przedziału od momentu rozpoczęcia formowania się Galaktyki, do chwili, gdy zaczął się tworzyć Układ Słoneczny. Można próbować to uczynić znając dane odnośnie produkcji i obfitości radioaktywnych i stabilnych izotopów pierwiastków. Biorąc na przykład ^{235}U i ^{238}U wspomniany okres czasu wyniesie 1.87 miliarda lat. Wiedząc przeto, że dolna granica życia Galaktyki wynosi 6.5 miliarda lat dostaniemy, że wiek Wszechświata wynosi 7.5 miliarda lat. Biorąc jednak pod uwagę inne pary izotopów dostajemy w wyniku wiek Wszechświata wynoszący nawet 21 miliardów lat.

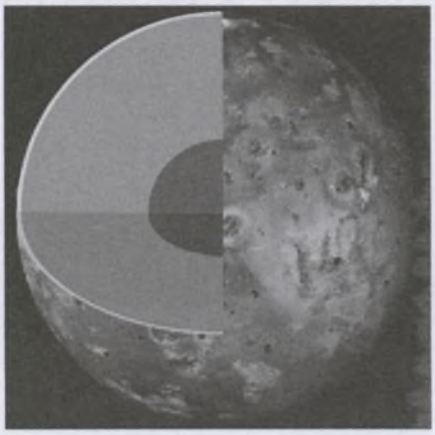
- **Gromady kuliste i wiek Wszechświata.**
  Studia nad ewolucją i składem gromad kulistych mogą wiele powiedzieć nam o ich wieku. Gromady kuliste mogły powstać w bardzo wczesnych etapach ewolucji Wszechświata, jednak nie wcześniej niż około miliard lat od Wielkiego Wybuchu. Wiek najstarszych gromad szacuje się na 13 do 17 miliardów lat, co daje nam wiek Wszechświata osadzony w granicach 14 do 18 miliardów lat.

Żelazne jądro Io

Jeden z galileuszowych satelitów Jowisza, Io, znany był od dawna jako wyjątkowy w swoim rodzaju obiekt. Jeszcze przed badaniami układu Jowisza przez sondy kosmiczne zauważono korelacje między sporadycznymi emisjami radiowymi planety obserwowanymi z Ziemi a fazą Io względem centralnego południka Jowisza. Również z Ziemi udało się zaobserwować linie sodu w otoczeniu satelity. Kamery VOYAGER-ów przekazały obrazy dziwnego żółto-czerwonego świata z aktywnymi „wulkanami" wyrzucającymi fontanny dwutlenku siarki wysoko ponad powierzchnię satelity. Okazało się, że gazy są obecne wzdłuż całej orbity Io, tworząc gruby torus znacznie gęstszy od otaczającej plazmy. Pomiary pól magnetycznych w pobliżu księżyca wskazywały na obecność silnych prądów płynących między nim a jonosferą Jowisza. Widać to zresztą na zdjęciach w podczerwieni robionych z Ziemi, gdzie (u podstawy linii sił pola łączącej Io z jonosferą Jowisza) widać świecącą plamkę.

Io jest najbardziej wewnętrznym satelitą Jowisza spośród czterech księżyców galileuszowych. Jego promień zbliżony jest do promienia ziemskiego Księżyca, średnia gęstość wynosi 3.529 g/cm^3. Io znajduje się jednak w znacznie silniejszym polu grawitacyjnym Jowisza i rotuje bardzo szybko (1.769 dnia w porównaniu z 27.3217 dnia dla Księżyca). Poza tym okres orbitalny Io jest w rezonansie z okresami Ganimedesa i Europy. Dlatego siły przypływowe i siły związane z rotacją działające na Io są około 220 razy większe niż dla przypadku Księżyca. W związku z tym (biorąc pod uwagę również aktywność wulkaniczną Io świadczącą o wysokich temperaturach pod jego skorupą) sądzi się, że w pierwszym przybliżeniu można traktować go jako ciało ciekłe znajdujące się w równowadze hydrostatycznej. Do tego spisu osobliwości naukowcy pracujący nad opracowaniem danych sondy GALILEO dołączyli kolejne zaskakujące fakty.

1. 7 grudnia 1995 roku GALILEO przeleciał w odległości 897 km od powierzchni Io w pobliżu płaszczyzny równikowej księżyca. W tym czasie prowadzono z Ziemi pomiary zmian częstotliwości fali nośnej nadajnika GALILEO pracującego w pasmie S (2.3 GHz, fala o długości 13 cm). Sam nadajnik kontrolowany był przez bardzo stabilny oscylator (był to zapasowy oscylator z misji VOYAGER!) a jego sygnał był w określonych odstępach czasu porównywany z sygnałami maserów wodorowych na Ziemi. GALILEO był śledzony przez anteny o średnicy 70 m ze stacji należących do *DEEP SPACE NETWORK* (anteny są umieszczone w Kaliforni, Australii i Hiszpanii - w Goldstone, Parks i Villafranca). Problemem była ocena stabilności oscylatora w porównaniu z naziemnym standardem wodorowym. Chodziło tu nie tylko o wewnętrzną dokładność oscylatora znajdującego się na pokładzie GALILEO wynikającą z własności drgającego kryształu, ale również o ocenę dryfu częstotliwości wywołanego napromieniowaniem kryształu przez naładowane energetyczne cząstki magnetosfery Jowisza. Okazało się, że o ile dryf częstotliwości przy podejściu do Io wyniósł ok 46 MHz w ciągu 89 godzin, to dryf wywołany obecnością cząstek naładowanych wyniósł już 660 MHz w ciągu 2 godzin. Po uwzględnieniu wspomnianych poprawek otrzymano sygnał, którego zmiany częstotliwości można było interpretować jako wynik efektu Dopplera wywołanego zmianami prędkości sondy znajdującej się pod wpływem zewnętrznego pola grawitacyjnego Io.



Technika redukcji obserwacji była skomplikowana, obejmowała ona dopasowanie do danych 23 parametrów (pozycji i prędkości sondy, analogicznych danych dla Io - uzyskanych z efemeryd, sześciu współczynników wielomianów opisujących zmierzony dryf oscylatora, mas układu Jowisza, Io i Europy - a ściślej mówiąc iloczynów GM wspomnianych mas i stałej grawitacji G którą znamy ciągle ze stosunkowo małą dokładnością - oraz dwóch współczynników z rozwinięcia pola grawitacyjnego Io na harmoniki sferyczne - J_2 i C_{22}). Współczynniki te opisują efekty związane z rotacją i przypływami na Io. Pozostałe wyrazy rozwinięcia zostały zaniedbane. Założenie to zostało sprawdzone; dokonano również dopasowań dla wyższych harmonik, ale amplitudy tych niehydrostatycznych składników były porównywalne z poziomem szumu.

Założenie o przypływowej i rotacyjnej równowadze księżyca pozwoliło na wyznaczenie trzech głównych momentów bezwładności Io. Okazało się, że przy znanej średniej gęstości satelity istotna część jego masy musi był skupiona w ograniczonym obszarze. Autorzy krótkiego raportu (z którego m.in. powstała niniejsza notatka), opublikowanego w numerze *SCIENCE* z 3 maja 1996 roku (J.D. Anderson, W.L.Sjogren i G. Schubert) przyjęli najprostszy dwuwarstwowy model wewnętrznej budowy Io - w środku znajduje się duży metaliczny rdzeń zbudowany prawdopodobnie z siarczku żelaza lub/i żelaza otoczony płaszczem z częściowo stopionych skał. Na wierzchu mamy skorupę. Bardziej szczegółowe oceny przewidują dla jądra złożonego z czystego żelaza masę rzędu 10.5 ± 3.7% całkowitej masy satelity skupioną w obszarze o promieniu równym ok. 36% średniego promienia Io. Analogiczne jądro złożone z mieszaniny żelaza i siarczku żelaza zawierałoby 20.2 ± 7.4% całkowitej masy wewnątrz obszaru o promieniu równym ok. 52% promienia księżyca. Podejrzewa się związek takiej budowy wewnętrznej Io z faktem jego silnego grzania przez tarcie przypływowe. Pomimo trzykrotnie mniejszych od Ziemi rozmiarów Io produkuje dwa razy więcej ciepła niż

nasza planeta. Stąd bierze się jego silna aktywność geologiczna. Żelazny rdzeń mógł powstać jednocześnie z uformowaniem się księżyca, ale mogło się to również stać wskutek wspomnianego już tarcia przypływowego.

Ubocznym efektem analizy sygnału nadajnika GALILEO stało się poprawienie niektórych wielkości fizycznych dotyczących układu Jowisza, w szczególności wartości GM dla Io i Europy (która znalazła się w odległości 32958 km od GALILEO), ich średnich gęstości, jak i stosunku masy Słońca do masy układu Jowisza.

2. Drugim, niespodziewanym zjawiskiem był nagły spadek o ok. 30% natężenia pola magnetycznego Jowisza w trakcie maksymalnego zbliżenia do Io. Nie bardzo wiadomo co jest tego przyczyną, być może Io posiada własne pole magnetyczne. Uzupełniające dane pochodzące z innych instrumentów mierzących parametry fizyczne plazmy zostaną przesłane na Ziemię w czerwcu lub w lipcu. Gdyby hipoteza własnego pola magnetycznego potwierdziła się, to Io stałby się pierwszym księżycem posiadającym takie pole.

3. Od lipca 1994 roku GALILEO obserwował strumienie pyłu pochodzące z okolic Jowisza. Były one obserwowane już wcześniej przez ULYSSES-a - choć miały one wtedy mniejsze natężenie. GALILEO widział narastające sztormy pyłowe osiągające w maksimum do 20 tysięcy zderzeń z detektorami sondy na dzień. Niektóre cząstki miały tak duże prędkości, że były w stanie opuścić Układ Słoneczny. Po przelocie w pobliżu Io strumienie pyłu przestały był widoczne. Jeszcze w trakcie trwania misji VOYAGER-ów (gdy zauważono aktywność wulkaniczną Io) próbowano tłumaczyć obecność pyłu faktem posiadania przez jego ziarenka ładunku elektrycznego, który uwrażliwiał je na obecność rotującego pola magnetycznego Jowisza. Indukowane pole elektryczne miało wyrzucać pył poza układ Jowisza. Obecnie wydaje się, że procesy przyspieszania pyłu w magnetosferze Jowisza są bardziej złożone.

W trakcie trwania misji GALILEO przewidziane są dalsze spotkania z księżycami Jowisza - 27 czerwca b.r. z Ganimedesem (przelot w odległości ok. 850 km od powierzchni), później z Kallisto i Europą. Prawdopodobnie dojdzie do większej liczby przelotów w pobliżu wymienionych księżyców.

Niniejsze uwagi są spisywane w ostatnich dniach maja - ze względu na znane kłopoty z anteną telemetryczną, na Ziemię przekazano jedynie część dotychczasowych pomiarów i na dokładniejsze ich opracowanie trzeba jeszcze poczekać.

Aktualne informacje o statusie i wynikach misji GALILEO można znaleźć pod adresem **http://www.jpl.nasa.gov:80/galileo/ albo http://ccf.arc.nasa.gov:80/galileo_probe/.**

(rs)

Polar obserwuje zorzę polarną

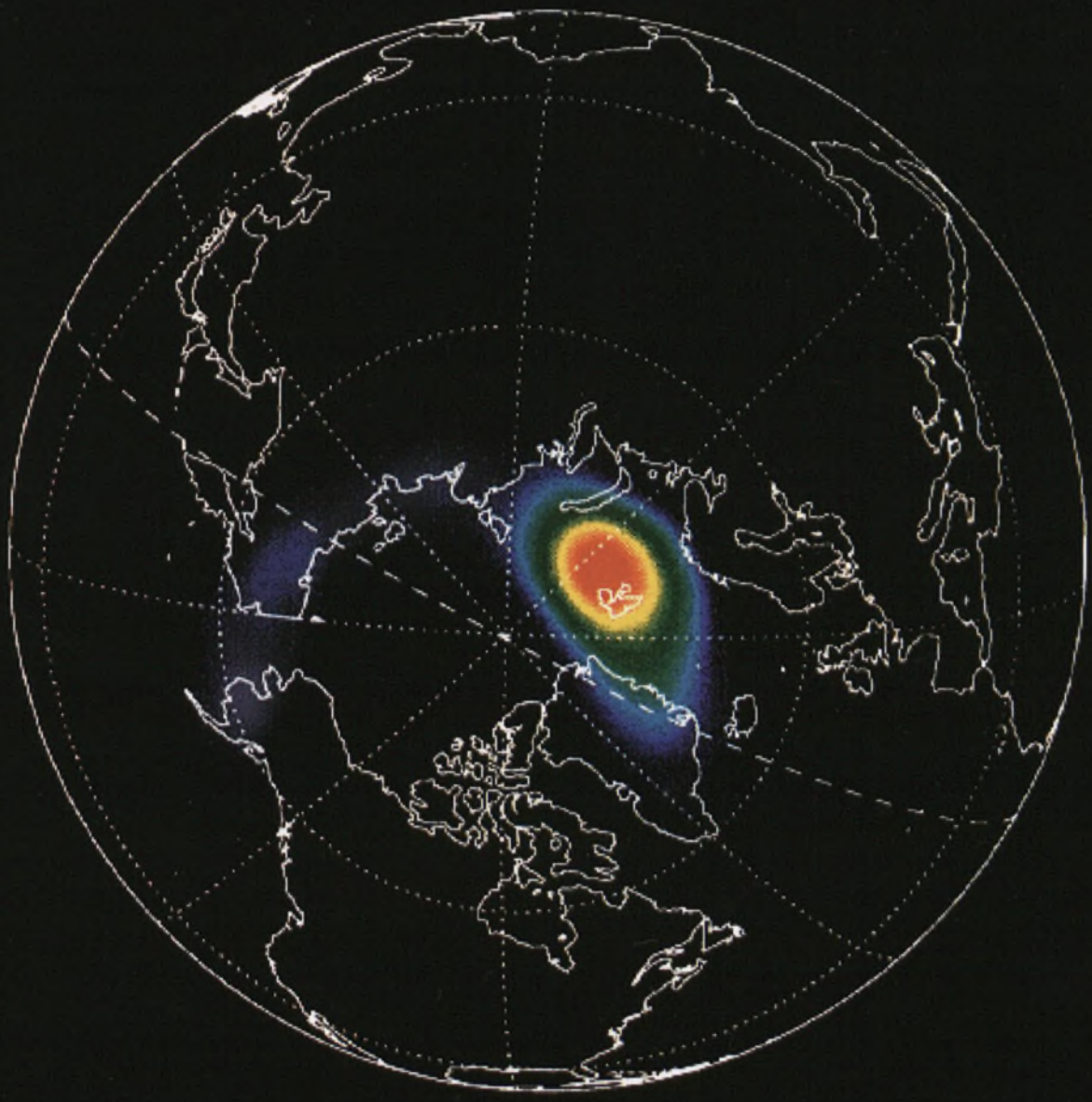
24 lutego 1996 roku wystrzelony został satelita NASA - POLAR. Umieszczono go na eliptycznej orbicie o nachyleniu 86°, perigeum 1.8 R_E i apogeum 9 R_E. Apogeum znajduje się nad północnym biegunem Ziemi. Dzięki temu możliwe są długotrwałe obserwacje północnego owalu zorzowego jak i próbkowanie na dużych wysokościach strumieni naładowanych cząstek pochodzących z jonosfery w obszarach polarnych i zorzowych. POLAR stanowi fragment większego przedsięwzięcia zwanego *Global Geospace Science* (GGS). W listopadzie 1994 wystrzelono pierwszego satelitę w programie - WIND. W odróżnieniu od POLAR-a porusza się on głównie w wietrze słonecznym w bliskim otoczeniu Ziemi. Jego apogeum znajduje się po stronie dziennej tuż za orbitą Księżyca. GGS stanowi część jeszcze większego międzynarodowego programu badawczego zwanego *International Solar Terrestrial Physics* (ISTP). W skład ISTP wchodzą m.in. satelita ESA - *Solar and Heliospheric Observatory* (SOHO) wystrzelony w grudniu 1995 roku oraz japoński satelita GEOTAIL badający ogon magnetosfery ziemskiej. Niestety, nieudany start rakiety ARIANE 5 w czerwcu br. spowodował zniszczenie czterech satelitów misji ESA CLUSTER - przeznaczonych do badań drobnoskalowych struktur i turbulencji plazmowej w magnetosferze Ziemi jak i jej bezpośrednim sąsiedztwie. Cztery satelity były potrzebne dla uzyskania trójwymiarowego obrazu wspomnianych zjawisk oraz odróżnienia zmian czasowych od przestrzennych. W chwili obecnej nie wiadomo jeszcze jak będzie wyglądała przyszłość tego projektu. Jest to duży cios dla programu ISTP. Do ISTP wchodzi też misja INTERBALL przedstawiona w bieżącym numerze przez doc. Jana Hanasza (zob. str. 73). Sonda Ogonowa wystartowała w sierpniu 1995 roku, Zorzowa ma być wystrzelona w drugiej połowie 1996 roku. Projekt zapowiada się bardzo ciekawie i jeśli wszystko pójdzie dobrze, to będzie jeszcze niejednokrotnie pojawiał się w *Postępach Astronomii.*

W tym numerze przedstawiamy zdjęcia owalu zorzowego wykonane z pokładu POLAR-a w promieniach UV oraz X i zaprezentowane na wiosennym spotkaniu Amerykańskiej Unii Geofizycznej (AGU) w Baltimore.

Owale zorzowe otaczają ziemskie bieguny magnetyczne. Zaburzenia magnetosfery Ziemi wyzwalane przez zjawiska w wietrze słonecznym powodują powstawanie wiązek naładowanych cząstek wędrujących wzdłuż linii ziemskiego pola magnetycznego. Ze względu na gradient pola i zakrzywienie wspomnianych linii cząstki dryfują również w poprzek linii (w długości magnetycznej). Część z nich dociera do górnych warstw polarnej atmosfery Ziemi powodując m.in. jej świecenie. Obserwator z Ziemi widzi po stronie nocnej zorzę polarną. Obserwator patrzący z zewnątrz zobaczy świecący owalny pas otaczający biegun magnetyczny; świecący nie tylko po stronie nocnej ale niekiedy i dziennej. Najlepiej owal zorzowy obserwować w świetle UV, szczególnie w dalekim ultrafiolecie, gdzie przyczynki pochodzące od światła słonecznego rozproszonego w atmosferze Ziemi są niewielkie. POLAR posiada wąskopasmowe filtry pozwalające jeszcze lepiej wydzielić świecenie zorzowe na tle światła słonecznego.

(rs)

POLAR obserwuje zorzę polarną

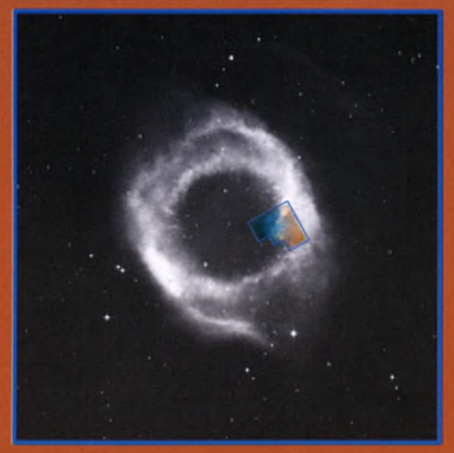


Jest to pierwszy globalny obraz świecenia zorzowego w promieniach X. Uzyskano go 20 marca 1996 roku przy pomocy eksperymentu PIXIE - Polar Ionospheric X-ray Imaging Experiment (projektem kieruje dr David Chenette z Lockheed Martin Advanced Technology Center. Jak i na następnych obrazach zarysy kontynentów i tarczy Ziemi zostały naniesione na obraz. Przerywana linia obrazuje położenie terminatora. Paleta barw jest podobna do tęczy - ale tutaj najsłabsze świecenie ma kolor ciemnoniebieski. Jasna plama powstała w wyniku zderzenia elektronów o energiach od 2 kV do 10 kV z górnymi warstwami atmosfery Ziemi. Widoczne jest obok niej dużo słabsze, rozmyte w szerokości geograficznej, świecenie dryfujących wokół Ziemi elektronów. Niektóre z nich wpadają do atmosfery - ich energia zostaje przekazana kwantom promieniowania X zarejestrowanego przez kamerę. Istnieje bezpośredni związek między natężeniem świecenia, a strumieniem wysypujących się do atmosfery elektronów. W czasie rejestrowania obrazu Ameryka Północna była na półkuli oświetlonej przez Słońce, Europa i Azja były po stronie nocnej.

Postępy Astronomii 2/1996

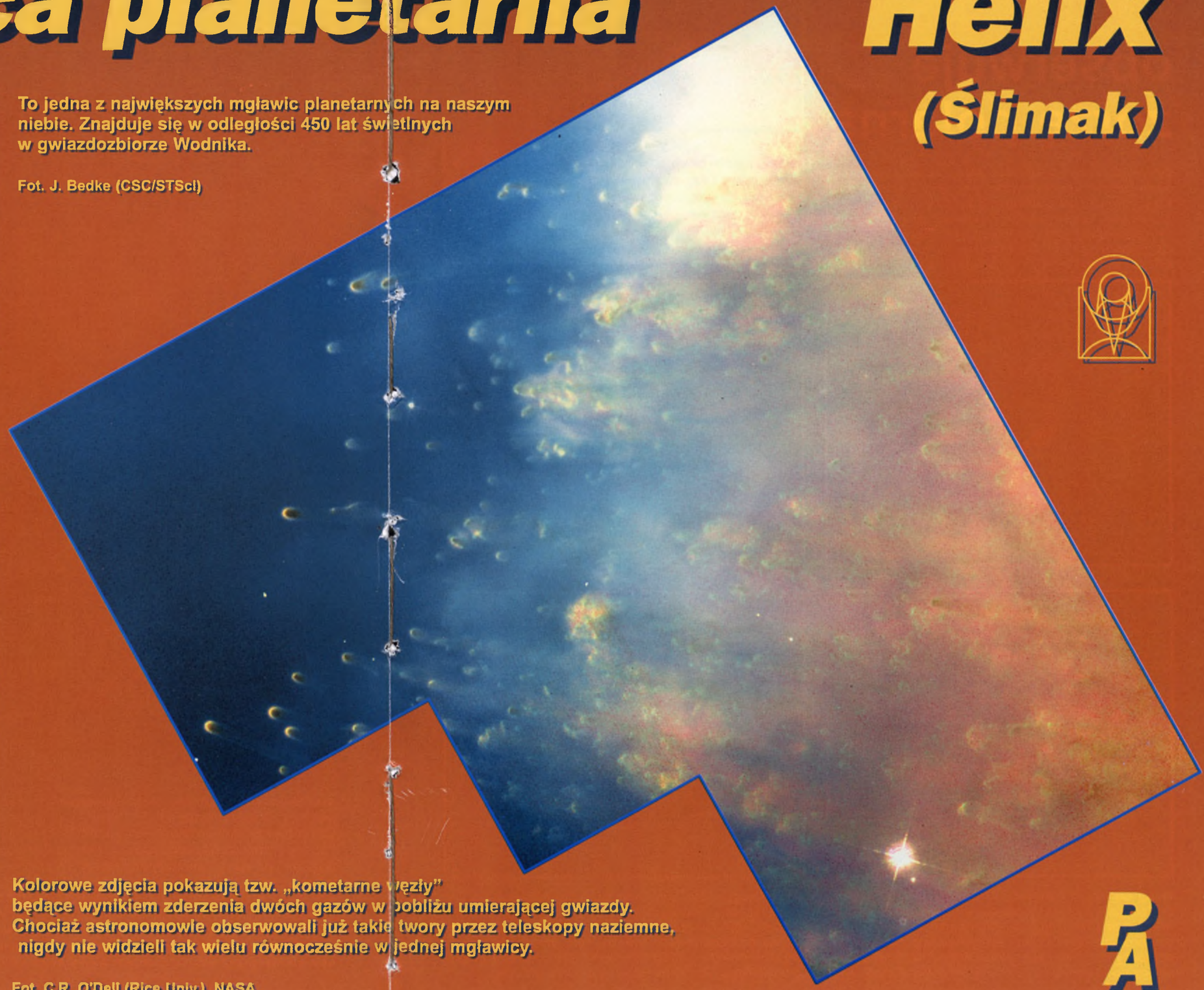
Mgławica planetarna Helix

(Ślimak)



To jedna z największych mgławic planetarnych na naszym niebie. Znajduje się w odległości 450 lat świetlnych w gwiazdozbiorze Wodnika.

