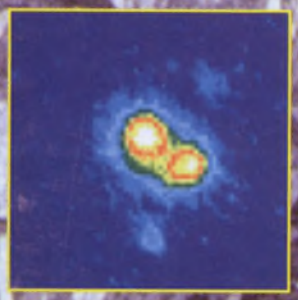


# postępy astronomii

1/95

tom 43

styczeń - marzec

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

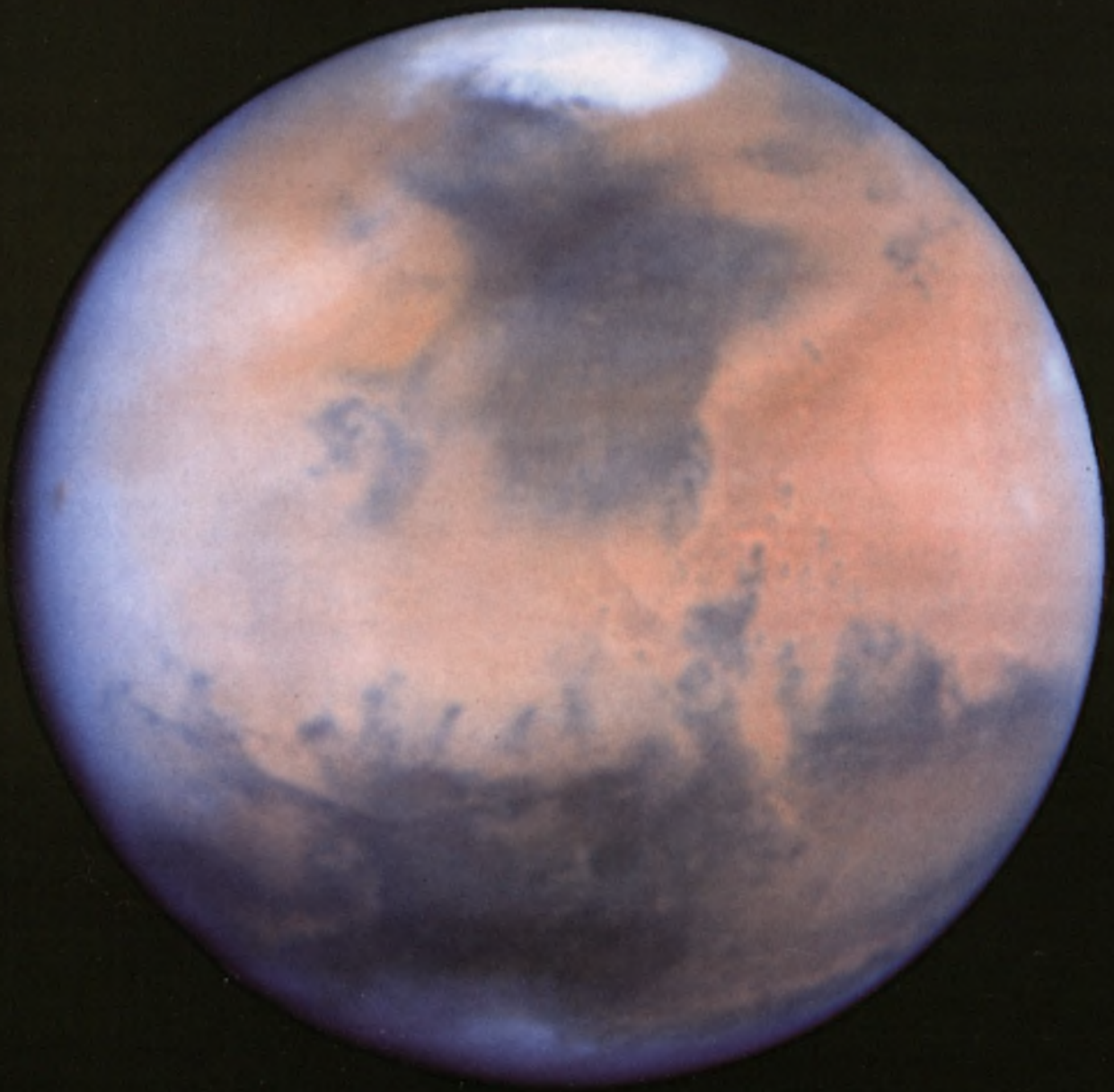
## Teleskop Kecka

## 5 lat na orbicie

## Meteoryty

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

obserwuje



# Wiosna na Marsie!

Zdjęcie wykonano 25 lutego 1995 roku przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a w czasie opozycji Marsa, gdy planeta znajdowała się w odległości 103 mln km od Ziemi.

017877/43

# Witaj Drogi Czytelniku!

*Bieżący zeszyt Postępów Astronomii jest przygotowany przez nowy zespół redakcyjny. Tym numerem wita się więc z Czytelnikami nowa redakcja. Poprzednia redakcja wielokrotnie już tę zmianę zapowiadała i żegnała się z Czytelnikami. W bieżącym numerze czyni to też Pani Bożena Czerny. Czujemy w tych pożegnaniach ich ogromne przywiązanie do Postępów i nostalgię rozstania. Postępy do ostatnich dni ich pracy redakcyjnej były ich „dzieckiem" i o to dziecko dbali do końca. Teraz to dziecko oddają w inne ręce (objęcia) i nic dziwnego, że są tym faktem zatroskani. Ale przecież nie oddają tego dziecka ludziom sobie obcym i nieznanym. Oddają je ludziom, którym los Postępów nie był i nie jest obojętny. Niektórzy z nowego zespołu pracowali dla Postępów już w czasach, kiedy Oni jeszcze nie urodzili się dla Astronomii. Dziękujemy im za ich wkład w rozwój pisma i pełną poświęcenia pracę dla popularyzacji wśród polskiego społeczeństwa ukochanej przez nas wszystkich Astronomii. Zapewne niejednokrotnie korzystać będziemy z ich doświadczenia i rad oraz tekstów przybliżających różne problemy współczesnej astronomii.*

*Przejmujemy więc pismo w ciągle doskonalącej się formie, służące czytelnikom ciekawymi artykułami, przybliżające najnowsze osiągnięcia i odkrycia astronomiczne, bogato ilustrowane. Będziemy starali się nic z tych walorów nie zatracić. Nie chcemy wprowadzać żadnych rewolucyjnych zmian. A zmiany jakie będą nieuchronnie zachodziły, będą odbiciem naszych dążeń do lepszego służenia sprawie ASTRONOMII, lepszego zaspokajania potrzeb czytelników, dojrzewania nas jako zespołu redakcyjnego. Zmiany będące odbiciem normalnej ewolucji, której podlega każdy żywy organizm, a właśnie chcemy, aby Postępy Astronomii były takim żywym organizmem. Astronomia jest zwierciadłem kultury, a my będziemy się starali kulturę astronomiczną szerzyć i rozwijać wśród wszystkich warstw naszego, polskojęzycznego, społeczeństwa. Chcemy służyć astronomom, tym którzy zdobywają wiedzę o Wszechświecie bezpośrednio zadając mu pytania, aby dowiadywali się z lektury „Postępów" o rozwoju wiedzy astronomicznej na obszarach innych niż na bezpośrednio przez nich uprawianych poletkach. Chcemy służyć szerokim rzeszom nauczycieli fizyki i astronomii i innych nauk oraz miłośnikom astronomii, którzy przejmują wiedzę o Wszechświecie uzyskaną przez astronomów i przekazują ją milionom uczniów i młodych obywateli naszego Kraju pomagając im zrozumieć i polubić otaczający nas świat. Liczymy na to, że właśnie ta młodzież będzie uważnym i wiernym czytelnikiem naszego kwartalnika. Chcemy wreszcie służyć wszystkim ciekawym otaczającego nas świata. Zarówno tym, którzy poszukują zrozumienia zachodzących w nim zjawisk przyrodniczych, jak i tym, którzy chcą po prostu wiedzieć jak on wygląda, czy wręcz jaki jest on piękny.*

*Oddawany do rąk czytelników numer otwiera artykuł Kevina Krisciunasa z Centrum Astronomii w Hilo na Hawajach przedstawiający warunki pracy i pierwsze wyniki astronomiczne uzyskane największym obecnie na świecie teleskopem na Mauna Kea. Kevin poproszony przez nas o artykuł dla Postępów uznał, że niedawny jego artykuł w „Sky and Telescope" jest tak dobry, że lepszego na razie nie napisze i najlepiej byłoby skorzystać z tego właśnie artykułu. Za zezwoleniem Redakcji „Sky and Telescope" oraz autorów zdjęć i dokumentów tam publikowanych przybliżamy więc naszym czytelnikom atmosferę i wyniki obserwacji na Hawajskim szczycie astronomicznym. Z problemami współczesnej rachuby czasu zapoznaje nas artykuł Kazimierza Borkowskiego z Torunia. To już trzecia i ostatnia część tryptyku PA o czasie. Artykuł Leszka Błaszkiewicza sprowadza nas na Ziemię i wprowadza w świat meteorytów, a Jadwiga Biała przedstawia olsztyńską kolekcję tych wysłanników Kosmosu. Jak zwykle prezentujemy wyniki obserwacji teleskopem kosmicznym Hubble'a. HST obchodzi piątą (już!) rocznicę wprowadzenia na orbitę. Składamy mu najlepsze życzenia urodzinowe i prezentujemy szereg najnowszych rezultatów badawczych. W kąciku „astronomia w szkole" piszemy o wysiłkach zarówno polskich jak i europejskich astronomów zmierzających do poprawienia nauczania astronomii w szkołach oraz o wynikach grudziądzkiego Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego. Polskie Towarzystwo Astronomiczne ufundowało główną nagrodę tego Seminarium. Publikujemy też zadania najbliższej Olimpiady Astronomicznej. Z krajowego podwórka przedstawiamy również świeżo uruchomiony, najdroższy instrument polskiej astronomii, oddany przez budowniczych w ręce astronomów w październiku 1994 roku, toruński radioteleskop o średnicy 32 metrów. Publikujemy też wyniki rozpisanej wśród czytelników „Postępów" ankiety oceniającej nasze pismo, oraz wspomniany felieton pożegnalny Bożeny Czerny „Baba z wozu...". Czy naprawdę Pani wierzy, Pani Bożenko, że jak taka* baba z wozu, *to nowym* koniom *będzie choć trochę lżej ? My tak nie sądzimy... Życzymy przyjemnej lektury.*

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU

017977

E. 1100/95

# ANKIETA POSTĘPÓW ASTRONOMII – WYNIKI

Na naszą ankietę zamieszczoną w PA 2/94 i PA 3/94 odpowiedziały łącznie 164 osoby. Wielu ankietowanych podzieliło się z nami swoimi uwagami na dodatkowych kartkach, za co szczególnie dziękujemy. Ogólnie Postępy oraz ostatnie zmiany podobają się i większość Państwa pragnie, by pismo ukazywało się częściej. Pozostaje nam żywić gorącą nadzieję, iż podobnie myślą pozostali.

Pięć pierwszych punktów ankiety pozwoliło nam dowiedzieć się czegoś więcej o samych Czytelnikach. Znaczną większość, bo aż 91% stanowią mężczyźni. No cóż, widocznie panie mają bardziej przyziemne zainteresowania i od astronomii wolą np. – astronomów! (przyp. MaMi). Najmłodszy czytelnik liczy sobie lat 11, a najstarszy... 93! Dominują jednak ludzie młodzi.

Prawie połowa ankietowanych (47%) mieszka w dużych miastach, co oznacza dla nas tylko jedno: w małych miejscowościach mało osób wie o Postępach. Z doświadczenia wiemy, że tam wręcz więcej osób ma czas zajmować się tak mało praktyczną (czytaj: mało dochodową) dziedziną wiedzy jaką jest astronomia (nie mylić z astrologią!).

Jeśli chodzi o wykształcenie, to przeważa średnie – 44.5%. Należy tu jednak wziąć pod uwagę fakt, że wielu z nich to obecnie studenci, oraz fakt, iż wszystkie osoby deklarujące wykształcenie podstawowe jeszcze się kształcą.

Czym zajmują się nasi respondenci, zwłaszcza Ci, którzy okres nauki mają już za sobą? Przede wszystkim pracują (47.6%), a różnorodność podawanych zawodów jest bardzo duża (lekarze, urzędnicy, wojskowi, przedsiębiorcy, prawnicy, artyści, duchowni, stolarze, rolnicy, etc.). Jednak najwięcej jest nauczycieli (fizyki) i elektryków (ciekawe, czy Ten Najważniejszy też nas czyta?).

Do członkostwa w Polskim Towarzystwie Astronomicznym przyznały się tylko 3 (słownie: trzy) osoby! Za to do Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii należy 36.6% czytelników. 20 osób deklaruje przynależność do innych towarzystw i klubów astronomicznych, w czym rej wiodą „komeciarze" i „meteorytowcy".

Zdecydowana większość Czytelników otrzymuje nasze pismo w prenumeracie (82,9%). Nikt z ankietowanych nie czyta PA w czytelniach (widocznie tam nie pozwalają wyciąć ankiety).

Przeszło połowa czyta Postępy od momentu pojawienia się ich w nowej, bardziej popularnej formule, tj. od 1991 roku (53.6%). 25 ankietowanych czyta PA dłużej niż 4 lata.

88,4% czyta PA regularnie (o ile można tak powiedzieć przy nieregularnym ukazywaniu się pisma, co nie omieszkała większość Państwa nam słusznie wytknąć), natomiast sporadyczny kontakt z PA miało 4.9% ankietowanych.

Z odpowiedzi na dziewiąty punkt ankiety wynika, że Postępy czytane są w większości przez jedną tylko osobę (61.6%), a 24.1% egzemplarzy trafia jeszcze w drugie ręce. 4.9% egzemplarzy naszego pisma ma zaszczyt bycia czytanych przez większe gremia.

Oprócz Postępów Astronomii nasi Czytelnicy czytają jeszcze (z pism zawierających tematykę astronomiczną) przede wszystkim „Uranię" (53.7%), „Wiedzę i Życie" (50%), „Świat Nauki" (34%) oraz „Vademecum Miłośnika Astronomii" (23.2%).

54.3% ankietowanych stwierdza przydatność PA w pracy lub nauce, co nas oczywiście bardzo cieszy, a aż 78% uważa poziom prezentowanych w PA zagadnień za właściwy (zbyt trudny, 5.5%; zbyt łatwy, 6.1%)

Ocena dotychczasowych działów i cykli była bardzo wysoka (patrz histogram obok). W zaproponowanej przez nas skali od 1 do 6, najwyżej uplasował się Teleskop Kosmiczny Hubble'a (1 – 0%, 2 – 0%, 3 – 7%, 4 – 32%, 5 – 47%, 6 – 14%). Najniżej wypadały teksty z założenia kontrowersyjne, które otrzymały skrajne oceny, stąd niższa średnia: Poradnik Miłośnicy Astronoma (1 – 2%, 2 – 8%, 3 – 22%, 4 – 18%, 5 – 20%, 6 – 7%).

Gwiazdy, pulsary, kwazary, czarne dziury, etc. – to właśnie to, co naszych czytelników interesuje najbardziej i najlepiej, by tematy owe ujęte były w formie artykułów przekrojowych.

Zdaniem Państwa w „Postępach Astronomii" za dużo jest: historii (18.3% głosów), prezentacji ośrodków i sylwetek (6.7%), oraz najogólniej mówiąc, tematyki krajowej – zwłaszcza Torunia, ale to nie nasza wina, że istotnie w toruńskiej astronomii sporo się ostatnio dzieje. Za mało jest: kosmologii (10.4%), nowości (7.9%), tematyki miłośniczej (7.9%), planetologii (6.7%), astronautyki (4.9%).

Czytelnicy zdecydowanie opowiadają się za obecnym opracowaniem graficznym (88% odpowiada TAK) oraz okładką i winietą (90%). Najbardziej podzielił respondentów świadomy „kij w mrowisko" poprzedniej redakcji, żart rysunkowy (akceptuje 53%, nie akceptuje 16%, nie ma zdania 31%) oraz komentarze i artykuły wstępne (57% – TAK, 8% – NIE, 35% nie ma zdania).

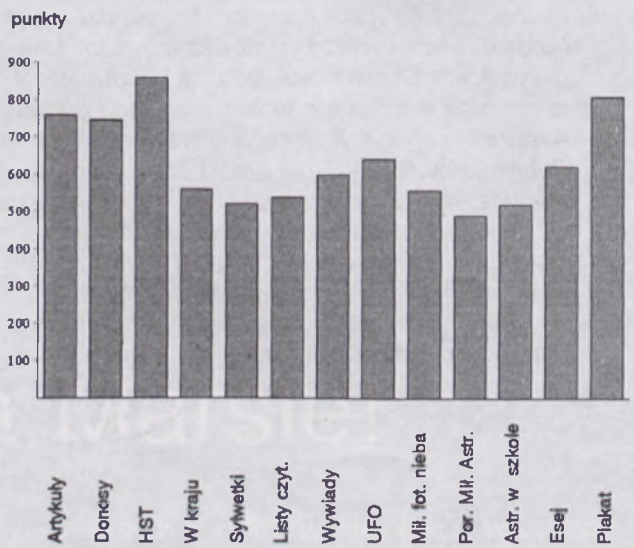
W uwagach „redaktorskich" często sugerują Państwo – oprócz poprawy regularności ukazywania się pisma – także zwiększenie objętości i ilości kolorowych stron, a także częstotliwości ukazywania się „Postępów", co wynikało również z odpowiedzi na pkt 21 ankiety. Z naszej strony możemy tylko rzec, iż są to również marzenia redakcji – niestety, nie wszystko od nas zależy. Są również propozycje wprowadzenia działu informacji o nowościach wydawniczych z dziedziny astronomii, drukowania algorytmów komputerowych, mapek nieba i informacji o aktualnych zjawiskach na niebie (w kwartalniku?; w miesięczniku jak najbardziej!), przedruków z prasy zagranicznej (to już jest w tym numerze) i wiele innych, stanowiących cenny materiał dla nowej redakcji!

Zgodnie z obietnicą, wśród czytelników podających swoje dane personalne na przysłanych ankietach, rozlosowaliśmy 5 bezpłatnych prenumerat PA na bieżący rok. Jeśli ktoś z wylosowanych opłacił już prenumeratę, to ma automatycznie zagwarantowaną bezpłatną prenumeratę na 1996 rok. A oto szczęśliwcy:

**Jarosław Bandurowski z Zabrza,**
**Mieczysław Maziarz z Legnicy,**
**Wacław Sałaban z Wrocławia,**
**Ryszard Siwiec ze Szczecina,**
**Paweł Zimnowodzki z Włodawy.**

Jeszcze raz dziękujemy Wszystkim, którzy zadali sobie trud odpowiedzi na naszą ankietę.

Oprac. Jacek Drążkowski



017877/43

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. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

**Redaktor naczelny:**
Andrzej Woszczyk (IA UMK Toruń)

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

**Redakcja techniczna :**
Jacek Drążkowski

**Opracowanie graficzne:**
Jacek Drążkowski, Magda Olszewska

**Korekta:** Małgorzata Śróbka-Kubiak

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

tel. 26018 w. 51
telex 0552234 astr pl

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

**Projekt winiety:** Tadeusz Jodłowski

**Skład komputerowy, druk oraz dystrybucja:**
Firma MIZAR, Sławomir Kruczkowski, Grudziądz, ul. Kulerskiego 11 przy współpracy Zakładu Poligraficznego, ul. Filomatów 1a w Grudziądzu

**Oddano do druku 10 czerwca 1995**

○ 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 dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

© POSTĘPY ASTRONOMII 1995

4 **Teleskop Kecka w rękach astronomów**
*Kevin Krisciunas*

*Wyobraźmy sobie, że mamy możliwość zobaczenia w działaniu podczas pogodnej, rozgwieżdżonej nocy, największego na świecie teleskopu o mocy zbierającej światło czterokrotnie większej od teleskopu na Mount Palomar. Wyobraźmy sobie, że oglądamy na ekranie obraz nieba, na którym gwiazdy 21 wielkości gwiazdowej są obiektami o „średniej" jasności...*

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A
***Młodość galaktyk (11), HST obserwuje ciała Systemu Słonecznego (12), Uran, jego pierścienie i księżyce (34), Pluton – Charon (35)***

14 **Astronomia a technika atomowa**
*Kazimierz M. Borkowski*

*Kiedyś astronomia niepodzielnie dominowała w dziedzinie konserwacji czasu. Tę sytuację zmieniły radykalnie współczesne wzorce atomowe. I chociaż dobrze wiemy, że dla astronomicznych pomiarów czasu nie było i nie będzie zagrożenia, to pewną otuchą może napawać istnienie możliwości powrotu dominującej roli tej królewskiej nauki w aspekcie dostarczania najprecyzyjniejszej skali czasu.*

22 **Meteoryty**
*Leszek P. Błaszkiewicz*

*Współczesna meteorytyka, czyli nauka zajmująca się badaniem meteorytów, powstała wraz z wydaniem w 1794 roku przez E. F. Chladniego publikacji, w której znalazło się stwierdzenie, że najbardziej prawdopodobne jest pozaziemskie pochodzenie meteorytów. Pogląd ten w niedługim czasie zyskał wielu zwolenników, a prowadzone współcześnie badania w pełni potwierdzają te XVIII-wieczne przypuszczenia.*

30 **Meteoryty w Olsztyńskim Planetarium...**
*Jadwiga Biała*

*Mając, unikatowy eksponat materii pozaziemskiej pomyślano o stworzeniu kolekcji skał pochodzących z innych ciał Układu Słonecznego. Fragmenty takich skał nie muszą być przywożone na Ziemię, one same na nią spadają w postaci meteorytów. Stąd też mówi się, że badanie meteorytów jest najtańszą formą badania ciał Układu Słonecznego, a same meteoryty są sondami kosmicznymi ubogich.*

rozmaitości ***Alexis obserwuje! (33), Spadek meteorytu Baszkówka (33), Bardzo Duży Teleskop ESO w tarapatach (36)***

2 **Ankieta PA – wyniki**
37 Astronomia w szkole: **Astronomia w szkole polskiej...,**
**Nauczanie astronomii w Europie,** Grudziądzkie Seminarium Astronomiczne, XXXIX Olimpiada Astronomiczna
41 **Sylwetki: Wiesław Wiśniewski**
44 **W kraju: Toruński radioteleskop 32 m**
46 **Esej, felieton: Baba z wozu, koniom lżej**
48 **Jeszcze raz o historii Obserwatorium Krakowskiego**

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

ZDJĘCIA NA OKŁADCE PRZEDSTAWIAJĄ:
*na pierwszej stronie – meteoryt „Baszkówka" należący do Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie (szerzej pisze na ten temat Andrzej Pilski w rozmaitościach, str. 33), fragment kopuły Teleskopu Kecka wraz z wykonanym przez teleskop zdjęciem soczewki grawitacyjnej MG1131+0456 (bliższe informacje w artykule Kevina Krisciunasa, str. 4);*
*na ostatniej stronie – w pełnej krasie – antenę 32-metrowego radioteleskopu znajdującego się w Piwnicach pod Toruniem (patrz notka „W KRAJU" str. 44)*

.. Król gór "– teleskop na Mauna Kea – rozpoczyna pracę

# Teleskop Kecka w rękach astronomów

**Kevin Krisciunas**

zdjęcia Philip Rosenberg

Wyobraźmy sobie, że mamy możliwość zobaczenia w działaniu podczas pogodnej, rozgwieżdżonej nocy, największego na świecie teleskopu o mocy zbierającej światło, czterokrotnie większej od teleskopu na Mount Palomar. Wyobraźmy sobie, że oglądamy na ekranie obraz nieba, na którym gwiazdy 21 wielkości gwiazdowej są obiektami o „średniej" jasności. W marzeniach dołączmy do teleskopu ważący 8 ton spektrograf za 4.1 mln dolarów o rozmiarach 5.5 m na 4.25 m. Wyobraźmy sobie wreszcie, że gdy całość gotowa jest do użytku, komputer *mówi*: „Otwórz szczelinę obserwacyjną, Hal". Doświadczyłem tego podczas wizyty 20 marca 1994 r. na wznoszącym się na wysokość 4150 m szczycie Mauna Kea. I była to tylko zwykła noc. Noc jak każda inna!

Kosztujący 94 mln dolarów teleskop Kecka jest pierwszym z kilku planowanych reflektorów o średnicach 8 – 10 metrów i pozostanie jedynym w pełni działającym do końca XX wieku. Ze względu na olbrzymią światłosiłę jest on bezapelacyjnie najlepszym na świecie instrumentem do badań spektroskopowych słabych gwiazd i silnie przesuniętych ku czerwieni widm galaktyk i kwazarów.

Teleskop Kecka posiada 10-metrowe zwierciadło główne złożone z 36 sześciokątnych segmentów w systemie Ritcheya – Chrétiena. Pierwsze obrazy przy użyciu tego teleskopu otrzymano 24 listopada 1990 r., kiedy to zainstalowanych było tylko 9 z 36 segmentów zwierciadła. Doświadczenie to potwierdzało ogólną koncepcję wykonania autorstwa Jerry Nelsona i przekonało Fundację W. M. Kecka do sponsorowania kolejnego, identycznego 10 – metrowego teleskopu, usytuowanego w odległości 85 m na północ od pierwszego.

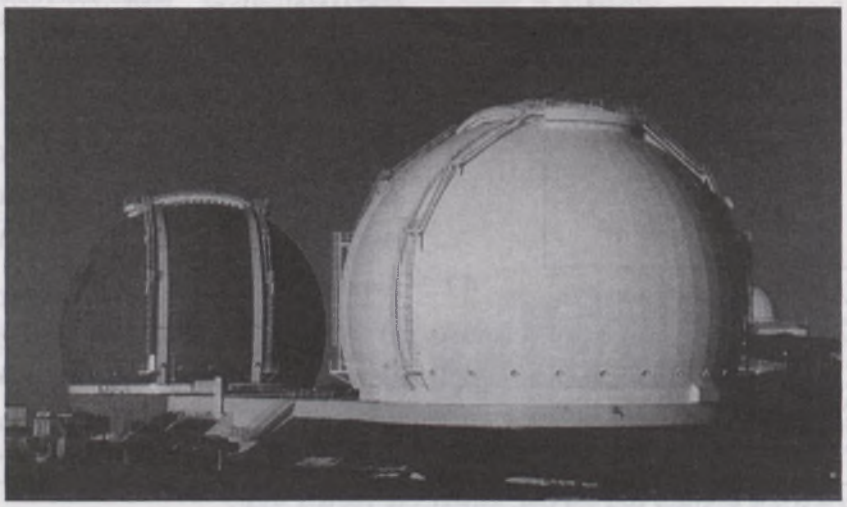
Pierwszy teleskop Kecka – zwany też Keck I – został oficjalnie oddany do użytku 7 listopada 1991 r., mimo że ostatni segment zwierciadła zainstalowano dopiero 14 kwietnia 1992 r. Budowa Kecka II postępuje szybko i pierwsze testy planowane są na koniec 1996 r.

Co zatem będą mogli zrobić astronomowie z teleskopem Kecka i trzema wbudowanymi w jego ognisku instrumentami?

## NOWE OBRAZY W PODCZERWIENI

Pierwsze prawdziwie naukowe wyniki otrzymane z teleskopu Kecka zostały opublikowane 1 stycznia 1994 r. w *Astrophysical Journal Letters*. Astronomowie użyli w dniach 20 – 27 marca 1993 r. detektora bliskiej podczerwieni NIRC (ang. *Near InfraRed Camera*) do badania obiektów na granicy obserwowanego Wszechświata.

NIRC, którego projekt i konstrukcja są autorstwa Keith Matthews i B. Thomasa Soifera (Caltech), działa na falach o długości od 1 do 5 mikronów i składa się z 65536 indowo – antymonowych elementów CCD, ułożo-



Fot. 1. Błyszcząca, biała kopuła największego na świecie optycznego teleskopu. Już niedługo zakończone zostaną prace i na szczycie Mauna Kea staną imponujące bliźniaki. Astronomowie używający w pełni obecnie operatywnego Kecka I już cieszą się z daty otwarcia całego kompleksu.

nych w matrycy 256 na 256 sztuk. Ponadto oprócz możliwości otrzymywania obrazów, NIRC może być używany do uzyskiwania widm o małej rozdzielczości.

Gdy NIRC obserwuje obiekty rozciągłe, CCD odbiera także fotony z gorących obszarów nieba. W związku z tym, aby zapobiegać nasyceniu poszczególnych detektorów, zwykle stosuje się tylko 20–sekundowe ekspozycje. W przypadku ekstremalnie słabych obiektów, może zostać wykonana znaczna ilość ekspozycji tego samego pola, które następnie składa się i dodaje.

Najodleglejszy aktualnie znany obiekt to kwazar PC 1247+3406 z przesunięciem ku czerwieni (ang. *redshift*) z = 4.897. Wielkość ta oznacza, że światło odbierane przez nas zostało wyemitowane zaledwie miliard lat po Wielkim Wybuchu. Soifer i jego współpracownicy otrzymali na fali o długości 2.2 mikrona obraz otoczenia kwazara wraz z pięcioma innymi obiektami o dużym przesunięciu ku czerwieni. Takie *zgrupowane* badania są interesujące, gdyż z powodu odległości, obiekty te mogą być drogowskazem do prastarych gromad galaktyk, formujących się gromad, bądź regionów wzmożonego powstawania gwiazd. Poprzez wykrywanie źródeł podczerwieni tak słabych jak 22 wielkości gwiazdowej, obserwacje te dostarczyły pierwszych niezależnych potwierdzeń wcześniejszych przypuszczeń, dotyczących względnej liczby najsłabszych galaktyk. Wiele spośród nowych obiektów na obrazach otrzymanych z NIRC jest bardzo czerwonych. Następnie sprawdza się czy są to galaktyki o dużym przesunięciu ku czerwieni. Przy pomocy teleskopu Kecka odkryto w podczerwieni grupę obiektów, które nigdy dotąd nie były obserwowane w świetle widzialnym.

Najodleglejsze znane galaktyki (z = 3.8) zostały po raz pierwszy wykryte na falach radiowych. James R. Graham (University of California, Berkeley) i jego współpracownicy użyli NIRC do badania układu 4C41.17 w gwiazdozbiorze Woźnicy i sąsiednich obiektów. Stwierdzili, że 4C41.17 składa się z pojedynczego jądra w środku i cienkiego emitującego łuku rozciągającego się w odległości 85000 lat świetlnych od centrum. Ponieważ światło obiektu o długości fali 2.2 mikrona przy takim przesunięciu ku czerwieni odpowiada niebieskiemu światłu w innych galaktykach, astronomowie wykazali, że 4C41.17 ma niebieską jasność absolutną w przybliżeniu dziesięciokrotnie większą niż Droga Mleczna.

Fot. 2. 10-metrowe, główne zwierciadło Teleskopu Kecka składa się z 36 sześciokątnych segmentów. Powyżej wsporników znajdują się platformy Nasmytha, gdzie umieszczone są ważące 8 ton specjalne kamery i spektrograf.

Jeden z najbardziej interesujących obiektów, odkryty w 1983 r. przez satelitę do badań w podczerwieni IRAS (ang. *InfraRed Astronomical Satellite*) ma oznaczenie FSC 10214+4724. Znajduje się on w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy (jego z = 2.286) i jest jednym z najjaśniejszych obiektów we Wszechświecie. Układ ten zawiera gaz molekularny o masie ok. 300 mld mas Słońca oraz pył w ilości ok. 1 mld mas Słońca. Przyjmując taką ilość budulca, możemy sobie wyobrazić, jak intensywny musi być proces powstawania gwiazd w tym obiekcie. Keith Matthews ze współpracownikami zastosował NIRC do badania FSC 10214+4724 i stwierdził, że obiekt ten złożony jest co najmniej z trzech oddzielnych składników tworzących kompaktną grupę o łącznej jasności stukrotnie większej od znanych dziś dużych galaktyk spiralnych.

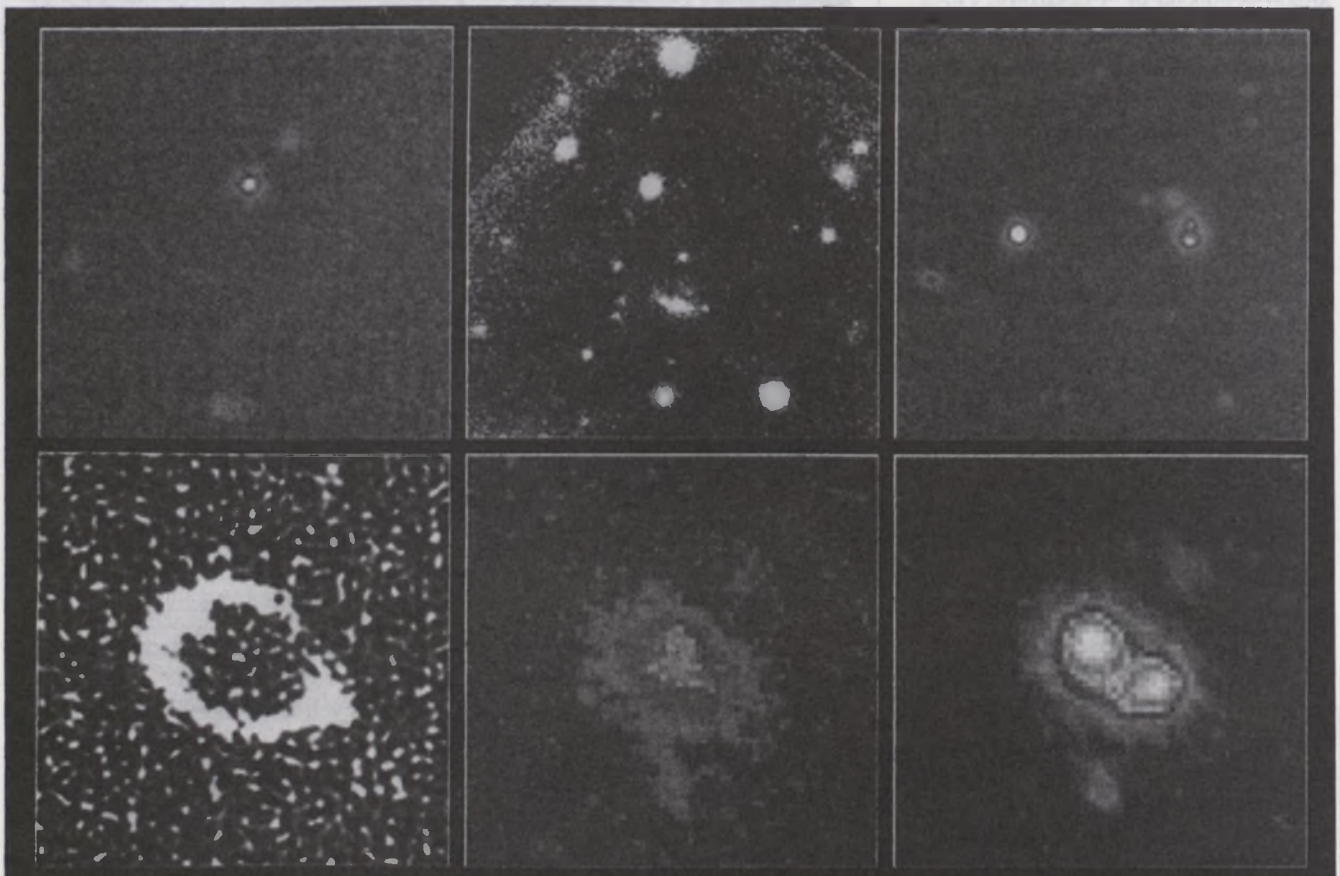
Ostatni z niedawno opublikowanych artykułów autorstwa Jamesa Larkina (Caltech) i współpracowników, dotyczy soczewki grawitacyjnej MG 1131+0456 w gwiazdozbiorze Lwa. Z powodu grawitacyjnego ugięcia światła, odległy, jasny obiekt jak np. kwazar, może być obserwowany jako (zwykle niewidoczna) galaktyka, co zdarza się wtedy, gdy leży ona na tej samej linii widzenia. MG 1131+0456 jest pierwszym z odkrytych obiektów, w którym rozciągły płat odległego radioźródła został „ugięty" przez zakłócającą galaktykę do pełnego pierścienia. Obrazy z NIRC na falach 1.2 i 2.2 mikronów nie tylko ujawniły po raz pierwszy soczewkującą galaktykę, lecz także pokazały, że odległe radioźródło

jest czerwieńsze od najbardziej poczerwienionych kwazarów. Skrajna barwa jest spowodowana najprawdopodobniej przechodzeniem światła kwazara przez pył w soczewkującej galaktyce.