Fot. J. Bedke (CSC/STScI)

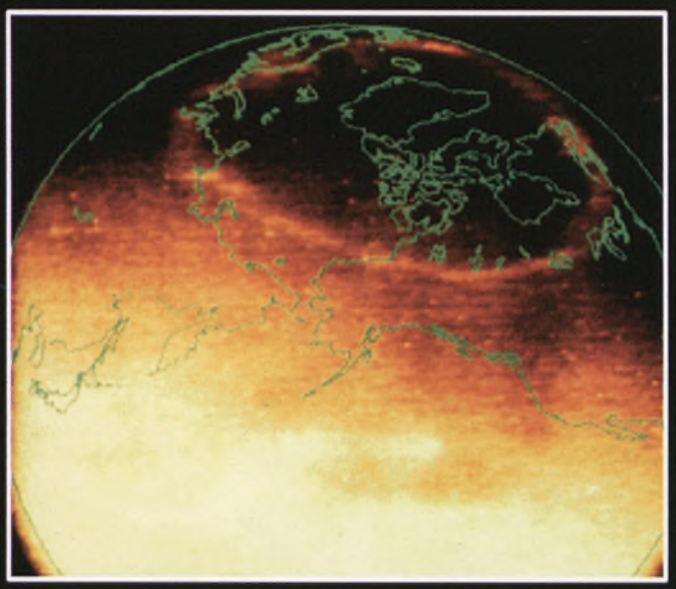


Kolorowe zdjęcia pokazują tzw. „kometarne węzły” będące wynikiem zderzenia dwóch gazów w pobliżu umierającej gwiazdy. Chociaż astronomowie obserwowali już takie twory przez teleskopy naziemne, nigdy nie widzieli tak wielu równocześnie w jednej mgławicy.

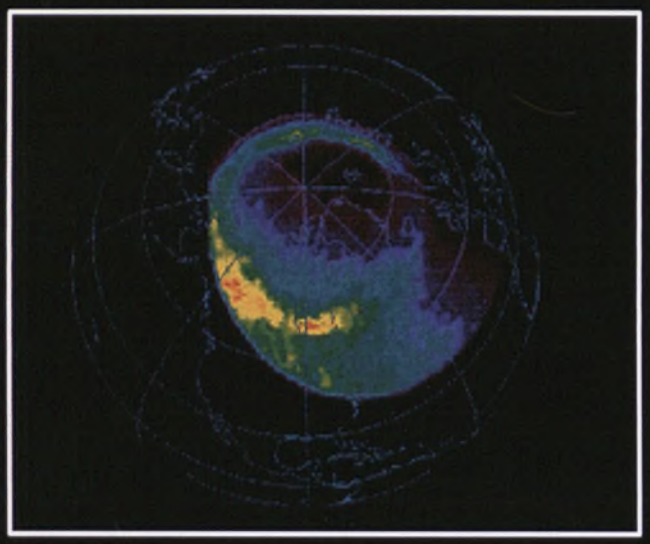
Fot. C.R. O'Dell (Rice Univ.), NASA

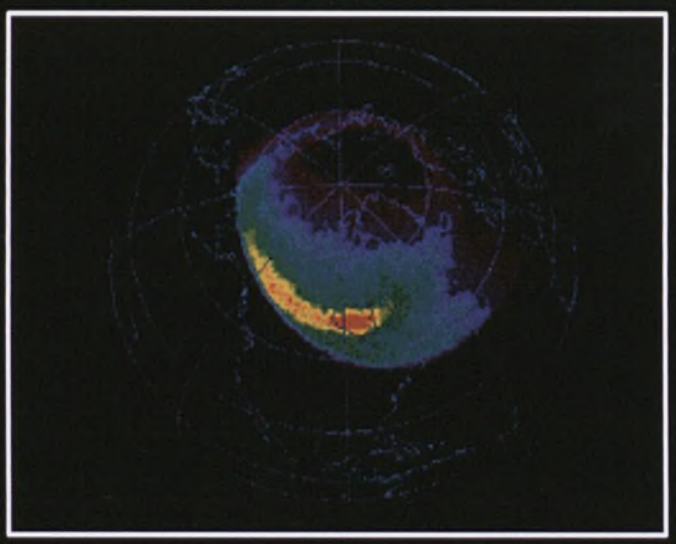
PA

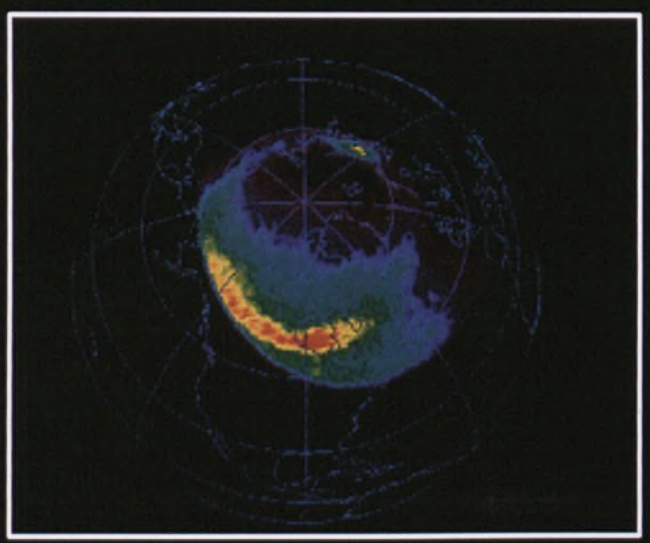
POLAR
obserwuje zorzę polarną

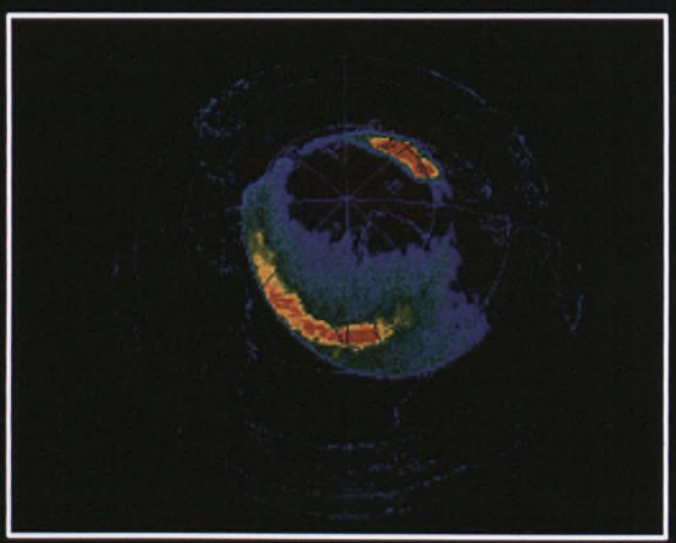


Zdjęcie z lewej przedstawia pełny obraz północnego owalu zorzowego obserwowanego dnia 25 marca 1996 roku w świetle UV z odległości 25740 km. Uzyskano go z pomocą tzw. Kamery Ziemskiej (Earth Camera) skonstruowanej pod nadzorem dr. Louisa A. Franka z University of Iowa. Obszary najsłabiej świecące mają kolor ciemnoczerwony, najjaśniejsze są biało-żółte.

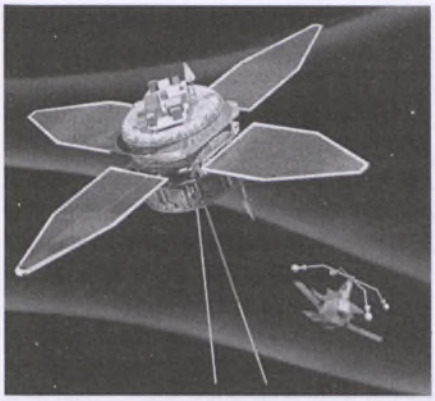








Wyżej sekwencja czterech obrazów uzyskanych za pomocą tzw. Imagera Ultrafioletowego UVI (szefem projektu jest dr George E. Parks z University of Washington) dnia 9 kwietnia 1996 roku. Widoczne są zmiany w obydwu częściach owalu - dziennej i nocnej. Nie bardzo wiadomo, jak powstaje dzienne świecenie i czy istnieje związek pomiędzy obydwoma typami świecenia. Sekwencja czasowa przebiega od górnego lewego obrazu (przyjmując, że biegun północny znajduje się w górnej części każdego panelu) - T=0 min. Po 40 minutach uzyskano górny obraz z prawej strony, po 42 minutach od chwili T=0 powstał obraz w lewym dolnym rogu, a po 47 minutach w prawym dolnym.



Badania magnetosfery ziemskiej - misja INTERBALL

Jan Hanasz

W nocy z 2 na 3 sierpnia 1995 roku wystartowała z kilkuletnim opóźnieniem z poligonu rakietowego w Plesiecku na północy Rosji **Sonda Ogonowa** (zob. Ramka na str. 74), przeznaczona do badań ogona magnetosfery ziemskiej. Krąży ona dookoła Ziemi po wydłużonej orbicie eliptycznej z apogeum oddalonym od Ziemi o 200 tys. km, nachylonej do równika pod kątem 65 stopni. Wraz z jej startem zaczęła się pierwsza faza międzynarodowego projektu kosmicznego znanego pod nazwą INTERBALL. Realizacja drugiej części rozpocznie się wraz ze startem **Sondy Zorzowej** (zob. Ramka na str. 75), której celem są badania obszarów zorzowych magnetosfery ziemskiej, spodziewanym w drugiej połowie 1996 roku. Jej orbita będzie miała apogeum odległe od powierzchni Ziemi o 20 tys. km i będzie nachylona do równika również o 65 stopni.

Sonda Ogonowa wyniosła na swoim pokładzie subsatelitę, który po odłączeniu krąży dokoła Ziemi tak, że odległość między nim a sondą zmienia się podczas jednego okresu od 100 do 10 tysięcy km. Sonda Zorzowa wyniesie również w przestrzeń swojego subsatelitę, który będzie krążył po zbliżonej orbicie w odległości zmieniającej się od 10 do 1000 km. Tak więc w niedługim czasie znajdzie się w magnetosferze ziemskiej „flotylla" czterech satelitów realizujących w sposób skoordynowany wspólny program badań magnetosfery.

Celem projektu INTERBALL są badania przepływu energii, pędu i masy w kluczowych obszarach oddziaływań wiatru słonecznego na magnetosferę ziemską. Chodzi o odpowiedzi na dwa zasadnicze pytania:

– *W jaki sposób wiatr słoneczny wpływa na stan magnetosfery po stronie dziennej?* Szczegółowiej, chodzi o wyjaśnienie mechanizmów oddziaływań między wiatrem i magnetosferą w obszarach czołowej magnetopauzy, kaspu i na bocznych flankach magnetosfery oraz wyjaśnienie, w jaki sposób masa, energia i pęd przenikają z wiatru słonecznego do magnetosfery, a następnie jonosfery.

– *W jaki sposób procesy plazmowe dziejące się w obszarach polarnych i zorzowych są wywoływane i zasilane przez prądy i pola generowane w warstwie plazmowej ogona magnetosfery?* Wymagają wyjaśnienia procesy grzania i akceleracji cząstek, zjawiska typu sub-burz, generacje silnych prądów i związane z nimi niestabilności plazmowe, oraz oddziaływania pomiędzy magnetosferą i jonosferą, manifestujące się m.in. zorzami polarnymi i świeceniem nocnego nieba.

Te 2 grupy zagadnień będą rozwiązywane w 3-ch etapach:

1) - wtedy, gdy Sonda Ogonowa będzie orbitować po stronie dziennej magnetosfery, w wietrze słonecznym, powłoce magnetycznej *(magnetosheath)* i w warstwie granicznej na niskich szerokościach geomagnetycznych *(low latitude boundary layer)*, podczas gdy Sonda Zorzowa będzie przecinać obszar porannego i przedpołudniowego kaspu i kleftu oraz dziennej czapy polarnej;

2) - wtedy, gdy Sonda Ogonowa będzie orbitować po nocnej stronie i przecinać warstwę plazmową i warstwę neutralną ogona na odległościach od 10 do 30 promieni ziemskich, podczas gdy Sonda Zorzowa będzie się znajdować w obszarach zorzowych, gdzie mają miejsce procesy akceleracji na wysokościach od 5 do 20 tys. km, na zbliżonych liniach sił pola magnetycznego tj. w przybliżonej „koniunkcji magnetycznej" z Sondą Ogonową. Będą mogły być obserwowane równocześnie relacje pomiędzy nagłymi zmianami prądów i pól w warstwie plazmowej ogona i wyrzutami cząstek, jak np. wysypywanie elektronów do jonosfery i injekcje jonów jonosferycznych do warstwy plazmowej. Odnoszenie punktów w obszarze zorzowym do odpowiednich punktów w ogonie magnetosfery wymaga zaawansowanych metod modelowania magnetosfery i stanowi problem sam w sobie. Zestawianie obserwacji prowadzonych w koniunkcjach magnetycznych ma na celu znajdowanie opóźnień czasowych i lokalizacji korespondujących ze sobą zjawisk w tych tak odległych, ale fizycznie związanych obszarach.

3) Pomiędzy tymi dwoma etapami będą prowadzone przez Sondę Ogonową badania procesów, które dzieją się na flakach ogona, a ich projekcje będą mogły być obserwowane po stronie dziennego owalu zorzowego przez Sondę Zorzową.

Sonda Ogonowa i jej subsatelita badają oddziaływanie wiatru z magnetopauzą i zewnętrznymi obszarami magnetosfery a w ogonie magnetosfery - procesy związane z generacją silnych prądów elektrycznych, powstawaniem sub-burz i lawiny innych zjawisk w różnych obszarach magnetosfery. Wszystkie one są skutkiem oddziaływań wiatru słonecznego z plazmą ogona magnetosfery. Równoczesne obserwacje tych samych zjawisk z Sondy i jej subsatelity mają na celu badanie struktur przestrzennych w obszarze ogona o rozmiarach od kilkuset do kilku tysięcy kilometrów.

Opóźnienie startu INTERBALL-a stworzyło nowe możliwości koordynacji jego programu badawczego z innymi misjami, które już badają magnetosferę. Wymienić tu należy: GEOTAIL, WIND, POLAR, AKEBONO i CLUSTER. Jednak katastrofa ARIANE 5 przypuszczalnie znacznie opóźni realizację tego ostatniego projektu. Równoczesne obserwacje z tak wielu punktów w rozmaitych konfiguracjach pozwolić mogą na oddzielenie zmian czasowych od różnic przestrzennych. Jeśli dodać jeszcze sieć zgłaszających się do współpracy naziemnych stacji obserwacji jonosfery, to pojawia się niespotykana

dotąd możliwość badań wzajemnych oddziaływań w systemie wiatr słoneczny - magnetosfera - jonosfera. Koordynacja tych badań jest w kompetencji Międzyagencyjnej Grupy Koordynacyjnej (IACG). Jej skład stanowią szefowie poszczególnych projektów. Do jej zadań należy sugerowanie priorytetów badawczych w sytuacjach przewidywanych przez modele magnetosfery. Planowane są wspólne kampanie obserwacyjne podczas interesujących konfiguracji satelitów.

Wydaje się więc, że mimo znacznego opóźnienia startu projekt INTERBALL nie stracił na znaczeniu. Również i dlatego, że wciąż odkrywa się w magnetosferze ziemskiej nowe zjawiska. Stanowi ona ogromne laboratorium dla podstawowych badań w dziedzinie fizyki plazmy. Jest to też najłatwiej osiągalna dla badań magnetosfera i dlatego może służyć jako punkt odniesienia w badaniach znacznie mniej dostępnych magnetosfer innych planet i obiektów astrofizycznych. Ponadto, mimo znacznego postępu w teorii i modelowaniu sub-burz i zjawisk zorzowych, wciąż nie jest jasna ich ewolucja czasowo-przestrzenna. INTERBALL może zatem dostarczyć nowych danych dla poznania związków fizycznych między nimi. Również nowe koncepcje chaotycznego zachowania cząstek i prądów w plazmie mogą się okazać kluczowymi w interpretacji obserwowanych zjawisk magnetosferycznych. Projekt ten, realizowany pod auspicjami Międzyagencyjnej Grupy Koordynacyjnej i STEP-u *(Solar-Terrestrial Energy Program)*, uczestniczy w 2 programach koordynowanych przez te ciała. Są to GEM *(Geospace Environment Modeling)* i CEDAR *(Coupling Energetics and Dynamics of Atmospheric Regions)*.

Istnieje również aspekt aplikacyjny badań magnetosferycznych. Coraz więcej znaczenia nabierają prognozy „pogody kosmicznej", szczególnie dla mieszkańców Arktyki. Nagłe zmiany ziemskiego pola magnetycznego mogą zaindukować silne prądy w długich liniach energetycznych, a w skrajnych wypadkach mogą je nawet uszkodzić. Słabe sub-burze zdarzają się niemal codzień, ale tylko najsilniejsze mogą stanowić niebezpieczeństwo. Prognozowanie sub-burz wymaga najpierw wyjaśnienia, w jaki sposób jest akumulowana energia w magnetosferze i w jakich warunkach jest nagle uwalniana. Do tego potrzebna jest dobrze udokumentowana eksperymentalnie teoria, która pozwoli przewidywać tempo zmian w magnetosferze podczas sub-burzy, a w szczególności tempo przerywania prądu płynącego w poprzek ogona. Tak więc problem sub-burz ma aspekt nie tylko poznawczy ale i praktyczny.

INTERBALL jest uważany obecnie za kluczowy projekt w programach badań związków Słońce-Ziemia. Jego instrumentarium jest starannie dostosowane do planowanych badań. Zawiera ono urządzenia do pomiarów otaczającej plazmy, w tym jej składu jonowego, funkcji rozkładów energii cząstek o energiach od termicznych do relatywistycznych oraz pól elektrycznych i magnetycznych w zakresie częstotliwości od prawie 0 Hz do pojedynczych MHz. Ponadto na pokładzie Sondy Zorzowej zostanie zainstalowana kamera video do rejestrowania ultrafioletowych obrazów obszarów zorzowych, w celu umiejscowienia pomiarów prowadzonych lokalnie z pokładów satelitów na tle szerszej perspektywy struktur obejmujących cały obszar polarny.

Pełny opis plazmy jest możliwy wtedy, gdy można określić jednocześnie położenia i pędy cząstek oraz pola elektryczne i magnetyczne generowane w wyniku kolektywnych oddziaływań między cząstkami naładowanymi. Wszystkie te wielkości są w plazmie wzajemnie związane przez oddziaływania cząstek z falami. Badacze plazmy kosmicznej dążą więc do skompletowania na pokładach satelitów zestawów aparatury, za pomocą których będą mogli określać w 3-ch wymiarach statystyczne parametry ruchu cząstek i jednocześnie i w tym samym miejscu statystyczne właściwości zmiennych pól wektorowych elektrycznych i magnetycznych. Dlatego też satelity INTERBALL-a zostały wyposażone w szereg analizatorów energii cząstek naładowanych i mierników pól elektrycznych i magnetycznych.

Pomiary prowadzone w ramach projektu INTERBALL zostały podzielone na pomiary plazmy, pomiary pól i fal elektro-ma-

SONDA OGONOWA.

Eksperymenty ukierunkowane na **badania plazmy** obejmują pomiary jonów prowadzone za pomocą kilku przyrządów. Są określane składy chemiczne jonów oraz ich rozkłady energetyczne w 3-ch wymiarach (SKA-1 - P/I: O. Weisberg, Rosja; Promics-3 - P/I: Ingrid Sandahl, Szwecja; AMEI-2 - P/I: R. Koleva, Bułgaria; Monitor-3 - P/I: Z. Nemecek, Czechy). Eksperymenty te różnią się zakresami i innymi charakterystykami, ale razem pokrywają zakres energii od 50 eV do 40 keV. 3-wymiarowe pomiary widm energetycznych elektronów będzie prowadził eksperyment Electron (P/I: J.A. Sauvaud, Francja), o zakresie od 10 eV do 26 keV.

Eksperymenty związane z **pomiarami pól magnetycznych i elektrycznych** w zakresie od quasi-stałych (DC) do częstości 50 kHz. Część z nich została skomasowana w jednym kompleksie po nazwą ASPI (*Analysis of Spectra of Plasma Instabilities*).

W ramach tego kompleksu na Sondzie Ogonowej pomiary prowadzą:

- miernik 3 składowych fluktuacji pola magnetycznego w zakresie od 0 do 40 kHz (MIF-M, P/I: S. Romanow, Rosja),
- miernik fluktuacji strumieni jonów i elektronów w zakresie od 0.1 Hz do 1 kHz (IFPE, P/I: J. Buechner, Niemcy).

Z powodu awarii nie są prowadzone 3-wymiarowe pomiary fluktuacji pól elektrycznych, wraz z ich analizą widmową na pokładzie w zakresie od 0 do 40 kHz (eksperyment Opera) oraz pomiary widm pól elektrycznych i magnetycznych i ich korelacji skrośnych w zakresie od 0.1 Hz do 40 kHz (ADS).

Poza kompleksem ASPI prowadzone są:

- pomiary radioemisji w zakresie od 100 kHz do 1.5 MHz (AKR-X, P/I: L. Fischer, Słowacja), oraz
- pomiary 3 składowych pola magnetycznego w zakresie czułości od 0.2 do 1000 nTesla w pasmie od 0 do 10 Hz (FM-31, P/I: M. Nozdraczow, Rosja).

Eksperymenty związane z **pomiarami strumieni cząstek o wysokich energiach**. Są to pomiary składu i anizotropii cząstek naładowanych w zakresie od 40 do 200 keV, (SKA-2, P/I: E. Morozowa, Rosja) oraz pomiary widm energetycznych i rozkładów kątowych elektronów i jonów w zakresach 15 - 400 keV dla elektronów i 20 do 1000 keV dla jonów (DOK-2 P/I: K. Kudela, Słowacja).

W czwartej grupie eksperymentów optycznych na Sondzie Ogonowej jest tylko 1 przyrząd, do **badania widm i profili czasowych wybuchów** rentgenowskich na Słońcu w zakresie od 2 do 240 keV (RF-15-I, P/I: O. Likin, Rosja, Co/I: J. Sylwester, Polska).

SONDA ZORZOWA.

W ramach eksperymentów odnoszących się do plazmy zorzowej będą mierzone **widma elektronów i jonów i ich anizotropia** za pomocą dwóch przyrządów: SKA-3, widma w zakresie od 0.03 do 15 keV, anizotropia od 30 do 500 keV (P/I: J. Galperin, Rosja), oraz ION, widma i anizotropia od 5 eV do 20 keV (P/I: J.A. Sauvaud, Francja). Ponadto skład chemiczny jonów i ich 3-wymiarowy rozkład energii będzie mierzony w zakresie od 10 eV do 30 keV za pomocą przyrządu PROMICS-3 (P/I: I. Sandahl, Szwecja).

Pomiary plazmy termicznej będą prowadzone w ramach trzech eksperymentów:
- wyznaczanie składu jonów i 3-wymiarowych funkcji rozkładu dla M=1,...,32, w zakresie od 0.1 do 80 eV (HYPERBOLOID, P/I: J.J. Berthelier, Francja),
- wyznaczanie temperatury chłodnych elektronów, T < 10 eV (KM-7, P/I: J. Smilauer, Czechy),
- wyznaczanie strumienia jonów w zakresie do 25 eV (Alpha3, P/I: V. Bezrukich, Rosja).

Pomiary fal i pól będą realizowane w 4-ch eksperymentach:
- obserwacje widm i polaryzacji Zorzowego Promieniowania Kilometrowego w zakresie od 20 do 2000 kHz (POLRAD, P/I: J. Hanasz, Polska, Co/I: R. Schreiber, Polska),
- pomiary składowych fal elektromagnetycznych w zakresie od 0 do 240 kHz z wysoką zdolnością rozdzielczą w częstotliwości (MEMO, P/I: F. Lefeuvre, Francja),
- badania emisji fal elektromagnetycznych w zakresie bardzo niskich częstotliwości (VLF), 20 Hz - 20 kHz (NVK-ONCH, P/I: A. Goliawin, Rosja),
- badania turbulencji plazmowej na ekstra-niskich częstotliwościach (ELF), 0.1 - 30 Hz (IESP-2M, P/I: Sylvaine Perraut, Francja).
- pomiary 3-ch składowych pola magnetycznego dla wyznaczania położenia czujników względem aktualnego wektora pola magnetycznego, zakres 1 - 70 000 nT (IMAP-3, P/I: I. Arshinkov, Bułgaria).

Do pomiarów cząstek o wysokich energiach posłuży aparatura DOK-3. Jest ona przeznaczona do wyznaczania widm energetycznych, rozkładów kątowych i zmienności w czasie elektronów w zakresie 15 do 400 keV i jonów w zakresie 20 do 1000 keV (P/I: K. Kudela, Czechy). Potencjał satelity będzie mierzony za pomocą aparatury RON (P/I: W. Riedler, Austria).

Obserwacje optyczne owalu zorzowego i całego obszaru czapy polarnej będą prowadzone za pomocą kamery UVAI (Ultra-Violet Auroral Imager, P/I: L. Cogger, Kanada) oraz za pomocą aparatury UVSIPS do określania strumienia emisji ultrafioletowej tlenu zorzowego (P/I: A. Kuzmin, Rosja).

gnetycznych, pomiary cząstek energetycznych oraz rejestrację widm i obrazów w zakresie ultrafioletowym i rentgenowskim.

Oprócz przyrządów naukowych Sonda Ogonowa jest wyposażona w szereg urządzeń pomocniczych, takich jak:
– system telemetryczny (SSNI - *System Sbora Naucznoj Informacji*),
– nadajnik telemetryczny STO do interferometrycznego pomiaru odległości pomiędzy głównym satelitą i jego sub-satelitą oraz czujnik orientacji satelity (BNS).

W wyposażeniu Sondy Zorzowej przewidziano grupy eksperymentów mających na celu badania plazmy zorzowej, plazmy termicznej, pól i fal, cząstek o wysokich energiach, kontroli potencjału satelity i obserwacje optyczne.

Ze względu na dużą ilość danych przekazywanych na Ziemię Sonda Zorzowa zostanie wyposażona w 3 systemy telemetryczne: RTK - do transmisji na pokład komend i zbierania danych z kilku eksperymentów, SSNI - do zapisu i transmisji na Ziemię rezultatów pomiarów większości eksperymentów oraz STO - telemetrię do transmisji danych pomiarowych w czasie rzeczywistym i pomiarów interferometrycznych odległości satelita-subsatelita. Sonda Zorzowa będzie również wyposażona w czujnik orietacji (BNS).

Oba subsatelity zostały zaprojektowane i wykonane w Czechach. Ich prawie jednakowe wyposażenia są dostosowane do pomiarów przeprowadzanych na głównych sondach w stopniu na jaki pozwalają mniejsze wymiary i masa.

Eksperymenty wspólne na obu subsatelitach:
- kompleks falowy (KEM-3, Czechy),
- analizator widma (SAS, P/I: Juchniewicz, Polska),
- analizator form falowych (LF, Czechy),
- 3-składnikowy magnetometr (SG-R8, Rumunia),
- spektrometry cząstek wysokiej energii (DOK-S, Słowacja; MPS, SPS, Czechy).

Dodatkowo na subsatelicie Sondy Ogonowej znajduje się fotometr rentegowski RF (Czechy), detektor strumienia plazmy VDP (Czechy) i 2-składnikowa sonda Langmuira (Rosja). Natomiast na subsatelicie dodano miernik temperatury termicznych elektronów i miernik gęstości jonów KM-14 (Czechy).

Polska uczestniczy w projekcie INTERBALL zarówno od strony naukowej jak i konstrukcyjnej. Pozycje P/I i Co/I są świadectwem uznania dla twórców założeń eksperymentów i osób odpowiedzialnych za budowę aparatury naukowej, jak też i za nadzór naukowy i koordynację prac przygotowawczych do eksperymentów. Polscy uczestnicy zostali wymienieni wyżej przy okazji opisu naukowego wyposażenia projektu.

Główny wysiłek organizacyjny, techniczny i koszty startu i wyposażenia projektu w satelity typu Prognoz-M2 oraz koszty odbioru danych, ponosi Rosyjska Agencja Kosmiczna. Projekt jest koordynowany przez Instytut Badań Kosmicznych Rosyjskiej Akademii Nauk. Do odbioru telemetrii STO jest przygotowana czeska stacja w Panskej Wsi. Wyposażenie pokładowe dla telemetrii STO zostało wykonane na Wegrzech. Jej część analogowa jest polskim wkładem w całość projektu.

W projekcie INTERBALL uczestniczą grupy badawcze z 16 krajów. Są to: Austria, Bułgaria, Czechy, Finlandia, Francja, Grecja, Kanada, Niemcy, Polska, Rumunia, Rosja, Słowacja, Szwecja, Węgry, Ukraina i Włochy. Głównymi autorami projektu są znani badacze plazmy okołoziemskiej, profesorowie: Albert Galejew, Jurij Galperin, i Lew Zielonyj.

Home Page projektu INTERBALL jest już dostępna pod adresem: **http://www.rssi.ru/interball.html** - dotyczy ona zarówno Sondy Ogonowej jak i Zorzowej.

Doc. Jan Hanasz jest astrofizykiem, który od wielu lat zajmuje się badaniami magnetosfery ziemskiej za pomocy aparatów kosmicznych. Był kierownikiem naukowym pierwszego polskiego kosmicznego eksperymentu „Kopernik 500" w 1973 roku, a obecnie w szerokiej współpracy międzynarodowej, przygotowuje eksperyment kosmiczny POLRAD.

Mgławica planetarna *Helix* (NGC 7293)

Barwne zdjęcia z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a (w skrócie z języka angielskiego - HST) ukazują zderzanie się dwóch gazów w pobliżu umierającej gwiazdy. Wyraźnie widoczne są na nich charakterystyczne, podobne do kijanek obiekty. Nazywać je będziemy węzłami kometarnymi, ponieważ budową swoją przypominają astronomom komety. Nazwa ta jest dosłownym tłumaczeniem jednej z kilku pojawiających się w literaturze angielskiej nazw: *cometary knots, cometary globules, emission knots*. Chociaż z naziemnych teleskopów węzły kometarne były obserwowane, to nigdy dotąd nie obserwowano tak wielu w jednej mgławicy i z taką zdolnością rozdzielczą. Właśnie te węzły były powodem skierowania na mgławicę Helix teleskopu kosmicznego przez astronoma z zespołu HST, C. Roberta O'Della wespół z doktorantem Kerry D. Handronem z Teksasu.

Mgławice planetarne są ostatnią fazą życia gwiazd o masach początkowych pomiędzy 1 a 8 $M_{\odot}$. Zanim do niej dojdą, największą część swojego życia gwiazdy spędzają w stadium palenia wodoru w jądrze. Gdy to źródło energii się wyczerpie, życie gwiazdy nabiera przyspieszenia. Gwiazda spala hel w jądrze, a gdy już helu w środku zabraknie, to dookoła jądra węglowego (węgiel jest popiołem po spalonym helu), w otaczającej je cienkiej warstwie, wypala się na przemian to wodór to hel. Ta faza charakteryzuje się ogromnym wypływem masy z gwiazdy. Jest on tak intensywny, że właściwie z gwiazdy pozostawia tylko jej jądro o masie od 0.4 do 0.8 $M_{\odot}$. Jądro zapadając się zaczyna się rozgrzewać i wyświecać duże ilości promieniowania ultrafioletowego. Gwiazda nadal traci ze swej powierzchni materię, lecz już w dużo mniejszym tempie, ale za to z dużo większą prędkością. Wyrzucona wcześniej materia zdążyła oddalić się od gwiazdy i rozrzedzić. Wewnętrzny brzeg takiej otoczki jest teraz kształtowany przez bardzo szybki wiatr wywiewany właśnie z gwiazdy, a promieniowanie ultrafioletowe jonizuje materię, pobudzając ją do świecenia w liniach emisyjnych. Tę właśnie fazę życia gwiazdy obserwujemy jako mgławicę planetarną. Jednak gwiazda szybko stygnie, a otoczka rozpływa się w przestrzeni kosmicznej. Faza mgławicy planetarnej trwa zaledwie kilkanaście tysięcy lat.

Z faktu, że mgławica planetarna to dwa oddziałujące ze sobą wiatry gwiazdowe, astrofizycy zdali sobie sprawę dopiero pod koniec lat siedemdziesiątych. Obecnie obowiązujący model mgławicy składa się z zewnętrznego, gęstego i powolnego wiatru, ekspandującego z prędkością rzędu kilkunastu kilometrów na sekundę, a od środka warstwa ta jest rozpychana przez rzadki i szybki wiatr o prędkościach rzędu 2000 km/s. Te dwa wiatry zderzają się ze sobą wytwarzając warstwę turbulentną i fale uderzeniowe.

Mgławica Helix (*helix* to po łacinie - ślimak winniczek, albo po angielsku - linia śrubowa, jak kto woli) jest najbliższą Ziemi mgławicą planetarną. Leży w odległości 450 lat świetlnych w gwiazdozbiorze Wodnika. Ma jasność $6^{m},5$, a rozmiary kątowe 15' x 12'. Można ją dostrzec już przez niewielką lunetkę, na jesiennym niebie, niewysoko nad południowym horyzontem.

Ze względu na znaczne rozmiary i bliskość Ziemi mgławica ta nie tylko trafiła do większości podręczników z astronomii, ale też była od wielu lat dokładnie badana. Do wyjaśniania obserwowanej budowy proponowano obecność pól magnetycznych albo obecność w centrum mgławicy układu podwójnego, z niewykrytym jak dotąd drugim składnikiem (Fabian A. C. and Hansen C. J., 1979, *MNRAS,* **187**, 283). Ale struktura spiralna, której obiekt zawdzięcza swoją nazwę, pozostaje do dziś zagadką. Mgławica była obserwowana w promieniach rentgenowskich (Leahy D. A. et al., 1994, *ApJ,* **422**, 205). Będące obiektem naszego zainteresowania węzły kometarne były obserwowane radiowo (Huggins P. J. et al., 1992, *ApJ*, **401**, L43) i optycznie (Walsh J. R. and Meaburn J., 1993, Messenger 73, 35). Zanim skierowano na NGC 7293 teleskop HST, wiele o niej wiedziano i wiele wiedziano o jej węzłach, przynajmniej tych największych.

Każda obserwowana głowa węzła kometarnego ma średnicę co najmniej dwukrotnie większą od naszego Układu Słonecznego, każdy ogon rozciąga się na odległość tysiąckrotnie większą, niż odległość Ziemi od Słońca. Najwyraźniejsze fragmenty gazu leżą po wewnętrznej stronie pierścienia otaczającego gwiazdę, w odległości bilionów kilometrów od niej. Podobne do kometarnych warkocze tworzą promienisty wzór, jak szprychy w kole rowerowym. Te same węzły obserwowane w liniach Hα i [NII] widoczne są jako emisyjne, a obserwowane w linii [OIII] widoczne są w absorpcji, jako ciemne plamy na jasnym tle. W węzłach obserwowane były także molekuły CO. Obserwacje wskazują, że nie jest to mgławica sferyczna, lecz raczej dysk, czy torus, położony niemal dokładnie w płaszczyźnie nieba.

Astronomowie teoretyzują, że węzły w gazie są rezultatem kolizji pomiędzy gazami: gorącym, właśnie wyrzucanym przez gwiazdę ze swojej powierzchni, a chłodniejszym gazem, wyrzuconym przez gwiazdę 10000 lat wcześniej. Zderzenie wytwarza na granicy obszarów niestabilne warunki, gazy mieszają się i dochodzi do fragmentacji wcześniej gładkiej chmury. Taki proces, nazywany *niestabilnością Rayleigha - Taylora*, rozrywa chmurę na mniejsze i gęstsze kropelki. Podobnie, jak rozdziela się na krople ściekająca warstwa farby. Astronomowie oczekują, że zgęszczenia w gazie ostatecznie rozproszą się w zimnej i czarnej przestrzeni międzygwiezdnej.

W sierpniu 1994 roku na mgławicę Helix skierowany został teleskop HST (O'Dell C. R. and Handron K. D., 1996, *AJ,* **111**, 1630). O'Dell obserwował ten obiekt, gdyż był ciekawy, czy widoczne węzły mogą być ubocznym rezultatem końcowego wybuchu gwiazdy, który powinien był wydobyć komety z „zamrażalnika", gdyby jakieś były w nim przechowywane.

Miałoby się to odbyć przez odparowanie stałych lodowych jąder kometarnych. Tak właśnie komety zachowują się przelatując w pobliżu Słońca. Węzły mają dokładnie odpowiedni wygląd i są w odpowiedniej odległości od umierającej gwiazdy, by być od dawna wypatrywaną chmurą kometarną (to ten wspomniany wcześniej zamrażalnik), bardzo podobną do hipotetycznej chmury Oorta otaczającej Słońce. Ale każda gazowa głowa komety jest co najmniej dwukrotnie szersza, niż nasz Układ Słoneczny. Jest to, według obecnej wiedzy, zdecydowanie za wiele, jak na gazową otoczkę aktywnej komety. Po przedyskutowaniu kilku innych możliwości, O'Dell i Handron konkludują, że niestabilności Rayleigha - Taylora pozostają nadal najbardziej prawdopodobnym czynnikiem prowadzącym do utworzenia węzłów kometarnych.

Standardowe modele przewidują, że węzły powinny rozejść się w przeciągu kilkuset tysięcy lat. Ale cząsteczki pyłu w środku każdej z gazowych kul mogą zderzać się ze sobą i zlepiać. Mogą w ten sposób powstawać z upływem czasu zlepki rozmiarów planet. Takie obiekty mogłyby wyglądać, jak ziemskich rozmiarów kopie lodowej planety - Plutona. Mogłyby uciec od wygasłej gwiazdy i włóczyć się po przestrzeni międzygwiezdnej na zawsze.

Gdyby takie zjawisko było czymś powszechnym dla gwiazd, nasza Galaktyka byłaby obsypana bilionami takich obiektów - konkluduje O'Dell (STScI - PR96 - 13). Mgławice planetarne powstają w naszej Galaktyce od miliardów lat, mniej więcej jedna co roku, gdyż jest to naturalny koniec życia dla miliardów podobnych do Słońca gwiazd w naszej Drodze Mlecznej. W takiej postaci mogłaby istnieć część tzw. brakującej masy Galaktyki, jednak raczej mniej, niż dziesięć procent.

Teleskop Hubble'a będzie wykorzystany do poszukiwań podobnych zjawisk w odleglejszych mgławicach planetarnych. O'Dell planuje powrócić do mgławicy Helix za kilka lat, gdyż kolejne obrazy mogą ujawnić ruch węzłów na zewnątrz.

Mgławica Helix jest także interesująca dla astrofizyków teoretyków. Jest to, jak dotychczas, jedyny obiekt, w którym bezpośrednio obserwuje się oddziaływanie dwóch wiatrów. Zatem jest jedyny do dokładnych porównań obliczeń teoretycznych z rzeczywistością. Teoretycy do opisu oddziałujących wiatrów gwiazdowych stosują skomplikowane programy komputerowe rozwiązujące równania hydrodynamiczne. Dzieląc model mgławicy planetarnej na niezbyt wielką ilość komórek można prześledzić numerycznie ewolucje kształtu mgławicy oraz w przybliżeniu oddziaływanie obu wiatrów. Zastosowane ostatnio najszybsze komputery typu CRAY YMP pozwoliły na istotne zwiększenie dokładności modelowania i uzyskano na granicy dwóch wiatrów pojawienie się niestabilności Rayleigha -Taylora. Ale tym obliczeniom jeszcze daleko do szczegółowego wyjaśniania obserwowanych struktur.

A jak się mają do rzeczywistości najpowszechniejsze ciagle modele mgławic planetarnych, w których wszystko jest ciągłe i sferycznie symetryczne?

Krzysztof Gęsicki

GL229B - brązowy karzeł!

Współpracujący ze sobą astronomowie z Kalifornijskiego Instytutu Technologii w Pasadenie i Uniwersytetu Johna Hopkinsa w Baltimore, przy pomocy teleskopów zainstalowanych na Mt. Palomar uzyskali obraz i widmo GL229B, z których jasno wynika, że gwiazda ta jest na pewno brązowym karłem. Rok po odkryciu, ci sami uczeni : Kulkarni, Nakajima, Matthews, Oppenheimer, Durrance i Golimowski wsparci przez Burrowsa wykonali, potwierdzające to odkrycie, obserwacje przy użyciu HST.

Sukces zapewniło wykorzystanie techniki określanej jako optyka adaptacyjna, dzięki czemu w ogóle zaobserwowano GL229B, która jest 10 razy słabsza (będąc jedynie 5.7 pc od Ziemi) niż uprzednio znane kandydatki na brązowe karły.

W przypadku obiektów pośrednich pomiędzy małomasywnymi gwiazdami i planetami - brązowych karłów - trudno jest podać definicję, która w sposób jednoznaczny wyodrębniałaby tę klasę ciał niebieskich. Z punktu widzenia sposobu uformowania się, brązowe karły to wszystkie ciała, które powstają w sposób analogiczny do narodzin gwiazd, czyli w wyniku fragmentacji i kolapsu grawitacyjnego obłoku materii, ale skupiają w sobie za mało masy, by zainicjować i podtrzymać reakcje termojądrowe, a konkretnie spalanie wodoru. (Odpowiednia masa krytyczna wynosi 0.08 $M_{\odot}$, dla składu chemicznego określonego przez wartości kosmiczne). I tu właśnie tkwi klucz do bezsprzecznego rozróżnienia pomiędzy brązowymi karłami, a planetami typu Jowisza. Te ostatnie bowiem formowały najpierw skalno-lodowe jądra, które akumulowały materię gazową. Co więcej, sam Jowisz jest wzbogacony w cięższe pierwiastki - jego skład chemiczny jest różny do słonecznego (np. stosunek obfitości węgla do wodoru jest dwukrotnie większy).

CO MÓWI TEORIA ?

Warunki początkowe. Przyglądając się dokładniej problemowi powstawania brązowych karłów, można wyróżnić kilka poprawnych z teoretycznego punktu widzenia scenariuszy tego procesu. Najprostszym przypadkiem warunków początkowych byłaby adiabatyczna, jednorodna sfera gazowa o niskiej gęstości. Następstwem takiego stanu początkowego jest *faza*

Hayashi'ego, charakteryzująca się gwałtowną utratą energii i kontrakcją, zapewniająca dużą swobodę w doborze szczegółowych parametrów opisujących warunki początkowe (np. początkowego promienia). Natura niestety nie jest taka prosta, co w danym przypadku objawia się chociażby tym, że przyjęcie tempa akrecji masy proporcjonalnego do całkowitych jej zasobów, spowoduje efekty objawiające się tym, że wzrośnie nieco dolna granica masy gwiazdy ciągu głównego i prawdopodobnie spowoduje zmniejszenie dzielności promieniowania młodego brązowego karła. Po drugie, teoria nie wyklucza możliwości tworzenia przez brązowe karły dysków akrecyjnych, jeśli akreowałyby materię w sposób analogiczny do małomasywnych gwiazd ciągu głównego. Miałoby to niezaprzeczalny wpływ na wiele parametrów opisujących te gwiazdy. Obiekt taki bowiem rotowałby gwałtownie, co wiązałoby się ze zwiększeniem jego promienia. Ponadto, możliwe wiatry, aktywność koronalna i pole magnetyczne, modyfikowałyby wielce ich widmo. Co prawda nie wiadomo jaki wpływ miałyby te zjawiska na dalszą ewolucję takich obiektów, ale jedną z naturalnych konsekwencji byłaby możliwość formowania się planet, krążących wokół brązowego karła.

Po trzecie, trudno jest rozstrzygnąć, czy brązowe karły powstają jako ciała jednorodne, chociaż należy raczej odrzucić scenariusz planetarny opisany powyżej w odniesieniu do Jowisza. Sprawa jest wszakże skomplikowana poprzez możliwość spontanicznego tworzenia przez brązowe karły jądra żelazowego, w wyniku ograniczonej rozpuszczalności żelaza w metalicznym wodorze, na co zwrócił uwagę D. J. Stevenson. Te i inne wątpliwości póki co muszą poczekać na lepsze zrozumienie atmosfer brązowych karłów, ze szczególnym naciskiem na stopień, w którym ich skład chemiczny przypomina słoneczny.

Należy także pamiętać, że podobnie jak wiele innych obiektów, tak i brązowe karły mogą powstawać w układach podwójnych z małomasywnymi gwiazdami w sposób znaczący wpływającymi na ich ewolucję. Jak pokazali w 1990 roku Stringfellow, Black i Bodenheimer, gdy w roli składnika głównego występuje biały karzeł, to interesujące nas obiekty będą znacząco gorętsze, niźli wynikałoby to z przewidywań teoretycznych dla ciał pojedynczych, w zależności od m. in. promienia orbity.

Modele stygnięcia. Wynikają z nich ciekawe wnioski, warte uwzględnienia w trakcie prób detekcji brązowych karłów. Okazuje się bowiem, że daleko łatwiej jest je zaobserwować, gdy są one młode (tzn. ich wiek nie przekracza 1 - 10% wieku Galaktyki) - emitują wtedy większość energii traconej w trakcie ewolucji, a dodatkowo w obserwowalnej bliskiej podczerwieni. Mają wtedy także większą dzielność promieniowania; więcej - mogą być naonczas nawet jaśniejsze niż najmniej masywne gwiazdy ciągu głównego, dla których $L \sim 10^{-4} L_{\odot}$. Wniosek jest więc dość zaskakujący - brązowe karły we wczesnych etapach swej ewolucji nie wyróżniają się w sposób oczywisty spośród obiektów zbliżonych pod względem masy! Dopiero w okresie „starości" wyraźnie odznaczają się od ciał ciągu głównego lub takich, które go dopiero osiągną.

JAK ZATEM OBSERWOWAĆ ?

Żeby dopełnić obraz zaprezentowany dotąd, w odniesieniu do empirycznej części zagadnienia, warto nadmienić, że typowy masywny brązowy karzeł, czyli o $M \sim 0.07\ M_{\odot}$ (i wieku rzędu kilku miliardów lat) ma jasność zaledwie rzędu $10^{-5}\ L_{\odot}$, zatem naprawdę trudno jest zaobserwować te gwiazdy. Z tego też powodu stosowane techniki obserwacyjne są generalnie metodami pośrednimi. Przyjrzyjmy się pokrótce kilku z nich, przyjmując ich podział za Stevensonem.

Metody pośrednie. Ogólnie mówiąc opierają się one na pomiarach astrometrycznych i prędkości radialnej gwiazdy, którą się podejrzewa o posiadanie małomasywnego towarzysza. Oba rodzaje pomiarów dążą do rejestracji ruchu głównego składnika układu podwójnego lub wielokrotnego względem jego barycentrum, który to ruch znajduje odzwierciedlenie w postaci przesunięć w ruchu prostoliniowym (astrometria) lub zmianach prędkości radialnej (efekt Dopplera). Jak zwykle ma to swoje plusy i minusy: wielką zaletą jest czułość tych metod, pozwalająca przecież odkrywać planety (przypadek *51Peg*, gdzie amplituda zmian prędkości radialnej wynosi 53 m/s); z drugiej strony jednak dostarczają one jedynie pewnych ograniczeń na masę towarzysza i promień orbity. Jednym z interesujących przykładów są obserwacje opisane przez Heintza w 1989 roku, a dotyczące gwiazdy *Wolf 424* -wizualnego układu dwóch ciał o masach 0.06 i 0.05 $M_{\odot}$, o okresie orbitalnym 50 lat. Ograniczenia astrometrii powodują, że techniką tą można rejestrować składniki o masie $\geq 0.02 M_{\odot}$, jeśli wszakże ich okres orbitalny przekracza 2 lata. Dużo czulsze są za to pomiary prędkości radialnej, zwłaszcza dla składników o krótkich okresach orbitalnych (≤ 4 lat).

Interferometria plamkowa w podczerwieni. Można przy jej pomocy obserwować domniemane układy podwójne, w których energia emitowana przez główny składnik nie skrywa całkowicie towarzysza. Założenie to jest najlepiej spełnione w bliskiej podczerwieni, przez małomasywne systemy.

Poprzez bardzo szybkie skanowanie obrazu przy wykorzystaniu wąskiej szczeliny, można uzyskać amplitudę widzialności; układ podwójny będzie się manifestował jako jej oscylacyjna funkcja. Swego czasu bardzo obiecującym kandydatem na brązowego karła był towarzysz pobliskiej małomasywnej gwiazdy VB8 - jednakże obserwacje wykonane po 1985 roku nie przyniosły potwierdzenia oczekiwań co do natury tego składnika.

Opisana technika może być bardzo skuteczna w przypadku gdy towarzysz jest jedynie umiarkowanie (mniej więcej rzędu magnitudo) słabszy niż składnik główny - ogranicza to jednocześnie obszar możliwych zastosowań do najlżejszych gwiazd ciągu głównego albo masywniejszych lub młodszych

brązowych karłów.

Fotometria i obrazowanie w podczerwieni. Rozwój w zakresie technologii detektorów podczerwieni zaowocował wieloma systematycznymi przeglądami nieprzypadkowo dobranych gwiazd. Bardzo obiecujące są tutaj białe karły, jako obiekty pospolite, o małej jasności (z racji posiadania promienia rzędu 0,1 promienia brązowego karła) i ponadto mogące utrzymać odległe składniki w trakcie swej ewolucji po podejściu od ciągu głównego. Innymi słowy, gwiazdy te są świetnymi celami obserwacyjnymi w poszukiwaniach starych brązowych karłów.