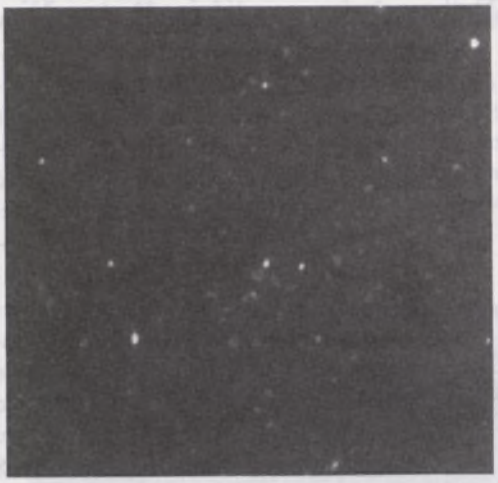
## POSZUKIWANIE BRĄZOWYCH KARŁÓW

Jeśli potrzebujesz uzyskać widma, powiedzmy – 30 galaktyk w odległej gromadzie lub 30 słabych gwiazd z gromady kulistej, to najlepszym instrumentem do tego jest spektrograf obrazowy o małej rozdzielczości LRIS (ang. *Low Resolution Imaging Spectrograph*). Skonstruowany pod kierunkiem J. Beverly Oke'a i Judith G. Cohen (Caltech), działa od niebieskiej części widma w zakresie od fal widzialnych (3800Å) do bliskiej podczerwieni (1.1 mikrona). Wyposażony w warstwową kamerę CCD o matrycy 2048 na 2048 elementów, posiada LRIS ponad 4 miliony oddzielnych detektorów. Ponadto ze zdolnością uzyskiwania 30 widm jednocześnie, może być używany do uzyskiwania obrazów optycznych z rozdzielczością zbliżoną do fotograficznej.

W czasie pisania tego artykułu LRIS był nie w pełni przetestowany, ale został użyty w październiku 1993 r. przez Oke'a, Cohena i ich współpracowników z Caltechu – Jeremy'ego R. Moulda i Neilla Reida do spektroskopowych badań słabego obiektu, kandydata na brązowego karła PC 0025+0447 w gwiazdozbiorze Ryb. Brązowe karły, zaraz po czarnych dziurach, protogwiazdach i pozasłonecznych układach planetarnych są *Świętym Graalem* nowoczesnej astronomii obserwacyjnej. Jeśli istnieją, mogą stanowić pomost między obiektami jowiszopodobnymi i gwiazdami. Brązowe karły o masach mniejszych niż 8% masy Słońca, nie mają w swych jądrach warunków,



Fot. 3. **U góry na lewo**: Kwazar oznaczony symbolem PC 1247+3406 w Psach Gończych jest najodleglejszym znanym obiektem. Jego światło, przesunięte ku czerwieni o z=4.9, dociera do nas niejako z głębi czasu, widzimy bowiem stan kwazara zaledwie miliard lat po Wielkim Wybuchu. Obraz ten, zarejestrowany na fali 2.2 mikrona, uzyskano dzięki kamerze bliskiej podczerwieni NIRC (Near Infrared Camera). Zdjęcie pokazuje samego kwazara, położonego w centrum obrazu i otaczające go odległe galaktyki o jasności w podczerwieni 19–21 magnitudo. Czas ekspozycji wynosił 37 minut
**U góry w środku**: Pole o średnicy 45 sekund łuku pokazuje obiekt 4C 41.17, którego przesunięcie ku czerwieni wynosi 3.8. Jest to jedna z najbardziej odległych galaktyk (patrz: suplement str. 10). Na fali 2.2 mikronów galaktyka ukazuje swe jądro otoczone rozciągającym się na 85 tysięcy lat świetlnych emitującym polem w kształcie łuku. Obraz ten pokazuje efekt 40-minutowej pracy Kecka wyposażonego w NIRC. **U góry po prawej**: Innym, ważnym w astronomii obiektem jest galaktyka FSC 10214+4724 w Wielkiej Niedźwiedzicy, zaobserwowana po raz pierwszy przez satelitę IRAS (Infrared Astronomical Satellite). Obiekt ten jest najjaśniejszą znaną galaktyką we Wszechświecie. Przedstawiona tu 27-minutowa ekspozycja na fali o długości 2.2 mikrona, została wykonana z użyciem NIRCa i objawia trzy składniki obiektu (na prawo od centrum obrazu). Zdjęcie pokazuje pole o średnicy kątowej 30 sekund.
**Rząd dolny**. Soczewka grawitacyjna MG 1131+0456 w gwiadozbiorze Lwa była po raz pierwszy zarejestrowana na falach radiowych. Jak widzimy na fotografii (po lewej), na mapie wykonanej techniką VLA na fali o długości 20 centymetrów, emisja pochodząca od odległego kwazara została „wygięta" przez niewidoczną galaktykę tworząc obraz pierścienia wokół niej o średnicy 2.2 sekund łuku. Spojrzenie na ów obiekt w podczerwieni nastręcza wielu kłopotów. Na fali o długości 1.27 mikrona ( pośrodku), pył zasłaniającej galaktyki całkowicie maskuje kwazara. Jednak na fali 2.2 mikrona (po prawej), światło kwazara przenika galaktykę, ale jest podzielone i ma podwójną strukturę.



Fot. 4. Najgłębsze spojrzenie teleskopu, najsłabsze znane galaktyki. Spektrograf LRIS odkrył tę gromadę galaktyk z przesunięciem ku czerwieni szacowanym na 0.8. Przedstawione pole zajmuje 2 minuty kwadratowe. Gromada została znaleziona w pobliżu superjasnej galaktyki FSC 10214+4724.

potrzebnych do zapoczątkowania syntezy jądrowej. Niska dzielność promieniowania jaką posiadają, pochodzi głównie z kolapsu grawitacyjnego, dlatego muszą one być słabe i bardzo czerwone. Wielu astronomów jest przeświadczonych, że brązowe karły zostaną znalezione, zaś inni wierzą, że będą one stanowić znaczną część masy galaktyk.

Otrzymane ze spektrografu LRIS widmo PC 0025+0447 jest zdominowane przez emisyjne linie atomowego wodoru i emisyjne pasma tytanu i tlenku wanadu. Jasność gwiazdy w barwie czerwonej wynosi 22.4 wielkości gwiazdowe, natomiast w niebieskiej części widma ma jasność mniejszą niż 24 wielkość gwiazdowa. Jeśli gwiazda ta jest młodym brązowym karłem, to jej widmo powinno ujawnić absorpcyjny dublet litu o długości fali 6707Å. Uzyskane dzięki LRIS widma, dają tylko górną granicę obfitości litu — o rząd wielkości niższą niż oczekiwana dla brązowych karłów.

Analizy pokazują, że gwiazda ta posiada aktywność chromosferyczną podobną do gwiazd z gromady otwartej Hiady, które są o ok. 700 milionów lat starsze. Sugeruje to, że PC 0025+0447 jest wystarczająco gorąca, by być słabą gwiazdą ciągu głównego i że przetwarza część swego pierwotnego litu. Wobec tego *nie* jest to, prawdopodobnie, brązowy karzeł.

## MÓWIĄCY SPEKTROGRAF

Wielkim instrumentem, przedstawionym na początku artykułu jest spektrograf wysokiej rozdzielczości typu echelle HIRES-a (ang. *High Resolution Echelle Spectrograph*), zbudowany na Uniwersytecie Kalifornijskim w Santa Cruz, pod kierunkiem Stevena S. Vogta. Oddanie do użytku HIRES-a, podobnie jak i LRIS, podkreśla fakt, że oczekiwaną, największą korzyść przyniesie teleskop Kecka na polu badań spektroskopowych. Obrazy o najwyższej rozdzielczości otrzymujemy obecnie z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a HST (ang. *Hubble Space Telescope*). Jednak HST jest reflektorem o średnicy tylko 2.4 m. Teleskop Kecka ze swoją 17–krotnie większą powierzchnią zbierającą jest znacznie lepszy do mierzenia przesunięć ku czerwieni słabych i odległych galaktyk czy kwazarów.

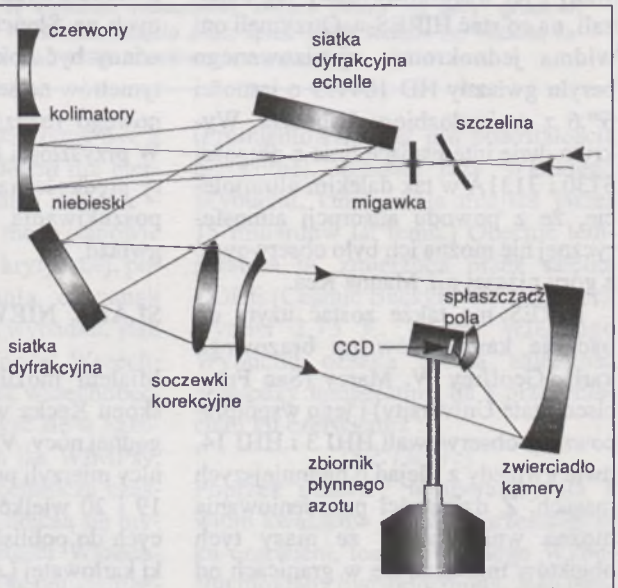
HIRES, podobnie jak LRIS, także bazuje na warstwowej kamerze CCD złożonej z detektorów rozlokowanych w matrycy 2048 na 2048, posiłkowanej trzema interferometrami schodkowymi (echelle) o wysokiej dyspersji. Jego 75–cm kamera (f/10), zaprojektowana przez Harlana Eppsa, składa się z dwóch dużych soczewek korekcyjnych, metrowego, lekko sferycznego zwierciadła i wyrównywacza pola. Ten ogromny układ nie jest przytwierdzony do głównego teleskopu; spoczywa on na jednym z pomostów Nasmytha, dokąd światło jest doprowadzane poprzez oś wysokości teleskopu.

Nie dość, że HIRES umie mówić do astronomów, to może także rozwiązywać własne problemy. Codziennie napełniany jest ciekłym azotem, a jeśli główny zbiornik zostanie opróżniony, poinformuje o tym bądź przez głośnik komputera, bądź też wysyłając list pocztą elektroniczną do centrum sterowania w Waimea. Jeśli nikt nie odpowie, komputerowy komunikat zostanie przesłany do Kalifornii. Vogt porównuje to do „dokuczającego dziecka, śledzącego mnie w wirtualnej przestrzeni sieci komputerowej".

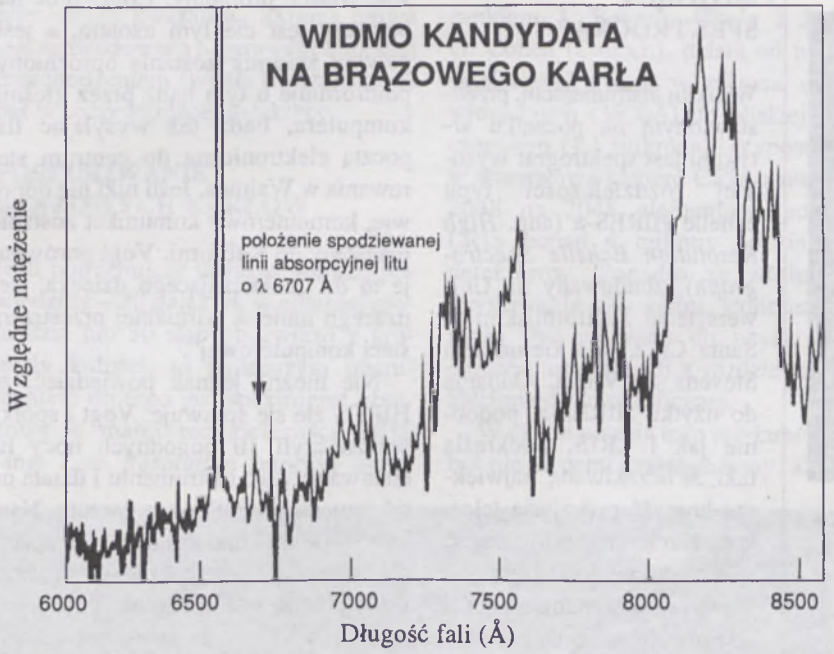
Nie można jednak powiedzieć, że HIRES źle się sprawuje. Vogt i spółka przeznaczyli 10 pogodnych nocy na testowanie tego instrumentu i działa on od samego początku bez zarzutu. Naukowy wyścig rozpoczął się niezwłocznie, a pierwsze wyniki były spodziewane jeszcze w 1994 roku.

## GWIAZDY W NOWYM ŚWIETLE

Jednym z naukowych powodów do zbudowania HIRES-a, było zastosowanie go do pomiarów obfitości berylu w słabych, ubogich w metale karłach w galaktycznym halo. Beryl – pierwiastek o liczbie atomowej 4 – został wyprodukowany w małych ilościach podczas Wielkiego Wybuchu. Gwiazdy znacznie mniej masywne od Słońca, choćby nawet powstały w czasie formowania się naszej Galaktyki, powinny posiadać pierwotną obfitość berylu, ponieważ




Rys. 1. Teleskop Kecka z ważącym 8 ton spektrografem wysokiej rozdzielczości HIRES, zainstalowanym na prawej platformie Nasmytha. Instrument ten jest tak dalece zautomatyzowany, że sam stawia diagnozy i dba o swoje utrzymanie. Jeśli zaś potrzebna jest interwencja człowieka, HIRES posiada zdolność informowania astronomów poprzez mówienie do nich.




Rys. 2. Część widma obiektu PC 0025+0447 z Ryb, który jest kandydatem na brązowego karła. Widmo otrzymał Jeremy R. Mould przy użyciu LRIS. Biorąc pod uwagę nieobecność dubletu litowego na 6707Å, astronomowie wnioskują, że gwiazda ta prawdopodobnie nie jest brązowym karłem, ale chłodną gwiazdą ciągu głównego.

palą one swe nuklearne paliwo zbyt wolno, by mieć tego pierwiastka więcej. Pomiary obfitości berylu w karłach z halo mogą rozszerzyć naszą wiedzę o nukleosyntezie podczas Wielkiego Wybuchu, kosmologię oraz wiedzę o chemicznej i dynamicznej historii Galaktyki.

Ann M. Boesgard (University of Hawaii) i jej współpracownicy już pokazali, na co stać HIRES-a. Otrzymali oni widma jednokrotnie zjonizowanego berylu gwiazdy HD 184499 o jasności $6^m,6$ z gwiazdozbioru Łabędzia. Wykryto dwie interesujące linie o długości 3130 i 3131Å w tak dalekim ultrafiolecie, że z powodu absorpcji atmosferycznej nie można ich było obserwować z góry niższej niż Mauna Kea.

HIRES ma także zostać użyty do badania kandydatów na brązowego karła. Geoffrey W. Marcy (San Francisco State University) i jego współpracownicy obserwowali HHJ 3 i HHJ 14, dwie gwiazdy z Plejad o najmniejszych masach. Z dzielności promieniowania można wnioskować, że masy tych obiektów mieszczą się w granicach od 0.05 do 0.06 mas Słońca. Lecz, podobnie jak PC 0025+0447, żadna gwiazda nie ujawnia obecności litowego dubletu absorpcyjnego. Zatem nadal nie ma brązowych karłów.

HIRES może być użyty do niezmiernie dokładnego wyznaczania prędkości radialnych chłodnych gwiazd. Ostatnio Marcy ze współpracownikami uzyskali widma gwiazdy typu Słońca – 107 Piscium (z gwiazdozbioru Ryb, jasność $5^m.2$, typ widmowy K1V). Wykonywano je co 75 sekund w czasie 6 godzin w celu badania oscylacji w atmosferze gwiazdy, podobnych do 5–minutowych oscylacji obserwowanych na Słońcu. Po analizie dane powinny być dokładniejsze niż 100 centymetrów na sekundę. To jest zaczątek nowego rozdziału – astrosejsmologii. W przyszłości bardzo dokładne pomiary prędkości radialnych będą użyte do poszukiwania planet wokół jasnych gwiazd.

## ŚLADY NIEWIDZIALNEGO

Miałem możliwość zobaczenia teleskopu Kecka w działaniu podczas pogodnej nocy. Vogt i jego współpracownicy mierzyli prędkości radialne gwiazd 19 i 20 wielkości gwiazdowej należących do pobliskiej eliptycznej galaktyki karłowatej Leo II. Zanim zbudowano Kecka, potrzeba było aż trzech godzin do obserwacji jednej z owych gwiazd przy pomocy 5–metrowego teleskopu palomarskiego. Obecnie astronomowie używający HIRES-a zużywają na to zaledwie 10 minut.

Wspomiani wyżej obserwatorzy poszukiwali grawitacyjnych przejawów istnienia ciemnej materii. Rozumowanie jest proste; prędkość radialna zmieniająca się w granicach od 3 do 4 km/s (w stosunku do średniej prędkości radialnej galaktyki) mogłaby wskazywać na obecność bardzo niewielkiej ilości ciemnej materii w Leo II. Jeśli natomiast rząd zmian prędkości jest większy, wtedy potrzebna jest duża ilość niewidzialnej masy, powstrzymującej galaktykę przed rozpadem, gdyż świecące gwiazdy i gaz nie są w stanie tego zapewnić. Wstępne badania zespołu Vogta dają dyspersję w okolicach 7 – 8 km/s. Sugeruje to w takim razie, że eliptyczne galaktyki karłowate, takie jak Leo II, zawierają wiele ciemnej materii, podobnie jak galaktyki spiralne.

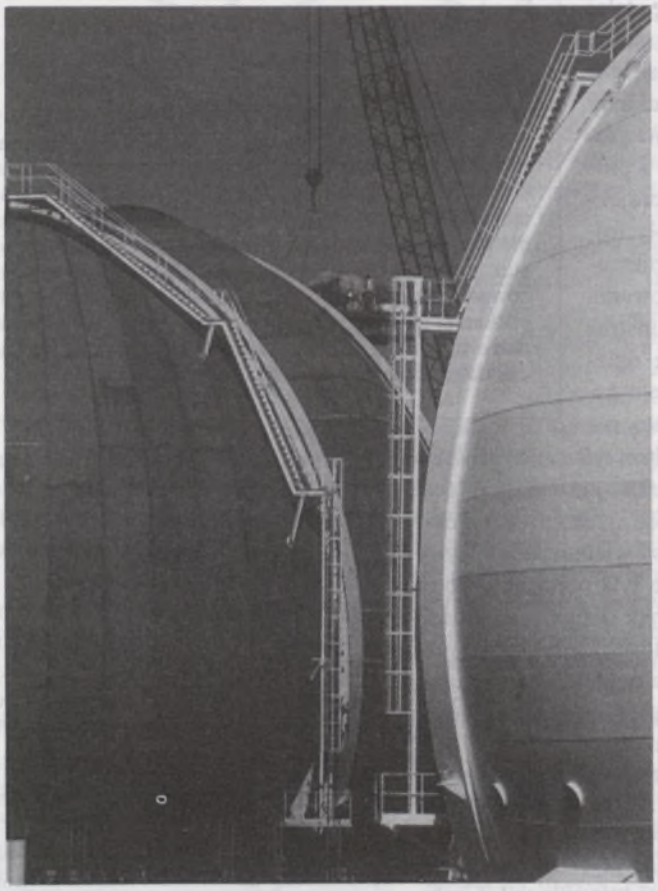
Kluczowym projektem wykorzystującym HIRES-a jest badanie linii absorpcyjnych w widmach kwazarów. Linie takie są widoczne, gdy względnie chłodne obłoki gazu rozpościerają się wdłuż drogi światła pochodzącego od odległego źródła promieniowania. Linie absorpcyjne nie tylko wykazują istnienie układu chmur, ale także pozwalają na dokonanie pomiarów przesunięcia ku czerwieni gazu, który je tworzy. Najprostszą do obserwacji jest linia Lyman α wodoru na 1216 Å. Kwazar o $z = 4.9$ posiada w swoim widmie *las linii* Lyman α powstający przy przechodzeniu światła przez setki zakłócających obłoków wodoru. Inne, pospolite linie, przydatne w badaniach, pochodzą od węgla, chromu, krzemu i cynku. Uzyskane poprzez badanie linii widmowych obfitości atomów o różnym przesunięciu ku czerwieni, dają możliwość próby spojrzenia na procesy zachodzące w gwiazdach w różnych epokach, pozwalają spojrzeć w przeszłość do momentu odpowiadającego największemu przesunięciu ku czerwieni obserwowanych śladów obłoków.

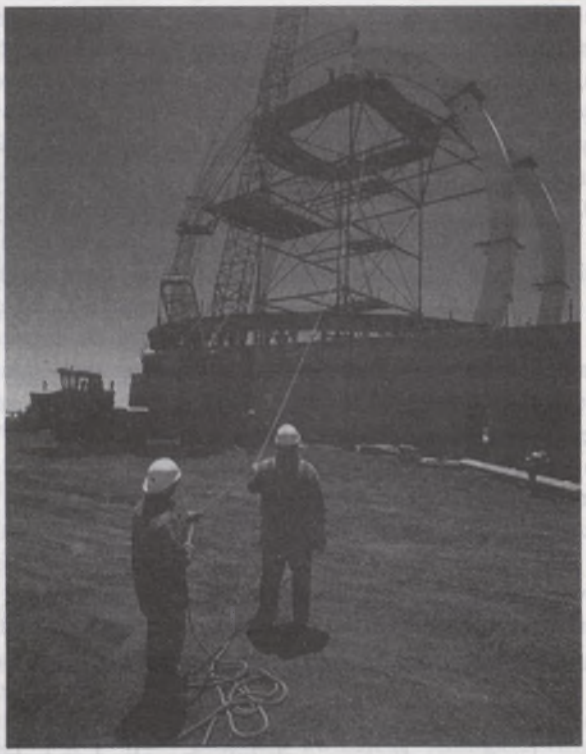
Jeden z najbardziej fascynujących rezultatów otrzymanych przy pomocy HIRES-a, pochodzi od zespołu kierowanego przez Antoinette Songaila. Zmierzyli oni zawartość deuteru (ciężkiego wodoru) w widmach odległych kwazarów.

Powstanie deuteru wiąże się z Wielkim Wybuchem, jednak jest on systematycznie zużywany w procesach

## Keck II nabiera realnych kształtów

Budowę bliźniaka Teleskopu Kecka, nazwanego Keck II, zapowiedziano w kwietniu 1991 roku, kiedy to Fundacja W. M. Kecka przyznała 74.6 milionów USD na pokrycie kosztów konstrukcji. Budowę rozpoczęto rok później. Kopuła (na zdjęciu z lewej) została pomalowana latem ubiegłego roku. 10–metrowy teleskop zostanie skompletowany do końca 1996 roku.





W kierunku wskazówek zegara mamy od góry: grudzień 1992: rozpoczęcie prac; lipiec 1993: wznosi się kopuła; listopad 1993: oczekiwanie na malarzy.

nuklearnych, zachodzących w gwiazdach. W związku z tym, jego obfitość w znacznie przesuniętych ku czerwieni obiektach (galaktykach i kwazarach) i starych gwiazdach jest taka jak wówczas, gdy Wszechświat był młody. Można w takim razie, badając ilość deuteru, sprawdzić scenariusz Wielkiego Wybuchu. Najlepsze poprzednie oceny, z pomiarów w Galaktyce, dawały wyniki mówiące, że 1 atom deuteru powstawał na każde 24000 atomów wodoru z błędem oceny o czynnik 2. Rezultaty uzyskane przez Songailа i współpracowników dają wynik sześciokrotnie większy: 1 atom deuteru przypadł na każde 4000 atomów wodoru.

Ponieważ deuter jest szybciej zużywany, gdy gęstość barionów (protonów i neutronów) wzrasta, przeto średnia gęstość materii barionowej musi być z grubsza *trzykrotnie mniejsza* niż pierwotnie sądzono. Normalna materia – tworząca nas i Ziemię – może stanowić tylko 1 procent gęstości krytycznej, potrzebnej do zatrzymania ekspansji Wszechświata. W takim wypadku, jeśli przyjmiemy pulsujący model Wszechświata, kolosalny odsetek wszechobecnej materii musi znajdować się w egzotycznych stanach, takich jak WIMPsy, aksiony, czy też inne tajemnicze cząstki. Dla tych, którzy nie dręczą się myślami o zbyt małej gęstości Wszechświata, obecne rezultaty są potwierdzeniem przekonania o wiecznej jego ekspansji.

Inny, ważny wynik dotyczący scenariusza Wielkiego Wybuchu, związany jest z pomiarami kosmicznego promieniowania tła w różnych epokach. (Promieniowanie tła jest pozostałością pierwotnej, ognistej fazy Wielkiego Wybuchu, która miała miejsce jakieś 15 miliardów lat temu.) Obecnie temperatura ta, zmierzona przez satelitę COBE (Cosmic Background Explorer), wynosi 2.73 K. Teoria Wielkiego Wybuchu orzeka prostą zależność pomiędzy temperaturą tła i przesunięciem ku czerwieni z :

$$T=2.73(1+z)$$

Poprzez pomiary temperatury tła z widm kwazarów o dużym przesunięciu ku czerwieni, teoria Wielkiego Wybuchu mogłaby być umocniona. Jeśli temperatura tła byłaby niższa niż ta wyznaczona z przedstawionego wzoru, lub może wszędzie (niezależnie od przesunięcia ku czerwieni) wynosiłaby 2.73 K, wtedy możnaby odrzucić teorię Wielkiego Wybuchu i przywrócić do

łask teorię Stanu Stacjonarnego!

Rozprawa grupy działającej pod kierunkiem Songaila przedstawia najlepsze dotychczas wyniki z dziedziny astronomii, zwanej *termometrią kosmiczną*. Astronomowie mierzyli linie absorpcyjne jednokrotnie zjonizowanych atomów węgla. Celem wyjaśnienia, elektrony atomu fluktuują pomiędzy niewiele różniącymi się poziomami energetycznymi, tworzącymi tzw. strukturę subtelną musimy wiedzieć też, że absorpcja jest bardzo precyzyjnym wskaźnikiem temperatury. W przypadku, gdy w kwazarze Q 0636+68 z wynosi 2.9034, linie węgla dają górny wynik 13.5 K (wynik otrzymany z przytoczonej wcześniej relacji wynosi 10.7 K).

Trzy odrębne grupy astronomów zbierają dane dotyczące innego kwazara (Q 1331+170, z = 1.776), pochodzące z HIRES-a. Są to zarejestrowane w maju i kwietniu ultrafioletowe linie spektralne należące do neutralnego węgla, przesunięte efektem Dopplera do części niebieskiej widma. Ostateczne rezultaty nie zostały jeszcze opublikowane, ale możemy już być pewni, że górna granica nie wykracza poniżej pewnej magicznej linii opisującej temperaturę w scenariuszu Wielkiego Wybuchu. Innymi słowy Big Bang żyje nadal i ma się dobrze.

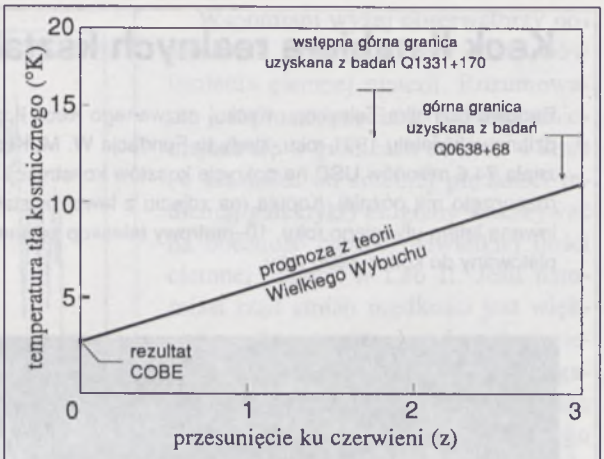
## JESZCZE DUŻO DO ZROBIENIA

Dzięki doskonałym instrumentom zainstalowanym na największym w świecie teleskopie optycznym astronomowie czują duże podniecenie (niekiedy być może nawet na granicy szaleństwa) i próbują realizować projekty, które sprawiały trudność lub były niemożliwe do zrealizowania na mniejszych instrumentach. Jeszcze dziesięć lat temu wielu astronomów musiało sobie myśleć: *„gdybym tylko miał większy teleskop..."*. Teraz już mają, lecz konkurencja do otrzymania czasu obserwacyjnego jest wielka. Wiele projektów otrzymuje tylko jedną noc obserwacyjną, jednak dzięki wielkości Kecka, dane, które kiedyś zbierano przykładowo dwa tygodnie, teraz można zebrać w znacznie krótszym czasie.

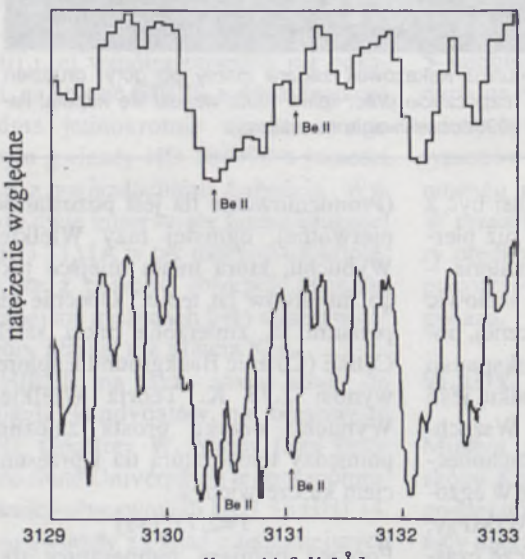
Nasuwa się tu pytanie, czy Keck zdoła wyeliminować z gry na polu astronomii optycznej i podczerwonej wszystkich? Z całą pewnością nie. Inne teleskopy posiadają bardzo dobre instrumentarium, a przy tym nie są tak niedostępne jak Keck. Podczerwony Teleskop Brytyjski – UKIRT (usytuowany także na szczycie Mauna Kea) może uzyskiwać widma wysokiej rozdzielczości w zakresie od 1 do 5 mikronów. Następne drzwi stanowią Teleskop Kanadyjsko – Francusko – Hawajski, czy też NTT (New Technology Telescope) w Europejskim Obserwatorium Południowym, w La Silla (Chile), gdzie astronomowie mogą uzyskać obrazy wysokiej rozdzielczości przy pomocy systemu optyki adaptatywnej. W Anglo–Australijskim Teleskopie (Siding Spring, Australia) zainstalowany jest spektrometr o rozdzielczości dziesięciokrotnie lepszej niż HIRES.

Reasumując jednak sprawę, muszę stwierdzić, że obecnie Keck zajmuje pierwsze miejsce na liście pod nazwą: **chcę-teleskopu-takiego-jak-ten**.

Tłumaczył L. Błaszkiewicz




Rys. 2. Jeżeli teoria Wielkiego Wybuchu jest poprawna, temperatura kosmicznego promieniowania tła była w przeszłości wyższa (odpowiada to większemu przesunięciu ku czerwieni), jak pokazuje to linia ciągła na diagramie. Z obserwacji linii atomowych pochodzących ze struktury subtelnej w widmach kwazarów, możemy szacować temperaturę Wszechświata w minionych epokach. Dowodem przeciwko Wielkiemu Wybuchowi może być każdy punkt znajdujący się pod linią ciągłą. Jak dotychczas jednak nie ma takiego punktu.



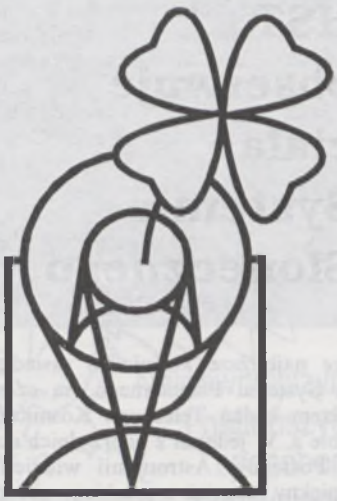

Rys. 2. Zamontowany przy Kecku HIRES dostarcza niesłychanych szczegółów w widmach ultrafioletowych.
**U góry**: Najlepsze przed Teleskopem Keck I widmo karła z halo galaktycznego – HD 184499 – otrzymano 4–metrowym teleskopem. Widmo to w sposób niedostateczny pokazuje dwie absorpcyjne linie berylu.
**U dołu**: Widmo tej samej gwiazdy uzyskane dzięki HIRESowi wyraźnie owe linie oddziela.