Pomiary wykonane pod koniec lat osiemdziesiątych przez Becklina i Zuckermana dostarczyły dwie kandydatury : Giclas 29-38 i GD165. Niewidoczny towarzysz Giclas 29-38 został wykryty na podstawie nadwyżki promieniowania podczerwonego; od samego początku wskazywano na możliwą interpretację tych obserwacji, w postaci pierścienia pyłowego, za którą przemawia choćby niezgodność obserwowanego strumienia na 10 mm z przewidywaniami teoretycznymi dla brązowych karłów.

Z drugiej strony, Graham z kolegami wykryli dodatkowe okresy zmienności (Giclas 29–38 jest gwiazdą zmienną typu *ZZ Ceti*, co ma miejsce dla wielu białych karłów), które można zinterpretować jako pulsacje domniemanego brązowego karła.

Druga z wymienionych gwiazd posiada małego, „zwartego" towarzysza, GD165B, oddalonego od niej o około 120 jednostek astronomicznych, o temperaturze 2100 K i jasności $8 \times 10^{-5} L_{\odot}$. Nie można wszakże odrzucić możliwości, że jest to jednak gwiazda z małomasywnej końcówki ciągu głównego.

Obserwacje pól i gromad. W grę wchodzą tutaj dokładne zliczenia gwiazd i obserwacje gwiazd w gromadach otwartych, dążące do wykrycia pojedynczych brązowych karłów. Ogólnie można powiedzieć, że trudności związane z tymi metodami wywodzą się zarówno z małej ich czułości, jak i poziomu jasności, z którymi ma się do czynienia - $10^{-4} L_{\odot}$. Dla porównania, jasność GL229B według najnowszych pomiarów wynosi $\sim 6.4 \times 10^{-6} L_{\odot}$.

Przy pomocy tych technik obserwacyjnych można poszukiwać bardzo młode (niezdegenerowane) brązowe karły; trzeba przy tym pamiętać, że zaobserwowanie słabych obiektów, nie oznacza automatycznie znalezienia obiektu tej kategorii.

GL229B

Jak zatem w świetle tego co już wiemy, prezentuje się nowo odkryty obiekt ? Niedawno, Allard ze współpracownikami zaproponowali model atmosfer i wnętrz chłodnych brązowych karłów (wybrane wartości dla kilku parametrów zawiera tabela 1). Jako obiekt, na którym zostały przeprowadzone testy został wzięty właśnie GL229B, dzięki czemu można określić jego kilka podstawowych parametrów fizycznych.

Temperatura i grawitacja powierzchniowa. Najpewniejszą metodą określenia temperatury efektywnej chłodnego karła jest rozpatrzenie w odniesieniu do teorii jego całego rozkładu widmowego. Bardzo ważną cechą widma GL229B jest obecność absorpcji metanu. Jest to istotne dlatego, że gwiazda mieszcząca się w dolnej granicy obiektów palących wodór ma temperaturę efektywną rzędu 2000 K, która wyklucza istnienie metanu. Stąd wypływa potwierdzenie faktu, że naprawdę zaobserwowano brązowego karła.

Tab. 1. Wartości modelowe dla brązowych karłów.

$M/M_{\odot}$	T_{eff} [1]	wiek (mld lat)	$L/L_{\odot}$ [2]	$\log g$ [3]	M_K [4]
0.020	1000	0.37	-4.97	4.66	14.51
-	900	0.522	-5.17	4.67	15.36
0.025	1000	0.61	-5.01	4.80	14.69
-	900	0.88	-5.22	4.82	15.58
0.035	1000	1.43	-5.10	5.02	15.07
-	900	1.99	-5.27	5.04	15.87
0.065	1000	10.0	-5.26	5.46	15.80
-	900	13.9	-5.46	5.47	16.72

[1] temperatura efektywna
[2] dzielność promieniowania w odniesieniu do Słońca
[3] g - przyśpieszenie grawitacyjne na powierzchni gwiazdy
[4] jasność absolutna w pasmie podczerwonym K (2.2 μm)

Ponadto w widmie GL229B nie widać absorpcji CO w zakresie od 4.3 do 5.2 mm, dominującej w widmach chłodnych karłów M i „gorących" brązowych karłów i znikającej wraz ze spadkiem temperatury z powodu stopniowego tworzenia się CH_4 i CO_2 kosztem CO. To pozwala ograniczyć temperaturę efektywną GL229B - nie powinna ona być wyższa niż 1000 K, a inne poszlaki wskazują na to, że może być nawet niższa niż 900 K.

Z najlepszego dopasowania teorii do danych wynika, że grawitacja na powierzchni gwiazdy wynosi $\log g = 5.3 \pm 0.2$ (gdzie $g = GM/R^2$).

Masa i ewolucja. Ponieważ brązowe karły ze wzrostem masy stają się bardziej zwarte, gorętsze i starsze (dla danej jasności), uzyskane górne granice temperatury i grawitacji pozwalają określić dopuszczalny zakres masy i wieku GL229B.

O głównym składniku - GL229A- wiadomo, że jest to gwiazda typu widmowego M1, należąca do młodej populacji dysku, chociaż brak emisji H_{α} wyklucza bardzo młody wiek. Z drugiej strony, rejestracja absorpcji H_{α} świadczy przeciwko bardzo staremu obiektowi; dodatkowe potwierdzenie tego wypływa z faktu odpowiednio wysokiej metaliczności, określonej z pomiarów fotometrycznych. Niezależnie, obserwowane charakterystyki GL229A ($M_V = 9.33$ oraz wskaźniki barwy $V–I = 2.9$, $I–K = 1.96$) mogą być wytłumaczone modelowo

przy założeniu masy ~ 0.6 $M_{\odot}$, co pociąga za sobą ograniczenie wieku układu do zakresu 0.5 - 5 miliardów lat. Dodatkowo można wtedy ograniczyć spodziewaną masę brązowego karła do zakresu od 0.02 do 0.055 $M_{\odot}$, a przy wykorzystaniu zależności grawitacji od masy przy danej temperaturze, dolną granicę można przesunąć do 0.04 $M_{\odot}$.

Omawiany model nie uwzględnia powstawania pyłu w atmosferach interesującego nas typu gwiazd, a którego rola jest istotna :

- pył może powodować znaczące grzanie fotosfery chłodnych karłów M oraz brązowych karłów - oznaczałoby to niższą faktyczną temperaturę efektywną GL229B,
- brak przewidywanych struktur widmowych VO (tlenku wanadu) i FeH wskazuje na obniżoną obfitość pierwiastków tworzących ziarna pyłu, a stąd obecność jego kondensacji w tej gwieździe, jasność spada znacząco, gdy miejsce tworzenia się ziaren osiąga dno fotosfery.

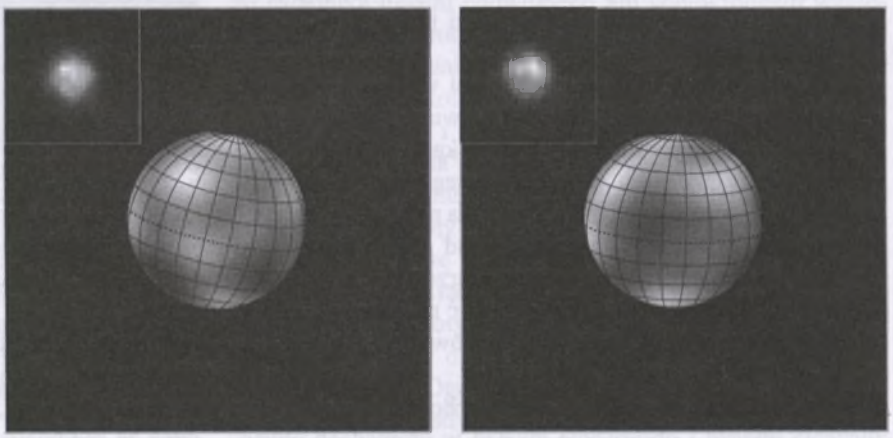
* * *

Omówiona obserwacja GL229B jako brązowego karła jest istotna także z punktu widzenia problemu tzw. brakującej masy. Jedna z teorii przewiduje, że to właśnie m. in. ta klasa gwiazd może stanowić część tej ciemnej materii. Skoro więc jeden brązowy karzeł jest na pewno, stwarza to nadzieję na to, że może ich być tak naprawdę całe mnóstwo!

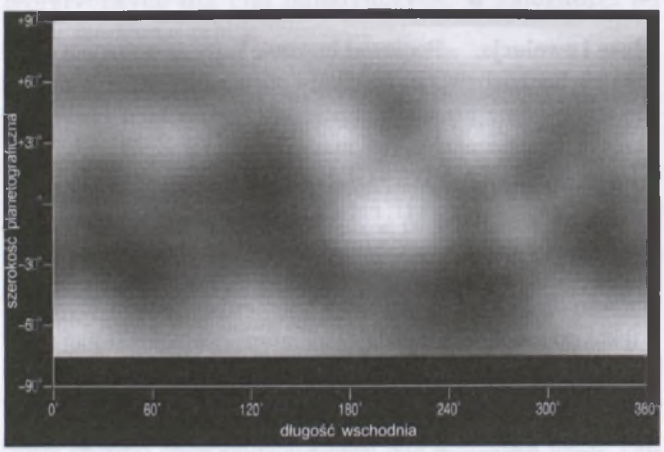
Marek Gołębiewski

Mapa Plutona

W początku marca 1996 roku Instytut Teleskopu Kosmicznego w Baltimore przedstawił pierwsze obrazy powierzchni Plutona. Na podstawie zdjęć wykonanych w czerwcu i lipcu 1994 roku przy pomocy Kamery Słabych Obiektów (FCO) zespół astronomów pod kierunkiem Alana Sterna z Boulder opracował mapę tej planety.



Odkryty w roku 1930, Pluton jest jedną z najmniejszych planet i ciągle jednym z najmniej poznanych ciał naszego Systemu Słonecznego. Jego średnica sięga zaledwie 2/3 średnicy Księżyca, co w odległości około 40 jednostek astronomicznych od Słońca powoduje, że widziany z Ziemi ma tarczkę o średnicy zaledwie 0.1 sekundy kątowej. Oczywiście rozedrgana atmosfera ziemska nie pozwala nam widzieć tak drobnych szczegółów ciał niebieskich, a nawet dla Teleskopu Kosmicznego było to zadanie na granicach jego zdolności rozdzielczej. I trzeba było użyć specjalnych i czasochłonnych technik, aby dodatkowo wydobyć szczegóły na obserwowanej tarczy planety.



Prezentowana tu mapa dotyczy 85% powierzchni planety. Potwierdza wcześniejsze doniesienia o niejednorodności powierzchni Plutona, która pokryta jest rozległymi ciemnymi i jasnymi plamami, w tym wyróżnia się ciemny pas równikowy i jasne czapy polarne. Obserwowane różnice jasności pochodzą zapewne od tworów topograficznych i niedawnych upadków meteorów, ale też istotne znaczenie może tu mieć osadzający się na powierzchni Plutona szron takich gazów jak azot, dwutlenek węgla czy metan. To ostatnie przypuszczenie implikuje sezonowe zmiany wyglądu powierzchni Plutona, ale o tym przekonamy się dopiero po obserwacjach obejmujących znaczną część orbity tej planety, której okres trwa aż 250 lat. Więc to trochę potrwa.

Małe zdjęcia umieszczone w lewych, górnych rogach dwóch obrazów powyżej to właśnie zdjęcia otrzymane Teleskopem Kosmicznym Hubble'a dla dwóch półkul planety. Większe obrazy pokazują mapy uzyskane na podstawie tych zdjęć z naniesioną siatką współrzędnych. Biegun północny znajduje się u góry.

Zdjęcie obok pokazuje mapę całej sfotografowanej części powierzchni Plutona.

(aw)

Kwestia możliwości i celowości korekty reguł kalendarza słonecznego

Jan Mietelski

1. Wprowadzenie.

Dzisiejsza wiedza astronomiczna o ruchu orbitalnym Ziemi i o precesji jej osi oraz o wydłużaniu się doby, wskazuje jednoznacznie na to, że uzupełnienie reguł kalendarza słonecznego (w szczególności gregoriańskiego) stać się może w pewnym momencie nieubłaganą koniecznością, jeśli przyszłe pokolenia nie zechcą przystać na systematycznie narastającą rozbieżność kalendarza oficjalnego z rytmami astronomicznymi - podobną do tej, której doświadczały pokolenia poprzednie, stosujące kalendarz juliański. Z drugiej strony wiadomo jednak, że fizyczne ograniczenia wartości parametrów wspomnianych procesów astronomicznych gwarantują nam, nawet w skrajnie niekorzystnym przypadku jakieś 2000 lat „spokoju" w sprawie kalendarza; natomiast niemożność dokładnego ustalenia przyszłych wartości choćby tylko niektórych spośród tych parametrów, nie pozwala na odważne zaproponowanie modyfikacji reguł gregoriańskich w celu uzyskania lepszego przybliżenia roku zwrotnikowego, ważnego zarówno dziś jak i w odległej przyszłości.

Kalendarz gregoriański, wprowadzony bullą papieża Grzegorza XIII w 1582 r. oddawał - poprzez swe reguły - znacznie lepiej wartość roku zwrotnikowego, niż jego poprzednik - kalendarz juliański (p. *Mietelski, 1983*). Np. dzięki dodatkowej (w stosunku do juliańskich) regule, postulującej, by spośród lat „setkowych" przestępnym były tylko te, których liczba setek jest podzielna przez 4, wprowadzał liczący 400 lat cykl kalendarzowy. W cyklu tym jest tylko 97 (wobec 100 w kalendarzu juliańskim) lat przestępnych. Zatem średni rok kalendarza gregoriańskiego, wynoszący 365 i 97/400 (czyli 365.2425) dób, jest o zaledwie 0.0003 doby dłuższy od zaokrąglonej wartości roku zwrotnikowego (365.2422 dób). Stąd pochodzi (pozornie słuszny) wniosek, że kalendarz ten rozbiegnie się z przyrodą o 1 dobę po upływie ponad 3300 lat.

Za próbę „przelicytowania" dokładności tego kalendarza można uważać kalendarz neojuliański (inaczej nowy wschodni), przyjęty w 1923 r. przez niektóre patriarchaty i autokefalie Kościoła Prawosławnego. Jego reguły proponują, by spośród lat „setkowych" uznawać za przestępne tylko te, których numer po podzieleniu przez 900 daje resztę 200 lub 600. Otrzymuje się w ten sposób cykl 900-letni, w którym 2 razy rok „setkowy" jest rokiem przestępnym (ulepszenie polega więc na tym, że ewenement tego rodzaju zdarza się średnio raz na 450 lat, a więc nieco rzadziej, niż w kalendarzu gregoriańskim, gdzie przypada raz na 400 lat). W systemie kalendarza neojuliańskiego wypada zatem 218 (= 225 - 9 + 2) lat przestępnych w cyklu 900-letnim, co daje dla ułamkowej końcówki wartości średniego roku kalendarzowego: 0.2422_{22}...dnia i prowadzi do (znów pozornego) wniosku, iż uzyskano tu rewelacyjnie dobre przybliżenie roku zwrotnikowego, dające jednodobową rozbieżność z przyrodą po upływie aż 45 tysięcy lat! Wnioski tego rodzaju wynikają jednak z przyjęcia zbyt prostego modelu rzeczywistości, który oznaczymy, jako wstępny, symbolem *a* .

2. Wpływ przyspieszenia ruchu precesyjnego osi ziemskiej.

W modelu dokładniejszym (*b*) należy uwzględnić wiekowe przyspieszenie precesji; korzystamy tu z podanego swego czasu przez Simona Newcomba (1895) wyrażenia na średnią długość Słońca:

$$L = 279°41' 48''.04 + 129602768''.13\ T + 1''.089\ T^2 ,$$

skąd wynika długość roku zwrotnikowego:

$$365.^d24219879 - 0.^d00000614\ T. \qquad (1)$$

Nie możemy oczywiście wnioskować na podstawie (1), że skraca się okres obiegu Ziemi, gdyż rok gwiazdowy, określony tamże przez: $365.^d25636042 + 0.^d00000011\ T$, nawet lekko wydłuża się. Sprawę wyjaśnia do reszty to, że „stała" precesji: $p = 5025''.64 + 2''.22\ T$, nie jest stała, lecz rośnie.

We wszystkich cytowanych tu wzorach Newcomba czas T jest odliczany w stuleciach juliańskich (po 36525 dób każde) od epoki, **0.5 stycznia 1900 = JD 2415020.0.**

Dzisiaj roczniki astronomiczne, posługując się systemem stałych IAU 1976, stosują dla średniej długości Słońca wyrażenie:

$$L = 1009677''.850 + (100^r + 2771''.270)\ T + 1''.089\ T^2,$$

z którego wynika, że

$$\text{rok zwrotnikowy} = 365^d.24218993 - 0^d.00000614\ T. \qquad (2)$$

Wyraźniejszej modyfikacji uległa formuła stałej precesji; np. współczynniki wielomianu 3. stopnia, stosowanego dla obliczenia łącznej wartości precesji przy przejściu odstępu czasu t pomiędzy dwiema epokami, wynoszą:

przy pierwszej potędze t: $5029''.0966 + 2''.22226\ T - 0.000042\ T^2$;
przy drugiej: $1''111.61 - 0.000127\ T$;
przy trzeciej: $- 0.000113$.

We wszystkich powyższych formułach czas T liczy się w stuleciach juliańskich od epoki wyjściowej: **J2000.0 = 1.5 stycznia 2000 = JD 2451545.0.** (p. *USNO Circ. N 163, 1981*).

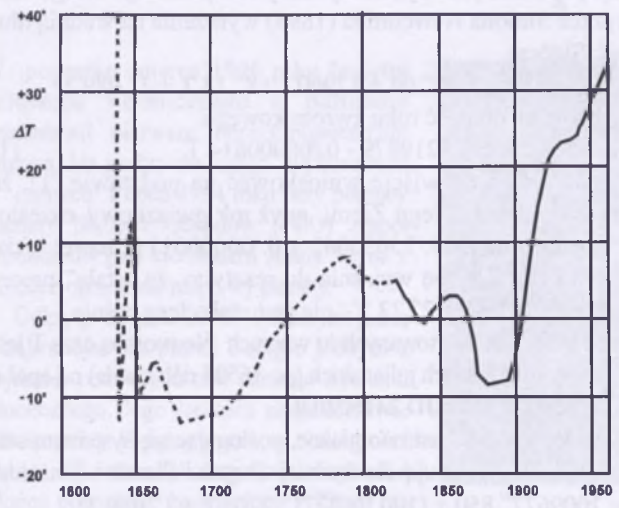
Dla bezpośredniego porównania dzisiejszej formuły (2) z wzorem Newcomba (1) zredukujmy ją na epokę 1900.0, co daje:

$$\text{rok zwrotnikowy} = 365.^d24219607 - 0.^d00000614\ T. \qquad (3)$$

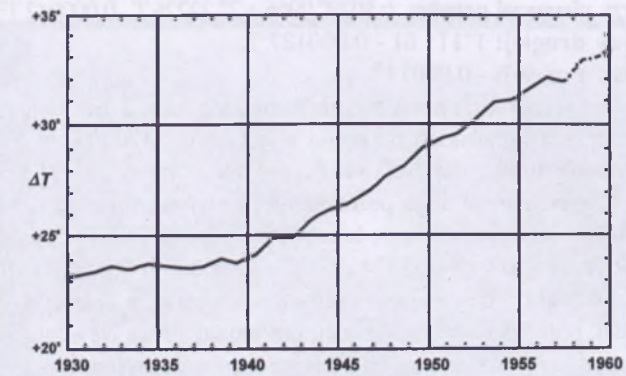
Formuła (3), którą będziemy się posługiwać w dalszej dyskusji, potwierdza w zupełności, otrzymaną przez Newcomba, wartość efektu wiekowego skracania się roku zwrotnikowego o $0^s.53$ na stulecie (spowodowanego wiekowym przyspieszeniem precesji); natomiast daje się zauważyć, że na jej podstawie, rok zwrotnikowy w epoce 1900.0 był krótszy od

newcombowskiego o prawie ćwierć sekundy ($0^s.235$). Podobna redukcja współczesnego wyrażenia dla roku gwiazdowego: $365^d.25636331 + 0.^d00000012$ T, prowadzi do wniosku, że rok ten jest dłuższy od newcombowskiego odpowiednika o $0^s.239$.

Istnieją już dziś wprawdzie dokładniejsze formuły teoretyczne, określające średnią długość Słońca, odniesioną do daty równonocy; wśród nich warto wymienić - cytowaną przez francuski rocznik *Connaissance des Temps* (1990) - zależność wynikającą z analizy wiekowych zmian orbit planetarnych (*Bretagnon, 1982*). Z formuły tej otrzymać można dokładniejszy wzór na długość roku zwrotnikowego, co uczynił Borkowski (1991), konfrontując ponadto czasowy przedział stosowalności tych formuł z rozwinięciami jeszcze dokładniejszymi (*Laskar 1986*). Efekty o które tam chodzi są oczywiście o wiele subtelniejszej natury, niż rozpatrywane w tym artykule czynniki wpływające na długość doby, choć i tamte przyczynią się zapewne w jakimś stopniu (ale raczej w bardziej odległej przyszłości) do dodatkowej modyfikacji spodziewanych rozbieżności między skalami kalendarzowymi a naturalną skalą lat zwrotnikowych. (Dla zobrazowania wartości, o które chodzi w tamtych pracach, zaznaczmy, że rok



Rys. 1. Przebieg różnicy Δ = ET - UT w latach 1635 -1960, gdzie ET jest czasem efemeryd (p. *Borkowski 1992, 1994, 1995*). Brouwer (1952) otrzymał wyniki dla przedziału 1621 - 1948.5. Później przejęło tę tematykę U.S. Naval Observatory (p. Explanatory Supplement 1961, 91).



Rys.2. Powiększenie końcowego fragmentu wykresu z Rys. 1.

zwrotnikowy w epoce J2000 jest u Borkowskiego krótszy, niż określony przez (2), o zaledwie $0^s.0225$, a współczynnik wiekowego skracania się tegoż roku jest bezwzględnie większy o 0.00189 (na sto lat); pojawił się też, wspomagający w przyszłości ów efekt, wyraz kwadratowy o współczynniku $0^s.0000556$).

3. Efekt przypływowego wydłużania się doby.

Obracająca się Ziemia nie jest wzorowym zegarem, gdyż zmienia swą prędkość kątową; dominuje jednak efekt hamowania. Zauważono to w astronomii już w XIX w., a w połowie XX w. podjęto próby określenia, jak dalece odbiegają wskazania tego zegara od wskazań zegara idealnego (*Brouwer 1952*). Wyniki ukazują **Rys. 1 i 2**.

Natomiast dobę występującą we wzorach (1), (2) i (3) uważa się za stałą jednostkę czasu, jako dobę czasu dynamicznego (p. *Borkowski 1992, 1994, 1995*). Wspomniane formuły ilustrują zatem fakt, że liczba dób niezmiennych, mieszczących się w roku zwrotnikowym, maleje z biegiem czasu. W rzeczywistości jednak wyrażamy owe większe interwały czasu poprzez wielokrotności doby słonecznej, która wydłuża się ustawicznie dzięki permanentnemu działaniu momentów sił przypływowych ze strony Księżyca i Słońca.

Z rozważań teoretycznych wynika, że czynnik ten powinien powodować wzrost długości doby średnio o 2.4 milisekundy ($0^s.0024$) na stulecie. Należy tu podkreślić, że analiza momentów dawnych obserwacji zaćmień (*Stephenson 1982, Stephenson and Morrison 1984, Morrison 1985*) potwierdziła, iż w dalekiej przeszłości, w przybliżeniu aż do roku 900 n.e., efekt rzeczywisty odpowiadał oczekiwanemu teoretycznie. Natomiast w ciągu ostatniego tysiąca lat jest mniejszy i wynosi ok. 1.4 milisekundy ($0^s.0014$) na stulecie (p. **Rys. 3 i 4**). To osłabienie wydajności hamowania przypływowego wyjaśnia się przyjmując pewną polodowcową relaksację rozkładu mas w skorupie ziemskiej, zmniejszającą nieco moment bezwładności globu. Nie wnikając szczegółowo w istotę tego zjawiska przyjmijmy do wiadomości owe dwie wartości wydłużania się doby, stwierdzone już obserwacyjnie w dziejach.

W teoretycznym ujęciu mechanicznym efekty powodowane przez hamowanie przypływowe i przez wiekowe przyspieszenie precesji są addytywne i nie komplikują formalnie postaci formuł (1), (2) i (3); otrzymuje się jedynie inne wartości liczbowe współczynnika wyrazu wiekowego. Procedura ta prowadzi do skonstruowania dwóch łącznych wyrażeń („modeli") roku zwrotnikowego: *c* i *d*, bardziej realistycznych, niż wyidealizowane przypadki wstępne: *a* i *b*.