*Kevin Krisciunas jest astronomem pracującym w Centrum Astronomicznym w Hilo na Hawajach. Jego praca dotyczy gwiazd zmiennych, centrum Drogi Mlecznej, a także historii astronomii.*

*Jego artykuł ukazał się w Sky&Telescope 9/1994 i za zezwoleniem redakcji tego czasopisma przedstawiamy go naszym Czytelnikom.*

**SUPLEMENT: GALAKTYKA O Z=4.25**

Już po napisaniu tego artykułu dokonano niesamowitego odkrycia przy pomocy teleskopu Kecka. Lacy i jego współpracownicy zmierzyli przesunięcie ku czerwieni radiogalaktyki 8C 1435+63, które wynosi 4.25. To niebywałe odkrycie najdalszej ze znanych galaktyk stanowić może duży krok w poznawaniu historii wczesnego Wszechświata, szczególnie epoki w której zachodziło formowanie się galaktyk. Spinrad i inni obserwowali ową galaktykę używając spektroskopu LRIS. Stwierdzili wiele podobieństw struktury w paśmie optycznym do morfologii źródła radiowego. Ponadto wyciągnęli wnioski mówiące, że obserwowany obiekt może być wczesną fazą rozwoju galaktyk obecnie klasyfikowanych jako cD.



## HAPPY BIRTH–DAY TELESKOPIE KOSMICZNY

*W dniu 24 kwietnia 1995 roku mija piąta rocznica wprowadzenia na orbitę okołoziemską Teleskopu Kosmicznego, który jest najwspanialszym instrumentem astronomicznym ze wszystkich dotychczas zbudowanych. Został on nazwany imieniem Edwina Hubble'a, pioniera i znakomitego badacza ekstragalaktycznych przestrzeni Kosmosu a przy tym wspaniałego człowieka. Postępy Astronomii od samego początku pojawienia się nowych u nas możliwości technicznych szeroko korzystały z przepięknych zdjęć uzyskanych Teleskopem Kosmicznym Hubble'a i przybliżały Wszechświat widziany jego okiem polskiemu czytelnikowi. Mamy specjalną rubrykę „Teleskop Kosmiczny Hubble'a obserwuje" i jesteśmy przekonani, że przez kolejne lata rubryka ta dostarczać nam będzie nie tylko nowej wiedzy o otaczającym nas świecie planet, gwiazd i galaktyk, ale także wielu wspaniałych wrażeń artystycznych, pokazując piękno tego świata. Żyj nam jak najdłużej Teleskopie Kosmiczny! Wiemy, że Twoja służba astronomiczna została zaplanowana na 15 lat. W ciągu tych lat będziesz poddawany kuracjom mającym na celu usunięcie chorych lub zmęczonych części i zastąpienie ich nowymi, lepszymi, bardziej wydajnymi. Pierwsza taka kuracja odbyła się już w 1993 roku. Widzisz teraz lepiej, dokładniej i dalej. W lutym 1997 roku otrzymasz dwa nowe instrumenty: spektrograf dający obrazy i mogący obserwować wiele obiektów równocześnie oraz kamerę podczerwoną, a w listopadzie 1999 najnowszej generacji kamerę znacznie zwiększającą Twoje możliwości obserwacji i przekazywania nam piękna Wszechświata. Każdego prawie dnia dokonujesz ciekawych odkryć. Wiele z Twych odkryć już zmieniło nasze dotychczasowe widzenie i rozumienie Wszechświata. Ale ciągle czekamy na Twe kolejne odkrycia, abyśmy mogli coraz lepiej rozumieć otaczający nas Kosmos i być dumni z tego, że w tak pięknym otoczeniu przypadło nam żyć.*

***Żyj nam jak najdłużej i bądź zdrów, wspaniały Teleskopie Kosmiczny!.***

# Młodość galaktyk

Teleskop Hubble'a po naprawie w grudniu 1993 r. niemal codziennie dostarcza nowych obrazów odległych zakątków Wszechświata. Obrazów doskonałej jakości, nieosiągalnej za pomocą teleskopów na powierzchni Ziemi. Szczególnie interesujące są zdjęcia dalekich galaktyk. Ukazują one bowiem te obiekty we wczesnych etapach rozwoju, a porównanie ich wyglądu z galaktykami w naszym sąsiedztwie pozwala bezpośrednio śledzić przemiany ewolucyjne galaktyk różnych typów.

Jak wiemy, zgodnie z prawem Hubble'a przesunięcie widma ku czerwieni jest miarą odległości świecącego obiektu. Teleskop Hubble'a umożliwia obserwacje niezmiernie słabych galaktyk o znacznych przesunięciach widma. Na podstawie szeregu zdjęć galaktyk w szerokim zakresie przesunięć możemy wywnioskować, kiedy w przeszłości zachodziły procesy, które doprowadziły do powstania obiektów obecnie określanych jako galaktyki eliptyczne i spiralne.

Pomiar widma obiektów odległych, a zatem słabych, często jest niezmiernie uciążliwy. Trzeba pamiętać bowiem, że wyznaczenie przesunięcia widma wymaga rejestracji stosunkowo dużej liczby fotonów, co pociąga za sobą znaczne wydłużenie czasu naświetlania zdjęcia. Sytuacja staje się kłopotliwa, jeżeli widmo obiektu nie zawiera wyraźnych linii (absorpcyjnych lub emisyjnych). Dla obiektów ledwo widocznych na zdjęciach w ogóle nie jesteśmy w stanie dokonać pomiaru widma. Ale nawet w przypadku najdalszych galaktyk sytuacja nie jest beznadziejna. Często zdarza się, że galaktyki tworzą zgrupowania w przestrzeni, które możemy stosunkowo łatwo rozpoznać na zdjęciach jako obszary o podwyższonej gęstości galaktyk. Jeżeli szczęśliwym trafem jednym z obiektów składowych takiej gromady jest wyjątkowo jasna gigantyczna galaktyka, lub kwazar – źródło światła wielokrotnie silniejsze od najjaśniejszych galaktyk – można stosunkowo łatwo wyznaczyć ich przesunięcie widma ku czerwieni (również za pomocą teleskopów na Ziemi), a tym samym wyznaczyć odległość do całej gromady galaktyk. Dogodna sytuacja do pomiaru przesunięcia widma zachodzi również w przypadku, gdy galaktyka znajduje się na drodze między nami a jasnym, bardziej odległym kwazarem. Absorpcja światła kwazara przez rozrzedzony gaz znajdujący się w galaktyce, lub jej bezpośrednim otoczeniu produkuje wąskie, a przez to wyraźne linie absorpcyjne w widmie kwazara o przesunięciu ku czerwieni odpowiadającym odległości galaktyki.

Zdjęcia okolic osobliwej radiogalaktyki 3C324 oraz kwazara Q0000263 stanowią doskonałą ilustrację opisanej procedury. Galaktyka z liniami emisyjnymi identyfikowana z radioźródłem 3C324 ma przesunięcie ku czerwieni $z = 1.2$. Oznacza to,że obserwowane obecnie światło z tego obiektu zostało wysłane, gdy wiek Wszechświata stanowił około 0.3 wieku obecnego. Liczne galaktyki grupujące się w pobliżu 3C324 są zatem co najmniej trzy razy młodsze niż galaktyki znane nam obecnie. Ich wygląd jest zastanawiający. Bardzo niewiele członków gromady wokół 3C324 można określić jako normalne galaktyki spiralne podobne np. do naszej Drogi Mlecznej. Niektóre silnie wydłużone twory być może są takimi galaktykami oglądanymi „z profilu", ale większość obiektów nie przypomina swym kształtem regularnych dysków tak charakterystycznych dla bliskich galaktyk spiralnych. Patrząc na wiele z nich ma się wrażenie, że stanowią zdeformowane i „powyginane" pozostałości

zderzeń między członkami gromady, a siły grawitacyjnego oddziaływania doprowadziły do powstania licznych struktur nieregularnych i prawdopodobnie nietrwałych. Jednak oprócz tych wraków katastrof kosmicznych, które – jak przypuszczamy – stanowią swego rodzaju „rozbite egzemplarze" galaktyk spiralnych, istnieją i „mają się dobrze" galaktyki eliptyczne. Ich regularna budowa do złudzenia przypomina galaktyki eliptyczne występujące obficie w bliskich gromadach galaktyk. Co więcej, czerwona barwa (również charakterystyczna dla galaktyk eliptycznych o małym $z$) świadczy, że galaktyki te zawierają na ogół gwiazdy stosunkowo stare. A to oznacza, że galaktyki te uformowały się niemal „zaraz" po Wielkim Wybuchu; musiały bowiem mieć czas na zestarzenie się.

Gdy patrzymy na galaktyki kilka miliardów lat starsze niż te z otoczenia 3C324, ale wciąż o kilka miliardów lat młodsze od naszej Galaktyki, dostrzegamy znajome kształty galaktyk eliptycznych, które przez cały czas obserwacji zachowały praktycznie niezmieniony wygląd. Natomiast galaktyki spiralne nie występują jeszcze w swej „skończonej" formie; niemniej coraz częściej możemy dostrzec obiekty z wyraźnym jądrem otoczonym strukturą przypominającą ramiona spiralne, choć na ogół jeszcze nie w pełni ukształtowane.

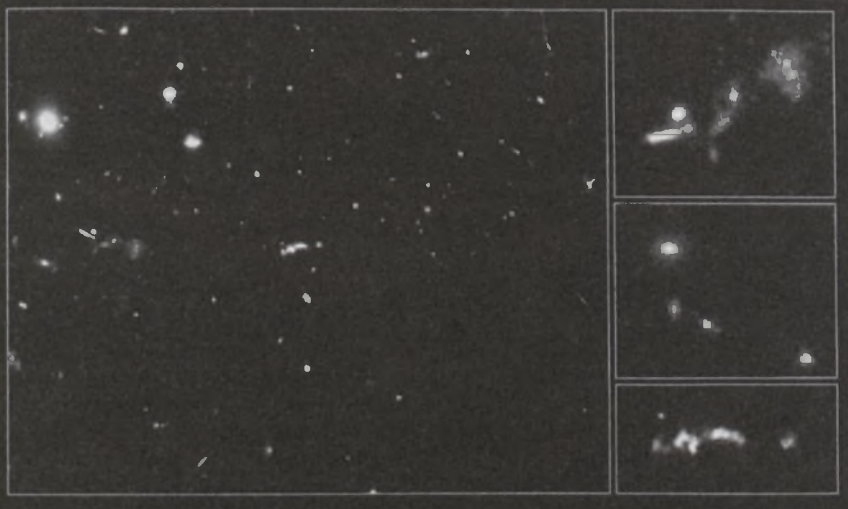
Przebieg ewolucji galaktyk staje się bardziej wyraźny, gdy porównujemy obserwacje opisane powyżej z najdalszymi galaktykami, jakie udało się dotychczas zarejestrować przez HST. W pobliżu linii widzenia do kwazara Q0000263 o przesunięciu widma $z = 4.11$ znajduje się galaktyka o przesunięciu $z = 3.33$, co odpowiada zaledwie 1/10 wieku Wszechświata. Kształt widma tej galaktyki wskazuje na zachodzenie gwałtownych procesów gwiazdotwórczych. Czyż jesteśmy zatem świadkami powstawania galaktyk? Być może niektórych – tak. Na innych jednak zdjęciach widać galaktykę w porównywalnym wieku, której kształt i rozkład jasności jest podobny do „zwykłych" galaktyk eliptycznych. A to oznacza, że przynajmniej niektóre galaktyki eliptyczne uformowały się jeszcze wcześniej.

Z samego tylko porównania obrazów galaktyk w różnych chwilach ich życia zaczyna wyłaniać się mniej spójny obraz kolejnych etapów ewolucji tych obiektów. Nie obserwujemy jeszcze samych narodzin galaktyk, ale jesteśmy świadkami czasów niewiele późniejszych. Przypuszczamy, że galaktyki eliptyczne i spiralne początkowo niewiele się różnią. Oba typy przechodzą gwałtowną fazę tworzenia gwiazd, która stosunkowo szybko, prowadzi do ukształtowania się „dojrzałej" galaktyki eliptycznej, lub jądra przyszłej galaktyki spiralnej. Materia znajdująca się w zewnętrznych obszarach galaktyki nie wzięła udziału w tym procesie i stanowi zaczątek ramion spiralnych. Do uformowania się jednak tych ostatnich galaktyka potrzebuje trochę spokoju. Nie może w tym czasie zderzać się z innymi obiektami, gdyż oddziaływania grawitacyjne z intruzami zakłócają pole grawitacyjne galaktyki i niszczą rodzącą się strukturę spiralną. W obszarach o mniejszej gęstości galaktyk stosunkowo rzadko dochodzi do bliskich spotkań między nimi i szanse na powstanie galaktyki spiralnej w ciągu kilku miliardów lat są całkiem duże. Natomiast w gromadach galaktyk, gdzie co paręset milionów lat galaktyki wpadają na siebie z prędkościami rzędu 1000 km/s otoczki pyłowo–gazowe są nieustannie niszczone. Zderzenia obłoków gazu prowadzą do powstawania fal uderzeniowych, które stymulują proces tworzenia nowych gwiazd, ale ani gaz, ani młode gwiazdy nie są w stanie stworzyć regularnych dysków z ramionami spiralnymi. Tłumaczy to dobrze obserwowany również obecnie brak galaktyk spiralnych w centralnych częściach gromad.

**Andrzej Sołtan**

# HST obserwuje ciała Systemu Słonecznego

Nasze najbliższe kosmiczne sąsiedztwo, ciała Systemu Planetarnego, są częstym obiektem badań Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. W jednym z poprzednich numerów Postępów Astronomii widzieliśmy przepiękny reportaż z przebiegu zderzenia komety P/Shoemaker Levy 9 z Jowiszem. W oddzielnej notatce w bieżącym numerze omawane są wyniki badań tym teleskopem Urana i Plutona. W ciągu ostatniego roku



Odległa gromada galaktyk wokół radiogalaktyki 3C324. Na tym jednym z najdalej sięgających wgłąb Kosmosu zdjęciu wykonanym przez Teleskop Hubble'a widać setki rozrzuconych w przestrzeni galaktyk. Część z nich tworzy gromadę, do której należy również 3C324. Niewiele galaktyk – członków gromady można jednoznacznie skalsyfikować jako galaktyki spiralne. Być może niektóre wydłużone obiekty są właśnie takimi galaktykami widzianymi z boku, ale większość galaktyk ma nieregularnr kształty świadczące o częstych zderzeniach z innymi członkami gromady. Gromada zawiera jednak również galaktyki eliptyczne przypominające kształtem i barwą obecnie istniejące galaktyki tego typu. Fakt, że w idmie tych obiektów dominuje kolor czerwony, świadczy, że większość gwiazd to obiekty stare, które musiały powstać stosunkowo szybko po Wielkim Wybuchu. Po prawej stronie pokazano trzy powiększone fragmenty: na górze – kilka galaktyk powiązanych siłami grawitacyjnymi, w których widać pewne podobieństwa do galaktyk spiralnych, w środku – grupa galaktyk niezmiernie podobna do współczesnych nam galaktyk eliptycznych, na dole – osobliwa galaktyka znana pod nazwą radioźródła 3C324.

Zdjęcie zostało wykonane między 11 maja a 15 czerwca 1994 roku i wymagało 18 godzin ekspozycji. Najsłabsze obiekty tu zarejestrowane mają jasność równą 29 wielkości gwiazdowej. (fot. Mark Dickinson (STScI) i NASA)

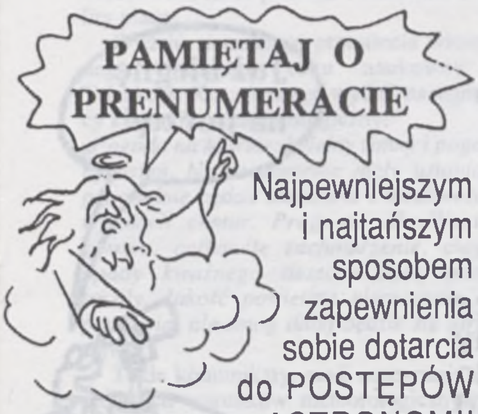
## obserwuje

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

HST służył wielokrotnie jako „międzyplanetarna stacja meteorologiczna" badająca zmiany klimatyczne zachodzące na naszych planetarnych sąsiadach. Odkrył m.in. niezwykłą burzę w bliskorównikowych obszarach Saturna i zmiany w strukturze chmur Neptuna, śledził różnorodne zjawiska meteorologiczne na Wenus i Marsie.

na początku lat siedemdziesiątych nastąpił potężny wybuch wulkanu, który spowodował wzrost ilości dwutlenku siarki w całej atmosferze Wenus. W końcu lat 70-tych gaz ten został odkryty przez wenusjańskiego Pioniera. Od tego czasu ilość $SO_2$ na Wenus maleje, co może znaczyć, że w ciągu ostatnich kilkudziesieciu lat nie ma wielkoska-

że jest to ciało pokazujące nam najstarszy grunt planetarny w Systemie Słonecznym. Jest to grunt bardzo podobny do skorupy ziemskiej i badacze klasyfikują tę planetkę jako szósty obiekt ziemiopodobny (obok Księżyca, Merkurego, Wenus, Ziemi i Marsa) w naszym Układzie. Ponadto, na skutek jakiegoś zderzenia z innym ciałem, które nastą-




Najpewniejszym i najtańszym sposobem zapewnienia sobie dotarcia do POSTĘPÓW ASTRONOMII **jest prenumerata**

- Prenumeratę można opłacić w urzędach pocztowych na umieszczonym obok przekazie
- Prosimy o czytelne wypełnianie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu
- POSTĘPY ASTRONOMII są kwartalnikiem i można zaprenumerować dowolne zeszyty z danego rocznika w dowolnej ilości egzemplarzy
- Cena prenumeratty na rok 1995 wynosi 15 zł, a pojedynczego zeszytu 3,75 zł
- Wszyscy prenumeratorzy, którzy opłacili do tej pory prenumeraty w wyższej wysokości mają już w ten sposób opłacony zeszyt 1/95.
- Można zamawiać jeszcze zeszyty 2, 3, 4 z roku 1991 w cenie 1,5 zł oraz 1, 2 z roku 1992 w cenie 2,0 zł za egzemplarz, a także podwójny zeszyt 3-4/ 1992 w cenie 3,0 zł. Dostępne są również wszystkie cztery zeszyty z 1993 i 1994 roku w cenie 3,0 zł za zeszyt.

planetarnych.

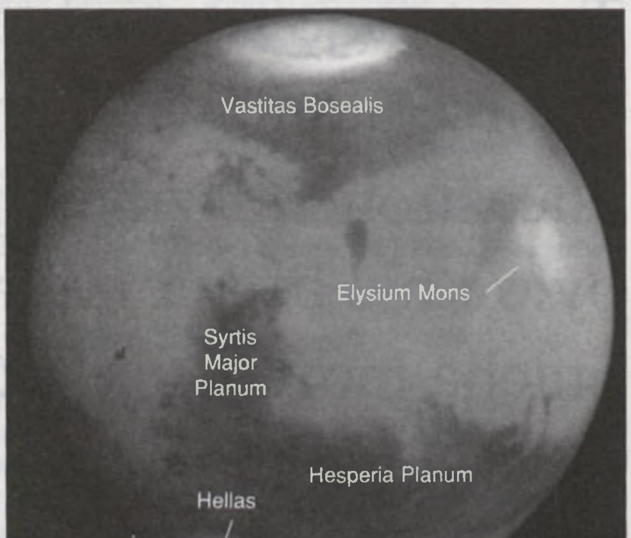
Badania klimatu na Marsie i Wenus przyniosły kilka zaskakujących wyników. Przede wszystkim stwierdza się znaczne zmiany klimatyczne na MARSIE. Ostatnie szczegółowe obserwacje Marsa zostały przeprowadzone w latach siedemdziesiątych przez stacje kosmiczne Viking. Obecne obserwacje przy pomocy HST dające obrazy postrzępionych chmur oraz odkrycie występowania i wyznaczenie obfitości ozonu w atmosferze Marsa wskazują, że na planecie tej jest obecnie zimniej, bardziej słonecznie (atmosfera jest bardziej przezroczysta) i bardziej sucho niż było około 20 lat temu. Stacje Mariner 8 i 9 oraz Viking 1 i 2 trafiły na okres burz piaskowych. Teraz wydaje się, że nie ma silnych wiatrów transportujących piaski i być może sytuacja obserwowana w epoce Marinerów i Vikingów była sytuacją wyjątkową (patrz druga strona okładki).

Obserwacje spektroskopowe WENUS wskazują, że maleje w jej atmosferze zawartość dwutlenku siarki. Duża obfitość tego gazu w atmosferze może wskazywać na dużą aktywność wulkaniczną zachodzącą na powierzchni, jak to ma miejsce na księżycu jowiszowym Io. Radarowe mapy Wenus uzyskane przez stację kosmiczną Magellan dają obrazy wielu wulkanów istniejących na tej planecie. Prawdopodobnie

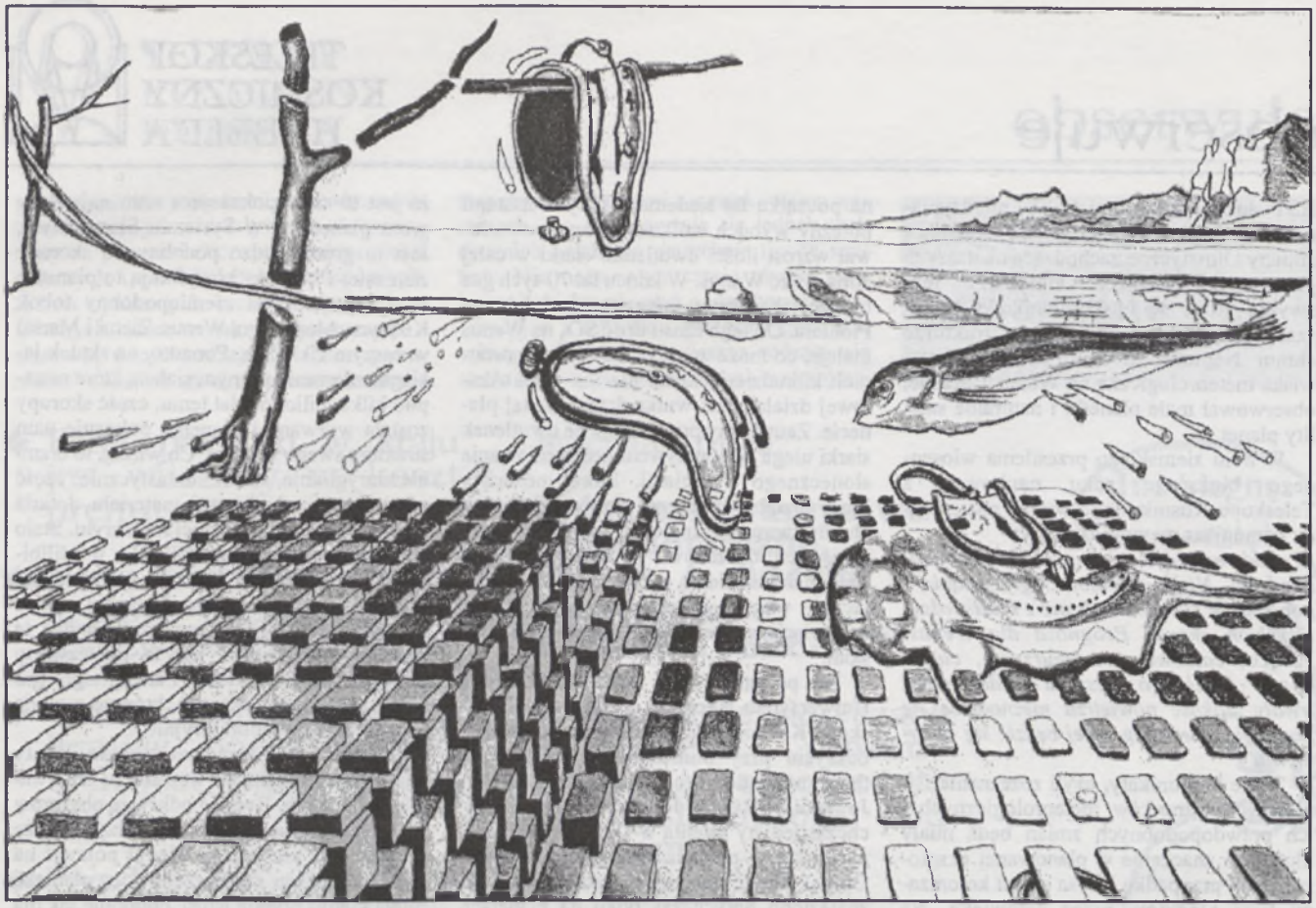
ktura są całkowicie rożne. Jej powierzchnia jest raczej gładka i pokryta grubą warstwą popękanych lodów $H_2O$. Nie wyklucza się, że siły pływowe Jowisza mogą na tyle ogrzewać tego satelitę, że jego skorupa pływa na podskórnym oceanie wody. Spośród 61 zidentyfikowanych dotychczas księżyców w Systemie Słonecznym, tylko 3 satelity mają atmosferę. Są to: satelita Jowisza Io (dwutlenek siarki), największy satelita Saturna Tytan (mieszanina azotu i metanu) i największy satelita Neptuna Tryton (mieszanina azotu i metanu).

Ostatnio ekipy pracujące teleskopem HST uzyskały też ciekawe wyniki dotyczące małych planet, a w szczególności asteroidy WESTA. Śledzono ją w czasie wielu jej „koziołkowań" w przestrzeni i stwierdzono,

szczegółów i sprawiają, że Westa stała się bardzo ciekawym obiektem badań. (aw)




**Mars w okresie opozycji w lutym 1995. Centralny południk 275°. Wyraźne szczegóły powierzchni planety mogły być ukazane dzięki wyjątkowo przeźroczystej atmosferze Marsa. Zdjęcia uzyskane przez E. Jamesa i S. Lee.**



Kiedyś astronomia niepodzielnie dominowała w dziedzinie konserwacji czasu. Tę sytuację zmieniły radykalnie współczesne wzorce atomowe. I chociaż dobrze wiemy, że dla astronomicznych pomiarów czasu nie było i nie będzie zagrożenia, to pewną otuchą może napawać istnienie możliwości powrotu dominującej roli tej królewskiej nauki w aspekcie dostarczania najprecyzyjniejszej skali czasu. Zależy to jednak od tego, czy pulsary okażą się wystarczająco stabilne.

Wszystko o czasie (3)

# Astronomia a technika atomowa

Kazimierz M. Borkowski

## Czas efemeryd a czas atomowy

Niedawno Międzynarodowa Unia Astronomiczna zdecydowała wprowadzić w miejsce czasu efemeryd, ET (od ang. Ephemeris Time) dwa inne pojęcia: *dynamiczny czas ziemski* oznaczany przez TDT (Terrestrial Dynamical Time) i *dynamiczny czas barycentryczny* (TDB, Barycentric Dynamical Time). Jednostką tych nowych skal jest doba składająca się ze stałej liczby sekund układu SI – tych samych, które występują w atomowym czasie TAI. TDB różni się od TDT tylko efektami relatywistycznymi – członami okresowymi (sinusoidalnymi) na poziomie milisekund czasu.

Sposób określenia wymienionych czasów wywołał sporo nieporozumień. Wydaje się, że przymiotnik „dynamiczny" jest tutaj mylący, gdyż skala TDT nie wynika z teorii ruchu ciał niebieskich, lecz jest pewną mutacją czasu atomowego. W związku z tym proponuje się obecnie inną nazwę i oznaczenie dla tego czasu: *czas ziemski* i TT. W rzeczy samej realizacja skal TT (piszemy w liczbie mnogiej, gdyż różne realizacje są kolejnymi przybliżeniami niedoścignionego ideału czasu jednostajnie upływającego) odbywa się przez udoskonalanie skali TAI.

Czytelnika może zdziwić stwierdzenie o udoskonalaniu TAI. Otóż TAI taki, jakim jest ogłaszany w biuletynach, jest ostateczny i nie podlega weryfikacji. Wszelkie uchybienia jego realizacji, dostrzeżone po ogłoszeniu relacji indywidualnych skal atomowych (poszczególnych wzorców) względem niego albo też wprowadzone świadomie, nie mogą być już korygowane. Skutek jest taki, że TAI nie realizuje skali jednostajnej. W 1977 r. szybkość biegu TAI zmieniono skokowo o $10^{-12}$ w celu lepszego dostosowania jego sekundy do najlepszej dostępnej realizacji tej jednostki zgodnie z jej definicją. Później wprowadzano mniejsze korekty w miarę potrzeb (w 1990 r. było ich 5, każda o $0.5 \cdot 10^{-14}$). Wreszcie, w latach 80–tych wykryto w tej skali sezonowe (o rocznej okresowości) fluktuacje o nieustalonej amplitudzie w granicach od kilku dziesiątych do jednej mikrosekundy. Są one spowodowane przez komercyjne wzorce atomowe (pierwotne wzorce nie wykazują takich fluktuacji, lecz ich wkład do TAI jest minimalny wobec przytłaczającej liczby około 150 wzorców komercyjnych). Według ostatniego raportu, *Circular T 76 (1994 May 25)*, wydawanego przez Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) – francuską instytucję, która po BIH (Bureau International de l'Heure) przejęła sprawy koordynacji i dysseminacji (rozpowszechniania) czasu – w okresie marzec – kwiecień 1994 r. jedna sekunda skali TAI wynosiła

$$1 - 1 \cdot 10^{-14} \pm 2 \cdot 10^{-14}$$

sekund SI na poziomie morza.

Nieliniowości skali TAI utrudniają stosowanie jej na szczególnie wymagającym polu obserwacji pulsarów i to głównie z tego powodu powstała chyba najdokładniejsza i najstabilniejsza skala TT(BIPM87), tj. jedna z realizacji TT opracowana w BIPM. Skala ta obejmuje okres od początku 1976 r. do końca 1986 r. i przypuszczalnie jest jednostajna na poziomie pojedynczych mikrosekund. W ramce podajemy przybliżoną relację tej skali do TAI po roku 1986. Szczegółowe zależności i kolejne wersje TT(BIPMyy), gdzie 1900 + yy oznacza rok opracowania, są dostępne w BIPM na życzenie.

Można zaryzykować stwierdzenie, że TT jest atomowym przybliżeniem dynamicznego czasu efemeryd, ale różni się od ET sposobem realizacji i, formalnie, członami okresowymi o amplitudach mniejszych niż 1.7 ns (tak, jak różnią się TT i TDB). Czas pokaże,

### Skąd wziął się czas

Stworzenie świata musiało nastąpić kiedy nawet czas był nieznany.

Czas jest manifestacją mocy Boga, dlatego nie ma on końca, ani początku, który możnaby zmierzyć.

Matka Weda była życzliwa dla swoich dzieci – ludzkiej rasy. Aby uświęcić jej pragnienia i wznieść tę rasę na wyższy poziom, ustanowiła Czas i jego składowe – lata, miesiące, dni, godziny, sekundy. Nawet bogowie zostali związani Czasem. Jednostka, albo Dżiwi, została pochwycona przez koło Czasu i Przestrzeni i obraca się z nim, nie znając żadnego sposobu ucieczki. W istocie jest ona jednak poza zasięgiem Czasu i Przestrzeni.

– Sathya Sai Baba

czy skali ET – jako chyba jedynej prawdziwie dynamicznej skali czasu – przywróci się przynależną jej tylko rangę. Przypomnijmy, że obserwacyjne wyznaczanie $\Delta T = ET - UT1$, zwłaszcza dla dat historycznych, nie ma nijakiego bezpośredniego związku z czasem atomowym, gdyż wielkość ta zależy od dynamiki ciał niebieskich i rotacji Ziemi.

## Czas pulsarowy

Znane wszystkim astronomom pulsary zostały odkryte w 1967 r. Są to szybko rotujące gwiazdy neutronowe, które emitują wiązkę promieniowania radiowego omiatającą całe niebo z okresem wynoszącym na ogół kilka sekund. Gdy wiązka przelatuje przez Ziemię obserwujemy puls. Stwierdza się dużą stabilność odstępu impulsów, ale także sporadyczne skoki (ang. glitches). W 1982 r. odkryto wyjątkowo szybkiego pulsara, PSR 1937+21, o okresie zaledwie 1.6 ms (1 ms = $10^{-3}$ s) i o wyraźnych pulsach. Dziś palców już brakuje do zliczenia podobnych pulsarów „milisekundowych".

Wykorzystanie potencjalnie bardzo wysokich stabilności częstości obserwowanych pulsów tych niezwykłych obiektów w charakterze wzorca czasu jest obecnie niepraktyczne, bowiem utrudnia je kilka ważnych czynników. Częstość pulsów zależy od ruchu obserwatora względem barycentrum (środka ciężkości) Układu Słonecznego, ruchu samego pulsara względem tegoż barycentrum i od modeli propagacji promieniowania (w szczególności poprzez ośrodek międzygwiazdowy). Ponadto, szybkość rotacji pulsarów (a więc i częstość pulsacji) bardzo wolno, lecz systematycznie (przypuszczalnie liniowo) maleje, a wartość tego spowalniania trzeba wyznaczyć obserwacyjnie względem innego, stabilniejszego wzorca. Zauważmy, że sama zmiana okresu pulsara już formalnie dyskwalifikuje go jako wzorzec czasu.

W przypadku PSR 1937+21 moment pojawienia się pojedynczego pulsu udaje się zmierzyć z dokładnością 1 μs. Po uśrednieniu dwugodzinnych pomiarów niepewność czasu odbioru impulsów maleje do rzędu 0.1 μs. Tak dokładne pomiary pozwoliły stwierdzić, że okres omawianego pulsara wydłuża się w tempie $0.5 \cdot 10^{-19}$ s/s, co odpowiada względnej zmianie częstości $2.1 \cdot 10^{-7}$ na wiek (jest to dziesięciokrotnie więcej niż w przypadku zwalniania rotacji Ziemi).

Porównywano stabilność częstości pulsarów (po usunięciu liniowego dryfu) ze stabilnością skal atomowych. Porównania takie nie są w pełni wiarygodne, gdyż procedury wymagają dopasowywania różnych innych parametrów, które mogą absorbować pewne powolne niestabilności. Jak już pisaliśmy w PA 2/1992, wydaje się, że na odcinkach czasu rzędu roku niektóre z pulsarów milisekundowych mają jednak mniejsze fluktuacje niż najlepsze skale atomowe. Na takich przedziałach, niestabilności wzorców atomowych mogą zatem psuć dokładność pomiarów obserwacyjnych. Z drugiej zaś strony, pulsary mogą przyczynić się do poprawy długoczasowej stabilności atomowych skal czasu. W związku z wymienionymi możliwościami prowadzi się prace zmierzające do utworzenia średniej skali pulsarowej (PT).

## Relacje między czasami

W okresie 1.03.1900 r. – 28.02.2100 r. kalendarza gregoriańskiego dla daty juliańskiej mamy:

$$JD = 367R - \left[\frac{7\left(R + \left[\frac{M+9}{12}\right]\right)}{4}\right] + \left[\frac{275M}{9}\right] + D + 1721013.5 + UT^h/24^h$$

gdzie [...] oznacza część całkowitą
$R$ – rok
$M$ – miesiąc
$D$ – dzień miesiąca
(jeśli data jest brana z kalendarza juliańskiego, to do wyniku trzeba dodać jeszcze 13)
[(JD + 0.5) mod 7] – dzień tygodnia
(0 – poniedziałek, 1 – wtorek, 3 – środa itd.)

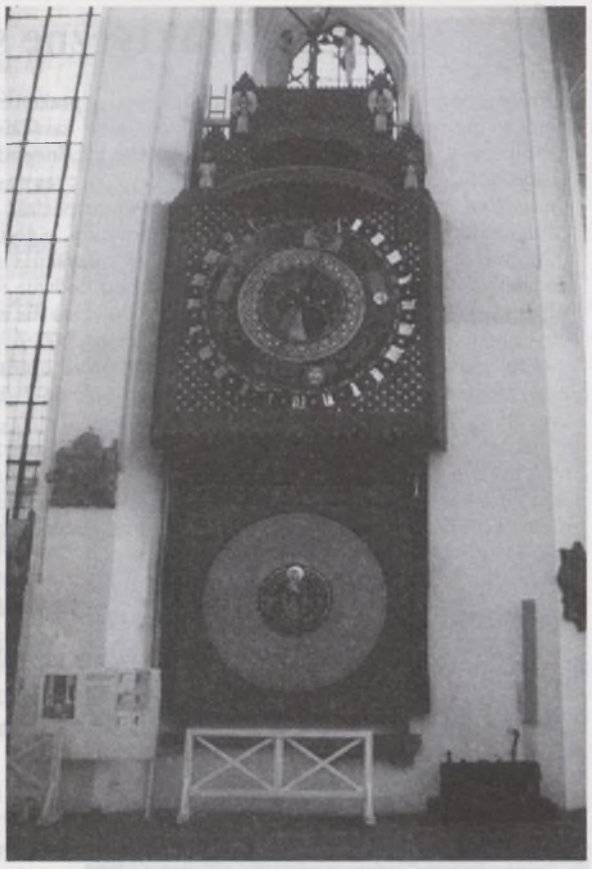
$TDT \equiv TT \approx ET$
$|TT - TDB| < 0.002^s$
$TT(TAI) = TAI + 32.184^s$
$TT(BIPM87) \approx TAI + 32.1840047^s + 0.0000002^s \cos[2\pi(\mathcal{J} - 1987)]$,
gdzie $\mathcal{J} = 2000 + (JD - 2451545)/365.25$ jest datą w tzw. *latach juliańskich*
$\Delta T = ET - UT1 \approx 25.5^s(\mathcal{J}/100 - 17.955)^2$
dla $900 < \mathcal{J} < 1630$; później, do 1991 r., $\Delta T < 60^s$
$CSE = UTC + 1^h$
$CWE = UTC + 2^h$
$UTC_{1993} = TAI - 27^s$
$GPS_{1993} = UTC_{1993} + 8^s \pm 2\mu s$
$|UT1 - UTC| < 0.9^s$
$|UT1 - UT0| < 0.035^s$
$|UT1 - UT2| < 0.035^s$
$|UT1 - UT1R| \leq 0.17^s$
$|GAST - GMST| < 1.2^s$
$GMST = 24110.54841 + 8640184.812866\ T + 0.093104\ T^2 - 6.2 \cdot 10^{-6}\ T^3$ + UT1 [s]
gdzie $T = (JD - 2451545)/36525$
Czas miejscowy = czas Greenwich + $\lambda$,
$\lambda > 0$ na wschód od Greenwich.

## Czas GPS

W ciągu ostatniego dziesięciolecia GPS (Global Positioning System) stał się podstawowym narzędziem państwowych i międzynarodowych porównań zegarów atomowych. Technika ta daje dziesięciokrotnie lepsze dokładności niż z użyciem nawigacyjnego systemu LORAN–C (stosowanego również do tego celu w większości stacji służby czasu na Zachodzie). Dzięki temu po raz pierwszy najlepsze wzorce częstotliwości na świecie mogły być porównane w sposób godny ich dokładności. Dotąd technologia zegarów atomowych zawsze znacząco wyprzedzała przesyłanie czasu. Dokładność transferu czasu przez satelity GPS wynosi 10 – 20 ns (1 ns $=10^{-9}$ s) na odległości międzykontynentalne, a 2 – 3 ns wewnątrz jednego kontynentu. Przy czasach uśredniania rzędu 10 dni, różnice w częstotliwościach wzorców są mierzone na poziomie jednej części na $10^{14}$. Prowadzi się dalsze badania licząc na osiągnięcie dokładności synchronizacji zegarów rzędu 0.3 ns albo i lepiej.

GPS to wojskowy system nawigacyjny oparty o pomiary odległości do satelitów, na których pokładach zainstalowano m.in. zegary atomowe (cezowe lub rubidowe). Pozwala on określać natychmiastowo i w sposób ciągły pozycję, prędkość i czas w dowolnym miejscu na Ziemi. System składa się z trzech segmentów: satelitów NAVSTAR wysyłających sygnały radiowe, stacji kontrolnych oraz użytkowników.

Pierwszy statek GPS umieszczono na orbicie w lutym 1978 r. Do końca 1990 r. działało już 15 satelitów: 6 należących do tzw. Bloku I i 9 – do Bloku II, dla którego zarezerwowano prawo degradacji dokładności w celach militarnych. Degradacja taka polega na zaszyfrowaniu ważniejszych informacji normalnie przesyłanych w sygnale GPS i dostępnych cywilnym użytkownikom systemu. Obecnie jest ponad 20 satelitów



Fot. 1. Monumentalny zegar astronomiczno–figuralny w Bazylice Mariackiej w Gdańsku to dzieło mistrza Jana Duringera z 1470 roku. Zegar pokazuje położenie Słońca i Księżyca na tle znaków zodiaku, fazy Księżyca, dni miesiąca i dni świąteczne. Widoczna na szczycie figura Adama wybija godziny młotem o zwisający z drzewa „wiadomości dobrego i złego" dzwon. Zniszczony w czasie wojennej pożogi, dzięki inicjatywie Społecznego Zespołu Odbudowy Zegara Astronomicznego jest obecnie drugim (po Wrocławiu) tego typu działającym w Polsce zabytkiem (fot. H. Pietkiewicz).

## Wzorce atomowe na orbicie keplerowskiej

W ogólnej teorii względności współrzędna czasowa $(t)$ zależy od wartości pola grawitacyjnego. Dla ciał na orbitach keplerowskich można podać, posługując się niewielkimi uproszczeniami, następującą zależność wyrażającą różnicę między $t$ i czasem właściwym (zegara umieszczonego w środku ciała centralnego):

$$R(\frac{3}{4a}t - \frac{e}{an}\sin E)$$

gdzie $a$, $e$ i $n$ są parametrami orbity (wielka półoś, mimośród i średnia prędkość kątowa [rad/s]), $E$ jest tzw. anomalią mimośrodową (ekscentryczną) wyrażającą pośrednio (poprzez równanie Keplera) położenie ciała na orbicie licząc od perycentrum, zaś $R$ – promieniem grawitacyjnym ciała centralnego: $R = 2GM/c^2$ (występuje tutaj stała grawitacyjna $G$, masa tego ciała $M$ i prędkość światła $c$). Promień grawitacyjny Słońca ma wartość 2.954 km, a Ziemi – zaledwie 8.871 mm. Nietrudno jest teraz obliczyć, że szybkość chodu (częstotliwość) wzorca na orbicie Ziemi wokół Słońca jest o $3R/(4a) = 1.48 \cdot 10^{-8}$ większa niż w środku Układu Słonecznego i że występują tutaj zmiany o okresie jednego roku (ściślej: roku anomalistycznego) o amplitudzie $eR/(an) = 1.66$ ms. Właśnie o ten zmienny przyczynek różnią się tzw. czasy dynamiczne: ziemski (TDT) i barycentryczny (TDB). Dodajmy, że podobny rachunek dla orbity Słońca wokół Galaktyki wykazuje, że u nas czas płynie o 0.001 szybciej niż w środku Galaktyki.

W przypadku orbit satelitów GPS (parametr $a$: 26559 km) policzymy równie łatwo, że w stosunku do środka Ziemi czas upływa tam o $2.5 \cdot 10^{-10}$ szybciej, z fluktuacjami amplitudy wyrażającymi się w nanosekundach. Z innych rachunków wiadomo, że na powierzchni geoidy (bez ruchu keplerowskiego) czas upływa o $7 \cdot 10^{-10}$ szybciej niż w jej środku. Widać stąd, że wzorce atomowe na GPS–ach powinny być przestrojone (zwiększenie częstotliwości) o około $4.5 \cdot 10^{-10}$, i tak rzeczywiście uczyniono uzupełniając to poprawkami w zależności od położenia na orbicie (wynikającymi z jej ekscentryczności, tj. mimośrodu).



BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA W TORUNIU

# Praktyczne stosowanie czasów

Który z licznych czasów mamy zatem stosować w praktyce? Zależy to od sytuacji, od konkretnych zastosowań. Amatorowi–astronomowi do prowadzenia obserwacji powinien w zasadzie wystarczyć czas strefowy, CSE lub CWE (środkowo- lub wschodnioeuropejski), uzyskany przez synchronizację lokalnego zegara do radiowych sygnałów czasu jednej z wielu stacji. Przy opracowywaniu obserwacji powinien on przeliczyć ten czas na czas uniwersalny (koordynowany, UTC) odejmując 1 lub 2 godziny od czasu strefowego. Obserwatorzy Słońca powinni posiąść umiejętność obliczania czasu słonecznego prawdziwego, gdyż to on rządzi położeniem Słońca względem horyzontu; np. o godzinie 12:00 tego czasu Słońce znajduje się na południku miejscowym, tj. najwyżej nad horyzontem. Czas prawdziwy uzyskuje się z uniwersalnego przez dodanie długości geograficznej miejsca ($\lambda$, dodatnio liczonej na wschód od Greenwich) oraz dodanie równania czasu (odczytanego z rocznika astronomicznego). Jeśli interesują nas dokładności rzędu jednej sekundy, wówczas nie musimy martwić się różnicami między UTC, UT0, UT1, UT1R i UT2 utożsamiając je po prostu z czasem uniwersalnym, UT.

Profesjonalni astronomowie mogą potrzebować czasu rotacyjnego, zatem powinni oni przeliczać UTC na UT1 dodając odpowiednie poprawki (nazywane DUT1 i dUT1 o dokładnościach 0.1 i 0.02s, odpowiednio) odczytywane również z radiowych sygnałów: UT1 = UTC + DUT1 + dUT1.

W celu ustawienia teleskopu na wybraną gwiazdę potrzebujemy **lokalnego prawdziwego czasu gwiazdowego**. Możemy go obliczyć na określony moment UT ze średniego czasu gwiazdowego Greenwich (GMST) dodając poprawkę na nutację (odczytuje się ją także z rocznika) i dodając długość geograficzną miejsca obserwacji: ST = GMST + (nutacja) + $\lambda$. Nasz teleskop kierujemy na kąt godzinny $\theta$ =ST – $\alpha$ , gdzie $\alpha$ jest rektascensją gwiazdy.

## Przykład rachunkowy

(Zmodyfikowany przykład z *Astronomical Almanac 1995*)
Obliczyć widomy czas gwiazdowy o godzinie $9^h44^m30^s$ UT
dnia 8 lipca 1995 r. na długości 18°33′39.72″ na wschód od Greenwich.

| | |
|---|---|
| GMST0 (8 lipca o godz. 0 UT) | $19^h01^m54.5783^s$ |
| Dodać gwiazdowy równoważnik słonecznego interwału od godz. 0 do $9^h44^m30^s$ (interwał ten pomnożony przez 1.0027379093) | $+9^h46^m06.0185^s$ |
| GMST (o $9^h44^m30^s$ UT) | $4^h48^m00.5968^s$ |
| Dodać poprawkę na nutację (interpolowaną na godz. 9:44:30 UT) | $+0.5908^s$ |
| GAST (o $9^h44^m30^s$ UT) | $4^h48^m01.1876^s$ |
| Dodać wschodnią długość geograficzną | $+1^h14^m14.6480^s$ |
| Miejscowy czas gwiazdowy | $6^h02^m15.8356^s$ |

Uwaga: Przy obliczaniu miejscowego *średniego* czasu gwiazdowego postępuje się tak samo, ale bez uwzględniania poprawki na nutację.

W przypadku odwrotnym, chcemy wiedzieć kiedy wybrany obiekt znajdzie się w określonym miejscu względem horyzontu. Musimy wtedy znać lub obliczyć jego kąt godzinny w tym miejscu. Jeśli obiekt góruje (dołuje), to wiemy od razu, że jego $\theta$ wynosi $0^h$ ($12^h$). W innych sytuacjach trzeba na ogół posłużyć się nieskomplikowanymi wzorami trygonometrii sferycznej. Z kąta godzinnego dostajemy natychmiast lokalny czas gwiazdowy: ST = $\alpha$ + $\theta$, a stąd prawdziwy czas gwiazdowy Greenwich: GAST = ST – $\lambda$. Od tego wyniku odejmiemy jeszcze nutację, by uzyskać czas średni, GMST. Aby teraz przeliczyć czas gwiazdowy Greenwich na UT musimy obliczyć, albo jeszcze raz zajrzeć do rocznika i odczytać GMST0, tj. średni czas gwiazdowy o północy UT w Greenwich. Jeśli GMST0 wypadnie liczbowo większe od GMST, to oznacza, że ten ostatni przypada na następną dobę gwiazdową, a więc dla zachowania ciągłości należy mu zwrócić (dodać do GMST) jedną dobę, czyli 24 godziny. Teraz już bezpiecznie obliczamy ostatecznie: UT = (GMST – GMST0)·0.997269566329, otrzymując zawsze nieujemną wartość mniejszą niż $24^h$. Jeśli UT wypadnie mniejsze niż ok. 4 minuty, to nasz obiekt prawdopodobnie (o ile nie ma znaczącego ruchu w rektascensji) jeszcze raz tego dnia pojawi się na tym samym kącie godzinnym (po 24 godzinach gwiazdowych czyli po $23^h56^m04.09^s$ czasu średniego słonecznego).

W analizach wyników obserwacji powinniśmy używać czasu możliwie jednostajnego. Na bardzo długich odcinkach najlepszym przybliżeniem jest czas efemeryd, który dostajemy z czasu uniwersalnego przez dodanie parametru $\Delta T$ (odczytujemy go z tablic lub, dla dat sprzed 1620 r., obliczamy według jednego z dostępnych w literaturze wyrażeń analitycznych). Daty wyrażamy w efemerydalnych dniach juliańskich (JED), tj. stosujemy zwykły algorytm na obliczenie JD dla kalendarzowego roku, miesiąca i dnia, ale godzinę UT zastępujemy obliczoną godziną ET. Miarą odległości dwóch zdarzeń w czasie jest różnica odpowiednich dni juliańskich: $JED_2 - JED_1$.

Od roku 1955 dostępna jest też równoważna efemerydalnej skala atomowa, jednak dokładniejsze niż skali ET relacje do czasu uniwersalnego mamy dla TAI dopiero od 1 stycznia 1961 r. (od 1972 r. są to pełnosekundowe różnice TAI – UTC, które przedstawiliśmy w poprzednim odcinku: PA 1/1994). Przechodząc z ET na TAI pamiętajmy jednak, że skale te są przesunięte względem siebie o 32.184 sekundy. Jeszcze bardziej jednostajna jest skala TT w realizacji BIPM. Niestety, dostępna jest tylko od 1976 r. Skale TT możemy traktować dokładnie tak samo jak ET, gdyż w zamyśle są one jej kontynuatorkami.

(w tym kilka zapasowych) umieszczonych na 6 orbitach równomiernie rozłożonych na niebie i nachylonych pod kątem 54–64° do równika. Każdy statek okrąża Ziemię na wysokości około 20 200 km od jej powierzchni w okresie 0,5 doby gwiazdowej, tak że po dwóch okrążeniach, tj. po 23 godzinach i 56 minutach, można go znaleźć w tym samym miejscu nieba.

Prawie wszystkie pracownie prowadzące służbę czasu wyposażone są w świetnie spisujące się, w pełni zautomatyzowane odbiorniki GPS. Mówi się, że główną ich wadą jest czynienie pomiarów zbyt łatwymi, co rozleniwia obserwatorów ...

Czas GPS jest skalą ciągłą, od 5 stycznia 1980 r. zsynchronizowaną z dokładnością jednej mikrosekundy z czasem UTC(USNO), tj. realizacją czasu UTC w United States Naval Observatory (z kolei ta realizacja różni się od UTC na ogół mniej niż o 1 μs). Do skali GPS nie wprowadza się sekund przestępnych, przeto do drugiego półrocza 1994 r. różnica względem UTC narosła do 10 s (GPS – UTC; różnica TAI – GPS wynosi ok. 19 s). Sygnał NAVSTAR–ów niesie zakodowaną informację o aktualnej poprawce zegara satelity względem czasu GPS, a także informację o czasie UTC(USNO) z dokładnością 100 ns.

Analogiczną do GPS – owej jest skala oparta na danych z rosyjskich sputników nawigacyjnych GLONASS. Statków tych jest obecnie kilka, ale docelowo ma ich być 24. Już teraz jednak system rosyjski stał się zmorą radioastronomów z powodu silnych zakłóceń obserwacji w liniach OH. W związku z tym na arenie międzynarodowej prowadzone są intensywne działania zmierzające do poprawienia konstrukcji aparatury sputników. Na szczęście pozytywne nastawienie strony rosyjskiej skłania do dobrych rokowań.

Fot. 2. Znajdujący się na staromiejskim ratuszu w Pradze słynny „orloj" obejmuje aż trzy kondygnacje. W górnej co godzinę ukazują się sylwetki apostołów, a nad nimi pieje kogut. Środkową zajmuje ruchome astrolabium na którym można odczytać aktualny znak zodiaku, położenie i fazy Księżyca, momenty wschodów i zachodów Słońca, początki zmroku i pierwszego brzasku, deklinację Słońca. Zegar pokazuje czasy: środkowo-europejski, staroczeski (godziny liczone od zachodu Słońca), gwiazdowy, a także według godzin „nierównych". W centrum tarczy znajduje się uproszczone wyobrażenie Ziemi – środka Wszechświata w układzie geocentrycznym. Dolną kondygnację zajmuje kalendarz.

## Nasze dni są policzone

Każdy dzień roku ma swój numer; np. 1 lutego nosi numer 32. Także każdy rok ma swój numer porządkowy w ciągu zaczynającym się w określonym momencie. Często taki albo inny moment w czasie, zwłaszcza w długoskalowych rachubach kalendarzowych, nazywamy *epoką* co można rozumieć jako synonim daty. Epoka początkowa systemu liczenia lat, to era. Wydawać by się mogło, że prowadzenie numeracji lat jest rzeczą prostą, podobnie jak określanie *chronologicznego*[1] następstwa zdarzeń, tj. ich kolejności w czasie. W rzeczywistości historycy mieli wiele problemów przy ustalaniu jednolitej chronologii dziejów świata. Nierzadko z pomocą przychodziła im astronomia dzięki posiadaniu metod

## Dlaczego juliańskie?

W wielu źródłach pisanych powtarza się, że nazwa dni juliańskich została nadana przez twórcę, Josepha Justusa Scaligera, ku czci jego ojca – Juliusa Caesara Scaligera. W jednym z dzieł Scaligera ( *de Emendatione Temporum*) znajdujemy jego wzmiankę, iż *nazwaliśmy je juliańskimi ponieważ pasują do kalendarza juliańskiego*, który wówczas obowiązywał. Natomiast nazwa kalendarza juliańskiego wywodzi się od imienia cezara Juliusa, który zreformował kalendarz rzymski.

Warto też wspomnieć, że *okresu juliańskiego*, który leży u podstaw rachuby dni juliańskich, nie wymyślił Scaliger. Już w XII w., ponad 400 lat przed Scaligerem, Roger z Herefordu pisał, że cykle: słoneczny (28-letni), księżycowy albo Metona (19-letni) i indykcji rzymskiej (15-letni) nie zbiegają się przez 28×19×15=7980 lat i jego numeracja tych cykli dla poszczególnych lat jest identyczna ze Scaligerową. Jednakże, sama nazwa i jawne wyliczenie początkowej daty (4713 r.p.n.e.) pochodzą od Scaligera i to on pierwszy wykorzystał tę rachubę w szczegółowych badaniach chronologicznych.

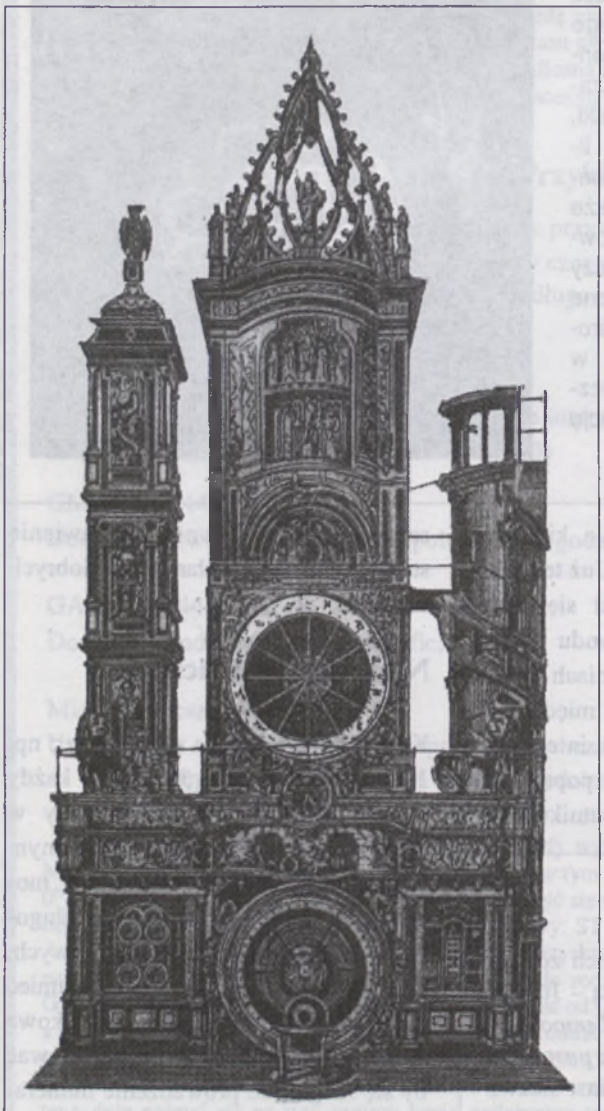
[1] Słowa: chronologia, chronometr, chroniczny, kronika, pochodzą od greckiego *χpovos* (chronos) oznaczającego czas.

określenia ścisłej daty zanotowanego w annałach zjawiska niebieskiego.

Skąd te trudności? Otóż w starożytności niemal każdy naród miał swój kalendarz, a kronikarze zapisywali wydarzenia zgodnie z aktualnie przyjętą erą. Ponieważ znanych jest ponad 200 różnych er, to łatwo sobie wyobrazić łamigłówkę oczekującą badacza, który ma w ręku historyczny dokument z datą określoną w nieznanej mu erze.

Systemy stosowane na co dzień do wskazania punktu w czasie są niewygodne z naukowego punktu widzenia, głównie ze względu na niejednakowe „jednostki". Pomijając nawet nierówne miesiące, same już lata naszego powszedniego kalendarza liczą albo 365, albo 366 dni. W innych systemach kalendarzowych bywają jeszcze większe nieregularności (np. lata 12– i 13–miesięczne). Jest oczywiste, że tego typu skala czasu jedynie z tego tylko powodu nie jest jednostajna.

W pewnym sensie, każdą z omówionych wcześniej skal czasu można rozciągać dowolnie daleko w przyszłość i przeszłość. Jeśli jednak liczymy interwały czasu w setkach czy tysiącach lat, wtedy na ogół niepraktyczne jest rozróżnianie między skalami różniącymi się milisekundami czy też członami krótkookresowymi. Najczęściej używa się skali czasu uniwersalnego (ściślej: UT1), czasu efemeryd oraz, rzadziej, czasu gwiazdowego Greenwich.



Fot. 3. Konstrukcja mechanizmu zegara sztrasburskiego, w odróżnieniu od poprzednich, bazuje już na heliocentrycznej teorii ruchu planet, a znajdujący się u podstawy zegara globus odzwierciedla ruchy gwiazd uwzględniając ruchy bieguna wokół osi ekliptyki. Zegar wskazuje czas średni miejscowy, czas strefowy, czas prawdziwy słoneczny, dane dotyczące ruchów Słońca i Księżyca (łącznie z momentami zaćmień). Tu również atrakcję stanowią ruchome postacie apostołów i aniołków, a godziny wydzwania swymi kośćmi figura śmierci. Warto wspomnieć, iż jedną z ozdób tego zegara jest słynny portret Kopernika pędzla Stimmera (obecnie kopia).

Astronomowie od setek lat używają systemu zwanego *dniami albo datami juliańskimi*, JD (Julian Day number), w których każdy dzień ma swój numer dziesiętny. Numer zero (*epoka początkowa*) ma moment południa uniwersalnego ($12^h$ UT1) w dniu, który w *kalendarzu juliańskim* (powszechnie stosowanym w okresie od 45 r. p.n.e. do 1582 r.) nosi datę 1 stycznia 4713 r. p.n.e. Część ułamkowa daty juliańskiej pomnożona przez 24 wyraża liczbę godzin, jakie upłynęły od południa związanego z częścią całkowitą daty.

## Czas letni w Polsce

W Nr 1/1994 PA, na str. 18 zamieściliśmy tabelę obowiązywania czasu letniego, do której wkradły się błędy powstałe z winy autora. Oto poprawione i uaktualnione dane wg Monitora Polskiego.

| r | m | d | h | | m | d | h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1980 | IV | 6 | 1 | – | IX | 28 | 1 |
| 1981 | III | 29 | 1 | – | IX | 27 | 1 |
| 1982 | III | 28 | 1 | – | IX | 26 | 1 |
| 1983 | III | 27 | 1 | – | IX | 25 | 1 |
| 1984 | III | 25 | 1 | – | IX | 30 | 1 |
| 1985 | III | 31 | 1 | – | IX | 29 | 1 |
| 1986 | III | 30 | 1 | – | IX | 28 | 1 |
| 1987 | III | 29 | 1 | – | IX | 27 | 1 |
| 1988 | III | 27 | 2 | – | IX | 25 | 2 |
| 1989 | III | 26 | 2 | – | IX | 24 | 2 |
| 1990 | III | 25 | 2 | – | IX | 30 | 2 |
| 1991 | III | 31 | 2 | – | IX | 29 | 2 |
| 1992 | III | 29 | 2 | – | IX | 27 | 2 |
| 1993 | III | 28 | 2 | – | IX | 26 | 2 |
| 1994 | III | 27 | 2 | – | IX | 25 | 2 |
| 1995 | III | 26 | 2 | – | IX | 24 | 2 |

W tym wygodnym systemie nie ma w ogóle lat ani miesięcy, a jednostką jest doba średnia słoneczna, której długość jest (chciałoby się rzec: niestety) zależna od rotacji Ziemi. W przypadku obliczania momentów historycznych zjawisk astronomicznych posługujemy się rachubą analogiczną, lecz z użyciem jednostki (doby) o stałej długości równej 86 400 sekund atomowych. Oznacza to, że taka data juliańska, zwana *efemerydalną*, na początek doby bierze zawsze południe czasu efemeryd ($12^h$ ET), a jej związek z wcześniej omówioną wyraża się przez niezbyt dobrze znaną dla czasów historycznych, a wspomnianą wcześniej wielkość $\Delta T$.

Gdy znamy datę juliańską w południe wybranego dnia, to już bardzo łatwo obliczymy *dzień tygodnia*: jeśli JD dzieli się bez reszty przez 7, to dzień jest poniedziałkiem, przy reszcie równej jedności jest to wtorek itd. Znacznie trudniej jest wskazać dzień tygodnia mając datę zwykłego kalendarza (tzn. dzień, miesiąc i rok). Opracowano w tym celu szereg dość wygodnych algo-

rytmów i tabel zwanych *wiecznymi kalendarzami*.

W literaturze nieastronomicznej spotkać można (np. u Iana Wilsona w *Umyśle poza czasem*) opisy zdumiewających fenomenów natury – ludzi, którzy potrafią bez zastanowienia podać dzień tygodnia usłyszawszy datę kalendarzową. Ciekawe, że ich „przeliczanie" odbywa się zgodnie z kalendarzem gregoriańskim – nawet dat sprzed 1582 r., kiedy ten kalendarz jeszcze nie istniał. Czytelnikom polecamy jednak stosowanie algorytmu na obliczanie daty juliańskiej z daty kalendarzowej (podajemy go tutaj w ramce na str.16).

Czytelnik z pewnością nie popełni nieostrożności pomylenia pojęcia daty kalendarza juliańskiego z datą juliańską, bo choć te nazwy podobnie brzmią, wyrażają oczywiście zupełnie różne rzeczy. Reguły wymienionego kalendarza są bardzo podobne do współczesnego gregoriańskiego (ta nazwa pochodzi od reformatora papieża Grzegorza XIII), z tym że latami przestępnymi są tam wszystkie podzielne przez 4, gdy w naszym nie są przestępnymi lata setkowe niepodzielne przez 400 (takie jak 1900 i 2100). Obecnie oba kalendarze biegną równolegle (i będzie tak aż do roku 2100), ale daty juliańskie następują 13 dni po gregoriańskich (kiedy w naszym kalendarzu mamy dzień 14 danego miesiąca, to w juliańskim jest wtedy dzień 1). Warto też zapamiętać, że jeśli mówią nam o dacie jakiegoś zdarzenia sprzed 15 X 1582 r. bez specyfikacji kalendarza, to powinniśmy domyślać się, że chodzi o kalendarz juliański. Nie oznacza to bynajmniej, że podana data stanowi sztywną granicę. Wręcz przeciwnie: wiele krajów wprowadziło *nowy styl* (tak nazywano kiedyś kalendarz gregoriański w odróżnieniu od juliańskiego, albo *starego stylu*) w wiele lat, a niekiedy wieków po ogłoszeniu bulli papieskiej (w Rosji trzeba było dopiero Włodzimierza Lenina by zaakceptowano kalendarz gregoriański).

Prócz dotąd wymienionych kalendarzy znamy dziesiątki innych. Ogólnie można je sklasyfikować w trzech grupach: *kalendarze słoneczne* liczą bardziej lub mniej dokładnie lata zwrotnikowe (takimi są stary i nowy styl), *kalendarze księżycowe* mają u podstawy miesiac synodyczny[2] od jednego nowiu do następnego (29.268 – 29.838 doby, średnio około29.53 dnia), a *księżycowo–słoneczne* godzą oba sposoby licząc miesiące synodyczne, ale dostosowując ich liczbę w roku do długości roku zwrotnikowego. Wyróżniającymi się przykładami dwóch ostatnich kategorii są kalendarze: muzułmański i hebrajski (żydowski).

Trzeba przyznać, że reguły kalendarza gregoriańskiego rzeczywiście bardzo dobrze oddają naturalną długość roku zwrotnikowego (współcześnie liczy on 365.2422 dni „atomowe", a rok kalendarzowy to 365 dni plus 97 przestępnych na 400 lat, tj. średnio 365.2425 dni), dzięki czemu początki poszczególnych pór roku nie wędrują po kalendarzu mając dość dobrze ustalone daty. Wiele zastrzeżeń budzi natomiast wielce nieregularna konstrukcja wewnętrzna naszego kalendarza: nierówne miesiące, kwartały i półrocza, ruchome dni tygodnia i ruchome święta kościelne. Narody Zjednoczone (wpierw Liga Narodów, potem ONZ) próbowały wybrać do powszechnego stosowania jeden z wielu projektów *kalendarza światowego*, lecz nie uzyskano zadowalającej zgodności reprezentantów różnych państw. Największą popularność zdobył sobie projekt przewidujący równe kwartały (po 91 dni) i 1 lub 2 (w latach przestępnych) dni bez daty i poza rachubą dni tygodnia (byłyby świątecznymi i przypadałyby corocznie po 30 grudnia oraz, w latach przestępnych, po 30 czerwca). Każdy kwartał zaczynałby się w niedzielę i miesiącem 31–dniowym, a pozostałe dwa miesiące liczyłyby po 30 dni. W propozycji tej największy sprzeciw budzi przerwanie ciągłości rachunku dni tygodnia, która dotąd utrzymywana była bez zakłóceń od niepamiętnych czasów. ■

[2] Najprawdopodobniej liczba dni w tygodniu pochodzi z ćwierci tego okresu, od jednej kwadry do drugiej.

## Wieki Islamu zostały policzone!

W teologii Islamu wiek tej religii wynosi tylko 1400 lat. Era muzułmańska liczy się od ucieczki Mahometa z Mekki 16 lipca 622 r. (JD1948440). Okazuje się, że ponieważ lata kalendarza muzułmańskiego są krótsze od roku zwrotnikowego (mają średnio po 354.37 dni), w tamtej rachubie obecnie minęło już nawet więcej niż 14 stuleci. W 1995 r., 13 maja o zachodzie Słońca, rozpocznie się 1416 h. (rok od *hegiry*). Zatem około 15 lat wcześniej (dokładniej: 9 listopada 1980 r.) skończył się 14–ty wiek ery muzułmańskiej. Prorok Mahomet zapewniał swoich wyznawców, że pod koniec 14–tej *hizary* Bóg pośle na świat Nadistotę, którą nazwał Mahdi (Przewodnik). Przekazał on też liczne (rzędu setki) znaki rozpoznawcze identyfikujące Hazrat Mahdiego (spisano je w 16-tym tomie *Bihar al-Anwar*) i stwierdził, że Muzułmanie, w odróżnieniu od Chrześcijan i wyznawców innych religii, z powodu swego wówczas zepsucia nie poznają się na Nim. Wspomniane znaki rozpoznawcze nieomylnie wskazują na Sathya Sai Babę.