W modelach *c* i *d* przyjmuje się, obok przyspieszenia precesji (z modelu *b*) także: bądź umiarkowane (1.4 ms/stulecie) wydłużanie się doby, obserwowane w ciągu ostatniego tysiąca lat (model *c*), bądź większe (2.4 ms/stulecie), przewidywane teoretycznie (model *d*).

4. Łączne ujęcie wydłużania się doby i przyspieszenia precesji.

Formułę (3), wyrażoną w dobach niezmiennych D_0, należy wyrazić w dobach wydłużających się np. liniowo (tzn. w stałych, mnożonych przez czynnik $(1 + \delta T)$), co zmodyfikuje odpowiednie współczynniki liczbowe:

$$R_oD_o - \Delta D_oT \longrightarrow R'D_o(1 + \delta T) - \Delta' D_o (1 + \delta T)T. \quad (4)$$

Z formuły (4) wynika, że zarówno rok zwrotnikowy R', wyrażony w dobach wydłużających się, jak i nowy wyraz wiekowy Δ' pozostają do swych poprzednich odpowiedników (R_o, Δ) w tym samym stosunku:

$$R'/R_o = \Delta'/\Delta = 1/(1+\delta T) = 1 - \delta T + \delta^2 T^2 - \delta^3 T^3 + \ldots \quad ,(5)$$

gdzie δ przyjmuje wartość odpowiednio:

1.62×10^{-8} (dla 1.4 ms/stulecie), bądź

2.78×10^{-8} (dla 2.4 ms/stulecie).

Szereg po prawej stronie (5) daje:

dla $\delta = 1.62 \times 10^{-8}$:

$R' = 365^d.24219607 - 0^d.00000592\ T + 9^d.59 \times 10^{-14}\ T^2 - 1^d.55 \times 10^{-21}\ T^3$;

$\Delta' = -0^d.00000614\ T + 9^d.95 \times 10^{-14}\ T^2 - 1^d.61 \times 10^{-21}\ T^3$;

natomiast dla $\delta = 2.78 \times 10^{-8}$:

$R' = 365^d.24219607 - 0^d.00001015\ T + 2^d.82 \times 10^{-13}\ T^2 - 7^d.85 \times 10^{-21}\ T^3$;

$\Delta' = -0.^d 00000614\ T + 1^d.71 \times 10^{-13}\ T^2 - 4.^d 75 \times 10^{-21}\ T^3$.

Widać stąd, że wyrazy kwadratowe stałyby się zaledwie dostrzegalne, dając jednostkę na 8 miejscu po przecinku, dopiero po - odpowiednio - 230, bądź 150 stuleciach, co dobrze koresponduje z granicą sensownego posługiwania się formułą (3).

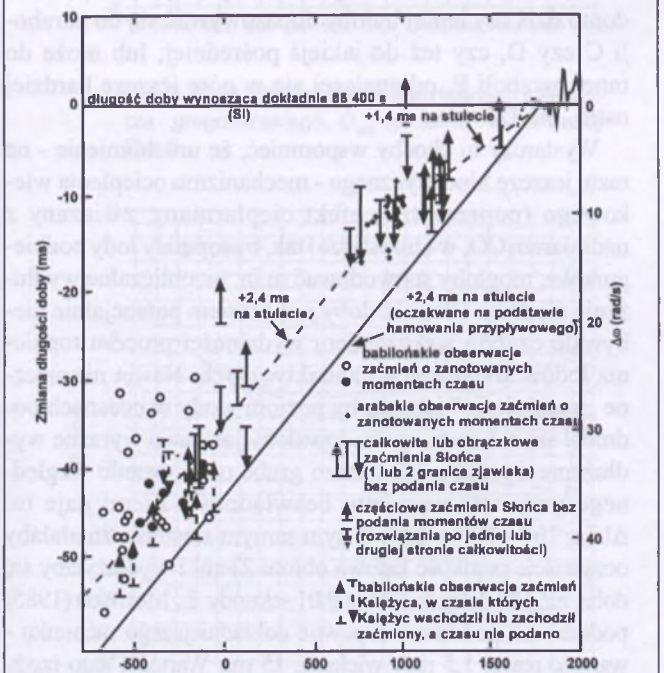
Otrzymujemy zatem (przy adaptacji konkretnie zastosowanej formuły (3)) następujące wyrażenia, ujmujące łącznie efekty wiekowe, zarówno przyspieszenia precesji, jak i wydłużania się doby:

rok zwrotnikowy = $365^d.24219607 - 0^d.00001206\ T$ (6)

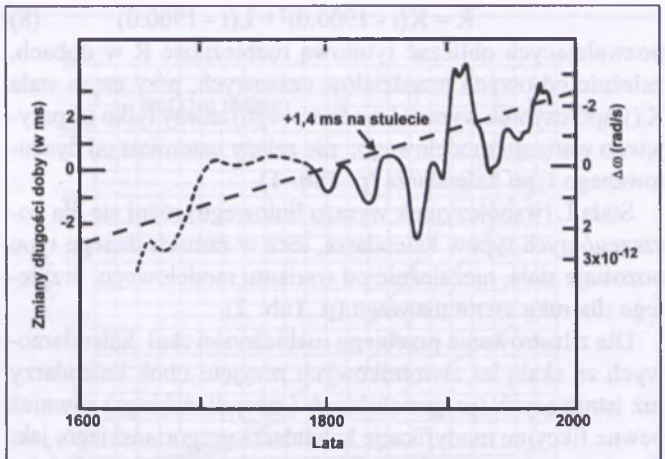
(dla wiekowego wydłużania się doby o 1.4 ms/stulecie, którego udział w drugim członie (6) wynosi: $-0^d.00000592\ T$), oraz

rok zwrotnikowy = $365^d.24219607 - 0^d.00001629\ T$ (7)

(dla wiekowego wydłużania się doby o 2.4 ms/stulecie, którego udział w drugim członie (7) wynosi: $-0^d.00001015\ T$).



Rys. 3. Momenty zaćmień, zanotowane w kronikach babilońskich, chińskich i arabskich, informują o długości doby w przeszłości (p. *Morrison 1985, Stephenson and Morrison 1984*).



Rys.4. Powiększenie końcowego fragmentu wykresu z Rys.3; uwidoczniono wiekowy trend na tle cyklicznych zmian długości doby (p. *Morrison 1985*).

W formułach (6) i (7) T jest wyrażone w stuleciach julianskich, liczonych od 1900.0, co wiąże się z tym, że efekty kumulacyjne opóźnienia się Ziemi w jej ruchu obrotowym są praktycznie naliczane od tamtej epoki, a jednostki czasu jednostajnie upływającego (skali dynamicznej, ale także atomowej) powstały dzięki swego rodzaju „zamrożeniu" ówczesnych jednostek średniego czasu słonecznego. Najwygodniej jest zatem rozpatrywać łączny wpływ obydwu, branych tu pod uwagę, efektów wiekowych od tego właśnie momentu. Można zatem przyjąć, że formuły (6) i (7) oddają długość roku zwrotnikowego w dobach wydłużających się liniowo; uwzględniają przy tym także wiekowe przyspieszenie precesji i mogą być stosowane, podobnie jak formuła (3), w przedziale czasowym do około 20 000 lat w przyszłość, bądź w przeszłość. Formuły te nadają się więc do bezpośredniego analizowania ścisłości reguł kalendarzowych, gdyż te wyrażają rok, zarówno konkretny, jak i uśredniony, w dobach rzeczywistych, czyli wydłużających się.

5. Rozbieżność skal lat kalendarzowych i zwrotnikowych.

Konfrontację efektu kumulacji różnic rytmów naturalnych i umownych można przeprowadzać posługując się wyrażeniami mniej lub bardziej uproszczonymi; przyjmując np. na wartość roku zwrotnikowego jedynie pierwszy (stały) wyraz wzoru (3). Przy takich założeniach konstruowano dotychczas reguły kalendarzowe. Tego rodzaju wstępną dyskusję oznaczymy symbolem *a*, utrzymując zgodność z symboliką „modelową", przyjętą poprzednio.

Pełna, uwzględniająca wiekowe przyspieszenie precesji, formuła (3) (a dawniej (1)) prezentuje model lepiej przystający do rzeczywistości, choć jeszcze idealizowany przez zastosowanie doby niezmiennej. Dyskusję z nim związaną oznaczmy symbolem *b*.

Formuły (6) i (7) stanowią modele najlepiej nawiązujące do rzeczywistości, zatem ich zastosowanie prowadzi do wniosków bardziej miarodajnych, ujętych odpowiednio w wariantach *c* i *d* zależnie od przyjętego tempa wydłużania się doby.

Zastosowanie wspomnianych tu formuł do obliczania interwałów czasu, określanych skądinąd regułami odpowiednich kalendarzy, prowadzi do związków postaci:

$$R = K(t - 1900.0)^2 + L(t - 1900.0) \quad (8)$$

pozwalających obliczać tytułową rozbieżność R w dobach, zależnie od owych przedziałów czasowych, przy czym stała K (współczynnik wyrazu kwadratowego) zależy tylko od przyjętego wariantu modelowego; nie zależy natomiast od dyskutowanego typu kalendarza (p. **Tab. 1**).

Stała L (współczynnik wyrazu liniowego) różni się dla poszczególnych typów kalendarza, lecz w ramach danego typu pozostaje stała, niezależnie od wariantu modelowego, przyjętego dla roku zwrotnikowego (p. **Tab. 2**).

Dla zilustrowania przebiegu rozbieżności skal kalendarzowych ze skalą lat zwrotnikowych przyjęto obok kalendarzy już istniejących (gregoriańskiego i neojuliańskiego) również pewne fikcyjne modyfikacje kalendarza gregoriańskiego, jak: G_{500}, G_{600}, G_{1000} i G_{LSZ}, w których lata „setkowe" byłyby przestępnymi nie raz na 400 lat (jak w kalendarzu gregoriańskim), lecz raz na: 500, 600, 1000 lat, albo mielibyśmy w ogóle wszystkie lata „setkowe" zwykłe (LSZ).

Odwrócenie zależności w celu otrzymania momentu czasu *t* (w latach), odpowiadającego postulowanej wartości rozbieżności R (w dobach) prowadzi ogólnie do związków typu:

$$t_{(A.D.)} = A + B(1 + CR)^{0.5}, \quad (9)$$

gdzie A, B, C są stałymi, które dla kolejnych wariantów przybliżeniowych roku zwrotnikowego dają w przypadku np.kalendarza gregoriańskiego następujące adaptacje (9):

b) $t_{(A.D.)} = -3050.0 + 4950.0\ (1 + 1.3293864\ R)^{0.5}$

c) $t_{(A.D.)} = -620.149254 + 2520.149254\ (1 + 2.61114\ R)^{0.5}$

d) $t_{(A.D.)} = +34.254 + 1865.746\ (1 + 3.52699\ R)^{0.5}$

przy czym dla wariantu *a)* wyrażenie redukuje się do postaci:

$$t_{(A.D.)} = 1900.0 + 3290\ R.,$$

Podobne formuły, uzyskane z rozwiązań równań kwadratowych typu (8), otrzymujemy dla kalendarza neojuliańskiego i różnych, występujących w Tabeli 2. przykładowych „udoskonaleń" kalendarza gregoriańskiego. Ostateczny przebieg narastania rozbieżności skal przy zastosowaniu różnych wariantów modelowych roku zwrotnikowego wobec różnych kalendarzy ilustrują **Rys. 5 - 10**, z których łatwo można odczytać następujące wnioski.

6. Wnioski.

1. Najbardziej bliskie prawdy, przyszłe wartości rozbieżności kalendarzowych, są przedstawione na każdym z 6 diagramów **(Rys. 5 - 10)** przez parabole C i D; proste A i parabole B mają jedynie orientacyjne znaczenie, odpowiadają bowiem zbyt uproszczonym modelom roku zwrotnikowego.
2. Staranie się (poprzez formułowanie wyrafinowanych reguł) o uzyskanie wyjątkowo udanego zbliżenia średniej wartości roku kalendarzowego do aktualnej wartości roku zwrotnikowego jest bez wątpienia godne pochwały, lecz autor kalendarza powinien umieć pogodzić się ze stosunkowo szybkim niweczeniem swych wysiłków przez łączny wpływ wiekowego przyspieszenia precesji i przypływowego wydłużania się doby, widoczny w przebiegu parabol C i D - na wszystkich rysunkach.
3. Nawet rozmyślne nawiązywanie nie do obecnych, lecz do przyszłych wartości roku zwrotnikowego (p. kalendarze: G_{500}, G_{600}, G_{1000}, G_{LSZ}) nie tylko nie chroni takiego „dzieła" przed nieubłaganym efektem „parabolicznym" w dalszej przyszłości, lecz psuje jego dopasowanie do naturalnego rytmu lat zwrotnikowych natychmiast i na najbliższe tysiąclecia; pojawiają się wtedy na wykresach rozbieżności ujemne.
4. Nasuwa się wprawdzie pomysł rozwiązania w postaci „dynamicznych" reguł kalendarza, które dawałyby z jednej strony bardzo staranne zbliżenie średniego roku kalendarzowego do aktualnego (lub mającego wnet stać się aktualnym) roku zwrotnikowego, a z drugiej strony przewidywałyby przyspieszane (w ciągu wieków) „gubienie" lat przestępnych, przez ich zamianę na zwykłe - tak, aby kalendarz mógł dotrzymać kroku „kurczącemu się" rokowi zwrotnikowemu. Problem jednak leży w tym, że nie wiadomo dziś czy lepiej byłoby dopasowywać się do paraboli C czy D, czy też do jakiejś pośredniej; lub może do innej paraboli E, odginającej się w górę jeszcze bardziej ostro, niż D?

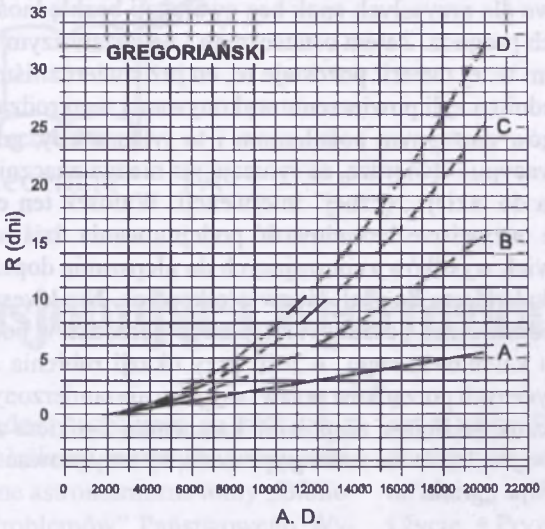
Wystarczy tu choćby wspomnieć, że uruchomienie - na razie jeszcze hipotetycznego - mechanizmu ocieplenia wiekowego (poprzez tzw. efekt cieplarniany, związany z nadmiarem CO_2 w atmosferze) tak, by topniały lody podbiegunowe, mogłoby spowodować m.in. nieobliczalne wydłużenie się doby. Długość doby jest bowiem potencjalnie niebywale czułym wskaźnikiem wydajności procesu topnienia lodów arktycznych i antarktycznych. Nawet nieznaczne „nadtopienie" ich tak, by poziom wody w oceanach podniósł się o 1 metr, spowodowałoby jaskrawo wyraźne wydłużenie się doby. Już bardzo grube oszacowanie względnego przyrostu momentu bezwładności Ziemi daje tu: $\Delta I/I \cong 10^{31} / 10^{38} = 10^{-7}$. W tym samym stosunku zmalałaby oczywiście prędkość kątowa obrotu Ziemi i wydłużyłaby się doba; ale 10^{-7} doby, to prawie 0.01 sekundy. L. Morrison (1985) podaje - na podstawie zapewne dokładniejszego rachunku - wartość nawet 1,5 razy większą: 15 ms. Wartości tego rzędu są olbrzymie, zarówno wobec efektów przypływowych, o których tu już mówiliśmy, jak i wobec współczesnych możliwości dokładnego pomiaru czasu. Byłyby zatem bardzo łatwo wykrywalne. (Nb. brak tego rodzaju fenomenu

Tab. 1. Wartości stałej K, w zależności od wariantu modelowego

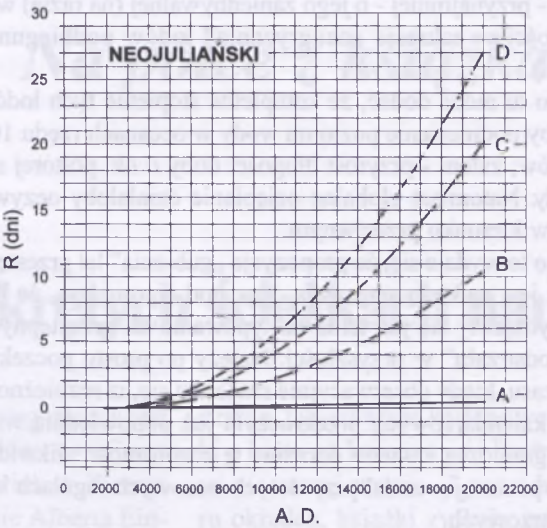
wariant	K
a	0
b	3.07×10^{-8}
c	6.03×10^{-8}
d	8.145×10^{-8}

Tab. 2. Wartości stałej L dla poszczególnych kalendarzy

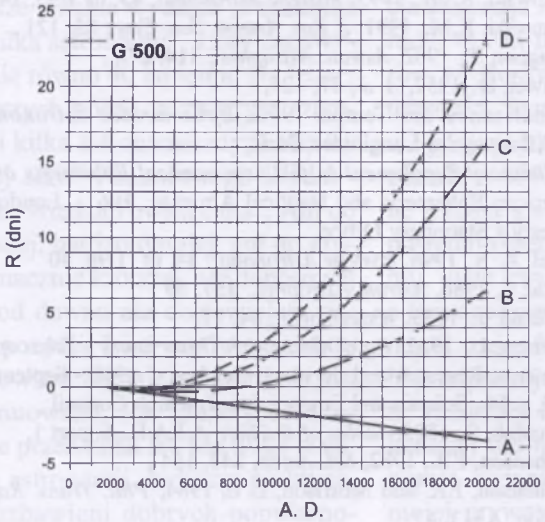
Kalendarz	L
gregoriański	0.00030393
neojuliański	0.000026152
G_{500}	−0.00019607
G_{600}	−0.00052940
G_{1000}	−0.00119607
G_{LSZ}	−0.00219607



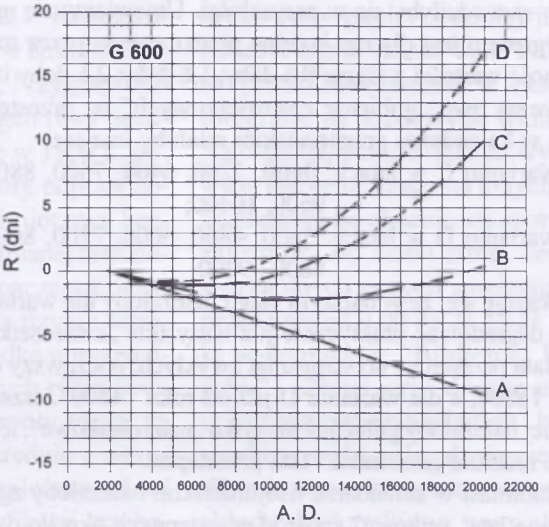
Rys. 5. Rozbieżność R kalendarza gregoriańskiego ze skalą lat zwrotnikowych. Linie A, B, C, D odpowiadają modelom przybliżonym: *a, b, c, d* roku zwrotnikowego (p. tekst artykułu).



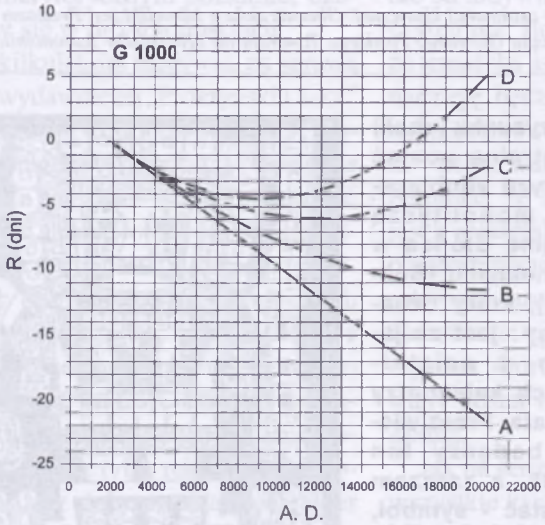
Rys. 6. Rozbieżność R kalendarza neojuliańskiego w konwencji Rys. 5.



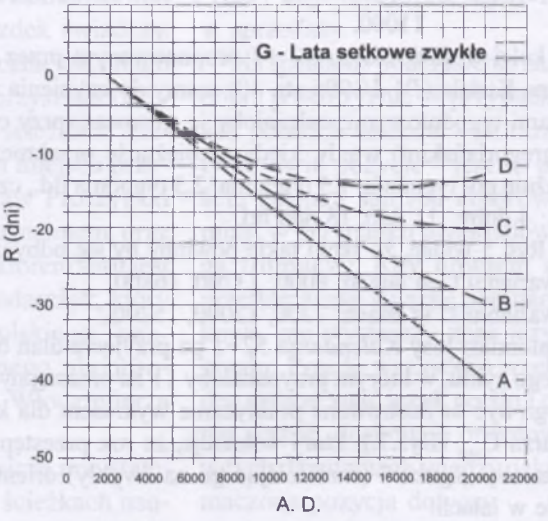
Rys.7. Rozbieżności R zmodyfikowanego kalendarza gregoriańskiego, G_{500} (p. tekst), w konwencji Rys.5.



Rys.8. Rozbieżności R zmodyfikowanego kalendarza gregoriańskiego, G_{600} (p. tekst), w konwencji Rys.5.



Rys.9. Rozbieżności R zmodyfikowanego kalendarza gregoriańskiego, G_{1000} (p.tekst), w konwencji Rys.5.



Rys. 10. Rozbieżności R zmodyfikowanego kalendarza gregoriańskiego G_{LSZ} (p. tekst), w konwencji Rys. 5.

świadczy albo o nieistnieniu efektu globalnego ocieplenia, albo - przynajmniej - o jego zaniedbywalnej (na razie) wydajności w zakresie „nadgryzania" lodów podbiegunowych).

Warto tu może dodać, że kompletne stopienie tych lodów dałoby podniesienie poziomu wody w oceanach rzędu 100 metrów; zatem - przyrost długości doby o ok. półtorej sekundy. Natomiast globalne oziębianie działałoby oczywiście w kierunku przeciwnym.

Mimo to wydaje się, że propozycja „gubienia" lat przestępnych jest całkiem sensowna, lecz pod warunkiem, że nie zdecydujemy się już teraz na typowanie lat przestępnych „do odstrzału" w przyszłości. Należy po prostu poczekać do czasu, kiedy obserwacyjnie stwierdzi się, iż rozbieżność skal kalendarzowych przekroczyła już odpowiednią wartość graniczną i wtedy doraźnie tę rozbieżność zlikwidować, pozostając nadal przy dotychczasowych regułach kalendarzowych.

5. Wniosek powyższy nie przeszkadza nam w odczytaniu z **Rys. 5, 6 i 7** przepisów na przyszłościowy „odstrzał" lat przestępnych w założeniu, że modele *c* i *d* roku zwrotnikowego sprawdziłyby się w przyszłości. Umawiamy się np., że sygnałem jest dla nas kolejne przekroczenie przez rozbieżność wartości z ciągu: 0,6 doby, 1,6 doby, 2,6 doby itd. Wówczas owo „gubienie czterosetkowych" lat przestępnych w kalendarzu gregoriańskim miałoby miejsce:

dla wariantu C w latach: 3600, 5200, 6400, 7600, 8800, 9600, 10400;

dla wariantu D w latach: 3600, 4800, 6000, 7200, 8000, 8800, 9200;

Okazuje się, że w dalszym ciągu należałoby dla wariantu C degradować praktycznie już wszystkie „czterosetkowe" lata przestępne do statusu lat zwykłych, począwszy od roku 16800, a dla wariantu D już od roku 14800. Jeszcze później należałoby gubić już nie tylko „czterosetkowe", lecz także niektóre „normalne" lata przestępne.

Natomiast w kalendarzu neojuliańskim należałoby zgubić inne lata „setkowe" spośród przestępnych określonych jego regułami:

dla wariantu C: 5100, 6900, 8300, 9600, 10500, 11400, 12300;

dla wariantu D: 4700, 6500, 7400, 8700, 9200, 10100, 11000.

Z kolei w *Kalendarzu 52 +1* proponowanym przez p. Adama Kisiela (*PA 1*/1996 str. 40) mamy do czynienia ze skokami tygodniowymi; należałoby je stosować (przy cyklu gregoriańskim) wtedy, kiedy rozbieżność przekroczy wyraźnie pół tygodnia, 1,5 tygodnia, 2,5 tygodnia itd., czyli np.: 4 doby, 11 dób, 18 dób itd.

Z Rys. 5 widać, że skoki takie powinny by się odbyć:

dla wariantu C w latach: 8000, 13200, 16800;

dla wariantu D w latach: 7200, 12000, 15200;

Natomiast losy *Kalendarza 52+1* po przyjęciu dlań 62-letniego cyklu, w którym przypadałoby 11 lat przestępnych - mogą być tu ilustrowane praktycznie wykresem dla kalendarza G_{500} **(Rys.7.)**, który wskazuje, że rok przestępny należałoby „zgubić" (zamieniając go na zwykły) orientacyjnie w latach:

dla wariantu C: 12000, 17200, 20800;

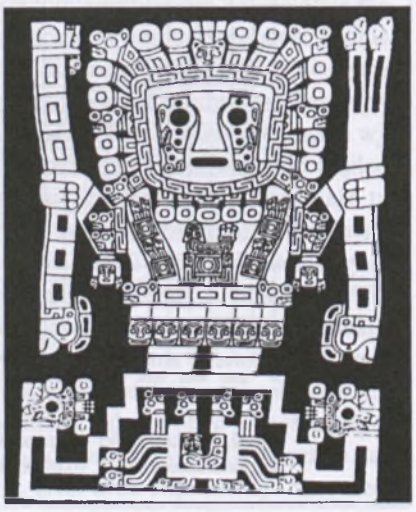
dla wariantu D: 10200, 14800, 18000.

Nie mamy jednak prawa, by programować reguły kalendarzowe dla przyszłych epok bez gwarancji bezbłędności naszych prognoz. Zatem ostatecznym i najuczciwszym wnioskiem w tej materii pozostaje to, co już stwierdziliśmy poprzednio, czyli powierzenie wykonywania tego rodzaju zabiegów następnym pokoleniom i to tylko wtedy, gdy obserwacyjnie stwierdzą, że sytuacja już niedwuznacznie dojrzała do takiej „ręcznej" interwencji. Wniosek ten eksponuje oczywiście bezcelowość podejmowania dziś jakichkolwiek wysiłków zmierzających do ulepszania dopasowania kalendarza do skali lat zwrotnikowych. Nie kwestionuje jednak sensu poszukiwań lepszego porządku w podziale roku kalendarzowego. A jeśli przy okazji robienia systematycznych porządków pojawi się, jako niezamierzony twór uboczny, ściślejsze zespolenie kalendarza z rokiem zwrotnikowym, to nie ma żadnego powodu, by rezygnować z tego rodzaju „gratki".

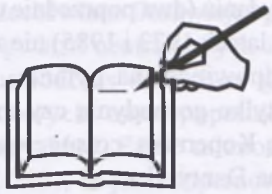
Literatura:

Borkowski, K. M., 1992, *Postępy Astronomii*, **40**, nr 2/92, 62,
Borkowski, K. M., 1994, *Postępy Astronomii*, **42**, nr 1/94, 14,
Borkowski, K. M., 1995, *Postępy Astronomii*, **43**, nr 1/95, 14,
Borkowski, K.M., 1991, *J. Roy. Astron. Soc. Can.*, **85**, 121 ,
Bretagnon, P., 1982, *Astron. Astrophys.*, **114**, 278 ,
Brouwer, D., 1952, *A. J.*, 57, 125,
Connaissance des Temps, 1990, *Ephemerides astronomiques 1991*,Bureau des Longitudes, Paris,
Explanatory Supplement to the Astronomical Ephemeris and the, American Ephemeris and Nautical Almanac, 1961, London, Her Majesty's Stationery Office.
Kisiel, A. S., 1996, *Postępy Astronomii*, 44, nr 1/96, 40
Laskar, J., 1986, *Astron. Astrophys.*, **157**, 59 ,
Mietelski, J., 1983, *Wszechświat*, **84**, 77,
Morrison, L., 1985, *Royal Greenwich Observatory - Telescopes*, Instruments, Research and Services, October 1 1980 - September 30 1985, p.44 , Science and Engineering Research Council ,
Newcomb, S., 1895, *Tables of the Sun*, A.P.A.E., 6, part 1,
Stephenson, F.R., 1982, *Sci. Amer.*, **247**, 154 ,
Stephenson, F.R. and Morrison, L.V., 1984, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A313, 47,
U. S. N. O. Circ. N. 163, 1981.

Dr Jan Mietelski jest astronomem krakowskim, specjalizującym się w astronomii klasycznej. Obecnie doktor Mietelski jest Prezesem Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.



Na rysunku (obok) centralna postać z fryzu zdobiącego monolityczą Bramę Słońca w Tiahuanaco (Boliwia), który uznawany jest za jeden z najstarszych kalendarzy świata. Przez wielu badaczy ten znak, a zarazem postać - symbol, utożsamiany jest z Wirakoczą - Twórcą Świata.



Recenzje PA

Na półce z książkami

Pasjonująca wędrówka po krętych ścieżkach nauki

Błądząc wzrokiem po półkach z książkami, z łatwością rozpoznaję liczne astronomiczne tomy „Biblioteki Problemów" Państwowego Wydawnictwa Naukowego. Z rozrzewnieniem spoglądam na mocno „zaczytany" tom pierwszy - toż to przecież pierwsze polskie wydanie „Poradnika miłośnika astronomii", który zachwycił mnie równo 40 lat temu. Na jednej z wyższych półek, w zwartym szeregu stoi kilka astronomicznych tomów „Złotej serii" Państwowego Wydawnictwa „Wiedza Powszechna". Ani do pierwszej, bardzo długiej, ani do drugiej, znacznie krótszej, ale doborowej serii, od dawna nie dostawiałem nowych pozycji. I już nigdy nie dostawię, bowiem żadna z tych serii nie jest kontynuowana. Ich zanik spowodował, że przez kilka lat, nie tylko w zakresie astronomii, byliśmy praktycznie pozbawieni dobrych popularnonaukowych książek. Właśnie książek, bo kolorowe popularnonaukowe komiksy, o różnym, częstokroć bardzo niskim merytorycznym poziomie, ukazywały się w dużych ilościach.

Po kilkuletniej przerwie, za sprawą firmy wydawniczej „Prószyński i S-ka" znowu mogę kompletować dobre popularnonaukowe książki. W reklamie serii „Na ścieżkach nauki" przeczytać można: „książki o największych odkryciach astronomii, biologii czy fizyki oraz opowieści o najsłynniejszych uczonych, mogą być równie ciekawe jak najlepsze powieści sensacyjne". Po przeczytaniu książek, jakie się już ukazały, stwierdzić mogę, że zdanie powyższe jest nie tylko reklamowym sloganem, lecz dobrze oddaje charakter wydanych dotąd pozycji. Serię zaczęto wydawać w 1995 r. i obecnie, to znaczy w maju 1996 r. w księgarniach jest dostępnych już 13 tytułów: *** Czarne dziury i Wszechświat, * Ziemia i życie, * Prywatne życie Alberta Einsteina, *** Czy jest tam kto ?, Podwójna helisa, ** Hiperprzestrzeń, Przez dziurkę od klucza, *** Prywatne życie Mikołaja Kopernika, * Kres ewolucji, ** Pan Tompkins w Krainie Czarów, ** Boska cząstka, Przygody matematyka, Samolubny gen (trzy ostatnie pozycje ukazały się w 1996 r., pozostałe w 1995 r.). Tytuły poprzedzone trzema gwiazdkami, dotyczą bezpośrednio szeroko rozumianej astronomii, dwie gwiazdki oznaczają książki o tematyce z pogranicza fizyki i astronomii, zaś jedną gwiazdką poprzedziłem te pozycje, w których tylko pewne rozdziały lub fragmenty tekstu są bardziej lub mniej pośrednio z astronomią związane. Niezależnie od tej mojej prywatnej klasyfikacji, zachęcam do sięgnięcia po wszystkie pozycje. Wszystkie są bowiem bardzo ciekawe i warte przeczytania. Niezależnie od indywidualnych zainteresowań czytelnika. Ilość gwiazdek świadczy, że tematyka astronomiczna jest i mam nadzieję, będzie też w przyszłości często prezentowana „Na ścieżkach nauki". Może warto w tym miejscu przypomnieć, że Mieczysław Prószyński jest z wykształcenia astronomem, oraz poinformować, że redaktorem serii jest astronom Jarosław Włodarczyk, który na ostatnim zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego uhonorowany został medalem Włodzimierza Zonna.

Jak na serię wydawniczą przystało, wszystkie książki „Na ścieżkach nauki" mają jednakowy format (142 x 202 mm) i jednakową szatę graficzną - czarne, lakierowane kartonowe okładki z ładnymi kolorowymi ilustracjami na pierwszej stronie. Z powodu koloru okładek, książki zyskały już przydomek „czarnej serii" ale w dobrym tego słowa znaczeniu. Pomiędzy okładkami znajdujemy starannie zadrukowany papier średniej jakości. Niezbyt liczne czarno-białe ilustracje, to rysunki umieszczane w tekście lub fotografie na kredowych wkładkach. Na ostatniej stronie okładki wydrukowana jest cena, czego na innych książkach raczej się obecnie nie spotyka. W zależności od ilości stron, ceny poszczególnych pozycji zawierają się w przedziale od 9.00 do 21.50 zł. Książki wspomnianej „Biblioteki Problemów" i „Złotej serii" drukowane były w jednorazowych nakładach i bardziej chodliwe szybko ulegały wyczerpaniu. Współczesna, komputerowa technika składu drukarskiego pozwala tego uniknąć. Wydawca obiecuje, że poszczególne tytuły „Na ścieżkach nauki" będą na bieżąco dodrukowywane - tak, aby wszystkie były zawsze w sprzedaży.

Na specjalne podkreślenie zasługuje dobra polszczyzna. W przypadku książek polskich autorów - na razie są to tylko dwie pozycje - jest to oczywiście zasługą samych autorów, natomiast w przypadku przekładów zasługą tłumaczy. Aby bowiem dobrze przetłumaczyć książkę popularnonaukową, nie wystarczy znać język oryginału. Przede wszystkim trzeba bardzo dobrze znać język polski i co równie ważne, doskonale orientować się w tych dziedzinach wiedzy, jakich tłumaczona pozycja dotyczy.

Po tych ogólnych uwagach, czas na dokładniejsze przyjrzenie się poszczególnym

astronomicznym pozycjom serii „Na ścieżkach nauki".

Autorem **„Czarnych dziur i Wszechświata"** (przekład - Stanisław Bajtlik, posłowie - Marek Demiański; ilustracje - 24, dowcipne rysunki Konstantina N. Moszkina, literatura uzupełniająca w języku polskim; indeks nazwisk; str. 240; cena 9 zł) jest Igor Nowikow. Wybitny rosyjski astrofizyk i kosmolog, pracujący obecnie w Danii. Zgodnie z tytułem, w pierwszej części książki jest mowa o naturze czarnych dziur i ich powstawaniu, o zjawiskach fizycznych zachodzących w otoczeniu tych niezwykłych obiektów oraz o metodach ich poszukiwań. Część druga dotyczy budowy Wszechświata, jego powstania w Wielkim Wybuchu i jego przyszłych losów. Książka napisana jest prostym, niemalże potocznym językiem i nie zawiera ani jednego wzoru. Pomimo tego, a może właśnie dlatego i dzięki popularyzatorskiemu talentowi autora, powinna być zrozumiała przez każdego czytelnika. Ponieważ oryginał ukazał się ładnych kilka lat temu, bardzo cennym dodatkiem jest posłowie, z którego dowiadujemy się, na jakim etapie dzisiaj znajdują się badania czarnych dziur i ewolucji Wszechświata.

Autorem książki **„Ziemia i życie. Rozważania o ewolucji i ekologii"** (ilustracje - 32 rysunki Karola Sabatha oraz piękne grafiki zaczerpnięte ze starych wydawnictw, indeks, str. 272, cena 9 zł) jest Marcin Ryszkiewicz. Znany popularyzator wiedzy, pracujący w Muzeum Ziemi PAN w Warszawie. Jego najnowsza książka, to zbiór esejów, publikowanych w ciągu kilku ostatnich lat na łamach miesięcznika „Wiedza i Życie". Wszystkie są bardzo ciekawe, a szeroko rozumianej astronomii dotyczy rozdział „Czy człowiek mógł powstać na innych planetach?" i pewne fragmenty rozdziałów „Efekt szklarni" oraz „Czy człowiek może zniszczyć życie?".

Książkę **„Prywatne życie Alberta Einsteina"** (przekład - Marek Krośniak; ilustracje - 18 fotografii, obszerne przypisy i źródła cytatów; bibliografia, indeks nazwisk, str. 416, cena 12 zł), której autorami są Roger Highfield i Paul Carter, czyta się jednym tchem. Wiedzieliśmy oczywiście, że Einstein, twórca szczególnej i ogólnej teorii względności, będących podstawą relatywistycznej astrofizyki i całej współczesnej kosmologii, był osobowością nietuzinkową. Słyszeliśmy wiele anegdot i widzieliśmy jego zdjęcie z wywalonym na fotoreporterów językiem. Ale były to tylko zabawne drobiazgi, nie psujące dostojnego obrazu, wyłaniającego się z uładzonych biografii. Dopiero prywatna korespondencja uczonego, udostępniona historykom pod koniec lat osiemdziesiątych, pozwoliła napisać niniejszą, skandalizującą, ale doskonale udokumentowaną książkę. W 1993 r. jej angielskie wydanie wywołało spore poruszenie i stało się światowym bestsellerem. Okazało się bowiem, że ten genialny fizyk był człowiekiem z krwi i kości. Lubił nie tylko muzykę, o czym powszechnie wiadomo, ale także wino i kobiety. W stosunku do bliskich potrafił być zarówno czuły jak i okrutny, o czym najdobitniej przekonała się jego pierwsza żona Mileva. Pisywał do niej namiętne miłosne listy, a równocześnie nakłonił do oddania do adopcji ich przedślubnej córki. Zaś po latach wspólnego życia, porzucił ją dla kuzynki Elzy. Bywał wspaniałomyślny, ale także samolubny, tchórzliwy i arogancki. No cóż, nawet geniusz jest tylko człowiekiem, targanym namiętnościami i szukającym zwykłego ludzkiego szczęścia.

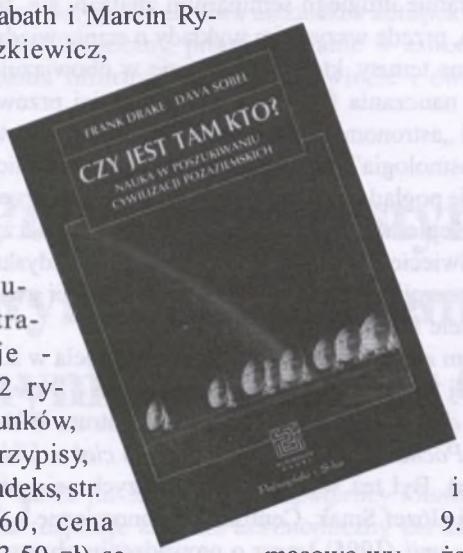
Przystępując do pisania książki **„Prywatne życie Mikołaja Kopernika"** (wydanie trzecie przejrzane i uzupełnione; ilustracje - 25 fotografii i reprodukcji dokumentów; str. 312; cena 14 zł), olsztyński historyk Jerzy Sikorski nie miał łatwego zadania, bo dysponował tylko garścią, przypadkowo zachowanych informacji. Prócz tego, miał jeszcze historyczną wiedzę o tym, jak żyli ludzie na przełomie XV i XVI wieku. I co najważniejsze, własną wyobraźnię, która pozwoliła nakreślić zdumiewająco bogaty wizerunek wielkiego astronoma. Wizerunek człowieka renesansu o wszechstronnych zainteresowaniach i umiejętnościach, rzetelnie wykonującym powierzane mu obowiązki. Mnie osobiście - z racji noszonego nazwiska - najbardziej interesuje sprawa Anny Schilling. Ale i w tym wydaniu (dwa poprzednie ukazały się w latach 1973 i 1985) nie znalazłem odpowiedzi na pytanie, czy była ona tylko gospodynią czy może konkubiną Kopernika, co sugerują listy biskupa Dantyszka.

Frank Drake i Dava Sobel są autorami książki **„Czy jest tam kto? Nauka w poszukiwaniu cywilizacji pozaziemskich"** (przekład - Elżbieta Bielicz i Marceli Krogulec, ilustracje - 14 fotografii i 11 rysunków, bibliografia, literatura uzupełniająca w języku polskim; słownik, zestawienie - programy SETI, indeks nazwisk, str. 320, cena 11 zł). Nazwisko pierwszego z autorów, wybitnego amerykańskiego radioastronoma, jest na pewno dobrze znane Czytelnikom *Postępów*. To właśnie on jako pierwszy, w 1960 r. podjął radiowe nasłuchy gwiazd w celu wyłowienia sygnałów, wysyłanych przez rozumne istoty. To on wymyślił termin „pulsar" i podał „wzór Drake'a", pozwalający szacować liczbę kosmicznych cywilizacji, z którymi moglibyśmy się porozumieć. Książka jest barwną opowieścią autora o jego życiowej przygodzie z problemem poszukiwania pozaziemskiej inteligencji (*Search for ExtraTerrestrial Inteligence* w skrócie SETI). Omówione są dotychczasowe poszukiwania oraz nowe programy badawcze, które - zdaniem autora - już wkrótce powinny wykazać, że nie my sami podziwiamy piękno Kosmosu.

Autorem książki **„Hiperprzestrzeń. Naukowa podróż przez wszechświaty równoległe, pętle czasowe i dziesiąty wymiar"** (przekład - Ewa L. Łokas i Bogumił Bieniok, ilustracje - 42 pomysłowe poglądowe rysunki Roberta O'Keefe, obszerne przypisy, literatura uzupełniająca angielska i polska, indeks, str. 456, cena 16.50 zł) jest amerykański fizyk Michio Kaku. Tematem książki jest liczba wymiarów, jakie posiada otaczający nas świat. Ponieważ problem ten dotyczy zarówno mikroświata cząstek elementarnych, jak i makroświata gwiazd i galaktyk, zagadnienia astronomiczne i kosmologiczne stanowią większą część obszernego tekstu. Między innymi, mowa o krzywiźnie przestrzeni i czarnych dziurach oraz o Wielkim Wybuchu i przyszłych losach

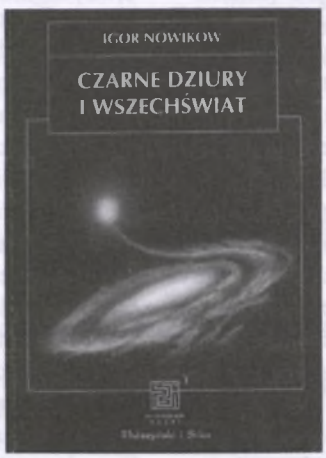
Wszechświata. Omawiając powstawanie gwiazd neutronowych i czarnych dziur podczas wybuchów gwiazd supernowych, autor popełnia merytoryczny błąd. Pisze mianowicie (str. 282-283), iż jako supernowe, wybuchają białe karły. Pisząc o podróżach w czasie, o wszechświatach równoległych i czasoprzestrzennych tunelach oraz o władcach hiperprzestrzeni czyli o kosmicznych cywilizacjach III typu, autor niezbyt wyraźnie zaznacza, że są to na razie zagadnienia czysto hipotetyczne. Kilku miłośnikom astronomii, powołującym się na tę doskonałą skądinąd książkę, musiałem już wyjaśniać, w jakich to miejscach autor puścił wodze fantazji.

Tematem książki **„Kres ewolucji. Dinozaury, wielkie wymierania i bioróżnorodność"** (przekład - Karol Sabath i Marcin Ryszkiewicz,



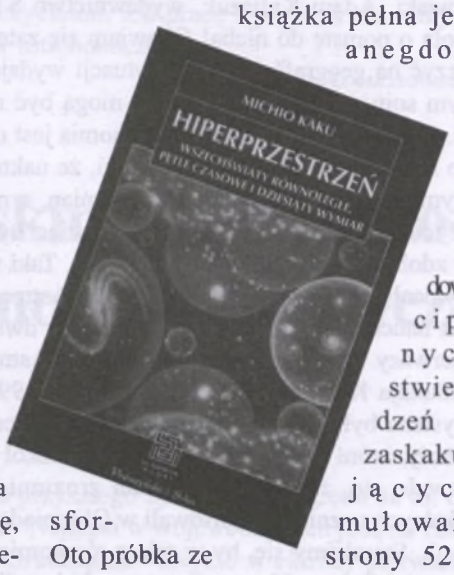
ilustracje - 12 rysunków, przypisy, indeks, str. 360, cena 13.50 zł) są masowe wymierania większości gatunków roślin i zwierząt, jakim wielokrotnie podlegała ziemska biosfera. Spośród pięciu wielkich wymierań, jakie miały miejsce w ciągu ostatnich 570 milionów lat, amerykański geolog i paleontolog Peter Ward wybrał trzy. Pierwsze z nich nastąpiło około 245 milionów lat temu na przełomie ery paleozoicznej a mezozoicznej, drugie na przełomie ery mezozoicznej i kenozoicznej, zaś trzecie zaczęło się około 2.5 miliona lat temu i trwa do dzisiaj, przy wydatnym i coraz wydajniejszym udziale człowieka. Czytelników *Postępów* szczególnie powinien zainteresować kosmiczny epizod, mocnym uderzeniem kończący wielkie wymieranie z przełomu mezozoiku i kenozoiku. Wtedy to, przed 65 milionami lat, uderzyła w Ziemię kilkukilometrowa planetoida. Jest niemalże pewne, iż ta kosmiczna katastrofa była bezpośrednią przyczyną nagłego wyginięcia dinozaurów. Drugim astronomicznym akcentem książki jest wzmianka o hipotezie, zgodnie z którą, zlodowacenia wywoływane są okresowymi zmianami nachylenia osi obrotu Ziemi oraz zmianami jej odległości od Słońca. Autor książki odnosi się do tej hipotezy bardzo sceptycznie.

Gdy wziąłem do ręki książkę George Gamowa: **„Pan Tompkins w Krainie Czarów"** (przekład - Maria J. Hurwic, Barbara Wojtowicz-Natanson, Ludwik Natanson, Marek Krośniak, słowo wstępne - Roger Penrose, ilustracje - 43 dowcipne rysunki George Gamowa



i Johna Hookhama, str. 208, cena 9.50 zł), od razu zorientowałem się, że kiedyś dawno już ją czytałem. I rzeczywiście, na półce stoi książka „Mister Tompkins w Krainie Czarów", wydana w 1960 r. jako 40 tom „Biblioteki Problemów". Obecne, trzecie polskie wydanie (drugie ukazało się w 1962 r.), bazujące na angielskiej edycji z 1994 r., jest obszerniejsze niż poprzednie. Warto wspomnieć, że pierwsze angielskie wydania niezwykłych przygód pana Tompkinsa, ukazały się w latach 1940 i 1944. Pomimo upływu ponad 50 lat, wspaniałe, fantastyczno-naukowe dzieło Gamowa - wybitnego amerykańskiego astrofizyka, jednego z twórców teorii Wielkiego Wybuchu - jest lekturą pasjonującą. Tytułowa „kraina czarów" to zadziwiający świat współczesnej fizyki i kosmologii. Sympatyczny bohater doświadcza tam efektów ogólnej i szczególnej teorii względności, przeżywa pulsowanie Wszechświata, spotyka wybitnych kosmologów w roli śpiewaków operowych, jako elektron krąży wokół atomowego jądra i w kwantowej dżungli poluje na kwantowego tygrysa.

Opasłe tomisko **„Boska cząstka. Jeśli Wszechświat jest odpowiedzią, jak brzmi pytanie?"** (przekład - Elżbieta Kołodziej-Józefowicz, ilustracje - 12 rysunków, literatura uzupełniająca w języku polskim, str. 564, cena 21.50 zł), napisane przez Leona Ledermana i Dicka Teresi, czyta się bardzo lekko. Pierwszy z autorów w 1988 r. dostał Nagrodę Nobla za badania cząstek elementarnych, a w 1993 r. napisał książkę, która jest podobno najzabawniejszą książką o fizyce, jaką dotąd wydano. Podzielam tę opinię - książka pełna jest anegdot,



dowcipnych stwierdzeń i zaskakujących sformułowań. Oto próbka ze strony 520: *„Model Wielkiego Wybuchu pojawił się na skutek odkrycia, że wszystkie galaktyki oddalają się od pewnego pana, który nazywa się Edwin Hubble"*. W sumie, jest to błyskotliwa, skrząca się dowcipem opowieść o poszukiwaniach najmniejszych, niepodzielnych składników materii - od atomów, wymyślonych w V wieku p.n.e. przez Demokryta, aż do kwarków, z których ostatni odkryto w 1994 r. Zaś tytułowa „boska cząstka", to hipotetyczny bozon Higgsa, który powinien rozwiązać obecne problemy, związane nie tylko z teorią cząstek elementarnych, ale także z teorią powstania Wszechświata w Wielkim Wybuchu.