## Czas w innych światach

Czytelnik nie powinien przyjmować teorii pewnych myślicieli–matematyków z początku tego wieku, którzy sądzą że czwarta współrzędna (ponad trzy współrzędne oficjalnie używane w trygonometrii) jest *czasowa*! Nie jest to tak, gdyż chociaż czas istnieje też na wyższych płaszczyznach, ma on tam całkiem inne znaczenie i nie można go w pełni przyrównać do *czasu ziemskiego*.

– Mouni Sadhu, *Samadhi*

# Meteoryty

Leszek P. Błaszkiewicz

## Wstęp historyczny

Współczesna **meteorytyka**, czyli nauka zajmująca się badaniem meteorytów, powstała wraz z wydaniem w 1794 roku przez E. F. Chladniego publikacji, w której znalazło się stwierdzenie, że najbardziej prawdopodobne jest pozaziemskie pochodzenie meteorytów. Pogląd ten w niedługim czasie zyskał wielu zwolenników, a prowadzone współcześnie badania w pełni potwierdzają te XVIII-wieczne przypuszczenia.

**Rys. 1. Średniowieczne wyobrażenie spadku meteorytu. Rycina związana z deszczem meteorytów w 1505 roku. (Z książki M. Żbika „Tropem tunguskiej katastrofy", W-wa 1989).**

Zanim jednak nauka doszła do zgodnego zaakceptowania wyżej podanych zdań na temat pochodzenia „kamieni z nieba", opinia uczonych była podzielona i przeszła sporą metamorfozę na przestrzeni wieków, a większość myślicieli w ogóle nie dawała wiary doniesieniom o spadkach na Ziemię ciał z nieba.

I tak, w starożytności, a potem także w średniowieczu, meteoryty uważano po prostu za fragmenty opoki niebieskiej, które krusząc się na skutek gniewu bożego, spadały na Ziemię (rys.1.). Okres oświecenia przyniósł radykalną zmianę poglądów, które nadal jednak odbiegały od obecnych. Dla przykładu, spadki meteorytów utożsamiane były z pewnymi procesami pyłotwórczymi w atmosferze oraz z wybuchami wulkanów (obserwowano tzw. bomby wulkaniczne). W 1792 roku A. L. Lavoisier w jednej ze swych prac przypuszczał, że meteoryty to ziemskie skały przeobrażone w wyniku uderzeń piorunów.

Kilkadziesiąt lat później ugruntowało się wspomniane na początku przekonanie o pozaziemskim pochodzeniu meteorytów, a jego poprawność, poparta obserwacjami spadków i stosownymi obliczeniami, nie podlegała dyskusji.

## Meteoroidy

Prowadzone przez lata obserwacje naziemne oraz misje sond międzyplanetarnych dowiodły, że oprócz Słońca i garści planet wraz z księżycami, nasz Układ Planetarny zbudowany jest z ogromnej ilości małych ciał: planetoid i komet, a także pyłu międzyplanetarnego.

Zdecydowana większość planetoid krąży po mało ekscentrycznych orbitach, w obszarze między drogami, po których ruch swój odbywają Mars i Jowisz (2 – 4 A.U.). Istnieje liczna grupa planetoid krążących po silnie spłaszczonych elipsach (Hidalgo, Apollo,

Amor) oraz w punktach libracyjnych układu Słońce – Jowisz.

Duże zagęszczenie planetoid powoduje liczne kolizje, a w ostateczności rozdrabnianie się tych ciał.

Komety, to ciała związane ze znajdującym się na skraju Układu Słonecznego obłokiem Oorta. Pojawiają się w wewnętrznych częściach Układu sporadycznie, najczęściej zmuszane oddziaływaniem wielkich planet. Najnowsze badania komet (głównie komety Halleya) dowiodły, że ciała te w zdecydowanej części tworzy lód (33% $H_2O$, 26% $H_2CO$ i inne) oraz, w około 15% – pył i większe kawałki materii o masach od 1 do $10^4$g.

Procesy fizyczne działające destrukcyjnie na komety podczas ich zbliżania się do Słońca powodują, że pozostaje trwały ślad bytności tych ciał, a mianowicie rój uwolnionych z lodowych okowów brył, z czasem rozmywający się wzdłuż całej orbity komety, oczywiście jeśli jest to orbita zamknięta.

Tak więc, na skutek fragmentacji w pasie planetoid oraz działalności komet, powstaje wiele ciał o rozmiarach od milimetrów do metrów, które rzucone do wewnątrz Układu Słonecznego, poruszając się w pobliżu Ziemi, jednak poza jej atmosferą, noszą miano **meteoroidów**.

Wzajemne przestrzenne ustawienie orbit Ziemi i meteoroidu może wywołać sytuację, w której bryła materii kosmicznej narusza atmosferę ziemską. Pomijając wszystkie pośrednie przypadki, możemy zastanowić się w jakich granicach mieści się prędkość meteoroidów względem Ziemi.

Prędkość Ziemi na orbicie wynosi około 30 km/s, natomiast maksymalna prędkość meteoroidu, to III prędkość kosmiczna, czyli około 42 km/s. Możemy zatem meteoroidy podzielić w pierwszym przybliżeniu na:

1. meteoroidy spotkaniowe $V_{1max} \approx 72$ km/s,
2. meteoroidy doganiane $V_2 < 30$ km/s,
3. meteoroidy doganiające $V_{3max} \approx 12$ km/s,

gdzie $V$, to oczywiście prędkość względem Ziemi.

## Zjawisko meteorowe

Wchodzący w atmosferę ziemską meteoroid na skutek jej działania, podlega szeregowi procesów, tworząc **zjawisko meteorowe**. Zawarte w poprzednim paragrafie wywody doprowadzić nas mogą do prostego podziału meteorów na sporadyczne i związane z rojami meteoroidów, których orbita okresowo przecinana jest przez krążącą wokół Słońca Ziemię.

Ciała meteoroidowe o masach w przedziale od $10^{-13}$g do $10^{-6}$g tworzą tzw. mikrometeoryty, z wolna opadające na powierzchnię Ziemi. Ich gęstości wynoszą od 0.4 do 4 g/cm$^3$. Jeśli masa meteoroidu przekracza $10^{-6}$g, wtedy możemy je zaobserwować radarowo, a gdy mają odpowiednią prędkość początkową i wejdą w gęste warstwy atmosfery, także i optycznie.

Tarcie atmosfery ziemskiej wywołuje silnie hamujące działanie. Wyzwolona w tym procesie energia zamienia się na ciepło oraz jonizuje cząstki atmosfery w pobliżu przelatującej bryły materii. Wydajne grzanie doprowadza do obtapiania zewnętrznych części ciała i parowania materii, czyli zjawiska **ablacji**. Wszystkie te procesy ujawniają się na zewnątrz pod postacią tzw. **śladów**. Pojawiają się one na wysokości 120 – 80 km nad powierzchnią Ziemi. Ślady, będące najczęściej wynikiem świecenia zjonizowanych cząstek atmosfery, znikają bardzo szybko. W pewnych przypadkach, gdy mamy do czynienia z **bolidem**, czyli bardzo jasnym meteorem, ślady utrzymują się dłużej.

W szczególnych przypadkach dochodzić może także do rozpadu i fragmentacji większych brył naruszających atmosferę. Niektóre obserwacje fotograficzne sugerują, że rozpadowi ulega nawet około 30% meteorów.

Opór i destrukcyjne działanie atmosfery sprawiają, że praktycznie wszystkie ciała wchodzące w nią, a których prędkości początkowe przekraczają 20 – 22 km/s, ulegają całkowitemu zniszczeniu i opadają na powierzchnię Ziemi jako pył. Każdego roku Ziemi przybywa w ten sposób $1\text{-}2\times10^{-5}$ kg (dopuszcza się spadki ciał wchodzących w atmosferę z prędkością nawet 50 – 60 km/s, ale ich początkowa masa powinna w takim przypadku wynosić tysiące ton). Bryły o prędkościach mniejszych mogą w wyjątkowych okolicznościach dotrzeć do powierzchni Ziemi, jednak ich masa w trakcie przelotu przez atmosferę maleje bardzo znacznie (10 –100 razy).

Opór cząstek atmosfery może doprowadzić do całkowitego wyhamowania prędkości kosmicznej ciała. Obszar, w którym następuje płynne przejście do spadku swobodnego, nosi nazwę **obszaru zatrzymania**. W obszarze tym gaśnie świecenie ciała i rozpoczyna się proces chłodzenia, a zmieniona zewnętrznie działaniem atmosfery bryła materii kosmicznej zmierza ku Ziemi. Powstają wtedy osmalenia i często tworzą się charakterystyczne odciski, tzw. **regmaglipty**.

## Upadki meteorytów

Dla dużych ciał, które uległy fragmentacji, wysokość obszaru zatrzymania

## Meteoryty inaczej...

Znany amerykański „łowca meteorytów" Robert A. Haag ma różne pomysły na zwiększenie zainteresowania meteorytami. Jednym z nich było wyprodukowanie limitowanej (1000 egzemplarzy) ilości medali ze stopionego meteorytu żelaznego Canyon Diablo. Zdobywane w ten sposób fundusze służą pozyskiwaniu innych, rzadziej spotykanych okazów.

Prezentowany egzemplarz pochodzi z prywatnej kolekcji Jerzego Puszcza. (jd)

jest różna dla różnych części. Doprowadza to do powstania deszczu **meteorytów** czyli brył materii kosmicznej dolatujących do Ziemi, a przyziemienie poszczególnych odłamków następuje w obszarze o kształcie najczęściej eliptycznym, z wielką półosią skierowaną zgodnie z pierwotnym kierunkiem lotu bryły. Obszar przyziemienia w takim spadku grupowym nazywamy **elipsą rozrzutu**.

W przypadku, gdy obszar zatrzymania znajduje się na pewnej wysokości nad Ziemią, prędkość końcowa meteorytu spowodowana jest tylko spadkiem swobodnym i można wykazać, że uzależniona jest tylko od masy końcowej meteorytu. (Można to przedstawić prostą zależnością: $V = 35.5 \cdot (M)^{1/6}$, gdzie $M$ – masa końcowa meteorytu. Najmniejszą prędkością jest tzw. prędkość geocentryczna, czyli około 11.2 m/s). Ciało upadając, w zależności od prędkości i masy końcowej, powoduje powstanie **dołka** lub **krateru uderzeniowego**, którego rozmiary tylko nieznacznie przekraczają średnice upadających ciał.

Zgoła inaczej wygląda sytuacja, gdy obszar zatrzymania umiejscowiony jest pod powierzchnią Ziemi. W takim wypadku przyziemienie meteorytu następuje z prędkością kosmiczną. Powstające kratery uderzeniowe mają średnice dużo większe od rozmiarów meteorytów.

Nie w pełni wyhamowane większe ciała, przelatując przez atmosferę pchają przed sobą poduszkę sprężonego powietrza, która tworzy się na czole bryły. W momencie przyziemienia powietrze to zostaje wprasowane w grunt i czasami może dojść do gwałtownego, wybuchowego rozprężenia go – następuje eksplozja. Powstaje wtedy **krater wybuchowy**. Ogólnie ślady po spadkach meteorytów noszą nazwę **astroblem**, a więc gwiezdnych ran i na całej kuli ziemskiej można wskazać wiele miejsc, w które uderzyły „okruchy" materii kosmicznej (patrz – mapka w PA 3/94).

Podczas wybuchu meteorytu ciśnienie w epicentrum dochodzi do setek atmosfer, a temperatura osiąga nawet do kilku tysięcy stopni. Część skał ziemskich ulega roztopieniu i wyrzuceniu siłą eksplozji do atmosfery. Powstałe podczas stygnięcia tak zmienionej materii szkliwa noszą nazwę **tektytów** i są odnajdywane w wielu miejscach na Ziemi. Wiek tych okruchów, zawierających głównie $SiO_4$, szacowany jest, w zależności od miejsca odnajdywania, od setek tysięcy do dziesiątków milionów lat (istnieje hipoteza o pozaziemskim pochodzeniu tektytów).

## Meteoryty

Materia kosmiczna spadająca na Ziemię pod postacią różnej wielkości brył (meteoryty) była badana już w XVIII wieku. Od tamtego czasu prowadzono liczne analizy, które doprowadziły do poznania zarówno struktury, jak i składu chemicznego meteorytów. Doprowadziło to do obecnie stosowanego podziału wewnątrz czterech podstawowych grup:

1) **kamienne – chondryty** (gęstość 2–3.6 g/cm$^3$),
2) **kamienne – achondryty** (gęstość podobnie jak wyżej)
3) **żelazne** (gęstość około 7.7 g/cm$^3$),
4) **żelazno – kamienne** (gęstość około 5.5 g/cm$^3$).

Zajmijmy się teraz bardziej szczegółowym omówieniem wspomnianych powyżej grup meteorytów.

## Chondryty

Należą one do najczęściej znajdowanych meteorytów na Ziemi, a cechą wyróżniającą je spośród innych są **chondry** (chondrule), które wraz ze sklejającą je matrycą tworzą te ciała. Chondry to małe, krzemianowe ziarna, najczęściej symetrycznie kuliste, a niekiedy o nieregularnych kształtach, poutykane w całej masie chondrytu. Mogą one stanowić niekiedy nawet 75% masy meteorytu.

Zarówno chondrule, jak i spajająca je matryca zbudowane są w przeważającej części z piroksenów rombowych ($(Mg,Fe)Si_2O_6$), oliwinu ($(Mg,Fe)_2SiO_4$) oraz plagioklazów, które stanowią szeregi izomorficzne 2 związków: albitu ($Na[AlSi_3O_8]$) i anortytu ($Ca[Al_2Si_2O_8]$), czyli skaleni sodowo–wapniowych. Pozostałą (niewielką) część masy ciała tworzą siarczki i metal rodzimy (stopy Fe-Ni).

Pirokseny dzielimy ze względu na zawartość w nich związku FeO, na trzy grupy, czego wynikiem jest też podział chondrytów:

1. enstatynowe (**E**) – zawierają enstatyt (<5 % FeO),
2. oliwinowo–bronzytowe (**H**) – zawierają bronzyt (5–14% FeO), do 20% Fe–Ni, oraz troilit (FeS).
3. oliwinowio–hiperstenowe (**L**) – zawierają hipersten (>14%FeO), do 10% Fe–Ni, a także, jak poprzednie, około 5% FeS.
4. amfoteryty (**LL**) – meteoryty tej grupy są najsilniej utlenione. Pierwotnie zaliczano je do achondrytów, jednakże wnikliwsze badania ujawniły w ich strukturze chondrule.

Odrębną grupę chondrytów stanowią

5. Chondryty węgliste (**C**) – zawierają nawet do 4% węgla, utlenione żelazo, głównie w postaci nadającego charakterystyczną, czarną barwę magnetytu ($Fe_3O_4$), którego zawierają nawet do 25%, oraz serpentyn ($Mg_3SiO_6(OH)_4$). W chondrytach węglistych typów C2, C3 i C4 odnajdujemy również wodę ($H_2O$), tę związaną chemicznie, jak i hydratacyjną, czyli związaną w grupy OH w sieciach krystalicznych krzemianów.

Trzy przed momentem wspomniane typy chondrytów węglistych posiadają w swej strukturze oliwinowe i piroksenowe chondrule, a skład matrycy dopełniony jest przez spinel ($MgAl_2O_4$), melilit ($Ca_2MgSi_2O_7$) i korund ($Al_2O_3$),

## Meteoryty inaczej...

Właściciel prezentowanego na poprzedniej stronie meteorytowego medalu sam zajmuje się cięciem i obróbką kamieni z nieba (i nie tylko), a najnowszym jego pomysłem jest pokazana na zdjęciu meteorytowa biżuteria z uwidocznionymi figurami Widmanstättena (oktaedryt drobnoziarnisty Gibeon). (jd)

(fot. J. Puszcz)

# Meteoryty kamienne

Meso – Madaras

Sain – Mesmin

## chondryty

Pavlovka (howardyt)

Serra de Mage (eukryt)

## achondryty

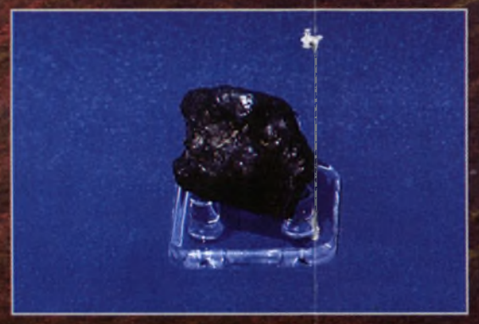
Meteoryty z kolekcji Narodowego Muzeum Historii Naturalnej w Paryżu (zdjęcia zaczerpnięte z *The Cambridge Atlas of Astronomy*)

# METEORYTY
## z kolekcji olsztyńskiej

ILAFEGH 009, chondryt E6/7

HUGHES 005, howardyt

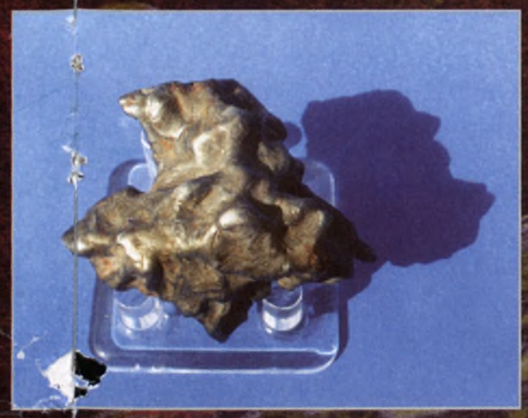
MILLBILLILLIE, achondryt (eukryt)



ŁOWICZ, mezosyderyt

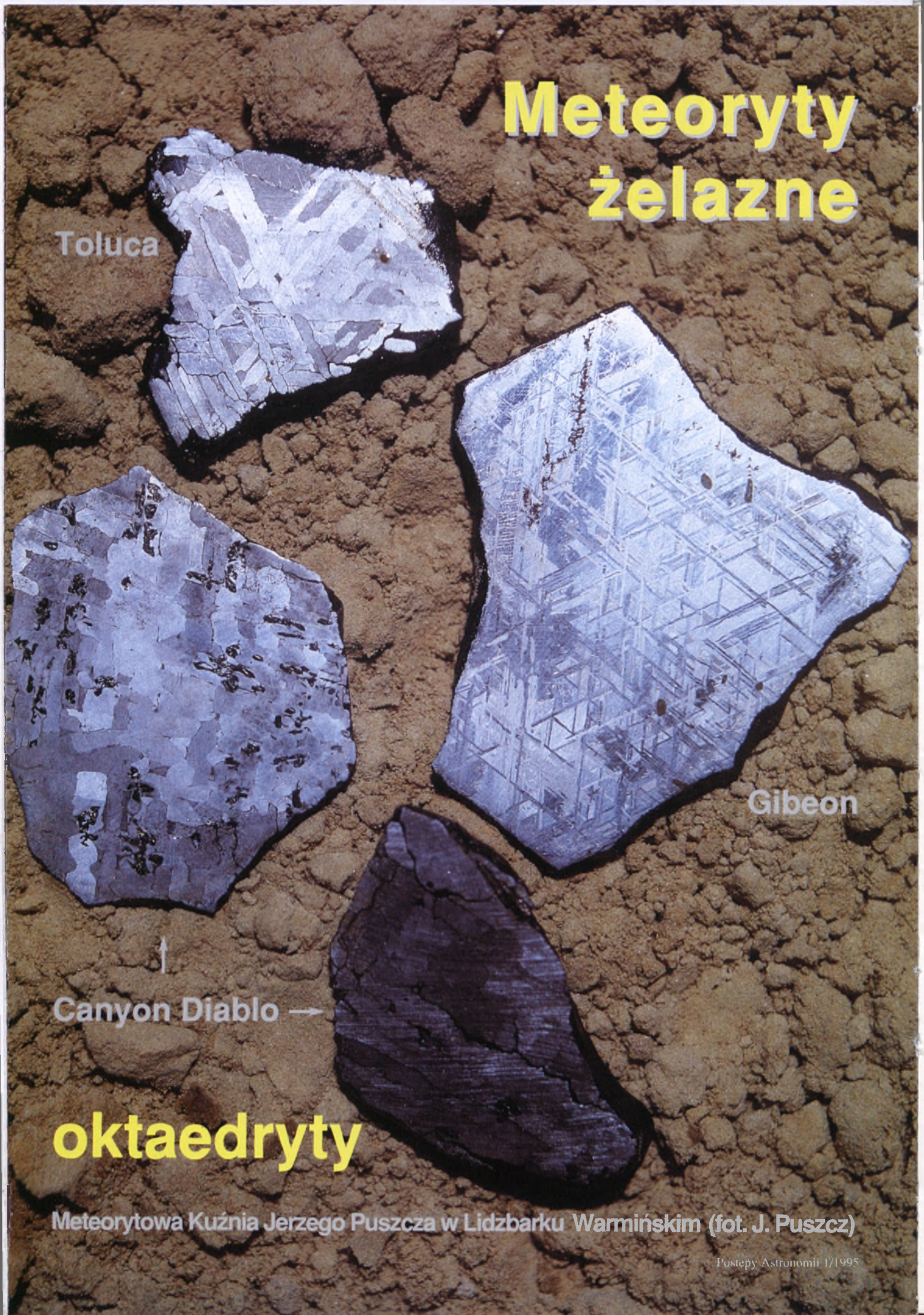
INDOCHINIT, tektyt

ESQUEL, pallasyt



SIKHOTE – ALIN, oktaedryt IIB

postępy astronomii




Meteorytowa Kuźnia Jerzego Puszcza w Lidzbarku Warmińskim (fot. J. Puszcz)

glossular ($Ca_3Al_2(SiO_4)_3$) i perowskit ($CaTiO_3$).

Wszystkie wymienione powyżej grupy chondrytów dzielimy także ze względu na wielkość i wyrazistość chondr na sześć typów petrograficznych:

1 – brak chondr, matryca nieprzezroczysta,
2 – wyraźne, matryca nieprzezroczysta,
3 – bardzo wyraźne, matryca jw.,
4 – wyraźnie zaznaczone na przezroczystej matrycy,
5 – wyraźnie zarysowane na przekrystalizowanej matrycy,
6 – słabo określone na przekrystalizowanej matrycy (patrz tab.1).

## Achondryty

Achondryty w zbiorach światowych stanowią nieliczną grupę, bo tylko około 15% wszystkich aerolitów. W przeciwieństwie do chondrytów nie posiadają w swej strukturze chondrul, a w składzie chemicznym wykazują brak żelaza metalicznego i troilitu. Swoim składem i budową przypominają ziemskie skały magmowe: gabro i bazalty, w których skład wchodzi m.in. piroksen, oliwin, plagioklaz i augit ($(Mg,Fe)_2[(Si,Al)_2O_6]$).

U podstaw współczesnego podziału achondrytów leży zawartość wapnia (Ca). I tak meteoryty o zawartości 0–5% CaO, uważane są za ubogie w ten pierwiastek, a do grupy tej należą:

1. aubryty, czyli achondryty enstatytowe (nazwa wskazuje na główny składnik, który w tym przypadku jest enstatyt),
2. diogenity, czyli achondryty hipersteowe,
3. chassignity, czyli achondryty oliwinowe,
4. ureility, czyli achondryty oliwinowo – pigeonitowe.

Achondryty bogate w wapń to te, które zawierają 2–25% CaO, a zaliczamy do nich:

1. angryty, a więc achondryty augitowe,
2. nakhlity, a więc achondryty diopsytowo – oliwinowe,
3. eukryty, a więc achondryty pirokseno wo – oliwinowe,
4. howardyty, a więc achondryty piroksenowo – oliwinowe.

## Meteoryty żelazne

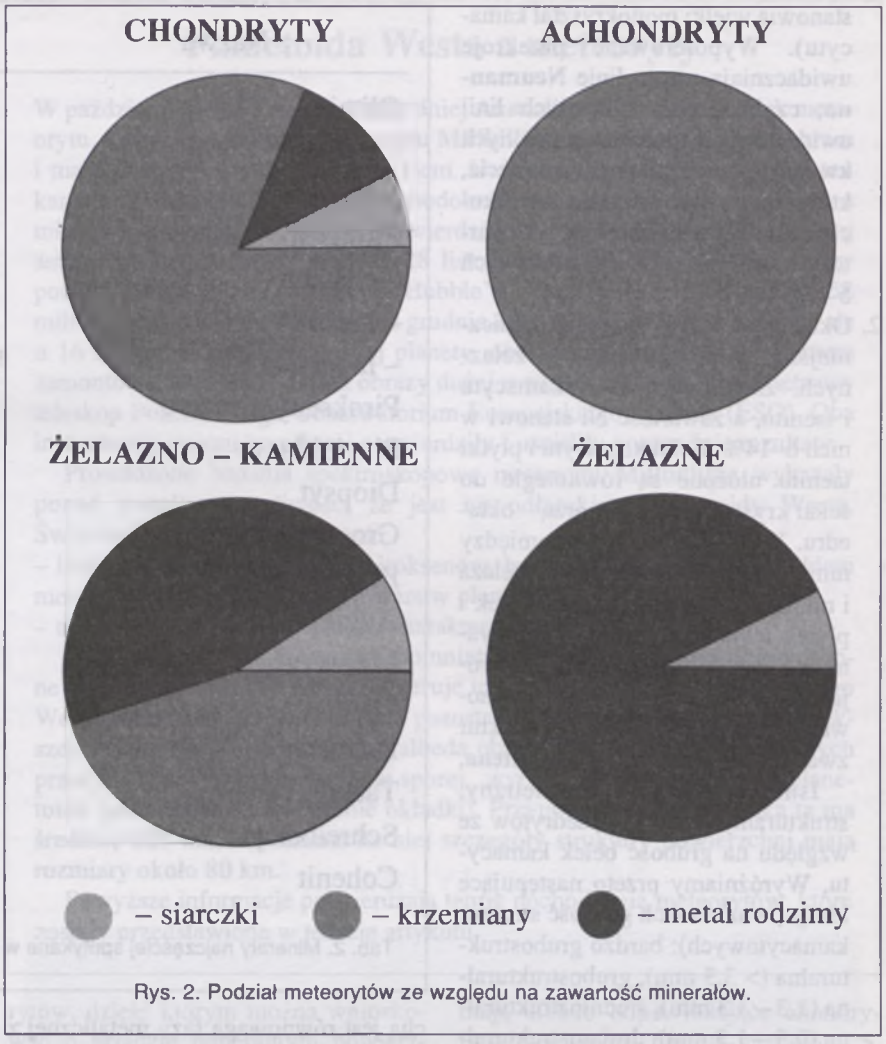
Meteoryty żelazne należą do najczęściej znajdowanych meteorytów i stanowią ponad 30% wszystkich okazów, a w zbiorach światowych przewyższają je liczebnie tylko omówione już chondryty. Skład chemiczny tych ciał to w przeważającej mierze stopy żelaza z niklem:

- **kamacyt** – stop (Fe, Ni), o zawartości do 7.5% Ni, zwany żelazem belkowym, a w nomenklaturze technicznej żelazem $\alpha$.
- **taenit** – stop (Fe, Ni), o zawartości powyżej 7.5% Ni, zwany żelazem wstęgowym, a w nazewnictwie technicznym żelazem $\gamma$.

Ponadto w skład meteorytów żelaznych wchodzi kobalt Co (do około 0.5%), oraz troilit, schreibersyt ($(Fe,Ni)_3P$), cohenit ($Fe_3C$), grafit i krzemiany.

Powszechnie stosowany jest podział meteorytów żelaznych na trzy grupy, ze względu na zawartość niklu. I tak wyróżniamy:

1. heksaedryty (**H**) – zbudowane głównie z kamacytu w postaci dużych kryształów – heksaedrów (niekiedy




Rys. 2. Podział meteorytów ze względu na zawartość minerałów.

| Grupa chemiczna | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| E | | | E3 | E4 | E5 | E6 |
| H | | | H3 | H4 | H5 | H6 |
| L | | | L3 | L4 | L5 | L6 |
| LL | | | LL3 | LL4 | LL5 | LL6 |
| C | C1 | C2 | C3 | C4 | | |

Tab. 1. Powiązanie składu chemicznego i typów morfologicznych chondrytów.

stanowią wielki monokryształ kamacytu). Wypolerowane przekroje uwidaczniają często linie **Neumanna**, czyli zespół delikatnych linii uwidaczniających się na trawionych kwasem powierzchniach przecięcia, które mogą być efektem wysokociśnieniowej metamorfozy. Zawartość Ni wynosi w heksaedrytach 5–6%.

2. Oktaedryty (**O**) – stanowią najliczniejszą grupę meteorytów żelaznych. Zbudowane są z kamacytu i taenitu, a zawartość Ni stanowi w nich 6–14%. Belki kamacytu i płytki taenitu ułożone są równolegle do ścian kryształu, który tworzą – oktaedru. Wolne przestrzenie pomiędzy nimi wypełnia **plessyt** (zrosty żelaza i niklu). Wzajemne ułożenie belek i płytek uwidacznia się na polerowanych i trawionych kwasem przekrojach pod postacią wyraźnie zarysowanych, przecinających się struktur zwanych **figurami Widmanstättena**.

   Istnieje ponadto wewnętrzny, strukturalny podział oktaedrytów ze względu na grubość belek kamacytu. Wyróżniamy przeto następujące klasy (w nawiasach grubość struktur kamacytowych): bardzo grubostrukturalna (> 3.3 mm), grubostrukturalna (1.3 – 3.3 mm), średniostrukturalna (0.5 – 1.3 mm), drobnostrukturalna (0.2 – 0.5 mm), bardzo drobnostrukturalna (<'0.2 mm), plessytowa (< 0.2 mm).

3. Ataksyty (**D**) – meteoryty bardzo nieliczne, w których zawartość niklu często przekracza 20%. Zbudowane głównie z taenitu, a przy niższych zawartościach Ni głównie z plessytu. Struktura ataksytów jest bezładna i nieuporządkowana.

W meteorytach żelaznych znajdują się śladowe ilości pierwiastków takich jak gal (Ga), german (Ge) i iryd (Ir). Stanowi to podstawę coraz powszechniej stosowanego podziału ze względu na zależności między zawartością Ni i wymienionych pierwiastków. Wyodrębniono 14 grup, oznaczanych w literaturze cyframi rzymskimi od I do IV w połączeniu z wielkimi literami alfabetu łacińskiego, np. IIC, IVA etc.

## Meteoryty żelazno – kamienne

Ostatnia z omawianych grup meteorytów cechuje się niezwykłą rzadkością. Okazy meteorytów żelazno – kamiennych są nieliczne, a wyróżniającą je cechą jest równowaga fazy metalicznej z fazą krzemianową w stosunku mniej więcej 1:1. Spotyka się dwie podstawowe grupy meteorytów żelazno – kamiennych:

1. **pallasyty** – ich budowa przypomina gąbkę kamacytowo – taenitową posiadającą strukturę oktaedrytową (a więc dającą figury Widmanstättena), wypełnioną ziarnami oliwinów,
2. **mezosyderyty** – stanowią klasę pośrednią między meteorytami kamiennymi i żelaznymi. Zbudowane są z masy krzemianowej i wtrąconych w nią ziaren i zrostów żelazo – niklowych. Fazę krzemianową stanowią głównie pirokseny i plagioklazy, które swoją strukturą przypominają achondryty.

Najbardziej ogólny podział meteorytów ze względu na zawartość minerałów (krzemianów, siarczków i metalu rodzimego, czyli żelaza i niklu) przedstawia rysunek 2.

| Nazwa | Wzór |
|---|---|
| Oliwiny | |
| – fajalit | $Fe_2[SiO_4]$ |
| – forsteryt | $Mg_2[SiO_4]$ |
| Pirokseny rombowe | $(Mg,Fe)_2Si_2O_6$ |
| – enstatyt | < 5% FeO |
| – bronzyt | 5 – 14% FeO |
| – hipersten | > 14% FeO |
| Pirokseny klinowe | $(Mg,Fe,Ca)_2Si_2O_6$ |
| Plagioklazy | $Na[AlSi_2O_8]$–$Ca[Al_2Si_2O_8]$ |
| Diopsyt | $(Ca,Mg)[Si_2O_6]$ |
| Grossular | $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$ |
| Perowskit | $CaTiO_3$ |
| Augit | $(Mg,Fe)_2[(Si,Al)_2O_6]$ |
| Magnetyt | $Fe_3O_4$ |
| Troilit | FeS |
| Kamacyt | (Fe,Ni), do 7.5% Ni |
| Taenit | (Fe,Ni), >7.5% Ni |
| Schreibersyt | $(Fe,Ni)_3P$ |
| Cohenit | $Fe_3C$ |

Tab. 2. Minerały najczęściej spotykane w meteorytach.

## Dlaczego badamy meteoryty?

Ta część poświęconego meteorytom artykułu powinna być, logicznie rzecz biorąc, najbardziej rozbudowana i najzasobniejsza w treść. Ze względu jednak na ograniczoną ilość miejsca spróbuję zarysować ledwie problemy bez, w miarę możliwości, wdawania się w szczegóły.

Datowanie meteorytów (głównie chondrytów węglistych) w oparciu o metody wykorzystujące zawartość w ich składzie pierwiastków promieniotwórczych, szczególnie metodami rubidowo – strontową i uranowo – ołowiową, daje wyniki w granicach 4.4 – 4.7 miliardów lat. Stawia to meteoryty (chondryty) w szeregu najstarszych i najbardziej pierwotnych obiektów w Układzie Słonecznym. Wiemy już dzięki badaniom materii kosmicznej, że pierwotnie pył i drobne ziarna grupowały się tworząc trzymane grawitacją zlepki – **planetezymale**. Zdajemy sobie też sprawę z faktu, że chondrule i pewne rodzaje ziaren w chondrytach powstały w wyniku działania wysokich temperatur, matrycę zaś tworzą minerały niskotemperaturowe. Jak doszło do wspólnej koncentracji tych dwóch rodzajów materii jest dla nas nadal tajemnicą. Niemniej warto przytoczyć dwie najpopularniejsze koncepcje powstania chondrytów. Jedna łączy ten rodzaj me-

teorytów z procesami zachodzącymi w protoplanetarnym dysku, druga zaś teoria początek chondrytów widzi w topnieniu, parowaniu i kondensacji skał podczas wysokoenergetycznych zderzeń. Świadczyć o tym może charakterystyczna mikrostruktura, bogata w kanaliki, pęcherze i vugi, często wypełnione pozostałościami po procesach udarowych (produkty kondensacji par i aerozoli, tworzące kryształy na ściankach). Badanie meteorytów żelaznych, ich struktury krystalograficznej i składu, może wiele powiedzieć o warunkach w jakich powstały i metamorfozie termicznej, która je ukształtowała. Okazało się bowiem, że szerokość belek kamacytu i zawartość niklu w taenicie wiele może powiedzieć o tempie stygnięcia. I tak, modelowanie matematyczne oparte o prawa dyfuzji i doświadczenia metalurgiczne, dają czas stygnięcia w granicach od dziesiątych części stopnia do kilkunastu stopni na milion lat, w zależności od rodzaju meteorytu. Warunki takie mogły zaistnieć np. we wnętrzach ciał o średnicach 100 –200 km.