Kazimierz Schilling

Seminarium dla nauczycieli fizyki

1 - 3 grudzień 1995, Koninki

Od wielu lat nie ma już przedmiotu „astronomia" w szkołach średnich. Wbrew jednak ustaleniom Ministerstwa Edukacji, zarówno dzieci jak i młodzież bardzo się astronomią interesują. Władze oświatowe twierdzą, że tematy astronomiczne pojawiają się w ramach innych lekcji, głównie fizyki i geografii. Tymczasem np. na Uniwersytecie Warszawskim Wydział Geografii od kilku lat w ogóle wykładów z astronomii nie ma! Astronomiczna część podręcznika, jaki został przez „nowe pokolenie geografów" napisany (Geografia 5 - Krajobrazy świata; Katarzyna Ostaszewska, Wojciech Lewandowski, Adam Kaliszuk, wydawnictwo STENTOR, 1995) woła o pomstę do nieba! Obawiam się zatem, że nie ma co liczyć na geografów. W tej sytuacji wydaje się, że naturalnym sojusznikiem astronomów mogą być nauczyciele fizyki. Z drugiej jednak strony astronomia jest obecnie tak szybko rozwijającą się dziedziną nauki, że uaktualnianie wiedzy wymaga nieustannego śledzenia zmian, a na to trudno nauczycielom znaleźć czas. Dobrze więc byłoby im pomóc w zdobyciu niezbędnych wiadomości. Taki właśnie cel przyświecał organizowaniu przez Komitet Astronomii seminariów dla nauczycieli fizyki. Odbyły się już dwukrotnie. Po raz pierwszy - w Warszawie, w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika, 19 i 20 listopada 1994 r. Zaproszenia wysłane były do wielu szkół w całej Polsce - wybieraliśmy szkoły, które należą do Towarzystwa Szkół Twórczych (wydawało się, że znajdziemy tam zrozumienie) oraz takie, z których uczniowie startowali w Olimpiadach Astronomicznych. Staraliśmy się, by w miarę równomiernie rozsiać listy po całej Polsce. Uprzywilejowana była tylko Warszawa, bo przy ograniczonych funduszach zaproszenie miejscowych nauczycieli było po prostu najtańsze. Wbrew pozorom, mimo, że organizatorzy zapewniali zajęcia merytoryczne, zwrot kosztów podróży oraz całodzienne wyżywienie - nie było za dużo chętnych do skorzystania z zaproszenia. Na seminarium w Warszawie udało się zgromadzić 14 nauczycieli poza warszawskich i 19 warszawskich (a liczyliśmy na 50 !). Program przewidywał przede wszystkim wykłady ze współczesnej astronomii. W podsumowującej dyskusji ostatniego dnia zasugerowano, by nieco zmienić formułę ewentualnego przyszłego seminarium i wprowadzić rodzaj warsztatów dla nauczycieli.

Organizując zatem spotkanie po raz drugi bogatsi byliśmy o doświadczenia i uzbrojeni w wiedzę z przeprowadzonej wśród uczestników ankiety. Drugie seminarium odbyło się w Koninkach - miejscowości wypoczynkowej położonej u podnóża Góry Tobołów, na obrzeżu Gorczańskiego Parku Narodowego. Pozwoliło to nie tylko na większą integrację zebranych (w Warszawie zarówno miejscowi wykładowcy jak i nauczyciele po zajęciach wracali do domów; w Koninkach niejako automatycznie było więcej czasu na dyskusje i dłuższe spotkania), ale i na wizytę w Obserwatorium Astronomicznym Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Krakowie. Obserwatorium to mieści się na Suhorze, 1000 m npm (wjazd z Koninek wyciągiem krzesełkowym na Górę Tobołów, 1195 m; dalej czekał nas około 20 minutowy spacer po wspaniałym śniegu). Zwiedzenie obserwatorium było jednym z marzeń uczestników pierwszego seminarium. Proponowano zresztą także przeprowadzenie prostych obserwacji astronomicznych, ale w ciągu niespełna 3 dni nie da się zrobić wszystkiego. W programie drugiego seminarium znalazły się, tak jak i poprzednio, przede wszystkim wykłady o stanie wiedzy astronomicznej na tematy, które znajdują się w obowiązującym programie nauczania fizyki. W klasie drugiej przewidziany jest dział „astronomia i grawitacja", w klasie czwartej „astrofizyka i kosmologia". W szkole powinno więc być miejsce na omówienie poglądów na budowę Wszechświata, przedstawienie praw Keplera, Układu Słonecznego, możliwości życia we Wszechświecie. Powinno być miejsce na przedyskutowanie źródeł energii gwiazd, na trochę spektroskopii gwiazdowej, na modele kosmologiczne.

Pod tym kątem zostały dobrane wykłady na zajęcia w Koninkach (Andrzej Sołtan, Centrum Astronomiczne - *Wszechświat wczoraj i dziś*, Krzysztof Ziołkowski, Centrum Badań Kosmicznych - *Pochodzenie i ewolucja małych ciał w Układzie Słonecznym*). Był też wykład o najnowszych osiągnięciach astronomii (Józef Smak, Centrum Astronomiczne - *Co nowego w astronomii (1995)*) oraz o prowadzeniu obserwacji astronomicznych (Jerzy Kreiner, WSP Kraków - *Szkolne obserwacje astronomiczne*) - „wzmocniony" wspomnianą wycieczką do obserwatorium. Nie zawsze można liczyć na pogodę i nie zawsze nauczyciel ma możliwości pokazania uczniom nieba - koledzy z Krakowa (Waldemar Ogłoza i Bartłomiej Zakrzewski) przygotowali prezentację różnych programów komputerowych mogących pomóc w nauczaniu astronomii.

Organizatorzy starali się, by wyjeżdżający z seminarium nauczyciele wywozili nie tylko wspomnienia, ale i materiały jakie mogą się im przydać w przyszłej pracy w szkole. Za pierwszym razem uczestnicy dostali dyskietki z programem Andrzeja Branickiego i Lecha Kaniowskiego pt. „As". W Koninkach przegrano nauczycielom na dyskietki wiele innych (omówionych wcześniej) programów. Konspekty wykładów i kopie foliogramów używanych przez wykładowców nauczyciele także dostali podczas seminarium. Biorąc pod uwagę kłopoty z wyborem książek astronomicznych, jakie mogą się nauczycielom przydać - podczas seminarium został zaprezentowany nowy podręcznik pt. *Astronomia - przewodnik po Wszechświecie*, Dinah L. Moche

(tłumaczenie Elżbieta Bielicz, Marceli Krogulec, Gdańskie Wydawnictwo Oświatowe, 1995). Prezentację prowadziła Elżbieta Bielicz.

Nie udało się niestety rozdać tych książek w Koninkach (drukarnia nie zdążyła z drukowaniem), ale zostały do uczestników rozesłane później. Dołączono też do nich dwa, zawierające astronomiczne plakaty, zeszyty Wiedzy i Życia ofiarowane przez Redakcję tego miesięcznika (Dziękujemy!).

Kilka godzin spotkania w Koninkach zostało przeznaczone na samodzielne (w kilkuosobowych grupach) przygotowanie konspektów lekcji astronomicznych. Cały czas dostępna była biblioteka (książki astronomiczne pożyczone z krakowskiej WSP) i wszyscy astronomowie wykładowcy obecni byli na sali, by ewentualnie służyć pomocą przy przygotowywaniu lekcji. Tematy zaproponowali w ankietach uczestnicy pierwszego seminarium, a były to: kosmologia (dwie grupy przygotowały dwa niezależne konspekty na ten temat), Układ Słoneczny, promieniowanie w astronomii - główny nośnik informacji o Wszechświecie i ewolucja gwiazd. Następnego dnia konspekty tych lekcji były prezentowane przez autorów (każdy wyjechał z ich kompletem, bo powielano je na miejscu). W dyskusji podsumowującej nie tylko omawiano konspekty, ale swoimi doświadczenimi dzielili się nauczyciele, którzy nieraz w bardzo nietypowy sposób astronomii uczą (np. pan Tomasz Kanarkowski ze Żnina urządza biwaki astronomiczne, na których młodzież sama wybiera sobie sposób, często zaskakujący, prezentacji astronomicznych treści.

Organizacją na miejscu zajmowali się koledzy z WSP Kraków (Jerzy Kreiner, Janusz Kałużny, Waldemar Ogłoza, Gabriel Pajdosz, Bartłomiej Zakrzewski), z ramienia Komitetu Astronomii szefował imprezie Mirosław Giersz, pomagała mu dzielnie Joanna Kuraszkiewicz, czasem też niżej podpisana.

Miejsce spotkania było cudowne, warunki bytowe wspaniałe, atmosfera miła, pogoda jak na zamówienie.

Miejmy więc nadzieję, że trzydniowe spotkanie w Koninkach ułatwi nauczycielom ich pracę i pozwoli nie omijać w szkole tematów astronomicznych.

Magdalena Kożuchowska

Przed trzynastym Ogólnopolskim Młodzieżowym Seminarium Astronomiczno-Astronautycznym (OMSA) w Grudziądzu*)

Od 20 już lat *Komisja Współpracy Planetariów Polskich* rozpisuje konkurs astronomiczny dla szkół ponadpodstawowych. Zadaniem uczniów jest przedstawienie, początkowo na piśmie, pracy na wybrany astronomiczny temat. Pisemne prace ocenia wojewódzkie jury, w skład którego musi wchodzić przynajmniej jeden zawodowy astronom, po czym prace najlepsze referowane są podczas wojewódzkiego seminarium. Tym razem jury ocenia wystąpienie przed publicznością (na ogół szkolni koledzy referentów i ci wszyscy, którzy nie zakwalifikowali się do referowania). Uczeń powinien przedstawić swoją pracę w 15 minut i umieć odpowiedzieć na zadawane pytania. Wbrew pozorom nie jest to dla młodzieży łatwe - często mają tendencję do używania słów, których nie rozumieją, starają się olśnić jury zamiast wyjaśniać zagadnienia kolegom, nudzą, czytają z kartki itp. Zadaniem jury jest prostowanie błędów i tłumaczenie trudniejszych spraw.

Wydaje mi się, że szkoła prezentacji jaką jest wygłaszanie referatu przed dużym zgromadzeniem dobrze przygotowuje młodych ludzi do przyszłego życia - bez względu na to, co kiedyś będą robić. Najlepsi w województwach jadą na finał ogólnopolski do Grudziądza - zwykle w okolicy pierwszego dnia wiosny, gdy większość młodzieży ucieka na mniej czy bardziej legalne wagary - zainteresowani mają swoje kilkudniowe święto: spotykają się na OMSA i w gruncie rzeczy na ogół ciężko pracują. Od rana do wieczora, często późnego, słuchają referatów, dyskutują, o ile się da - patrzą w niebo. Jest to jeden z wielu powodów, dla których cenię te spotkania.

Wróćmy jednak do spraw organizacyjnych. Rokrocznie jeden z głównych animatorów tej imprezy - dr Kazimierz Schilling z Planetarium Olsztyńskiego - wysyła do kuratoriów we wszystkich województwach prośbę o zawiadomienie szkół o konkursie. W województwach, które wyraziły ochotę wzięcia udziału w seminarium rozsyłane są do szkół zawiadomienia i około listopada/grudnia młodzież może zaczynać myśleć o przygotowaniu konkursowej pracy. Odzew bywa różny, ale seminarium rozwija się - od początkowo międzywojewódzkiego (dla kilku województw północnych) do ogólnopolskiego (np. w 1990 roku brało udział **19** województw, w 1996 - **27**). W 1997 roku planuje się ogólnopolskie seminarium numer trzynaście.

*) Ewentualnych Czytelników tej notki chciałam z góry uprzedzić, że będą to wyłącznie moje osobiste poglądy - nie reprezentuję stanowiska żadnej organizacji, stowarzyszenia itp. Nie mam oczywiście prawa twierdzić, że jestem obiektywna, ani że patrzę na sprawę z pozycji obserwatora - od lat współorganizuję konkursy w Warszawie i wielokrotnie bywałam w Grudziądzu jako juror.

Jak każda impreza, OMSA ma swoje liczne plusy i minusy. To co mi się szczególnie podoba to - jak już pisałam - możliwość zgromadzenia w jednym czasie i miejscu wielu osób interesujących się podobnymi zagadnieniami. Myślę, że bodaj najwięcej uczą się w grupie rówieśniczej. Sama niejednokrotnie bywałam świadkiem wymiany doświadczeń: podają sobie referencje do literatury, opisują kruczki numeryczne, dają instrukcje do konstrukcji przyrządów itp. Konkurs ma bardzo „miękki" regulamin - w ten sposób jest możliwość prezentacji bardzo różnych zagadnień, w bardzo różny sposób. Nie ma sztywnych wymagań, konieczności przebrnięcia wszystkich uczestników przez te same zadania - jak na Olimpiadzie Astronomicznej. Jest to konkurs bardzo demokratyczny - bez względu na to, czy ktoś mieszka w dużym czy w małym mieście, czy woli teorię czy obserwacje, czy ma pieniądze na duży komputer czy tylko własne oczy i myślącą głowę - szanse są równe. Najlepszym dowodem są doskonałe miejsca (w pierwszej piątce laureatów) zajmowane regularnie przez uczniów z Zespołu Szkół w Pasłęku - znalazła się tam znakomita nauczycielka, pani Maria Niegowska, która opiekuje się Kółkiem Astronomicznym i młodzież przygotowuje pod jej opieką bardzo ciekawe , wartościowe i nietypowe prace (np. parę lat temu dziewczyna użyła własnej twarzy jako „fotometru" i oszacowała wielkość... stałej słonecznej).

W 1996 roku uczeń Technikum Budowlanego z Włodawy pokazywał zdjęcia zbudowanego samodzielnie zegara słonecznego! Kiedyś chłopcy z Gdańska nakręcili film o Heweliuszu. Prezentowane są licznie prace obserwacyjne - często wynik wieloletniego zaangażowania autora w śledzenie nieba. Grube zeszyty notatek z amatorskich obserwacji nie różnią się od zapisków zawodowych obserwatorów z końca XIX i początku XX wieku! Jest to naprawdę imponujące. Młodzi ludzie, o których tak często i chętnie pisze się głównie niepochlebne opinie, pokazują w Grudziądzu - jak Księżyc - zupełnie inną twarz.

Nie bez znaczenia jest i to, że uczniowie mają okazję spotkania się z zawodowymi astronomami, popytać ich, podyskutować. Ostatnio OMSA trwa aż cztery dni - w środę rano zaczyna się pierwsza sesja referatów, w sobotę rano jest uroczystość zakończenia seminarium i wręczenie nagród. Jest to dość uciążliwe dla wszystkich uczestników, którzy praktycznie tydzień mają „wyrwany" z normalnych zajęć, ale z drugiej strony – świadczy o ilości zainteresowanych tą imprezą. Może więc tak już musi być?

XII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne - sala kinowa Planetarium w Grudziądzu (jak zwykle wypełniona po brzegi).

Nie twierdzę rzecz jasna, że światek grudziądzkich seminariów jest całkowicie różowy - zdarzają się i sytuacje niemiłe, nieodpowiedzialni opiekunowie młodzieży bratający się z chętnymi za pomocą dużej ilości piwa itp. Są to jednak wg mnie „wypadki przy pracy" i trzeba przyznać, że główni organizatorzy - Małgorzata Sróbka - Kubiak i jej mąż Mirosław Kubiak - starają się jak mogą, by drugi raz taki opiekun już się w Grudziądzu nie pojawił. Poza tym doświadczenie uczy, że często uczniowie są pozbawieni jakiejkolwiek opieki ze strony nauczyciela - nadesłane prace potrafią być żenujące. Widać to szczególnie na poziomie wojewódzkich konkursów, bo do Grudziądza jadą na szczęście tylko zwycięzcy (1 do 2) konkursów wojewódzkich. Moje doświadczenia z konkursów wojewódzkich (w Warszawie jestem w jury od kilkunastu lat) pokazują, że często prace są po prostu przepisane z istniejących na rynku książek i czasopism. Nauczyciele albo tego nie zauważają, albo nawet nie uważają tego za naganne - wielu mi mówiło, że przecież w ten sposób uczeń też się uczy. Tu oczywiście mają rację, ale pomysł, by taką pracę puścić na konkurs pozostawiam do oceny innym!

Reasumując:
Grudziądz stał się w moim przekonaniu miejscem, gdzie bardzo dużo dobrego się dzieje, gdzie młodzież „aktywizuje się astronomicznie". I dlatego wiadomość o tym, że Kutatorium Oświaty w Toruniu postanowiło... **wycofać swoje poparcie finasowe dla tej imprezy** przyjęłam nie tylko z ogromnym żalem ale i z prawdziwym rozgoryczeniem, a Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Astronomicznego też nie widzi możliwości finansowego patronatu nad Seminarium. Zlikwidowano astronomię jako przedmiot w liceum - starajmy się ją propagować tam wszędzie, gdzie to jest możliwe!

Akurat Grudziądz to nie jest przecież przedsięwzięcie bardzo kosztowne - seminarium odbywa się w sali kinowej planetarium, szkoła odstępuje ją nieodpłatnie. Dojazd do Grudziądza oraz wyżywienie i noclegi w Bursie finansują uczniom i ich opiekunom szkoły. Nagrody kupują kuratoria uczestniczące w konkursie - nie ma narzuconych kwot, jakie należy na nie przeznaczyć, więc w zależności od sytuacji materialnej „sponsora" nagrody bywają różne (w różnych latach bywały plecaki, turystyczne torby, kalkulatory, rozmaite książki, albumy, lunetki, lornetki). Towarzystwa, które delegują jurorów dorzucają na ogół swoje nagrody, ale też nie są to ogromne wydatki. Cała impreza istnieje dzięki garstce zapaleńców - czemu jej nie wspierać?

Czy naprawdę chcemy, by trzynastka stała się feralna?

Magdalena Kożuchowska

fot. Zbigniew Sulima

Ks. prof. Michał Heller doktorem honoris causa AGH

Znany bez wątpienia wszystkim polskim astronomom, a także wielu innym, wybitny kosmolog i filozof, ksiądz prof. Michał Heller otrzymał tę najwyższą godność naukową w jubileuszowym momencie swojego życia; urodził się bowiem w 1936 roku. Szczególnym zbiegiem okoliczności, uroczystość nadania mu doktoratu *honoris causa* miała miejsce dokładnie w dniu 37. rocznicy jego święceń kapłańskich, czyli prawie w połowie przedziału dzielącego srebrny i złoty jubileusz podjęcia Powołania.

Miał 10 lat, gdy powrócił z rodziną z syberyjskiej wywózki; siedem lat później zdawał w Tarnowie maturę, by po dalszych 6 latach uzyskać w KUL tytuł magistra teologii. Po następnych 6 latach studiów uzyskuje w 1965 r. na tej samej Uczelni tytuł magistra filozofii, na podstawie rozprawy dotyczącej zagadnień interpretacyjnych szczególnej teorii względności. Obejmuje następnie funkcję prefekta Seminarium Duchownego w Tarnowie, gdzie wykłada filozofię przyrody i kończy swą rozprawę doktorską na temat kosmologii relatywistycznej. Doktorat filozofii uzyskuje na KUL w 1966 r. Trzy lata później odbyło się w tej samej Uczelni jego kolokwium habilitacyjne; rozprawa dotyczyła zasady Macha w kosmologii relatywistycznej.

W 1972 r. podejmuje obowiązki docenta na Papieskim Wydziale Teologicznym w Krakowie, gdzie uzyskuje tytuł profesora nadzwyczajnego w 1985 r. już na Papieskiej Akademii Teologicznej, a zwyczajnego - tamże, w 1990 r. Do dziś kieruje Katedrą Filozofii Przyrody i Ośrodkiem Badań Interdyscyplinarnych na Wydziale Filozoficznym PAT; wykłada także filozofię przyrody w - agregowanym do PAT w Krakowie - Instytucie Teologicznym w Tarnowie, gdzie ostatnio został wybrany rektorem. W 1981 r. został członkiem stowarzyszonym Watykańskiego Obserwatorium Astronomicznego, a w 1991 r. został wybrany członkiem zwyczajnym Papieskiej Akademii Nauk.

Ks. Michał Heller jest autorem lub współautorem około 600 pozycji, w tym: 38 książek, 69 oryginalnych prac z zakresu teorii względności i kosmologii - opublikowanych m. in. w *Acta Physica Polonica, Physics Letters, Classical and Quantum Gravity, Physical Reviev D, Journal of Mathematical Physics*; 308 artykułów filozoficznych, teologicznych i popularnonaukowych, 146 recenzji, sprawozdań i polemik, 9 przekładów i 32 innych tekstów; redagował ponadto 8 książek.

Niezależnie od siebie, lecz zgodnie, ks. prof. Zygmunt Hajduk (KUL) i prof Andrzej Staruszkiewicz (UJ) podkreślają - jako recenzenci przewodu doktorskiego h. c. - że ks. Michał Heller jest prekursorem pomysłu kosmologicznego modelu inflacyjnego, wysuniętego 20 lat później przez Alana Gutha.

Pośród wielości dziedzin naukowych, w których ks. Heller jest kompetentny i badawczo aktywny, akcentuje ks. prof Z. Hajduk specjalnie trzy: filozofię nauki, filozofię w nauce i filozofię przyrody, podkreślając drugą z nich jako pewne *novum*. Zwraca też uwagę na ten wątek twórczości ks. Hellera, który wiąże się z wyraziście dostrzeganą przez niego potrzebą humanizacji nauk ścisłych, w tym także technicznych. Znaczenie tego aspektu działalności ks. Hellera, podobnie jak jego prac w dziedzinie filozofii w nauce, dostrzega również ks. bp prof. Józef Życiński, który w swojej recenzji, szkicując życiorys naukowy Doktoranta omawia wnikliwie jego bogaty i oryginalny dorobek. Wyróżnia w nim trzy szczególnie wartościowe grupy tematyczne o odmiennym statusie epistemologicznym, są to: a) prace z zakresu nauk przyrodniczych, zwłaszcza fizyki relatywistycznej i kosmologii kwantowej; b) prace z zakresu szeroko pojętej metodologii i filozofii nauki; c) prace ściśle filozoficzne, zawierające oryginalną wersję platonizmu ontologicznego. Nadmienia zresztą także o zainteresowaniach ks. Hellera problematyką etyczną i estetyczną, związaną z postępem nauki. W odniesieniu do drugiej grupy prac zauważa ks. biskup Życiński, że znajomość praktyki badawczej nauki chroni metodologię Hellera przed uproszczonymi propozycjami metanaukowymi, które nazbyt często dominowały w filozofii nauki w obecnym stuleciu.

Warto tu może dodać, że tę, tak wszechstronną działalność twórczą rozwinął człowiek, który do 40. roku życia był objęty całkowitym zakazem wyjazdów zagranicznych.

Uroczyste posiedzenie Senatu Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, poświęcone nadaniu godności doktora honoris causa ks. prof. zw. dr hab. Michałowi Hellerowi odbyło się 26 kwietnia 1996 r. w Auli AGH.

Otwierające uroczystość piękne przemówienie JM Rektora AGH, prof. Mirosława Handkego prezentowało wywód logiczny wykazujący głębokie umotywowanie faktu, że to właśnie ta uczelnia techniczna honoruje duchownego, będącego jednocześnie fizykiem, kosmologiem i filozofem. Mówca, sięgając chwilami do słów ks. biskupa Życińskiego, zwrócił uwagę na istotne związki łączące naukę, filozofię, teologię i religię; w oparciu o owe związki scharakteryzował sylwetkę Doktoranta, zaangażowanego całą swoją osobowością w intensywne działania na obszarach tych wielkich dziedzin myśli ludzkiej.

W imieniu pięciu wydziałów AGH, które wystąpiły o nadanie najwyższej godności naukowej ks. Michałowi Hellerowi, przemówił Dziekan Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, prof. Wiesław Ptak, przedstawiając ów wielostronnie uzasadniony wniosek zespołowy.

Prof. Zygmunt Kolenda, który był promotorem przewodu, oparł laudację raczej nie na cytatach wspaniałych recenzji, lecz wykorzystał przede wszystkim bogaty materiał licznych rozmów na różne tematy, odbytych z Doktorantem w ciągu wielu lat znajomości.

W końcu zabrał głos sam bohater uroczystości, wygłaszając wykład pt. *Czy fizyka jest nauką humanistyczną ?*, w którym z całym przekonaniem udowodnił twierdzącą odpowiedź na tytułowe pytanie.

Po oficjalnej części programu odbyło się - już w innym budynku AGH - miłe i bardzo liczne spotkanie towarzyskie, przy którego okazji wygłoszone zostały kolejne przemówienia, zarówno ze strony przedstawicieli władz państwowych, jak i samorządów miejskich Krakowa i Tarnowa. Nie milczeli także przyjaciele Doktora h. c., wśród których wystąpień sięgnęła wyżyn - skrząca się zaskakującym dowcipem, ale także głębią - celna charakterystyka sylwetki ks. Michała Hellera jako człowieka, uczonego i filozofa, kreślona po mistrzowsku przez ks. biskupa Życińskiego.

Niezapomnianą chwilę wzruszenia przeżyli słuchacze, kiedy - dzięki serdecznej niedyskrecji mówcy dowiedzieli się o niezwykłym wydarzeniu, które wpłynęło na to, że kilkuletni Michałek, wywieziony na Syberię, postanowił zostać księdzem.

Jan Mietelski

Czy Einstein śpiewał barytonem,
czyli o mniejszościach w nauce

Wychodząc z założenia, że raz na pięćdziesiąt lat to można by posprzątać (z okazji 50-lecia WSP w Krakowie), zabrałam się do niejakiego uprzątnięcia biurka i szaf. Wtedy właśnie zwrócił moją uwagę duży rulon szarego kartonu, który co jakiś czas staczał się z regału, prosto ludziom na głowy: „The Baltimore Charter for Women in Astronomy", czyli Baltimorska Karta Kobiet - Astronomów (Astronomek?). Hmmm...Ktoś z kolegów - mężczyzn przywiózł ten papirus kilka lat temu z jakiejś „zwykłej" konferencji (a może ze zjazdu Międzynarodowej Unii Astronomicznej?), czy to ze względu na walory samego papieru, czy też jako opakowanie dla ciekawszych plakatów... Całość rozpoczyna się mottem, starym chińskim powiedzeniem: ***„Kobiety podtrzymują połowę nieba"****. Ładne, chociaż zdziwiło mnie, że powiedzenie jest chińskie, bo to właśnie z chińskich sierocińców przeciekają do nas informacje o skazanych na śmierć głodową żeńskich niemowlętach... Ale wracając do Karty; już pierwsze zdanie stawia sprawę zdecydowanie: „Kobiety i mężczyźni są w równym stopniu zdolni do osiągania doskonałości w nauce". Nikt tego jawnie nie poddaje w wątpliwość, bo to by było seksizmem (przez analogię do rasizmu), chociaż kwestia jest niewątpliwie złożona, uwarunkowana kulturowo, historycznie (wręcz ewolucyjnie!) i biochemicznie. Według dokumentu z Baltimore, 15% astronomów na świecie to kobiety.* ***Czy ktoś policzył ile jest ich w Polsce?*** *Nie dysponuję odpowiednimi danymi, ale jakimś przybliżeniem jest chociażby spis uczestników ostatniego zjazdu PTA w Poznaniu (wrzesień 1995):* ***naliczyłam 19 pań spośród wszystkich 84 zgłoszonych****, co stanowi poniżej 1/4 „astronomicznej populacji". W niektórych krajach udział kobiet w astronomii jest zerowy, a w innych przewyższa 50%, co samo w sobie jest dowodem wpływu czynników zewnętrznych na karierę naukową.* ***Naukę robią ludzie, a ludzie żyją w konkretnej kulturze****. W Europie Zachodniej istnieją istotne różnice między poszczególnymi krajami: najwięcej kobiet - naukowców w dziedzinach przyrodniczych spotyka się w krajach śródziemnomorskich. Ujmując rzecz historycznie, nie ma wątpliwości, że udział kobiet w nauce (i w ogóle aktywność zawodowa) rośnie. Jest konsekwencją między innymi takich zdobyczy cywilizacji jak urlop wychowawczy, instytucja przedszkola, model rodziny małodzietnej oraz nowoczesna antykoncepcja. Zaledwie 2-3 pokolenia wstecz, w roku 1926 w Warszawie obwieszczono, iż ilość „pracujących mężatek" przekroczyła 5000, z czego kilkanaście „niewiast" zajmowało stanowiska naukowe na uniwersytecie. Dzisiaj w samej astronomii znalazłoby się pewnie tyle, lecz nadal kobiety są zdecydowanie w mniejszości. Czy jest to ciągle obraz chwilowy, czy też osiągnięty został poziom nasycenia i tak już zostanie na wieki? Trochę przypomina mi to pytanie o to, kiedy po raz pierwszy prezydentem Stanów Zjednoczonych zostanie Murzyn (a może wcześniej Latynos albo Azjatka?), wszak nie ma ku temu prawnych przeszkód... Na konferencjach naukowych w USA (że nie wspomnę o takim Cape Town), czarną twarz uświadczyć trudniej niż kobiecą. Za to w sporcie Murzyni potrafią królować. Biologiczne predyspozycje czy mechanizmy społeczne? A może i to i to? Chociaż nauka amerykańska to w ogóle w dużej mierze dobro z importu (z Europy, z Chin). Inteligentni młodzi Amerykanie (w tym również pochodzenia afrykańskiego!) chętniej poświęcają się prawu, ekonomii czy medycynie, niż podstawowym naukom ścisłym, w których dochód umiarkowany, a kariera ryzykowna. Bowiem motorem do działania są wartości i wzorce osobowe wyznawane przez daną społeczność; w kulturze amerykańskiej będzie to sukces materialny, w innych tradycjach (np. żydowskiej) może to być wykształcenie dla samej wiedzy...*

Ale prócz uwarunkowania społecznego, jeśli idzie o płcie, to nie sposób zanegować różnic konstytucjonalnych. Podobnie jak bezsporne jest istnienie różnic we wzroście między statystyczną kobietą, a statystycznym mężczyzną (różnica tu sięga 7% i według niektórych antropologów wykazuje tendencję wzrostową), tak też wykazano statystycznie istotne różnice między płciami w szeregu uzdolnień i zainteresowań.I tak, wyobraźnia przestrzenna z jej różnymi pochodnymi (strategia szachowa, czytanie mapy, koordynacja ręka - oko, wyczucie perspektywy) jest częściej

postępki astronomów

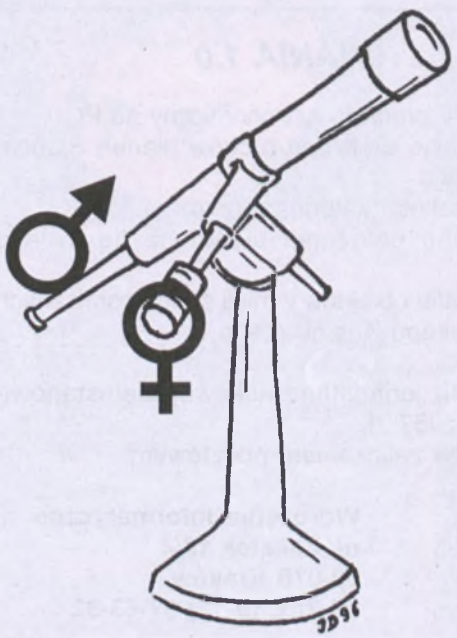
domeną mężczyzn, podczas gdy wrażliwość wszystkich zmysłów, pamięć wzrokowa i krótkotrwała, sprawność werbalna i wokalna, oraz umiejętności interpersonalne są lepsze u kobiet. W ciekawej książce - poradniku pt. „Płeć mózgu", autorzy A. Moir i D. Jessel wskazują na krytyczny okres w życiu płodowym dla rozwoju „stylu poznawczego" mózgu pod wpływem hormonów specyficznych dla danej płci. W dorosłym życiu, jak piszą, geniuszowi matematycznemu sprzyja średni poziom testosteronu. Ponieważ w badaniach prowadzonych na męskich chórach stwierdzono istnienie związku między wysokością głosu, a stężeniem testosteronu we krwi, można by zaryzykować powiedzenie, że ***„poznać geniusza po głosie jego"...***

Ale prócz uzdolnień, ważną rolę w karierze naukowej (jak i każdej innej) odgrywają też predyspozycje psychiczne; niezależność, pewność siebie, zdolność koncentracji, ambicja, agresja i determinacja, które to cechy są również hormonozależne, wg badań przedstawionych przez Moir i Jessela. ***„Jeżeli wybór na urząd publiczny wiąże się z całowaniem dzieci, mężczyźni będą całować dzieci skwapliwiej i z mniejszym skrępowaniem niż kobiety"*** *- twierdzą autorzy „Płci mózgu". Wygrywanie (i przegrywanie) jest dla kobiet mniej ważne (toteż trudno wyobrazić sobie kobietę maklera, która wyskoczyłaby z wieżowca na Wall Street z powodu krachu na giełdzie...). Co roku, przed finałem Olimpiady Astronomicznej w Chorzowie, zbiera się Komitet Olimpiady i na ogół, profesor Smak jest zawiedziony: „I znowu nie ma żadnej panienki...".*

Wysoki poziom współzawodnictwa (w myśl zasady „Publikuj albo giń!") nie koniecznie najlepiej służy rozwojowi nauki. Informacyjna eksplozja jest w znacznej mierze eksplozją dezinformacji. Zbyt małym prestiżem cieszy się praca recenzenta (który jest najczęściej anonimowy i nie opłacany), nauczyciela i popularyzatora. Brakuje artykułów przeglądowych i komentarzy.

*„**Zwiększenie udziału kobiet w astronomii poprawi klimat środowiska pracy**, a poprawa środowiska pracy przyciągnie dalsze kobiety" - twierdzi Akt z Baltimore, podkreślając, iż różnorodność wzbogaca.*

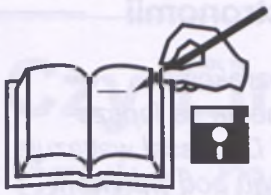
Kolejnym postulatem są zmiany w języku i ilustracjach - powinny one być pozbawione płciowych uprzedzeń stereotypizacji. Zajrzyjmy do polskich podręczników fizyki i astronomii; gdy rysuje się w nich obserwatora zjawisk astronomicznych, kosmonautę czy człowieka w windzie, z piłką lub z laserem, nieodmiennie człowiekiem tym jest mężczyzna. Czyżby panie prawom fizycznym nie podlegały? Niektóre z postulatów zawartych w Akcie z Baltimore być może wydają się zbyt daleko idące jak na polskie warunki, w szczególności tak zwana akcja afirmatywna, nieco ułatwiająca mniejszości zatrudnianie się, wygłaszanie proszonych referatów, uczestnictwo w komitetach, otrzymywanie nagród. Akt z Baltimore postuluje, by w procesie wyboru uczestniczyły również kobiety (w przypadku braku takowych w danej instytucji można zaprosić naukowców z zewnątrz). W historii PRL już raz „przerabialiśmy" tzw. punkty za pochodzenie, więc nie sądzę, by społeczeństwo chętnie do nich wróciło. Chociaż kto wie, ostatnio Parlamentarna Grupa Kobiet dyskutuje nad projektem ustawy o równym statusie płci. Proponuje się w niej m. in. zapis, zgodnie z którym 40% w ciałach mianowanych przez władze publiczne zajmowałyby kobiety, a nad przestrzeganiem zapisów ustawy czuwać miałby rzecznik ds. równego statusu...



W akcie z Baltimore, oczywiście nie zabrakło oddzielnego punktu, poświęconego zapobieganiu molestowaniu seksualnemu (tzw. sexual harrasment). ***Akt zaleca*** *mianowanie w każdej instytucji co najmniej jednej kobiety odpowiedzialnej za zbieranie skarg.*

Tak więc: ***Łapy precz od astronoma!***

Ewa Kuczawska



URANIA

- komputerowy program astronomiczny

Urania to program skierowany do miłośników astronomii i do wszystkich obserwatorów nocnego nieba. Jako program dydaktyczny może być szczególnie przydatny uczniom i nauczycielom szkół średnich. Prezentuje on różne zagadnienia astronomiczne związane z wybranymi ciałami Układu Słonecznego: Słońcem, Księżycem i planetami.

Urania zawiera poglądowe symulacje graficzne, które przybliżają tajniki astronomii o wiele szybciej i przyjemniej, niż tradycyjne, książkowe metody. Są w nich omówione różne pojęcia astronomiczne, od prostszych (fazy Księżyca, ruch dzienny i roczny Słońca, ekliptyka, prawa Keplera) po trudniejsze (libracje, okres synodyczny i syderyczny Księżyca, równanie czasu, analemma, pozorny ruch planet na niebie). W symulacjach jest dostępna zmiana niektórych parametrów. Można się np. przekonać, jak poruszałaby się hipotetyczna planeta w Układzie Słonecznym albo dla jakiej orbity Księżyca widoczna byłaby z Ziemi cała jego powierzchnia. Kilka kliknięć myszy przenosi nas z Polski do Australii albo na biegun południowy, skąd możemy śledzić dzienny i roczny ruch Słońca. Ilustrowane w programie zagadnienia opisane są w systemie pomocy i w obszernym, liczącym ponad 70 stron *Przewodniku Użytkownika.*

Dużym atutem programu jest możliwość wykonywania profesjonalnych obliczeń astronomicznych. Na dowolną chwilę w zakresie lat 1500-2500 program podaje: współrzędne równikowe oraz horyzontalne Słońca, Księżyca i planet; jasności planet; fazy Księżyca i wiele innych. Przy obliczeniach współrzędnych uwzględniana jest aberracja światła, precesja, nutacja i np. dla Księżyca brane są pod uwagę perturbacje pochodzące od Słońca i planet zapewniając dokładność obliczanych współrzędnych około sekundy łuku. Program podaje również momenty różnych zjawisk astronomicznych w dowolnym miejscu na Ziemi, a wśród nich: wschodów, zachodów, górowań Słońca, Księżyca i planet; świtów i zmierzchów astronomicznych; faz Księżyca; początków pór roku. W obliczeniach momentów wschodów i zachodów uwzględniana jest paralaksa horyzontalna i refrakcja atmosferyczna, a średnia dokładność wynosi około dwie minuty.

Pozycje Słońca, Księżyca i planet są przedstawiane graficznie na mapie nieba z gwiazdami do siódmej wielkości gwiazdowej z naniesionymi granicami gwiazdozbiorów.

Atrakcją programu są kolorowe fotografie obiektów Układu Słonecznego pochodzące z misji sond kosmicznych i Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. Można tam znaleźć zdjęcia śladów uderzenia w Jowisza komety *Shoemaker-Levy 9* i trójwymiarową mapę fragmentu powierzchni Wenus, gigantyczne protuberancje na Słońcu i pojazd księżycowy na powierzchni naszego naturalnego satelity.

Urania to zatem program godny polecenia wszystkim, którzy interesują się astronomią. Są w nim omawiane wybrane zagadnienia dotyczące Słońca, Księżyca i planet i aż chciałoby się, aby tych zagadnień było jeszcze więcej.

Wymagania sprzętowe do zainstalowania *Uranii* są niewielkie: wystarczy komputer IBM PC XT z kartą graficzną Hercules. Jednak do oglądania kolorowych fotografii potrzebna jest karta SVGA (640x480, 256 kolorów). Program napisany jest pod DOS, ale można go zainstalować również w WINDOWS 3.x i WINDOWS 95. Cena programu zachęca do kupienia: program z licencją jednostanowiskową kosztuje 38 zł, a z licencją wielostanowiskową - 57 zł. W opakowaniu *Uranii* znajdują się 3 dyskietki instalacyjne 3.5" HD, *Przewodnik Użytkownika* oraz umowa licencyjna wraz z kartą rejestracyjną.

Program napisała Iwona Chyży - pedagog, z wykształcenia astronom i informatyk. Rozprowadzaniem programu (również sprzedażą wysyłkową) zajmuje się firma *TAURUS Wdrożenia Informatyczne*, ul. Zakątek 13/4, 30-076 Kraków, tel./fax (0-12) 37-63-32.

Adam Michalec

URANIA 1.0

Dydaktyczny program astronomiczny na PC

- ✓ symulacje graficzne ruchów planet, Słońca, Księżyca
- ✓ wielosetletni kalendarz astronomiczny
- ✓ aktualne położenia planet na tle gwiazd do 7^m
- ✓ fotografie obiektów z misji sond kosmicznych i Teleskopu Kosmicznego.

Cena wersji jednostanowiskowej/wielostanowiskowej 38 zł/57 zł.
Sprzedaż za zaliczeniem pocztowym.

TAURUS

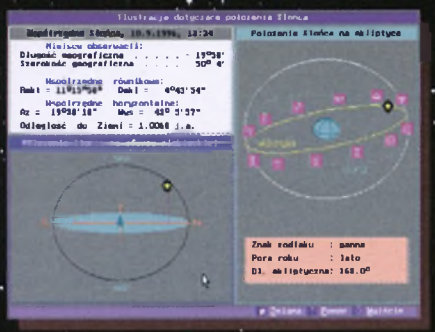
Wdrożenia Informatyczne
ul. Zakątek 13/4
30-076 Kraków
tel./fax. (0-12) 37-63-32

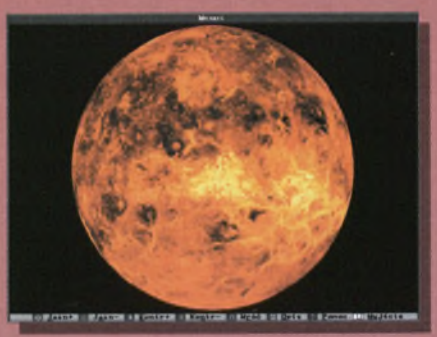
URANIA w. 1.0

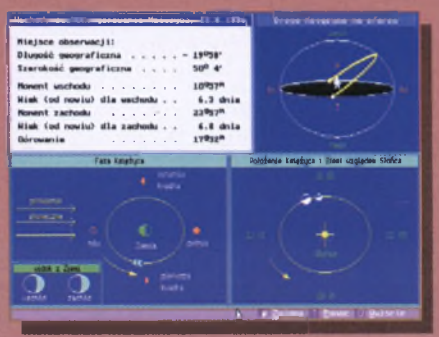
Numer Seryjny 5D8FB0DF
Autor: Iwona Chyży
Producent: TAURUS
30-076 Kraków
ul. Zakątek 13/4
tel. (0-12) 37-63-32

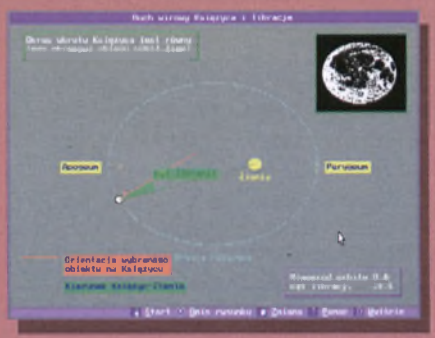
MENU

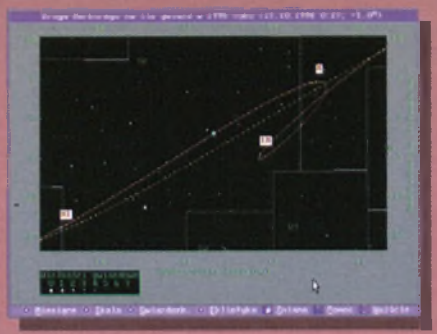
- Księżyc
- Słońce
- Planety
- Konfiguracja
- Pomoc
- Wyjście







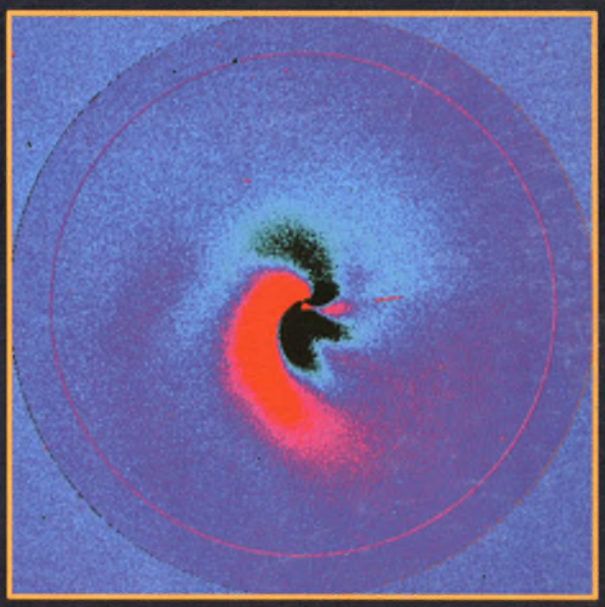


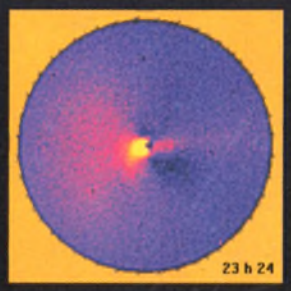


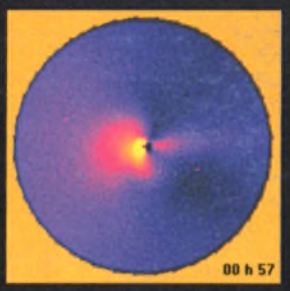
Rotacja komety

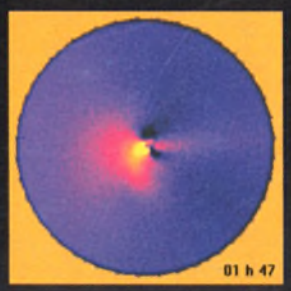
Prezentowane obok zdjęcie wykonane zostało rankiem 19 marca br. kamerą SUSI 3,5 metrowego teleskopu NTT obserwatorium ESO w La Silla, Chile. Dzięki nadzwyczaj sprzyjającym warunkom atmosferycznym (tzw. seeing nie większy niż 0,8 sek. łuku) i znakomitej jakości obrazów uzyskiwanych teleskopem nowej technologii (NTT) możliwe było zaobserwowanie szybkich zmian w obrębie najgłębszych obszarów głowy komety Hyakutake (kilkaset kilometrów od jądra). Z powodu szybkiego ruchu własnego komety, niemożliwe było zastosowanie automatycznego prowadzenia teleskopu. Wystarczające okazały się jednak dwusekundowe ekspozycje, w czasie których kometa przemieszczała się tylko o 0,5 sekundy łuku, aby ukazać nawet słabo widoczne szczegóły. Dobrze widoczne są silne strugi pyłu wyrzucanego z powierzchni kometarnego jądra. W serii 44. wykonanych zdjęć dało się zauważyć rzeczywiste zmiany morfologiczne tych strug (jednej sekundzie łuku odpowiada rozmiar 161 km). Sztuczne kolory wprowadzono w celu ukazania czasowych zmian jasności strug (najpierw pojaśniał obszar zaznaczony na czarno, następnie obszar zaznaczony na czerwono). Bardzo dobrze widoczna jest rotacja o około 20 stopni zgodnie z ruchem wskazówek zegara.

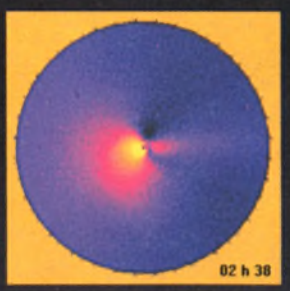
Czasowe zmiany głowy komety, ale w godzinowej skali czasu i z mniejszą rozdzielczością, ukazuje sekwencja sześciu obrazów uzyskanych w nocy z 18. na 19. marca jednometromym teleskopem obserwatorium na Pic Du Midi (Pireneje, Francja).

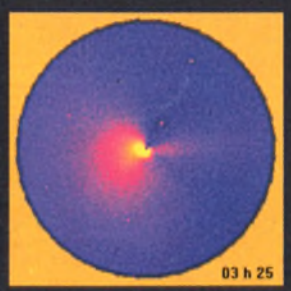


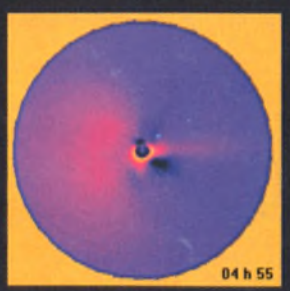
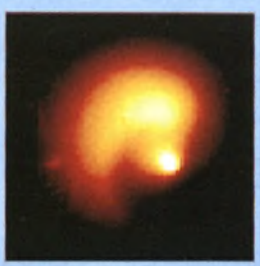












Zamieszczone obok zdjęcia pochodzą jeszcze z ubiegłego roku i przedstawiają uzyskane z pomocą Teleskopu Kosmicznego Hubble'a obrazy komety Hale-Bopp, która mknie aktualnie w pobliże Słońca. Tu również dobrze widoczne są efekty szybkiej rotacji jądra komety (jaśniejsza plama na obrazie lewym). Zadziwia wielka aktywność tej komety już w okolicach orbity Jowisza - większy, jasny, kroplopodobny obszar nad jądrem to spory fragment, który oderwał się od niego.