Powyższe wywody doprowadzają do prostego i logicznego wniosku, że chondryty powstały z niewielkich brył materii zmienionej tylko w niewielkim stopniu, natomiast achondryty, meteoryty żelazno – kamienne i żelazne są wynikiem metamorfozy termicznej i grawitacyjnego rozwarstwienia w ciałach znacznie większych (najcięższe żelazo i nikiel osadziły się w środku, najlżejsze zaś krzemiany wypłynęły na zewnątrz).

Równie ciekawym zagadnieniem, frapującym badaczy meteorytów są anomalie w ilości izotopu tlenu $^{16}O$, występującego w pewnych wysokotemperaturowych inkluzjach, które są składnikiem chondrytów (nawet o 5% więcej). Izotopy takie powstawać mogą tylko w procesach nukleosyntezy, np. podczas wybuchu supernowej i dlatego niektórzy naukowcy zajmujący się kosmogonią sugerują, że taki wybuch miał miejsce niedaleko formującego się Układu Planetarnego.

Oprócz wniosków czysto teoretycznych, wysnuwanych przez badaczy meteorytów na temat początków istnienia Układu Słonecznego, meteoryty stanowią sporą pomoc dla naukowców zajmujących się planetoidami. Badając bowiem ilość światła odbitego w funkcji długości fali, czyli albedo, dla planetoid i znajdowanych meteorytów, można odnaleźć pewną paralelę. Istnieje wiele odpowiedników wśród meteorytów, dzięki którym można wnioskować o składzie mineralnym powierzchni planetoid. Podział planetoid ze względu na albedo jest szeroki i dlatego przedstawię tylko najbardziej charakterystyczne grupy. Planetoidy C, najczęściej spotykane w pasie planetoid, mają albedo odpowiadające chondrytom węglistym. Grupie planetoid S, stosunkowo jasnych, przypisano meteoryty żelazno – kamienne i bogate w żelazo chondryty. Ostatnią z klas są planetoidy M, których spektrum odpowiada meteorytom metalicznym.

## Planetoida Westa a meteoryty

W październiku 1960 roku w Zachodniej Australii odnotowano spadek meteorytu, nazwanego od miejsca spadku **Millbillillie**. Ciało to waży 631 gram i ma wymiary 9.6 cm×8.1 cm×8.7 cm. Najciekawsze jest jednak to, iż ten kamienny meteoryt jest najprawdopodobniej odłamkiem większego ciała, a mianowicie planetoidy Westa. Potwierdziły to w pełni badania widma tej asteroidy, prowadzone pomiędzy 28 listopada i 1 grudnia 1994 roku przy pomocy Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. Westa odległa była wtedy 252 miliony km od Ziemi. Pod koniec grudnia 1994 roku gdy Westa znalazła się o 16 milionów km bliżej naszej planety, obserwacje przejęła inna Kamera zamontowana na HST, dająca obrazy dużej rozdzielczości oraz 3.6–metrowy teleskop Południowego Obserwatorium Europejskiego w Chile (ESO). Oba instrumenty swymi wynikami potwierdziły i uściśliły poprzednie rezultaty.

Prowadzone badania spektroskopowe meteorytu Millbillillie wykazały ponad wszelką wątpliwość, że jest on odłamkiem planetoidy Westa. Świadczą o tym między innymi:

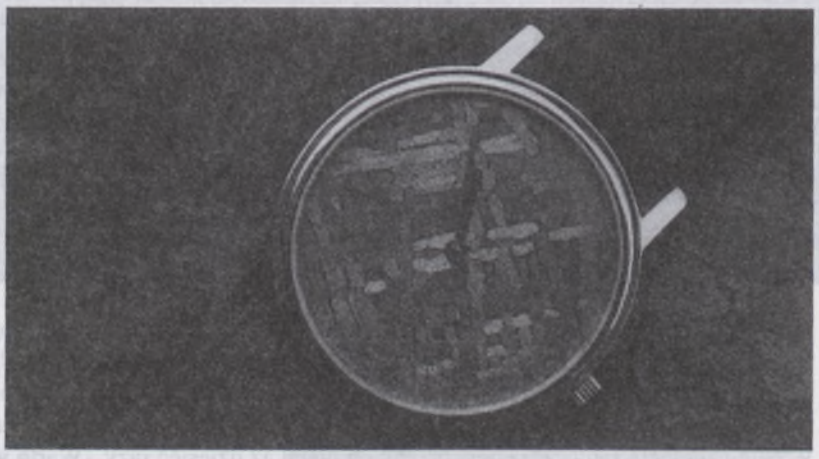
– identyczny profil widmowy piroksenów, będących głównym składnikiem meteorytu i powierzchniowych warstw planetoidy,

– układ i rodzaj ziaren, dających charakterystyczne albedo.

Podobne cechy jak Westa i wspomniany meteoryt, posiadają liczne drobne ciała odkryte wokół Westy. Sugeruje to pewien schemat, według którego Westa jest największym odłamkiem pozostałym z kosmicznej katastrofy większego ciała. Na podstawie badań albeda obracającej się Westy dokonanych przez HST, stwierdzono istnienie sporej „wyrwy" na powierzchni tej planetoidy (patrz zdjęcie na 3 stronie okładki). Przypomnijmy, że planetka ta ma średnicę 525 km, a widziane na niej szczegóły struktury powierzchni mają rozmiary około 80 km.

Powyższe informacje potwierdzają teorie pochodzenia meteorytów, które zostały przedstawione w tekście artykułu.

## Meteoryty inaczej...



Złoty zegarek, którego tarcza została wykonana z wytrawionej płytki meteorytu Toluca (oktaedryt gruboziarnisty IA) to robota pewnego szwajcarskiego zegarmistrza. Zdjęcie pochodzi z „Field Guide of Meteorites" Roberta A. Haaga. (jd)

I wreszcie ostatni argument, który przytoczę w tej części artykułu. Meteoryty badane są dlatego, że do dzisiaj, z małymi wyjątkami, stanowią jedyny, szeroko dostępny materiał pochodzenia pozaziemskiego. Ludzka zaś chęć poznania i wysuwania daleko sięgających wniosków, leżąca u podstawy naszego gatunku, podsyca jeszcze motywację badaczy meteorytów.

## Związki organiczne w chondrytach węglistych

Związki organiczne w meteorytach znajdowano już w pierwszej połowie XIX wieku. Jednym z pierwszych uczonych, który badał pod tym względem meteoryty, był szwedzki chemik J. Berzelius. W swym laboratorium zajął się w 1834 roku badaniem chondrytu węglistego (sklasyfikowanego później jako C2) o nazwie Alias, który spadł w 1806 roku we wsi o tej samej nazwie, niedaleko francuskiego miasta St. Etienne de Lolm. Wielkie było zdziwienie Berzeliusa, gdy okazało się, że około 1% masy meteorytu stanowią związki węgla, a dalsza analiza wykazała, iż gros z tych substancji, to związki organiczne. Podobne wyniki laboratoryjnych badań chondrytów węglistych uzyskali w 1859 roku F. Weiler, oraz inny badacz meteorytów, francuski chemik P. Berthelot, w 1868 roku. Wtedy jednak nie zwrócono szczególnej uwagi na uzyskane wyniki.

Prawdziwą rewelację na światło dzienne wypuścili dopiero wiele lat później, bo w roku 1961, dwaj amerykańscy naukowcy B. Nagy i G. Claus, którzy zajęli się badaniem związków węgla obecnych w spadłym 14 maja 1864 roku we Francji meteorycie Orqueil. Wykryli oni wiele związków, będących na Ziemi podstawowymi „cegiełkami życia", między innymi 18 aminokwasów, łańcuchy polimerowe węglowodorów, kwasów karboksylowych, alkoholi, aldehydów i ketonów, a także aminy i heterocykle azotowe, etc.

Podobne rewelacje posypały się w owym okresie jak z rękawa. B. Timofiejew „odkrył ponownie" w leningradzkim muzeum spadły w 1889 roku na Ukrainie meteoryt Migei. Następnie przyszła kolej na spadły w 1931 roku w Afryce chondryt węglisty Ivuna, nie będący, jak przekonali się Nagy i Claus, wyjątkiem, jeśli chodzi o zawartość związków organicznych.

Najbardziej chyba wiarygodne wyniki przyniósł rok 1969, kiedy to w lutym w stanie Victoria w Australii spadł chondryt węglisty klasy C2, nazwany od miejsca spadku Murchison. Dokładnie odizolowany (aby nie mieć szansy „zarażenia się" życiem ziemskim), został przewieziony do USA, do laboratoriów przygotowanych na przyjęcie gruntu księżycowego. Uzyskane wyniki potwierdziły i uściśliły te uzyskane wcześniej. W meteorycie Murchison znaleziono 2% C i 0.16% Ni, a każdy gram substancji meteorytu zawierał 0.000015 g samych aminokwasów (odkryto glicynę, alaninę i kwas glutaminowy). Wyodrębniono również wchodzące w skład łańcuchów DNA i RNA, a odpowiedzialne za kod genetyczny puryny i inne N – heterocykle, pirymidyny.

Wszystkie wyżej wspomniane, jakże [illegible] odkrycia, przywołują na myśl wysuwane już w XIX wieku hipotezy dotyczące tzw. panspermi. Pochodzenie życia jest na tyle wielką tajemnicą i budzi tak wiele kontrowersji, że daje to spokojne możliwości fantazjowania na ten temat. Dlaczego zatem nie przypuścić, powołując się na znajdowane w meteorytach związki organiczne, że w zamierzchłej przeszłości Ziemia została życiem „zarażona"?

Niestety, ten scenariusz należy wykluczyć, gdyż badanie recematu (stosunku ilości cząstek **D** (dextra – prawoskrętnych) do **L** (laeva – lewoskrętnych)), udowadnia niezbicie abiogeniczne pochodzenie związków węgla w chondrytach węglistych. Zdecydowana większość związków wykazuje znaczne odstępstwa od czystej **chiralności**. Chiralność to asymetria w budowie cząstek polegająca na jednakowości cząstki i jej odbicia lustrzanego. Substancje pochodzenia biologicznego są czyste chiralnie, a wszystkie cząstki wykazują skręcenie w lewą stronę. Związki organiczne pochodzenia niebiologicznego tworzą roztwory recemiczne (a więc złożone z cząstek zarówno lewo – jak i prawoskrętnych). Badając zjawisko chiralności L. Pasteur dowiódł, że naruszenie lustrzanej symetrii w recemicznym świecie jest nie tylko

## Meteoryty inaczej...

Najprawdopodobniej w epoce żelaza skrzętnie wyzbierano leżące na powierzchni Ziemi żelazne kamienie, by przemienić je w różne użyteczne przedmioty: broń, narzędzia, etc... William Moran ze stanu Maryland (USA), stosując starożytną technologię, wykonał z meteorytowego żelaza ostrze noża. W celu usunięcia zanieczyszczeń przetapiał metal aż dziesięć razy. Warto w tym miejscu przypomnieć, iż dzięki domieszce niklu żelazo z kosmosu jest nierdzewne. (wg. National Geographic 9/86). (jd)

przywilejem, ale i podstawową cechą życia, a lewoskrętna czystość chiralna jest naturalną linią demarkacyjną oddzielającą przyrodę żywą od nieożywionej (oczywiście istnieją wyjątki potwierdzające regułę, np. symetrycznie zbudowany aminokwas – glicyna). Ponadto szereg meteorytowych aminokwasów nie tylko nie wchodzi w skład żywych organizmów, a w ogóle jest na Ziemi wcale nie znanych.

Badania nad istotą i rozwojem życia, prowadzone w licznych laboratoriach na całym świecie pokazały, że wiele ze znajdowanych w meteorytach związków węgla można wytworzyć np. poprzez działanie na odpowiedni układ promieniowaniem ultrafioletowym lub podwyższoną tempetaturą. Jednak pytanie dlaczego życie jest chiralnie czyste pozostaje bez odpowiedzi. ■

### Literatura


1. *Babadzhanov P. B.*, „Density of Meteoroids And Their Mass Influx on The Earl"': Asteroids, Comets, Meteors, 1993, 45–54.
2. *Bolewski A., Manecki A.*, Rozpoznawanie minerałów, Wydawnictwo Geologiczne, 1987.
3. *Hurnik B., Hurnik H.*, Meteoroidy, Meteory, meteoryty, Wydawnictwo Naukowe UAM, 1992.
4. *Jakeš P.*, Posłańcy kosmosu, WP, 1986.
5. *Kerridge J. F., Matthews M. S.*, Meteorites and Early Solar System, The University Arizona Press, 1988.
6. *Korpikiewicz H.*, „Spadające gwiazdy", KAW, 1988.
7. *Pajdowski L.*, Chemia ogólna", PWN, 1978.
8. *Nagy B.*, Carbonaceus meteorites, Elsevier, 1975.
9. *Wood J. A.*, Układ Słoneczny, PWN, 1983.
10. *Żbik M.*, Tajemnice kamieni z nieba, NK, 1987.
11. *Żbik M.*, Tropem tunguskiej katastrofy, NK, 1989.



*Leszek Błaszkiewicz jest studentem przygotowującym swą pracę magisterską w Instytucie Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Publikowany powyżej artykuł powstał na podstawie jego pracy seminaryjnej.*


## Wymienione w tekście związki organiczne.

Przedstawione poniżej związki złożone są z tzw. rodników, czyli reszt węglowych, oznaczonych literą **R**, połączonych z określoną grupą funkcyjną.

1. **Aminokwasy**: RCH — COOH
   |
   $NH_2$
2. **Węglowodory alifatyczne**:
   alkany: $C_nH_{2n+2}$
   alkeny: $C_nH_{2n}$
   alkiny: $C_nH_{2n-2}$
3. **Węglowodory aromatyczne** (zawierają pierścień węglowy, np. benzen): $C_6H_6$
4. **Kwasy karboksylowe**: R — COOH
5. **Kwasy dikarboksylowe**: HOOC — R — COOH
6. **Kwasy hydrokarboksylowe**: R — OHCOOH
7. **N – heterocykle**:
   pirymidyny
   puryny (składnik RNA i DNA)
8. **Aminy**:
   pierwszorzędowe $RNH_2$
   drugorzędowe $R_2NH$
   trzeciorzędowe $R_3N$
9. **Amidy**: $RCONH_2$
10. **Alkohole**: ROH
11. **Aldehydy**: RCHO
12. **Ketony**: RCOR

## Jeszcze raz o zdarzeniu w Jerzmanowicach

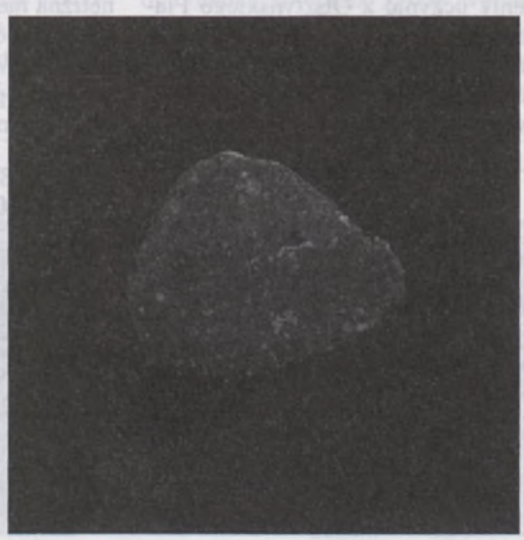
W związku ze znacznym opóźnieniem druku artykułu „Zdarzenie w Jerzmanowicach w oczach miłośnika astronomii" PA 3/94 nastąpiły zmiany w cytowaniu źródeł niektórych zamieszczonych ilustracji. I tak:

str.124, Rys.1. **jest** – (Archiwum Instytutu Geografii WSP w Krakowie; **powinno być** – (K.Bąk, W.Cabaj, G.Haczewski „Geomorfologiczno–geologiczna charakterystyka skutków zjawiska w Jerzmanowicach", Materialy Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – w druku)

str.132, Rys.5. **jest** – (Archiwum Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie); **powinno być** – (M.Horawska, B.Obrębska–Starklowa, Z.Olecki, J.Trepińska, Z.Ustrul „Meteorologiczna interpretacja zjawiska atmosferycznego w Jerzmanowicach", Materialy Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – w druku).

Chondryt węglisty Allende zawiera ziarna materii tworzącej kiedyś mgławicę, z której wyłonił się Układ Słoneczny – chondry, oraz starsze od nich o kilka milionów lat inkluzje bagate w wapń i glin, określane skrótem CAI (Carbon – and Aluminium – rich Inclusions). Te trudnotopliwe związki, widoczne na zdjęciu w postaci jasnych, nieregularnych wrostków, mogły tworzyć się podczas energetycznych wybuchów powodowanych opadaniem materii na powierzchnię młodego Słońca.

Spadek tego meteorytu 8 lutego 1969 roku, podobnie jak spadek meteorytu Murchison (patrz – Donosy PA 3/94), był niebywałym zbiegiem okoliczności dla laboratoriów szykujących się do bezpośrednich badań księżycowego gruntu. Tu również stwierdzono obecność wielkiej ilości aminokwasów.



(fot. J. Puszcz)

# METEORYTY w Olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym

Jadwiga Biała

## Wstęp

Popularyzacja wiedzy o meteorytach w Olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym rozpoczęła się na początku 1991 roku. Wcześniej, w roku 1973, Planetarium otrzymało okruchy gruntu księżycowego z próbek przywiezionych na Ziemię przez załogę statku Apollo 11.

Mając unikatowy eksponat materii pozaziemskiej pomyślano o stworzeniu kolekcji skał pochodzących z innych ciał Układu Słonecznego. Fragmenty takich skał nie muszą być przywożone na Ziemię, one same na nią spadają w postaci meteorytów. Stąd też mówi się, że badanie meteorytów jest najtańszą formą badania ciał Układu Słonecznego, a same meteoryty są sondami kosmicznymi ubogich.

Zgromadzona kolekcja meteorytów od roku 1991 jest eksponowana na stałej wystawie „Materia z Kosmosu".

Wystawa jest tylko jedną z form popularyzacji wiedzy o meteorytach. Chcemy uczynić z Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego centrum informacji o meteorytach. U nas nie tylko można zobaczyć jak wyglądają meteoryty, ale także dowiedzieć się, jak ich poszukiwać i jak rozpoznawać. Za znaleziony i dostarczony meteoryt można w Olsztyńskim Planetarium otrzymać nagrodę. Dla miłośników meteorytów wydawany jest biuletyn „Meteoryt" oraz zorganizowany jest Klub Kolekcjonerów Meteorytów.

W Olsztyńskim Planetarium stworzono bazę danych o meteorytach znajdujących się w kolekcjach polskich. W przyszłości planuje się wydanie książkowe Katalogu Meteorytów w Polskich Kolekcjach.

## Dydaktyczna Kolekcja Meteorytów

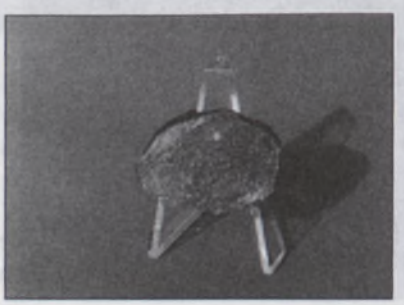
Olsztyńska kolekcja meteorytów składa się z kilku części: meteoryty polskie, zbiór ilustrujący pochodzenie meteorytów, zbiór prezentujący różne typy meteorytów oraz zbiór tektytów.

Chcemy, aby w kolekcji było możliwie wiele rodzajów meteorytów. Ażeby w pełni ukazać strukturę wewnętrzną meteorytów oraz różnice w ich budowie, okazy są przecięte i wypolerowane. W przypadku meteorytów żelaznych, powierzchnie przecięcia są wytrawione roztworem kwasu, aby uwidocznić figury Widmanstättena lub pokazać, że pewne meteoryty takiej struktury nie mają. Jako polskie określamy meteoryty, które spadły lub zostały znalezione na ziemiach będących w granicach Polski po 1945 roku. Stąd niektóre meteoryty mają niemieckie nazwy, i dlatego nie ma w tym zbiorze meteorytów z kresów wschodnich. W „polskiej" części kolekcji są meteoryty z obu wielkich deszczów meteorytowych: chondryt oliwinowobronzytowy (H 5) Pułtusk i mezosyderyt Łowicz. Z meteorytów żelaznych są: oktaedryty gruboziarniste (IA) Morasko oraz Seelässgen (Przełazy). Pozyskanie do kolekcji innych meteorytów, które kiedyś spadły bądź zostały znalezione na ziemiach polskich jest bardzo trudne.

Druga część kolekcji ilustruje pochodzenie meteorytów.

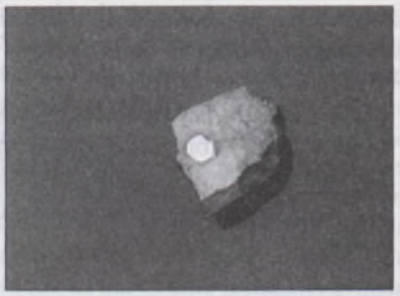
Chondryty węgliste zawierają ziarna pyłu, które niezmienione przetrwały od początku formowania się Układu Słonecznego. Są ziemistej barwy i zawierają wodę związaną w minerałach, węgiel, związki organiczne i tlenki żelaza. Pochodzą z planetoid uformowanych w niskiej temperaturze z udziałem ziaren lodu i rozgrzanych tylko do temperatu-

## Meteoryty kamienne



Pułtusk, chondryt H5

Tuxtuac, chondryt (LL5)



Mount Egerton, achondryt, aubryt

ry umożliwiającej stopienie lodu. Podejrzewa się, że niektóre chondryty węgliste pochodzą z jąder komet. W kolekcji znajdują się dwa chondryty węgliste: Allende (CV3) oraz Murchison (CM2).

Chondryty pochodzą z planetoid, które nigdy nie zostały rozgrzane do temperatury umożliwiającej stopienie skał. Planetoidy te formowały się bliżej Słońca i w wyższych temperaturach niż planetoidy chondrytów węglistych. Najbliżej Słońca formowały się planetoidy macierzyste chondrytów enstatytowych o najwyższej zawartości żelaza. Przykładami różnych chondrytów są meteoryty: Boolka (H 5), Gao (H 4), Holbrook (L 6), Tenham (L 6) i Bjurböle (L4).

Kilka typów meteorytów pochodzi z planetoid, które po uformowaniu się zostały ogrzane do temperatury umożliwiającej stopienie i dyferencjację. W wyniku tych procesów powstało metaliczne jądro, płaszcz i skorupa. Fragmentami skorupy są meteoryty kamienne achondryty (Camel Donga, Millbillillie). Z granicy między płaszczem a jądrem pochodzą meteoryty żelazno-kamienne pallasyty (Admire). Zaś jądro stanowią meteoryty żelazne (Sikhote–Alin).

Dwa rodzaje meteorytów pochodzą z planetoid, które po uformowaniu się zostały rozbite i ponownie zlepione z okruchów. Meteoryty kamienne achondryty howardyty (Huglies 005) zlepione są z okruchów skał, zaś meteoryty żelazno–kamienne mezosyderyty (Łowicz, Estherville) zawierają wymieszane i zlepione okruchy skał i żelaza.

Trzecia część kolekcji prezentuje różne typy meteorytów kamiennych, żelazno–kamiennych i żelaznych.

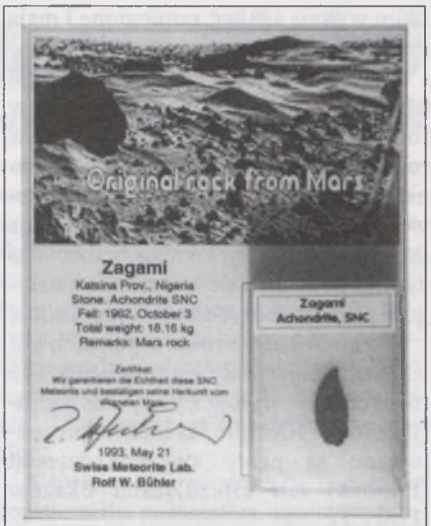
Wśród meteorytów kamiennych najliczniej reprezentowane są wspomniane już chondryty. W kolekcji znajdują się chondryty z bardzo małą zawartością żelaza Tuxtuac (LL5), z małą zawartością żelaza Mc Kinney (L4), Marlow (L5), Mbale (L5/6), Potter (L6), Nullarbor Plain 008 (L6) i Forrest (b) (L 6), z dużą zawartością żelaza Reggane 003 (H4), Açfer 011 (H5), San Carlos (H5), Pułtusk (H5) i z bardzo dużą zawartością żelaza Ilafegh (E6/7). Z achondrytów jest aubryt Mount Egerton.

Meteoryty żelazno–kamienne w naszej kolekcji to: pallasyty Brenham, Imilac i Esquel oraz mezosyderyty Łowicz, Vaca Muerta i Estherville.

Liczne są również meteoryty żelazne: heksaedryt Guadalupe y Calvo, oktaedryt bardzo gruboziarnisty Sikhote–Alin, oktaedryty gruboziarniste Campo del Cielo, Odessa, Toluca, oktaedryty średnoziarniste Henbury, Hidden Valley, Tres Castillos, oktaedryt drobnoziarnisty Gibeon, ataksyt Santiago Papasquiero i anomalne Mundrabilla, Zagora, Watson.

W kolekcji Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego znajdują się jeszcze tektyty. Tektyty, zwane szklanymi meteorytami to bryłki naturalnego szkła z obtopioną powierzchnią i o kształcie świadczącym, że przelatywały one przez atmosferę z dużą prędkością. Na wystawie eksponowane są: bediazyt, wełtawit, tajlandyt, indochinit, australit i tektyt Muong Nong.

Są też w naszej kolekcji fragmenty meteorytów rekordzistów: największego meteorytu Hoba i największego meteorytu kamiennnego Jilin. Meteoryt Hoba znaleziono w roku 1920 w Namibii. Jest to meteoryt żelazny ataksyt o wadze ponad 60 ton. Meteoryt Jilin jest chondrytem oliwinowo–bronzytowym (H5); spadł 8 marca 1976 roku w Chinach, ważył 1770 kg. Jest też meteoryt żelazny Canyon Diablo z najsłynniejszego krateru Barringera w Arizonie. Bardzo cennym i rzadkim eksponatem jest fragment skały marsjańskiej meteoryt Zagami. Jest to meteoryt kamienny, achondryt shergottyt.




Mocno podejrzany o marsjańskie pochodzenie 3 gramowy kawałek meteorytu Zagami z certyfikatem szwajcarskiego Laboratorium Meteorytowego w postaci tzw. *micromounts*.

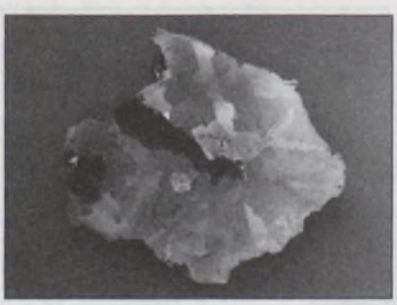
## Katalog Meteorytów w Polskich Kolekcjach

W Olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym opracowano komputerową bazę danych o meteorytach w polskich kolekcjach, w tym również w kolekcjach prywatnych. Dla każdego meteorytu w bazie zapisane są następujące informacje: nazwa, miejsce znalezienia lub spadku ze współrzędnymi geograficznymi, data znalezienia lub spadku, kolekcja, waga, krótki opis morfologiczny, opis okoliczności znalezienia lub odkrycia i bibliografia badań. Wszystkie podstawowe dane zebrano badając okazy w każdej kolekcji.

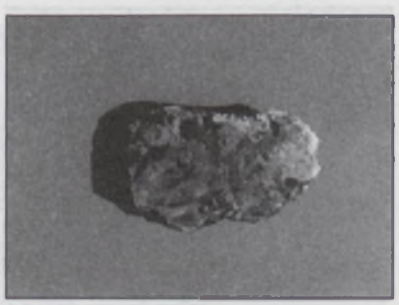
Opisy okoliczności znalezienia lub spadku oraz badań każdego meteorytu wykonane są na podstawie Catalogue of Meteorites (1985) A.L. Graham, A.W.R. Bevan, R. Hutchison, na co otrzymano specjalną zgodę wydawcy British Museum Matural History. Wykonano zdjęcia większości meteorytów (z wyjątkiem wątpliwych oraz tych,

## Meteoryty żelazne

Watson
(oktaedryt anomalny IIE)



Campo del Cielo
(oktaedryt IA)



Zagora
(oktaedryt anomalny IA)

które wydają się być zamienione i mają nieadekwatne opisy).

Planowane jest wydanie Katalogu Meteorytów w Polskich Kolekcjach w formie książkowej. Katalog wydany w roku 1964 przez dra Jerzego Pokrzywnickiego mocno się już zdeaktualizował, a przy tym jest już praktycznie nie do nabycia. Nowy katalog będzie służyć za podstawę do tworzenia katalogów poszczególnych kolekcji polskich.

Na koniec 1993 roku w polskich kolekcjach znajdowały się fragmenty 145 różnych meteorytów z wszystkich kontynentów. Niektóre z nich reprezentowane są przez sto kilkadziesiąt (Pułtusk) lub kilkadziesiąt okazów (Łowicz).

Wśród tych 145 meteorytów jest 81 meteorytów kamiennych, 47 żelaznych i 17 żelazno–kamiennych. Meteoryty kamienne to przede wszystkim chondryty: 68 meteorytów (w tym 7 chondrytów węglistych) i 13 achondrytów. Największą wagę w kilogramach ma kolekcja Muzeum Geologicznego PAN w Krakowie, na co składają się największe okazy meteorytów: Morasko, Łowicz, Imilac i Vaca Muerta.

Najwięcej różnych meteorytów ma Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne – 57, Muzeum Mineralogiczne we Wrocławiu – 53 i Muzeum Geologiczne PAN w Krakowie – 44.

W żadnej polskiej kolekcji nie ma następujących typów meteorytów kamiennych: chondrytów oliwinowohiperstenowych (L3), amfoterytów (LL3) i (LL4), chondrytów węglistych (CK4), chondrytów enstatytowych (E4), (E5), acapulcoitów, achondrytów ureilitów, nakhlitów, chassignitów, angrytów i brachinitów oraz jednego typu meteorytów żelazno–kamiennych: londranitów.

## Klub Kolekcjonerów Meteorytów i „Meteoryt"

Klub Kolekcjonerów Meteorytów zrzesza osoby zainteresowane meteorytami i posiadaczy meteorytów.

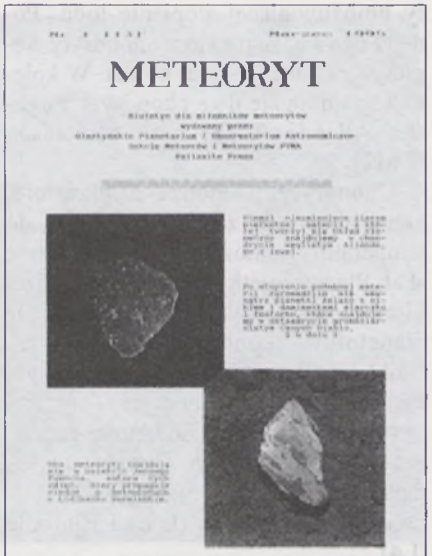
Im więcej ludzi będzie miało choćby jeden meteoryt, tym większa szansa, aby oni sami, ich krewni i znajomi, mogli dokładnie poznać wygląd i strukturę meteorytu i następnie rozpoznać meteoryt, jeśli przypadkowo znajdą go w terenie. W krajach, gdzie każdy mógł kupić meteoryt, odnajduje się wiele nowych meteorytów, bo wiele osób wie, jak one wyglądają. Chcemy, aby Polska przestała być krajem, w którym wskutek powszechnej niewiedzy nie zbiera się meteorytów. Po upływie ponad pół wieku, w roku 1993 trzech zapaleńców z Gliwic, członków klubu, posługując się wykrywaczem metali znalazło 6 kawałków meteorytu Morasko o łącznej wadze ponad 1 kg.

Celem, dla którego zorganizowano klub jest umożliwienie wymiany meteorytów i informacji o nich oraz zakup meteorytów. Klub pomaga w nawiązywaniu kontaktów między kolekcjonerami w kraju i na świecie.

Dla miłośników meteorytów od 1992 roku wydawany jest biuletyn „Meteoryt". Rocznie wychodzą cztery numery o objętości kilkudziesięciu stron.

Jeśli chodzi o tematykę i szatę graficzną, „Meteoryt" przypomina inne podobne wychodzące na świecie czasopisma: niemiecki „Meteor", angielski „Impact!" oraz Nowo Zelandzki „Meteorite!" (pierwszy numer ukazał się na początku tego roku).

Koordynatorem Klubu Kolekcjonerów Meteorytów oraz redaktorem „Meteorytu " jest Andrzej S. Pilski, astronom z Planetarium we Fromborku. Popularyzuje on wiedzę o meteorytach nie tylko na łamach „Meteorytu " i wśród członków Klubu Kolekcjonerów Meteorytów, lecz także na łamach czasopism popularnonaukowych („Urania", „Wiedza i Życie ") oraz na odczytach. Dzięki jego staraniom powstało wiele kolekcji w planetariach i obserwatoriach oraz kolekcji prywatnych.




Najświeższy, marcowy numer kwartalnika METEORYT, redagowany wytrwale przez Andrzeja S. Pilskiego

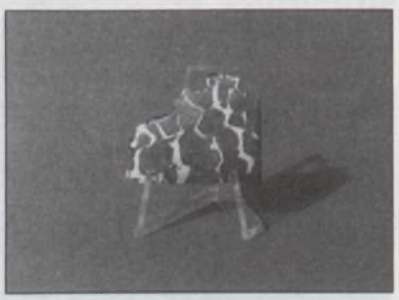
## Zakończenie

W latach trzydziestych naszego stulecia w Stanach Zjednoczonych Harvey H. Nininger rozpoczął popularyzację wiedzy o meteorytach. Pisał artykuły, jeździł z odczytami na których popularyzował meteoryty i uczył jak je rozpoznawać. Stworzył kolekcję meteorytów, po której oprowadzał zainteresowanych. Jego akcja informacyjna doprowadziła do tego, że dzisiaj na jednego mieszkańca w USA przypada najwięcej znalezionych meteorytów, przy czym co trzeci meteoryt znajdują farmerzy podczas prac polowych.

Działalność Harveya H. Niningera jest wzorem dla Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego w zakresie popularyzacji wiedzy o meteorytach w Polsce. ■

## Meteoryty żelazno – kamienne

Łowicz
(mezosyderyt)



Imilac
(pallasyt)

Brenham
(pallasyt)

# Alexis obserwuje

W kwietniu 1993 wystrzelony został satelita ALEXIS przeznaczony do obserwacji nieba w miękkich promieniach X jak i skrajnym ultrafiolecie. Na jego pokładzie znajduje się 6 teleskopów pozwalających na jednoczesną obserwację obszaru nieba o średnicy 33 stopni. Zaraz po umieszczeniu satelity na orbicie oderwał się jeden z czterech paneli baterii słonecznych–zawisł na kablach łączących go z korpusem satelity. Nie tylko zburzyło to równowagę dynamiczną stabilizowanego satelity, ale zniszczeniu uległ również magnetometr mający służyć do określania położenia ALEXIS w stosunku do linii sił ziemskiego pola magnetycznego. Ponad rok zajęło stworzenie nowego oprogramowania pozwalającego na odtworzenie orientacji satelity w przestrzeni. ALEXIS jest małym satelitą wystrzelonym zaledwie trzy lata po zakończeniu wstępnego projektu. Obserwując ciągle prawie połowę sfery niebieskiej ALEXIS uzupełnia dane uzyskane przy pomocy o wiele większych i bardziej skomplikowanych satelitów: EUVE (Extreme Ultraviolet Explorer) oraz ROSATa, które koncentrują się na obserwacjach wybranych fragmentów nieba.Teleskopy ALEXIS są szczególnie czułe na promieniowanie atomów żelaza dochodzące z rozgrzanego do miliona stopni lokalnego ośrodka międzygwiazdowego. Pochodzenie rozgrzanego gazu nie jest całkiem jasne, podejrzewa się, że wypełnia on olbrzymi bąbel wydmuchany w ośrodku międzygwiazdowym przez bliski wybuch supernowej. Z wstępnych danych udało się już wyznaczyć górną granicę obserwowanego sygnału (w rzeczywistości może ona być nieco niższa). Przy założeniu normalnej kosmicznej obfitości żelaza obecnie istniejące teorie mogą mieć trudności z wytłumaczeniem natężenia promieniowania. W miarę przybywania danych obserwacyjnych mogą stać się widoczne struktury ukryte prawdopodobnie w widocznym obecnie rozmytym tle. Dane przychodzące z ALEXIS są analizowane codziennie przy pomocy komputera. Pozwala to na wychwytywanie zjawisk krótkotrwałych, niekiedy unikalnych i ewentualne alarmowanie innych obserwatorów. I tak 18 marca zaobserwowano nietypowy jednodniowy sygnał od obiektu, którego, jak dotychczas, nie udało się zlokalizować przy pomocy EUVE. Inne dwa obiekty znajdujące się na trasie skanu zachowywały się normalnie, co wyklucza efekt instrumentalny. Jak dotychczas udało się zidentyfikować około 19 znanych źródeł i kilka innych, nie występujących w żadnym spośród znanych katalogów. Uzyskano m.in. unikalną krzywą blasku rozbłysku zmiennej kataklizmicznej VW Hyi.

Analizą danych, których ilość zbliżona jest do ilości przekazywanej przez EUVE zajmuje się obecnie 9 osób (w tym pięciu studentów). Szefem grupy jest Jeff Bloch. Dotychczasowe wyniki misji przedstawione zostały 27 marca b.r. w Berkeley na konferencji MUA poświęconej astronomii w skrajnym nadfiolecie.

**Roman Schreiber**

# Spadek meteorytu Baszkówka

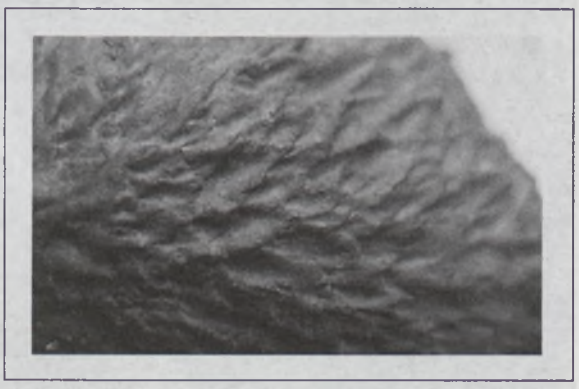
Zdarzyło się to w pogodne, upalne popołudnie, 25 sierpnia 1994 r. tuż przed godz. 16. Pan Krzysztof Grodzki z małej wioski Baszkówka przylegającej do Głoskowa k/Warszawy usłyszał bardzo głośny szum. W pierwszej chwili pomyślał, że to jeden z mieszkańców Głoskowa lata na motolotni i zaczął jej wypatrywać. Niczego jednak nie dostrzegł. Szum przypominał mu odgłos wydawany przez wirujące łopaty śmigeł (p. Grodzki pracował na lotnisku). Podobny hałas słyszały żona i sąsiadka p. Grodzkiego, ale niczego nie dostrzegły. Pracująca w polu jego szwagierka obejrzała się słysząc hałas i zobaczyła fontannę ziemi jakieś 200 metrów od niej. Szukając we wskazanym kierunku p. Grodzki odnalazł krąg świeżo poruszonej ziemi o średnicy ok. 1,5 m z niewielkim dołkiem w środku. Grzebiąc w tym dołku na głębokości ok. ćwierć metra natknął się na coś twardego. Po chwili wykopał jeszcze lekko ciepły, czarny kamień ważący ponad 15 kg.

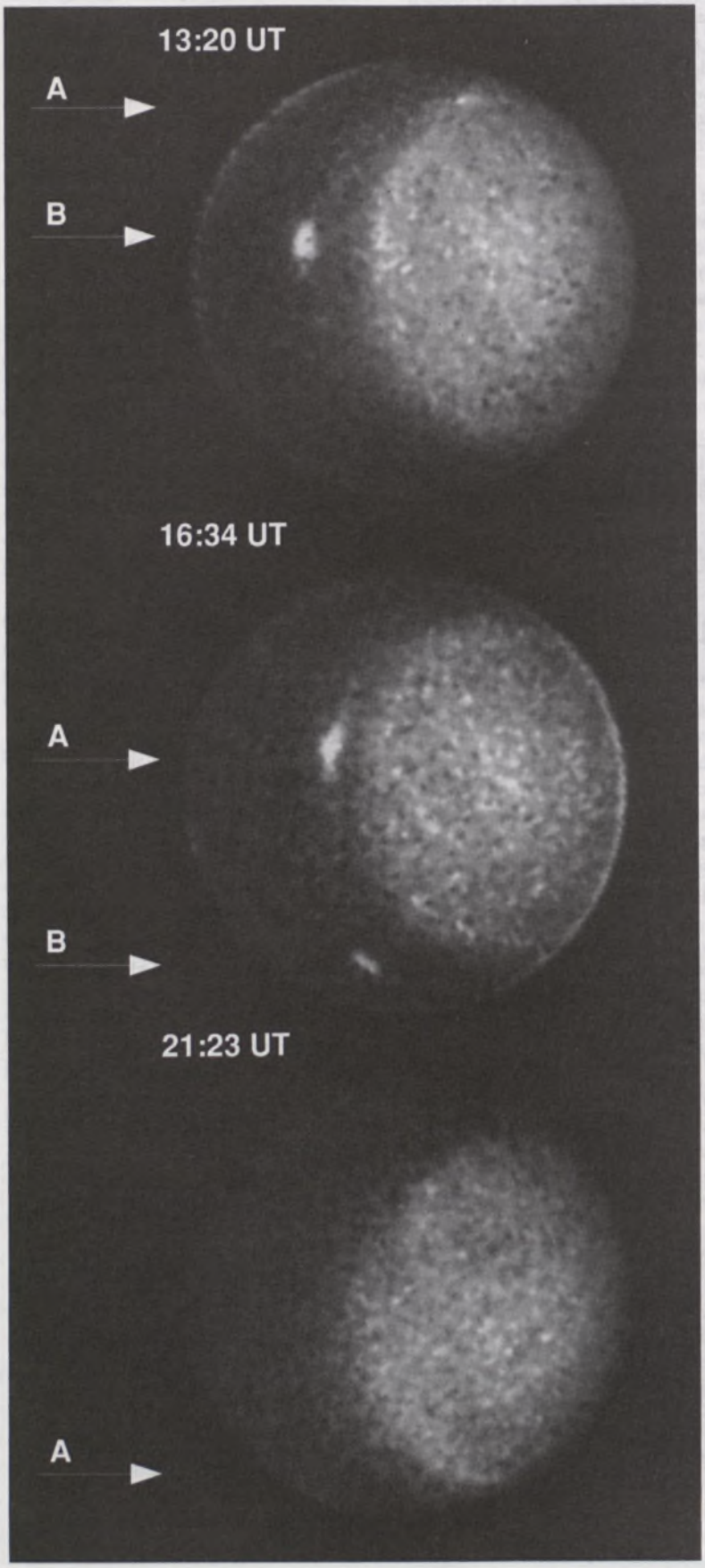
Dopiero pół roku później meteoryt ten trafił do Państwowego Instytutu Geologicznego. Jego badaniem zajął się dr Marian Stępniewski, a pierwsza informacja o tym meteorycie ukazała się w „Przeglądzie Geologicznym" vol. 43, nr 3, 1995. Dokładna klasyfikacja meteorytu nie została jeszcze przeprowadzona, ale nie ulega wątpliwości, że jest to chondryt zwyczajny. Ma podobną zawartość metalicznego żelaza, jak meteoryty, które spadły w zeszłym stuleciu koło Pułtuska, ale jego materia była poddana w kosmosie działaniu wyższych temperatur, które wprawdzie nie doprowadziły do jej stopienia, ale w znacznym stopniu ją przeobraziły.

Największe wrażenie robi niezwykle bogata rzeźba powierzchni tego meteorytu. Pod tym względem jest to najpiękniejszy okaz meteorytu w polskich zbiorach i jeden z najpiękniejszych w zbiorach światowych. Jest to podręcznikowy przykład tzw. orientowanego meteorytu, który nie koziołkował podczas spadania. Jego czołowa powierzchnia przybrała charakterystyczny kształt spłaszczonego stożka pokrytego rozchodzącymi się promieniście wyżłobieniami wytworzonymi przez zawirowania powietrza (patrz fot. z dołu i zdjęcie na okładce) To właśnie na podstawie kształtu orientowanych meteorytów zaprojektowano osłony ablacyjne chroniące statki kosmiczne powracające na Ziemię. Cała powierzchnia pokryta jest czarną skorupą obtopieniową, która na przedniej stronie jest bardziej szara i gładka, a na tylnej matowo czarna i porowata. Nieliczne odpryśnięte fragmenty ukazują szarą materię meteorytu, w której pod lupą widać srebrzyste ziarenka metalicznego żelaza i złotawe ziarenka siarczku żelaza – troilitu.

Znalazca meteorytu otrzymał od Instytutu nagrodę w wysokości 13 tys. zł (nowych), którą brukowa prasa „podwyższyła" do 200 mln starych złotych. Jest to mniej niż zwyczajowe 10% znaleźnego, gdyż ze względu na unikalny kształt meteoryt ten mógłby być wyceniony nawet na 100 tys. dolarów. Mniejszy od niego meteoryt, który 3 lata temu rozbił samochód w Peekskill w USA, został sprzedany za 69 tys. dolarów.

**Andrzej S. Pilski** (fot. autor)






# URAN, JEGO PIERŚCIENIE I KSIĘŻYCE

Trzy zamieszczone obok zdjęcia Urana pokazują ruch dwóch jasnych obłoków na północnej półkuli planety oraz unoszącej się wysoko nad powierzchnią „mgiełki" nad południowym biegunem planety. Zdjęcia wykonano 14 sierpnia 1994 r., gdy Uran znajdował się w odległości 2.8 mld km od Ziemi. Wskazane strzałkami szczegóły w atmosferze były poprzednio obserwowane przez sondę *Voyager 2*, podczas jej przelotu w pobliżu planety w 1986 r. Od tego czasu nie były wykonywane obserwacje zjawisk w atmosferze Urana, gdyż szczegóły te są na granicy możliwości obserwacyjnych teleskopów naziemnych.

Teleskop Kosmiczny Hubble'a obserwował Urana przy pomocy szerokokątnej kamery planetarnej (WFPC2) przez filtr, dający możliwość zarejestrowania światła odbitego od wysokich chmur. Umożliwiło to zaobserwowanie „mgiełki" nad południowymi obszarami biegunowymi Urana, wraz z dwiema chmurami – utworami o kształcie pióropuszy o średnicach 4300 i 3100 km. Prezentowana sekwencja obrazów ukazuje chmury (oznaczone literami A i B) obiegające planetę. Od wykonania pierwszego zdjęcia do drugiego upłynęły trzy godziny, zaś pomiędzy drugim i trzecim interwał wyniósł 5 godzin.

Obserwacje ruchu wysokich chmur umożliwiły astronomom ze Space Telescope Science Institute wyznaczenie okresu obiegu Urana. Posiłkując się wcześniejszymi obserwacjami sondy kosmicznej *Voyager 2* ustalono, że Uran obraca się wokół swojej osi szybciej niż Ziemia i dokonuje jednego obrotu w ciągu 7 godzin i 14 minut.

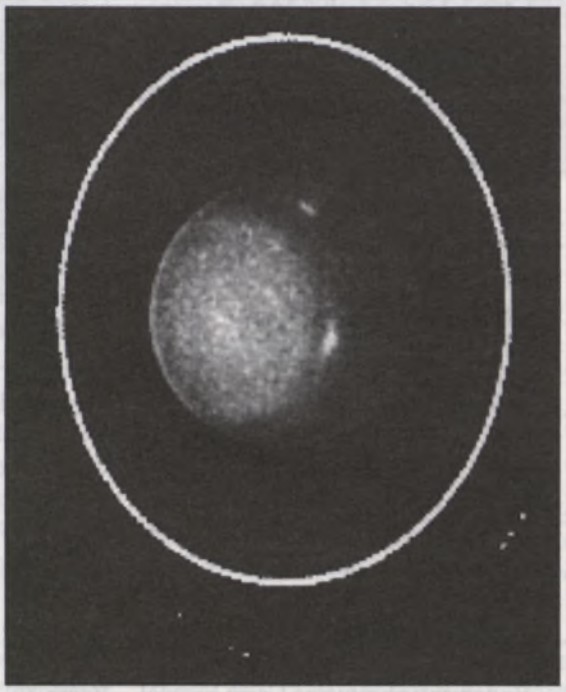
Uran, będąc jedną z czterech planet – gazowych gigantów naszego Układu Słonecznego, niczym szczególnym się nie wyróżnia. Wyjątkiem jest południowy biegun planety, który przez część 84–letniego okresu obiegu wokół Słońca jest skierowany w stronę macierzystej gwiazdy. Dzięki wysokiej rozdzielczości i długiej żywotności, Teleskop Kosmiczny może śledzić sezonowe zmiany w atmosferze Urana,

których niezwykłość wynika właśnie z nietypowego nachylenia osi obrotu planety do płaszczyzny jej orbity.

Kolejne zdjęcie przedstawia Urana oraz jego układ pierścieni i 3 księżyce. Pierścienie Urana zostały odkryte w 1977 r. podczas fotometrycznych obserwacji zakrycia gwiazdy o jasności $8^m,8$. Na reprodukowanym obok zdjęciu widoczne są pierścienie planety wraz z najokazalszym pierścieniem zewnętrznym $\varepsilon$. Uran posiada łącznie 11 koncentrycznych pierścieni złożonych z drobnych cząstek ciemnej materii. Dokładna fotometria pierścieni być może pozwoli na wskazanie źródła lub pochodzenia cząstek tworzących pierścienie.

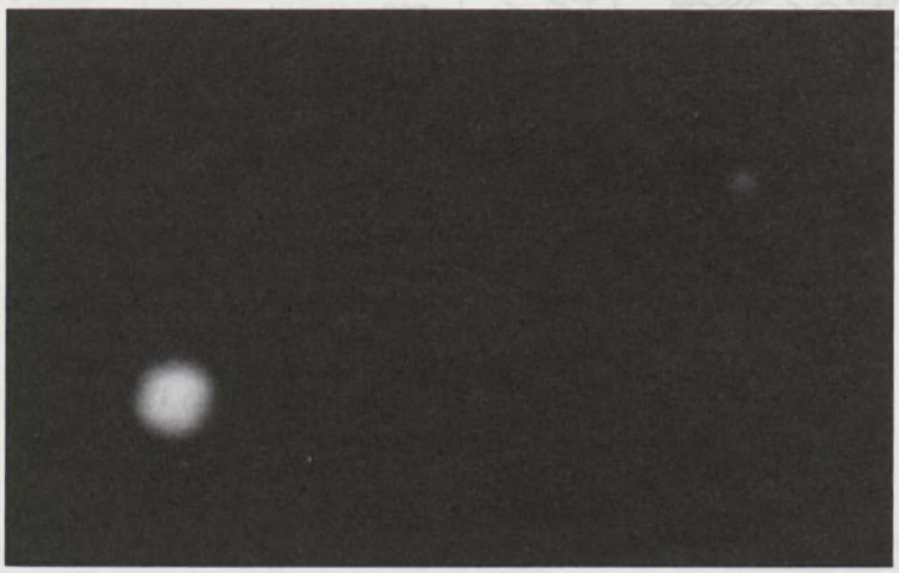
U dołu zdjęcia widoczne są jako łańcuchy składające się z trzech ogniw, trzy wewnętrzne satelity Urana. Jest to następstwo złożenia trzech obrazów otrzymanych co 6 minut. Księżyce widoczne na zdjęciu to (od lewej): Cressida, Juliet i Portia. Satelity te poruszają się nieco szybciej niż nasz Księżyc, dlatego zauważalnie zmieniają swoje położenie już w ciągu kilku minut. Dokładne pomiary pozycji i ruchów wewnętrznych satelitów Urana pozwoliły na dokładniejsze obliczenie ich orbit. Umożliwi to dalsze badania rezonansów pomiędzy nimi i analizę dynamiki tego ciekawego i skomplikowanego układu.

Opr.: Paweł Sobotko



# UKŁAD PLUTON – CHARON

Podwójna planeta Pluton – Charon, nazywana tak z powodu dużych rozmiarów księżyca w stosuku do macierzystej planety (1:2), została sfotografowana przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a 21 lutego 1994 r., gdy znajdowała się w odległości 4.4 mld km (ok. 30 j.a.) od Ziemi. Poprawiona optyka teleskopu umożliwiła zaobserwowanie dwóch rozdzielonych i ostrych tarcz. Pozwoliło to na dokładny (z błędem poniżej 1%) pomiar średnicy Plutona – 2320 km i Charona – 1270 km.



Obserwacje Teleskopu Kosmicznego pokazują, że Charon jest bardziej niebieski od Plutona. Oznacza to, że oba ciała mają różną budowę i strukturę powierzchni. Jasny blask Plutona wskazuje, że planeta ma na powierzchni gładką warstwę odbijającą światło słoneczne. Szczegółowa analiza zdjęć ujawniła jaśniejsze obszary równoległe do równika planety. Wynik ten zgodny jest z wcześniejszymi modelami jasności, opartymi na obserwacjach fotometrycznych. Jednakże niezbędne są dalsze obserwacje w celu potwierdzenia tej osobliwej cechy. Pluton został odkryty w 1930 r., zaś Charon pozostawał nieznany aż do 1978 r. Stało się tak, ponieważ księżyc ten obiega planetę w niewielkiej odległości i obraz z teleskopów naziemnych jest zamazany. Gdyby nasz Księżyc znajdował się tak blisko Ziemi, miałby na niebie rozmiary jabłka trzymanego w odległości wyciągniętej ręki. Pluton pozostaje jedyną, jak dotąd, nie badaną z bliska przez żadną sondę kosmiczną planetą słonecznej rodziny. Zdjęcie zostało wykonane podczas maksymalnej elongacji Charona (0″,9) i jest dotychczas najlepszym obrazem podwójnej planety, wędrującej na krańcach Układu Słonecznego. Wzajemna odległość Plutona i Charona wynosiła 19640 km. Wykonanie tego zdjęcia można porównać do sfotografowania piłki baseballowej z odległości 64 km.

Oprac. Paweł Sobotko

# Bardzo Duży Teleskop ESO w tarapatach

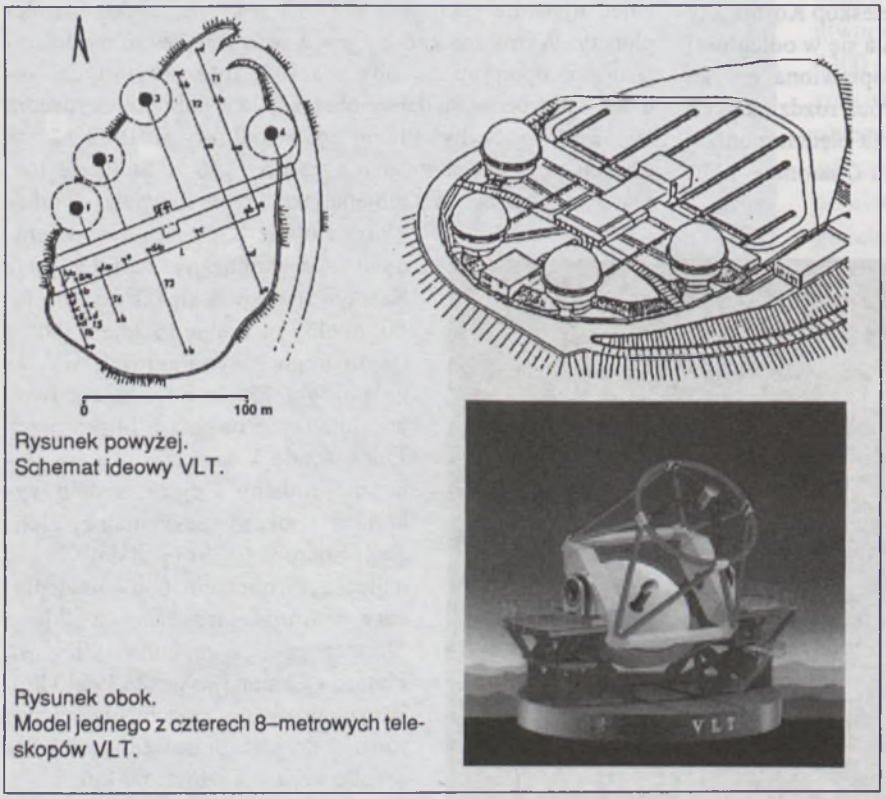
Zdjęcie Cerro Paranal na jesieni 1994 roku pokazujące stan zaawansowania robót.

Budowany przez Europejskie Obserwatorium Południowe od 1988 roku Bardzo Duży Teleskop VLT (Very Large Telescope) znalazł się w poważnych kłopotach formalno–prawnych. Najpierw Sąd Rejonowy, a ostatnio Sąd Najwyższy Chile nakazał wstrzymanie robót i zwrot terenu budowy w pierwotnym stanie „prawowitym właścicielom gruntu". Ponieważ ESO nie podporządkowało się werdyktowi chilijskiego sądu, w dniu 30 marca 1995 na teren budowy wtargnęła policja wraz z przedstawicielami sądu w celu wymuszenia przerwania robót.

Budowany obecnie na Cerro Paranal w północnym Chile VLT ma składać się głównie z 4 teleskopów o średnicy 8.2 m dających efektywną średnicę teleskopu równą 16 m, a rozdzielczość równą teleskopowi o średnicy 100 m. Pierwsze lustro tego kolosa jest już gotowe, a teleskop Nr 1 powinien rozpocząć pracę jeszcze w 1995 roku. Cały zaś kompleks miał być gotowy do astronomicznej służby w 1998 roku, czyli jeszcze w bieżącym dziesięcioleciu (albo, jak kto woli przed końcem bieżącego wieku). Tymczasem spadkobiercy rodziny Latorre, dziewiętnastowiecznych właścicieli latyfundiów, w skład których wchodził wybrany przez astronomów grzbiet górski Cerro Paranal (2600 m npm.) twierdzą, że teren ten został im bezprawnie zabrany i w 1988 roku przez rząd chilijski generała Augusto Pinocheta też bezprawnie oddany inwestorom zagranicznym. Ten pogląd podzieliły wspomniane wyżej instancje sądowe. ESO z kolei twierdzi, że umowa z 1963 roku zawarta, gdy przystępowano do budowy największego dzisiaj na świecie obserwatorium astronomicznego, daje i gwarantuje tej organizacji prawo do budowy swoich urządzeń w wybranych miejscach w Chile. Ponadto ESO, jako organizacja międzynarodowa nie podlega jurysdykcji chilijskiej, a akt policji i władz sądowych określa jako „harassment" i akt bezprecedensowy w historii stosunków między organizacją międzynarodową, a krajem przyjmującym.

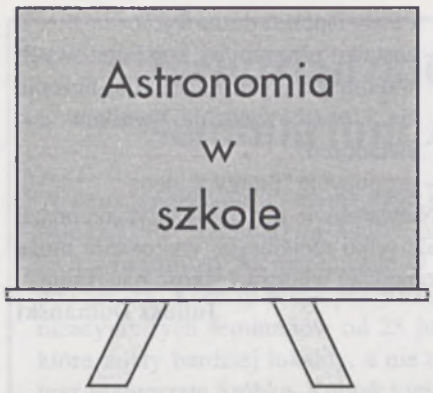
Stosunki między ESO a Chile zaczynały się psuć już kilka lat temu, w zasadzie krótko po upadku rządów Pinocheta. Najpierw były to żądania typu związkowego dotyczące uprawnień personelu chilijskiego pracującego w ESO, później domaganie się uprzywilejowanego dostępu astronomów chilijskich do instrumentów ESO itp. Obecny konflikt jest najpoważniejszy i grozi znacznymi opóźnieniami, jeśli nawet nie przerwaniem budowy największego teleskopu świata. W obliczu narastających konfliktów ESO myślało nawet swego czasu o zmianie lokalizacji VLT i postawieniu tego kolosa w Republice Południowej Afryki, która była zresztą u zarania ESO, na przełomie lat 50–tych i 60–tych rozważanym miejscem na budowę Europejskiego Obserwatorium Astronomicznego.

**(aw)**




Rysunek powyżej.
Schemat ideowy VLT.

Rysunek obok.
Model jednego z czterech 8–metrowych teleskopów VLT.




*Problem nauczania astronomii zajmuje umysły środowisk astronomicznych wielu krajów. Opracowywane przez Amerykańską Akademię Nauk na kolejne dziesięciolecia raporty o stanie astronomii, jej potrzebach i perspektywach, wielokrotnie podkreślały wagę nauczania astronomii dla zdrowia i rozwoju tej dziedziny nauki. W ostatnich dniach listopada 1994 odbyła się w siedzibie Europejskiego Obserwatorium Astronomicznego ESO w Garching konferencja astronomów i nauczycieli z krajów Unii Europejskiej, której zadaniem było właśnie wyartykułowanie miejsca i roli astronomii w systemie kształcenia młodych pokoleń w Europie. Zaledwie kilka dni wcześniej, 19 i 20 listopada 1994, odbyła się w Centrum Astronomicznym im. M. Kopernika w Warszawie, zorganizowana przez Komitet Astronomii PAN i Polskie Towarzystwo Astronomiczne, konferencja, której celem było przybliżenie osiągnięć współczesnej astronomii nauczycielom fizyki i astronomii polskich szkół średnich. Jeszcze wcześniej, na ostatnim Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w roku 1993 poświęcono specjalną sesję naukową problemom nauczania astronomii w Polsce. Poniżej publikujemy opinię jednego z zasłużonych nauczycieli fizyki i astronomii, profesora Juliusza Domańskiego z Torunia, dotyczącą problemów nauczania astronomii w naszym Kraju oraz przedstawiamy piórem Cecylii Iwaniszewskiej deklarację w sprawie nauczania astronomii w Europie, jednomyślnie przyjętą na wspomnianej wyżej konferencji w Garching.*

Pokwitowanie dla wpłacającego

zł ..... gr .....

Słownie .....

.....

nazwisko, imię .....

Dokładny adres .....

.....

Dokładna nazwa: na r-k „POSTĘPY ASTRONOMII" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa

nazwa banku PIERWSZY KOMERCYJNY BANK w LUBLINIE S. A. O/Grudziądz

Nr r-ku 653248-19826-132

stempel ..... Podpis przyjmującego

Pobrano opłatę zł ..... gr .....

Odcinek dla posiadacza rachunku

zł ..... gr .....

Słownie .....

.....

nazwisko, imię .....

Dokładny adres .....

.....

Dokładna nazwa: na r-k „POSTĘPY ASTRONOMII" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa

nazwa banku PIERWSZY KOMERCYJNY BANK w LUBLINIE S. A. O/Grudziądz

Nr r-ku 653248-19826-132

stempel ..... Podpis przyjmującego

Pobrano opłatę zł ..... gr .....

Odcinek dla poczty

zł ..... gr .....

Słownie .....

.....

nazwisko, imię .....

Dokładny adres .....

.....

Dokładna nazwa: na r-k „POSTĘPY ASTRONOMII" Polskie Towarzystwo Astronomiczne Bartycka 18 00-716 Warszawa

nazwa banku PIERWSZY KOMERCYJNY BANK w LUBLINIE S. A. O/Grudziądz

Nr r-ku 653248-19826-132

stempel ..... Podpis przyjmującego

Pobrano opłatę zł ..... gr .....

dzin na nauczanie fizyki z astronomią oznacza też, że często nauczyciel ma pod swoją „opieką" do 500 uczniów. Jeśli z każdym z nich (w 35 – 40 osobowych zespołach) spotyka się na 1 – 2 lekcjach w tygodniu to z całą odpowiedzialnością mogę twierdzić, że jest to praca z anonimowym tłumem. Nie może być mowy o żadnej indywidualizacji, różnicowaniu wymagań, działaniach wychowawczych itp. Nie mówiąc też o szkolnictwie zawodowym, w którym skupia się nadal zdecydowana większość uczniów. Twierdzę, że w Technikach (o Szkołach Zasadniczych nie mówiąc) fizyka jako przedmiot praktycznie nie istnieje.

Dodajmy do tego niespotykaną nigdy wcześniej frustrację prawie ogółu nauczycieli i kompletne załamanie systemu finansowania szkół.

Uważam też, że bitwa o astronomię jako oddzielny przedmiot nauczania została dawno przegrana. Sukcesem będzie utrzymanie przedmiotu o nazwie przedmiotu – z astronomią,

- nawiązać ścisłą współpracę z fizykami z PTF,
- podjąć szeroko zakrojone działania nad integracją nauczania obu przedmiotów.

Pierwsze dwa postulaty nie wymagają komentarza, trzeci wymaga bardziej szczegółowego sprecyzowania. W tym gronie, mam nadzieję, nie muszę nikogo przekonywać o płynących z integracji korzyściach zarówno dla astronomii jak i dla fizyki (jako przedmiotów nauczania). Nie może powtórzyć się sytuacja sprzed kilku lat, kiedy to komisja programowa składająca się z fizyków i astronomów uznała, że fotometrię, jako nie niosącą istotnych informacji, można w kursie fizyki (z astronomią!) pominąć.

Popatrzmy jeszcze raz na typowy, szkolny kurs fizyki z astronomią. Prawie wszystkie bloki programowe (lub przynajmniej niektóre hasła w tych blokach) dają się doskonale powiązać. pliny. Znów tylko dla ilustracji wywodów przytoczę parę przykładów: zasada zachowania momentu pędu – ewolucja układu Ziemia – Księżyc, dyfrakcja na otworze – ograniczenie zdolności rozdzielczej teleskopów, moment bezwładności – rozkład masy Księżyca (Ziemi), przemiany energii – wulkanizm Io.

Sporo możliwości dają też dobrze dobrane zadania obliczeniowe i problemowe.

Pewną szansę daje realizowana już koncepcja Ministerstwa Edukacji. W skrócie polega ona na wprowadzeniu do szkół wielu programów i podręczników, z których nauczyciel będzie mógł wybrać jego zdaniem najlepszy. Warunkiem koniecznym jest zawarcie w programie treści wymienionych w przygotowanej już podstawie programowej.

Można się spodziewać, że wybierane będą programy w miarę ambitne i wsparte dobrym, atrakcyjnym podręcznikiem i bogatym zestawem mate-

riałów pomocniczych ułatwiającym pracę tak nauczyciela, jak i ucznia.

Kierunek działań jest teraz widoczny. Najważniejsze to stworzenie zaangażowanego, kompetentnego zespołu fizyków i astronomów (z włączeniem nauczycieli) i opracowanie:
- programu,
- podręcznika dla ucznia,
- podręcznika (zestawu podręczników) dla nauczyciela,
- zestawu literatury pomocniczej,
- zbioru zadań (zadań realizujących funkcje założone w programie),
- zbioru tekstów dydaktycznych,
- zestawu doświadczeń pokazowych, co najmniej z propozycjami przyrządów, które powinny być wprowadzone do produkcji,
- zestawu ćwiczeń laboratoryjnych i doświadczeń domowych,
- zestawu programów komputerowych wspomagających nauczanie, uczenie się i opracowywanie wyników doświadczeń,
- propozycje filmów wideo.

Niewątpliwie jest to gigantyczna praca, ale tylko rzetelne jej wykonanie może zapewnić właściwą jakość nauczania.

**Juliusz Domański**

# Nauczanie astronomii w Europie

W listopadzie 1994 r. Południowe Europejskie Obserwatorium (ESO) w Garching koło Monachium było organizatorem spotkania przeszło stu nauczycieli i astronomów z 17 krajów zachodnio – europejskich. Blisko tygodniowe warsztaty, wypełnione wykładami i praktycznymi pokazami, demonstracjami pomocy dydaktycznych, porównaniem sytuacji w dziedzinie nauczania astronomii w poszczególnych krajach, zostały uwieńczone dwoma konkretnymi faktami:
- przygotowaniem deklaracji dotyczącej nauczania astronomii w europejskich szkołach średnich,
- zawiązanie Europejskiego Towarzystwa Nauczania Astronomii (EAAE).

Deklaracja, jednogłośnie przyjęta przez uczestników konferencji, po omówieniu historii rozwoju astronomii, przedstawiła następujące

**Cele i Zadania Dydaktyczne**

1. Nauczanie astronomii powinno się zaczynać jak najwcześniej w szkole podstawowej i być kontynuowane w następnych klasach.
2. Kończąc swoją podstawową edukację – uczniowie powinni zapoznać się z pracami obserwacyjnymi, a także takimi problemami, jak:
   a) nasze miejsce w Systemie Słonecznym, a dalej we Wszechświecie,
   b) istota budowy obserwowanych na niebie obiektów, jak planety, komety, gwiazdy, galaktyki,
   c) zarys ewolucji Ziemi, planet, Wszechświata.
3. Punkty 2a) – c) powinny być specjalnie uwzględniane przy kształceniu nauczycieli. Dobrą podstawą programów takiego kształcenia stać się mogą badania nad błędnymi pojęciami o otaczającym nas świecie uczniów.
4. Ponieważ astronomia dostarcza unikatowej okazji do prowadzenia bardzo zajmującej aktywności na wszystkich poziomach nauczania szkolnego, powinno się organizować zajęcia fakultatywne oraz zajęcia pozalekcyjne o tematyce astronomicznej.
5. Nauczanie astronomii pozwala lepiej rozumieć prawa fizyki, które dotyczą nie tylko otoczenia człowieka, ale całego Wszechświata. Daje też okazję lepszego zrozumienia wyjątkowego znaczenia istnienia Ziemi i rasy ludzkiej. Uczniowie powinni zdawać sobie sprawę z następstw jakie dla obserwacji nocnego nieba mogą wnieść zbyt silne oświetlenia i interferencja radiowa.
6. Nauczanie astronomii umożliwia zapoznanie się z metodą naukową, razem z jej niepewnościami i brakiem odpowiedzi na niektóre problemy, z wzajemnym stosunkiem teorii i praktyki, stąd też ta nauka powinna u uczniów wyrobić krytyczny stosunek do tzw. pseudonauki.
7. Astronomia nie zna granic narodowych – to samo niebo jest nad całą Europą, stąd też nauczanie astronomii przyczynia się do międzynarodowej współpracy nauczycieli i uczniów. Taka współpraca mogłaby z czasem doprowadzić do jednolitego europejskiego kursu astronomii, który „pokazałby astronomię jako naukę o wysiłku ludzkim, mającą swoje niepewności i braki w odpowiedziach na niektóre problemy, naukę o związku między eksperymentem, obserwacją i teorią, filozofię nauki i metody naukowej, wreszcie pokazałby oddziaływanie wzajemne między nauką, technologią i społeczeństwem".

Aby umożliwić wykonanie przytoczonych wyżej celów nauczania, uczestnicy konferencji zaproponowali następujące

**Działania Wstępne**

1. Zawiązanie Towarzystwa EAAE zrzeszającego członków indywidualnych i zbiorowych, reprezentowanego przez tymczasowy zarząd przygotowujący statut i regulamin.

   Członkami tego Towarzystwa mogą stać się osoby związane z nauczaniem astronomii w Europie, wpłacając na wstępne koszty 5 ECU. Tymczasowy Zarząd ma przygotować spotkanie prowadzące do ukonstytuowania się Towarzystwa w ciągu najbliższych 12 miesięcy. Towarzystwo ma przystąpić do wydawania własnego pisma „European Newsletter on Astronomy Teaching", do którego wszyscy członkowie mogą przysyłać materiały mogące zainteresować ogół czytelników. Wydawnictwo ma być publikowane w regularnych odstępach, pierwszy zeszyt ma się ukazać w maju 1995 r.
2. Kształcenie nauczycieli fizyki, matematyki, nauki o Ziemi, geografii powinno zawierać treści astronomiczne, zarówno merytoryczne jak i dydaktyczne. Kształcenie nauczycieli powinno być prowadzone w formie studiów dla nauczycieli już pracujących, krótkich spotkań, letnich szkół, kursów korespondencyjnych,

# Grudziądzkie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne

W dniach od 22 do 25 marca 1995 odbyło się jedenaste już Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne organizowane przez Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne w Grudziądzu i Olsztyńskie Planetarium pod „egidą" Komisji Współpracy Planetariów Polskich. Główny ciężar organizacyjny tych seminariów od 23 już lat (bo były wcześniejsze seminaria, które miały bardziej lokalny, a nie ogólnopolski charakter) spada na panią mgr Małgorzatę Śróbkę–Kubiak i jej Męża z Grudziądza oraz dr Kazimierza Schillinga z Planetarium Olsztyńskiego. Polskie Towarzystwo Astronomiczne uhonorowało ich wysiłki przyznając nagrodę im. Włodzimierza Zonna za popularyzację astronomii na swym poprzednim Zjeździe w Warszawie w 1993 roku (patrz PA 1/94). Na tegoroczne Seminarium zakwalifikowało się, po eliminacjach wojewódzkich, 47 referatów opracowanych przez 51 autorów ze szkół średnich w 23 województwach od Suwałk i Elbląga po Zieloną Górę i Wrocław i od Gorzowa Wlkp. po Chełm i Zamość. Był też jeden referat ucznia szkoły podstawowej z Wołomina, który uzyskał specjalne wyróżnienie. Referaty oceniało 7 osobowe Jury astronomów rekomendowanych przez Polskie Towarzystwo Astronomiczne, Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii i Polskie Towarzystwo Astronautyczne.

Poziom referatów był bardzo wyrównany i wszyscy uczestnicy i ich opiekunowie zasługują na wyrazy uznania. Z niemałym trudem Jury wyłoniło grupę laureatów przyznając równorzędne II miejsce aż 7 osobom. Pierwsze miejsce, z 68 punktami na 70 możliwych, zajął uczeń Zespołu Szkół Technicznych w Chełmie Artur Gawryszczak. Przedstawił on referat i zademonstrował działanie swego programu komputerowego p.t. „Powstawanie struktury spiralnej w galaktykach" .

Na załączonym zdjęciu Laureat otrzymuje główną nagrodę Seminarium w postaci teleskopu o średnicy zwierciadła 15 cm, ufundowanego przez Polskie Towarzystwo Astronomiczne. Nagrodę w imieniu PTA wręcza członek Jury prof.dr hab. Andrzej Woszczyk, a asystuje przy tym Gospodyni Seminarium, mgr Małgorzata Śróbka–Kubiak. **(aw)**

wreszcie przez specjalne czasopismo. Wykładowcami powinni być astronomowie i doświadczeni nauczyciele, pożądany byłby kontakt z obserwatorium i planetarium.

3. Zwiększenie zainteresowania uczniów astronomią może odbywać się przez organizowane olimpiady astronomiczne, letnie szkoły, obozy astronomiczne, przez ewentualną wymianę doświadczeń w skali europejskiej, być może przez przeznaczonego do tego celu mikrosatelitę.
4. Koniecznym staje się opracowanie podstawowego kursu astronomii, zawierającego minimalne treści dla osób kończących swe wykształcenie w szkole podstawowej, oraz uzupełniające treści dla szkoły średniej.

Autorzy deklaracji pragną, aby „astronomia przyczyniła się do uświadomienia młodzieży, że w obecnym wieku nauki i techniki, wykształcenie naukowe jest konieczne dla różnorodnych wyborów, którego każdy obywatel musi dokonać w demokratycznym życiu. Co więcej, uczniowie powinni zrozumieć, że Ziemia jest wyjątkowym miejscem we Wszechświecie, musi zatem być otaczana troską i opieką".

**Cecylia Iwaniszewska**

W numerze 3/94 Postępów Astronomii na str. 137 ukazała się notatka redakcyjna obarczająca Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Astronomicznego winą za zniesienie astronomii z programów szkolnych, likwidacją wykładów PTA i niedopuszczeniem do budowy świetnie zapowiadającego się Centrum Astronomicznego w Zielonej Górze. Była to wielce niesprawiedliwa, wręcz absurdalna opinia, godząca w wieloletnie działania kolejnych Zarządów PTA, w tym i obecnego, na rzecz uprawiania astronomii, jej nauczania i popularyzacji. W konkretnej sprawie Centrum Astronomicznego im. J. Keplera w Zielonej Górze, modelowanym na warszawskim Centrum Astronomicznym im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk, Zarząd rzeczywiście nie poparł tej idei w przedstawionej mu do oceny formie, a to ze względów zarówno merytorycznych jak i formalnych. Powołani przez Zarząd recenzenci jednoznacznie stwierdzili, że przedłożony w tej sprawie dokument jest częściowo wewnętrznie sprzeczny, że np. brak określenia lokalnej instytucji deklarującej wsparcie finansowe zarówno w czasie budowy jak i finansowanie jej późniejszej działalności, brak kadry naukowej mającej tworzyć to Centrum, ani, jej zaplecza itp. Nie było też żadnego uzasadnienia dla, zdaniem recenzetów, zupełnie zbędnego dla takiej instytucji, hotelu dla 40 osób.

Tym niemniej Zarząd PTA gorąco poparł ideę powołania w Zielonej Górze placówki popularyzacji wiedzy o Wszechświecie wraz z Planetarium. Podobnie Zarząd popierał projekty innych ośrodków aktywnego uprawiania i popularyzacji astronomii w Polsce i w szczególny sposób wyróżniał i nagradzał osoby w takiej działalności zaangażowane. (red)

# XXXIX OLIMPIADA ASTRONOMICZNA

## PIERWSZA SERIA ZADAŃ I ETAPU XXXIX OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ

(rok szkolny 1995/96)

1. W trzech galaktykach zaobserwowano następujący rozkład prędkości $v$ gwiazd poruszających się po orbitach kołowych w odległości $r$ od środka galaktyki:

$$1.\ v(r) \sim r^{-1/2},\quad 2.\ v(r) \sim r,\quad 3.\ v(r) = \text{const.}$$

Przedyskutuj rozkład masy w tych galaktykach.

2. Określ dogodne okresy, w jakich będzie można przeprowadzić obserwację krateru *Lansberg* na Księżycu w grudniu 1995 roku. Potrzebne dane wyszukaj samodzielnie.
Zakładamy dobre warunki pogodowe i pomijamy efekty libracji.

3. Krótko omów najważniejsze wyniki badań uzyskane dotychczas za pomocą teleskopu Hubble'a.

4. Obecnie układem gwiazdowym położonym najbliżej Słońca jest układ potrójny $\alpha$ *Centauri*. Wskaż, która z gwiazd, leżących obecnie w odległości nie większej niż 15 lat świetlnych, w przyszłości może się znaleźć bliżej Słońca niż $\alpha$ *Centauri*. Załóż, że gwiazdy poruszają się w przestrzeni ze stałymi prędkościami po torach prostoliniowych. Dane kinematyczne gwiazd znajdują się w tabelce.

| gwiazda | R | $\mu$ | $V_r$ | gwiazda | R | $\mu$ | $V_r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ *Cen* | 4.34 | 3.68 | –25 | *BD+43°44A* | 11.73 | 2.90 | +14 |
| *Gw. Barnarda* | 5.98 | 10.34 | –108 | *Bd+59°1915A* | 11.73 | 2.29 | +1 |
| *Wolf 359* | 7.63 | 4.71 | +13 | $\tau$ *Cet* | 11.85 | 1.92 | –16 |
| *BD+36°2147* | 8.23 | 4.78 | –86 | *CD-36°15693* | 11.94 | 6.90 | +10 |
| $\alpha$ *CMa* | 8.69 | 1.32 | –8 | *BD+5°1668* | 12.26 | 3.73 | +26 |
| *UV Cet* | 8.79 | 3.36 | +29 | *CD-39°14192* | 12.78 | 3.47 | +21 |
| *Ross 154* | 9.59 | 0.72 | –4 | *Gw. Kapteyna* | 12.99 | 8.72 | +242 |
| *Ross 248* | 10.32 | 1.60 | –81 | *Krüger 60 A* | 13.09 | 0.87 | –24 |
| $\varepsilon$ *Eri* | 10.76 | 0.98 | +15 | *Ross 614 A* | 13.15 | 1.00 | +24 |
| *Ross 128* | 10.94 | 1.40 | –13 | *BD-12°4523* | 13.36 | 1.18 | –13 |
| *Luyten 789-6* | 10.94 | 3.25 | –60 | *Wolf 424 A* | 14.30 | 1.78 | –5 |
| *61 Cyg* | 11.16 | 5.22 | –64 | *BD+50°1725* | 14.68 | 1.45 | –27 |
| $\alpha$ *CMi* | 11.36 | 1.25 | –3 | *CD-37°15492* | 14.89 | 6.11 | +24 |
| $\varepsilon$ *Ind* | 11.44 | 4.69 | –40 | | | | |

R – odległość w latach świetlnych,
$\mu$ – ruch własny wyrażony w sekundach łuku na rok,
$V_r$ – prędkość radialna w km/s.

*Rozwiązania 3 dowolnie wybranych zadań należy nadesłać za pośrednictwem szkoły pod adresem: KOMITET GŁÓWNY OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ, Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika, 41 – 501 Chorzów 1, skrytka pocztowa nr 10, do dnia 17 października 1995 r.*

### ZADANIA OBSERWACYJNE

1. Na podstawie podanych w tabelce efemeryd zakryć gwiazd przez Księżyc wyznacz z dokładnością do jednej sekundy moment co najmniej jednego zakrycia gwiazdy zaobserwowanego w Twojej miejscowości. Tabela zawiera kolejno: moment zakrycia dla Warszawy w czasie środkowoeuropejskim (miesiąc, dzień, godzinę i minutę), oznaczenie gwiazdy, jej współrzędne równikowe na epokę 1950.0: rektascensję i deklinację, jasność obserwowaną gwiazdy oraz wiek Księżyca.

| | moment | gwiazda | $\alpha$ | $\delta$ | | wiek |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *m-c* | *d h m* | | *h m* | *° ′* | *m* | doby |
| VIII | 08 21 03 | 44 Sgr | 19 19 | -17 57 | 4.0 | 11 |
| IX | 02 19 47 | | 16 54 | -19 28 | 6.1 | 7 |
| IX | 04 20 03 | | 18 57 | -18 38 | 6.3 | 9 |
| X | 29 16 14 | 44 Sgr | 19 19 | -17 57 | 4.0 | 5 |
| X | 30 17 17 | 9 Cap | 20 18 | -14 56 | 3.2 | 6 |

Uwaga: Tabelka zawiera przybliżone momenty zakryć dla Warszawy. W innych miejscowościach momenty te mogą się różnić o kilka minut.

2. Na podstawie obserwacji fotograficznej wyznacz odległość kątową *Gwiazdy Polarnej* od północnego bieguna niebieskiego.

3. Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można również nadesłać opracowane wyniki innych własnych obserwacji astronomicznych prowadzonych w 1995 roku.

*Rozwiązanie zadania obserwacyjnego powinno zawierać: dane dotyczące przyrządów użytych do obserwacji i pomiarów, opis metody i programu obserwacji, standardowe dane dotyczące przeprowadzonej obserwacji (m.in. datę, czas, współrzędne geograficzne, warunki atmosferyczne), wyniki obserwacji i ich opracowanie oraz ocenę dokładności uzyskanych rezultatów. W przypadku zastosowania metody fotograficznej należy dołączyć negatyw.*

*Rozwiązanie jednego zadania obserwacyjnego należy nadesłać wraz z rozwiązaniami drugiej serii zadań zawodów I stopnia – do dnia 21 listopada 1995 r.*

SYLWETKI postępów astronomii

# WIESŁAW WIŚNIEWSKI (1931-1994)

W dniu 28 lutego 1994 r. zmarł nagle w Tucson w Arizonie dr Wiesław Zygmunt Wiśniewski, wychowanek Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, a następnie kolejno pracownik Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i Lunar and Planetary Laboratory w Tucson – astronom czynny w różnych dziedzinach astronomii, a jako badacz polarny – znany również ze swych prac obserwacyjnych z zakresu geofizyki.

Urodził się 2 maja 1931 r. we wsi Łomżyca (gm. Kupiski), w powiecie łomżyńskim, gdzie Jego ojciec, Tomasz Wiśniewski był dyrektorem szkoły powszechnej. Matka, Zofia z d. Maciunas, córka wileńskiego lekarza, zawodowo nie pracowała; osierociła Wiesława w 1934 r., a druga żona ojca, Wanda Dobkowska zmarła z początkiem wojny na atak serca. Wiesław uczył się w szkole podstawowej w Łomży w latach 1937–41, ale późniejsze lata okupacji niemieckiej spędził w rejonie Augustowa, gdzie On sam i cała Jego rodzina, tj. ojciec i dwaj bracia, Tomasz i Jerzy pracowali w niebywale trudnych warunkach, jako robotnicy rolni. Pod koniec wojny, 31 stycznia 1945 umiera ojciec; umiera również brat, Tomasz. Po wojnie, Wiesław – mając już tylko jedynego starszego brata, Jerzego – przenosi się z ciotką, Eleonorą Malinowską, do Grajewa w woj. białostockim, gdzie w latach 1945–48 uczęszcza do gimnazjum, utrzymując się ze stypendium i korepetycji.

Po tzw. małej maturze w 1948 r. w Miłkowie k. Karpacza Wiesław pracuje jako nauczyciel (1.09.1948 – 1.07.1949). Jedzie następnie do Poznania, gdzie Jego brat, Jerzy – późniejszy profesor historii (zmarły, podobnie jak Wiesław, w sile wieku) rozpoczynał wówczas swą karierę naukową jako asystent w Instytucie Historii PAN.

Z początkiem października 1949 r. Wiesław zostaje przyjęty na studia astronomii w Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu; początkowo w charakterze słuchacza nadzwyczajnego, ale zdawszy jako ekstern maturę z zakresu liceum typu matematyczno–fizycznego, zyskuje w lutym 1950 r. status słuchacza zwyczajnego. Niebawem podejmuje również stałą pracę (1.09.1951) jako nauczyciel matematyki w Technikum Budowy Taboru Kolejowego w Poznaniu.

Dyrektor Obserwatorium, prof. Józef Witkowski umożliwia Mu ukończenie studiów w czasie znacznie skróconym, gdyż Wiesław staje do egzaminu magisterskiego już po 6 semestrach, ściślej w grudniu 1952 r. i uzyskuje tytuł magistra filozofii w zakresie astronomii. W swojej pracy magisterskiej zajął się wyznaczaniem współrzędnych selenograficznych kraterów księżycowych.

Wobec braku wolnego etatu w Obserwatorium Poznańskim, Wiesław nadal uczy matematyki w Technikum, aż do 2.03.1953 r., kiedy stanął wraz z T. M., studentem fizyki z Krakowa – do konkursu ogłoszonego tam w związku z asystenturą wakującą od 1.03.1953, w Katedrze Astronomii na Wydziale Mat. Fiz. Chem. UJ.

Wiesław konkurs wygrał, zarówno z powodu wyższych kwalifikacji formalnych, jak i opinii prof. J. Witkowskiego (z 17.02.1953), określającej Go jako człowieka zdolnego, pracowitego, zamiłowanego i wytrwałego w pracy naukowej.

Pracę w Krakowie rozpoczął 1 maja 1953 r.

Fotografia zamieszczona obok, przedstawia Wiesława w okresie, gdy przenosił się z Poznania do Krakowa. Później jednak, choć zmężniał, niewiele się zmienił; zawsze ta sama jasna cera, opanowana, pogodna twarz i jasnoniebieskie oczy, patrzące przyjaźnie i uważnie na rozmówcę.

Był człowiekiem towarzyskim, o zainteresowaniach szerokich, charakteryzujących Go jako humanistę. Obok kontaktów naukowych utrzymywał też liczne znajomości w świecie artystycznym – szczególnie wśród muzyków. Potrafił jechać specjalnie z Krakowa do Poznania dla wysłuchania opery – czego np. nie mógł zrozumieć Jego pracodawca, prof. Tadeusz Banachiewicz. Inni nie byli natomiast w stanie zrozumieć, że do „czegoś takiego" można się

**Wiesław Wiśniewski (w środku) na konferencji poświęconej małym ciałom Układu Słonecznego w Belgirate (Włochy) w czerwcu 1993. Stoją: z lewej Tadeusz Michałowski z Poznania, z prawej Per Magnusson z Uppsali.**

## WZÓR OBSERWATORA

Moje kontakty z Wiesławem Wiśniewskim związane były z fotometrią małych planet, którą to dziedziną pan Wiesław zajmował się w ostatnich latach swojego życia. Poznałem Go osobiście w czerwcu 1993 roku, na konferencji ACM'93 w Belgirate (Włochy). Pamiętam nasze rozmowy, w czasie których udzielił mi On wielu praktycznych wskazówek odnośnie obserwacji zarówno przy pomocy fotometru jak i CCD. Kamery CCD używał jedynie przy fotometrowaniu bardzo słabych planetoid o jasnościach 16 – 18 mag. Przy jaśniejszych obiektach preferował fotometr fotoelektryczny, z którego wyniki można było łatwo i szybko zredukować. Wspominał mi nawet, że robił to kiedyś w pociągu, z kalkulatorem w dłoni. Przed zakończeniem konferencji pan Wiesław pomógł mi nawiązać kontakty z kilkoma osobami ze Stanów, zajmującymi się badaniem własności fizycznych małych planet. Po powrocie do Poznania dostałem też od Niego przesyłkę z mnóstwem publikacji na temat fotometrii CCD oraz wieloma radami odnośnie zakupu kamery.

Jesienią 1993 roku Wiesław Wiśniewski współpracował z naszą poznańską grupą przy obserwacjach fotometrycznych planetoidy 1572 Posnania (odkrytej w Poznaniu na tydzień przed rozpoczęciem przez Niego studiów astronomii w tym mieście). Gdy w styczniu 1994 roku przebywałem w obserwatorium Pic du Midi, okazał mi ponownie daleko idącą pomoc, przesyłając szereg uwag odnośnie obiektów wybranych przeze mnie do obserwacji. Jak się okazało, kilka z nich było już przez Niego obserwowanych. Ostatni list otrzymałem od pana Wiesława pod koniec stycznia 1994. Tym większe było moje zaskoczenie i żal, gdy niespełna miesiąc później dowiedziałem się o Jego nagłej śmierci.

W chwili, gdy piszę te słowa, mój kolega dr Tadeusz Michałowski przebywa w Tucson, pomagając przygotować do druku obserwacje Wiesława Wiśniewskiego. Z okresu 1988–1993 uzbierało się aż 200 krzywych jasności dla ponad 100 planetoid, z czego większość była obserwowana po raz pierwszy. Jest to jeszcze jeden dowód ogromnego dorobku Wiesława Wiśniewskiego, który na zawsze pozostanie w mojej pamięci niedościgłym wzorem obserwatora.

Tomasz Kwiatkowski

było przyznać Banachiewiczowi.

Nie obcy był Wiesławowi nieład „artystyczny".Do rozpaczy doprowadzała Wiesława konieczność zestawiania – od czasu do czasu – listy własnych publikacji. Pojęcie robienia „kariery dla kariery" było Mu obce. Nie palił się do pracy, w której nie dostrzegał głębszego merytorycznego sensu, ale nie szczędził największych wysiłków i wyrzeczeń ze swej strony, gdy sens taki znalazł.

Cenił takie pozytywne cechy męskie jak: hart ducha, odwagę, siłę woli, honor, lojalność i poczucie odpowiedzialności. Doświadczał sam siebie w taternictwie i w wyprawach polarnych. Wziął udział w rejsie „Podhalanina" na Kongres IAU w Brighton w 1970 r., gdzie został członkiem Unii. Rozpoczynając pracę naukową w Krakowie w ostatnim roku życia prof. T. Banachiewicza, Wiesław Wiśniewski opiekuje się początkowo budową 5 m radioteleskopu, podejmuje obliczenia efemeryd zakryć gwiazd przez Księżyc na lata 1954, 1955 i obserwacje tych zjawisk, a także pozycyjne obserwacje fotograficzne planetoid oraz obserwacje meteorologiczne. Od Banachiewicza otrzymuje także sugestię tematu pracy doktorskiej, w której miał się zająć badaniem ruchu Komety Harringtona 1952 II w latach 1924–1952, dla jej ostatecznego zidentyfikowania z Kometą Wolf 2 (1925 I). Z dniem 1.10.1954 r. zostaje awansowany na starszego asystenta.

W rok po śmierci prof. Banachiewicza, promotorem pracy doktorskiej Wiesława zostaje prof. K. Kozieł. Niesłychanie cenne dla Wiesława okazują się w tej pracy warsztatowe wskazówki i rady prof. M. Kamieńskiego, który był wybitnym specjalistą w obliczaniu perturbacji. Jednocześnie oblicza Wiesław rutynowo efemerydy zakryć gwiazd przez Księżyc, dla 5 obserwatoriów w Polsce, na lata 1956 i 1957. Od 1.04.1958 r. jego starsza asystentura przechodzi do świeżo utworzonej – w związku z przybyciem prof. E. Rybki – Katedry Astronomii Obserwacyjnej UJ. Wiesław przebywa wtedy – od wiosny 1957 do jesieni 1958 – na Polskiej Wyprawie Międzynarodowego Roku Geofizycznego 1957 – 1959 na Spitsbergen. Powtórna, letnia wyprawa, zatrzymuje Go tam od czerwca do września 1959 r.

W 1959 r. zakłada rodzinę, żeniąc się z matematyczką, mgr Marią Jaworek (zwaną Magdą przez rodzinę i przyjaciół). Organizuje później jeszcze krótki wypad naukowy do Francji w listopadzie 1960 r., gdzie korzystał z konsultacji prof. D. Chalonge'a z zakresu spektrofotometrii gwiazdowej i prof. A. Lallemand'a – z zakresu metod elektronicznych. W lutym 1961 r. – dwutygodniowa wyprawa do Bułgarii (Ruse), na całkowite zaćmienie Słońca z programem obserwacji chronokinematografem i wyznaczeniem szerokości metodą Piewcowa.

W 1962 r. rodzi się Magdzie i Wiesławowi Ich jedyny syn Wit.

W połowie listopada 1962 r. Wiesław Wiśniewski uzyskuje w Uniwersytecie Jagiellońskim stopień doktora nauk matematyczno – fizycznych, a w lutym 1963 r. zostaje adiunktem. Ale już od kilku lat wykonuje czynności techniczne i administracyjne, związane z nadzorem prac budowlanych przy nowym obserwatorium astronomicznym na Forcie Skała. Zastępuje prof. E. Rybkę w obowiązkach seniora budowy. Dzisiejszy kształt tego obserwatorium zawdzięczamy w znacznym stopniu Wiesławowi Wiśniewskiemu.

W tym samym roku Wiesław wyjeżdża do USA. W ciągu czterech lat pobytu w Lunar and Planetary Laboratory w Tucson, jest angażowany kolejno na coraz wyższe stanowiska: IX 63 – III 64 – konsultant – IV 64 – VI 65 – Research Associate (adiunkt); VI 65 – VI 67 – Assistant Professor (docent); VI 67 – Associate Professor (prof. nadzwyczajny). Tej ostatniej nominacji zresztą wówczas nie przyjął, decydując się na powrót do Kraju. Będzie startował od tego stanowiska w USA dopiero 5 lat później.

Plonem naukowym lat 1958– 1967 są wyniki dwóch wypraw polarnych i prac badawczych w LPL w Tucson. Znajdujemy tu, głównie zbiorowe, sprawozdania z pomiarów radioaktywnych zanieczyszczeń atmosfery w fiordzie Hornsund; obserwacji zórz polarnych na Spitsbergenie, pomiarów aktynometrycznych w Hornsundzie i obserwacji zakryć gwiazd przez Księżyc tamże.

Wśród prac Wiśniewskiego wykonanych podczas pierwszego pobytu w LPL wyróżniają się: pięciobarwna fotometria jasnych gwiazd (współautorzy: Iriarte, Johnson i Mitchel – Sky & Tel. 1965), obserwacje gwiazd podczerwonych (z Johnsonem i Mendozą, ApJ, 1965), wielobarwna (UBVRIJKL)

fotometria jasnych gwiazd (z Johnsonem, Mitchelem i Iriarte'm; LPL Comm.63), obserwacje fotoelektryczne (UBV) gwiazd[1] typu RR Lyr (z Fitch'em i Johnsonem; LPL Comm. 71), promieniowanie podczerwone galaktyki seyfertowskiej NGC 1068 (wspólnie z Pacholczykiem; ApJ 147, 1967), czy inna praca w tej dziedzinie (współautorzy: Wing, Spinrad i Johnson; ApJ 148, 1967) oraz krzywe blasku klasycznych cefeid w barwach UBVRIJKL, opublikowane w LPL Comm. w 1968 wraz z Johnsonem; wypada także wspomnieć wielobarwną fotometrię galaktyk seyfertowskich i dżetu w M 87 (z D. E. Kleinmannem – w AJ) i pracę na temat zależności polaryzacji od długości fali, opublikowaną wspólnie z K. Serkowskim i T. Gehrelsem również w AJ. Zauważmy także, iż podczas pierwszego pobytu w LPL, Wiesław Wiśniewski brał udział w pracach nad projektem OAO (Orbital Astronomical Observatory).

Po przeszło czteroletnim krakowskim intermezzo, kiedy przyszło Mu znów czuwać nad funkcjonowaniem Fortu Skała, Wiesław – zniechęcony brakiem swobód obywatelskich w ówczesnej Polsce zdecydował się wyjechać z rodziną na stałe do Tucson, gdzie podjął ponownie pracę w Lunar and Planetary Laboratory.

Był już wtedy wybitnym obserwatorem, czołowym fotometrystą LPL w zespole dra Harolda Johnsona, powszechnie znanego twórcy systemu fotometrycznego, który do dziś stosuje się szeroko dla określania jasności i barw – gwiazd i galaktyk. Przynajmniej 1/4 efektywnego czasu swej pracy spędzał Wiesław Wiśniewski przy teleskopach. Jego arktyczne doświadczenie pomagało Mu w tradycyjnym sposobie obserwacji. Stojąc całe noce na platformie obserwacyjnej teleskopu, polegał na swoim oku przy nastawianiu badanego obiektu w diafragmie fotometru.

Wiśniewski był zawsze na pierwszym froncie postępu obserwacyjnego w astronomii. Po śmierci H. L. Johnsona, intensywnie współpracował z dr G. H. Rieke nad fotometrią w bliskiej podczerwieni – zaczynającą się wówczas rozwijać. W tym okresie dokonał pierwszej detekcji nieoczekiwanej nadwyżki promieniowania podczerwonego w pewnych galaktykach – określanych dziś jako „infrared galaxies". W latach 80–tych, po pojawieniu się pierwszych detektorów ładunku elektrycznego (detektory CCD), znów był w czołówce tych, którzy rozwijali tę technikę w fotometrii gwiazd zmiennych, aktywnych jąder galaktycznych, komet i asteroid.

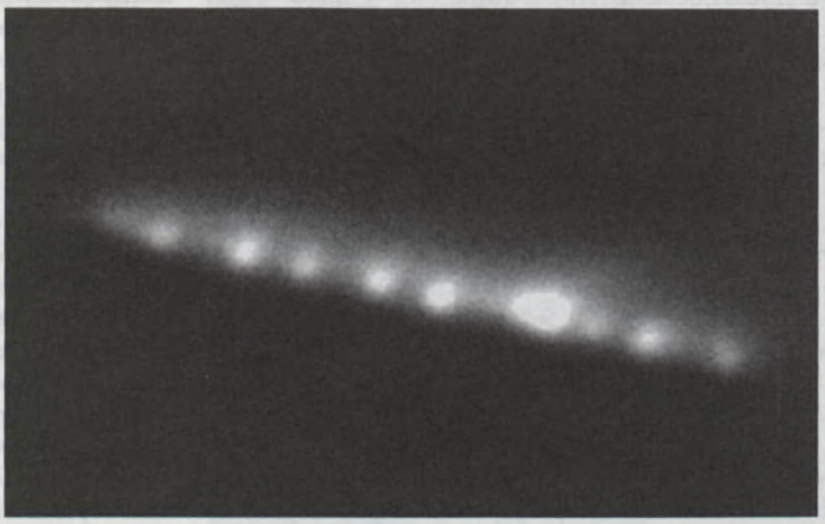
Jego osiągnięcia naukowe są szeroko znane w świecie. Dokonał On np. pierwszego wiarygodnego pomiaru rotacji jądra kometarnego poprzez obserwacje fotometryczne komety P/Arrest w roku 1976 (wspólnie z T. Fayem). Opracował unikatową metodę fotometrii różnicowej małych planet, obserwowanych na tle zdominowanym przez słabe gwiazdy. W ostatnich latach, aż do swej nagłej śmierci, poświęcał się głównie badaniom krzywych blasku, rotacji i budowy fizycznej małych (mniejszych niż 10 km) asteroid. Wyznaczył ponad 200 krzywych blasku tych ciał. W roku 1989 był jednym z pierwszych obserwatorów, którzy śledzili planetkę 1989 AC nazwaną później (4179) Toutatis. Odkrył, że Toutatis ma niezwykłą krzywą blasku, wskazującą na podwójność planetki, co następnie zostało potwierdzone w obserwacjach radarowych. Obserwował asteroidy (951) Gaspra i (243) Ida przygotowując grunt dla późniejszych spotkań z nimi sondy kosmicznej Galileo, a ostatnia Jego praca obserwacyjna dotyczyła asteroidy (1620) Geographos, która miała być badana przez sondę kosmiczną Clementine w roku 1994.

W marcu 1993, tuż po odkryciu komety Shoemaker-Levy 9, Wiesław Wiśniewski był jednym z pierwszych astronomów, który uzyskał wyśmienite, w dużej zdolności rozdzielczej, zdjęcie. Bez żadnej wątpliwości widać było na nim, że w istocie jest to kometa niezwykła – jej jądro składało się z łańcucha brył spowitych pyłowym kokonem. Jego obserwacja była istotnym alertem do podjęcia badań tej komety w największych obserwatoriach świata i przy pomocy Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. A On sam planował swój udział w obserwacjach zderzenia komety Shoemaker–Levy 9 z Jowiszem.

Lista publikacji naukowych Wiesława Wiśniewskiego obejmuje ponad 120 pozycji, indywidualnych i zespołowych.

Dążąc wytrwale drogą pracy dr Wiesław Wiśniewski, zapisał się dobrze w pamięci, zarówno kolegów i przyjaciół, jak i annałach historii nauki. Mamy nadzieję, że jako człowiek sprawiedliwy, znalazł również swoje miejsce w Pamięci Wiecznej.

**Jan Mietelski, Jerzy Machalski**

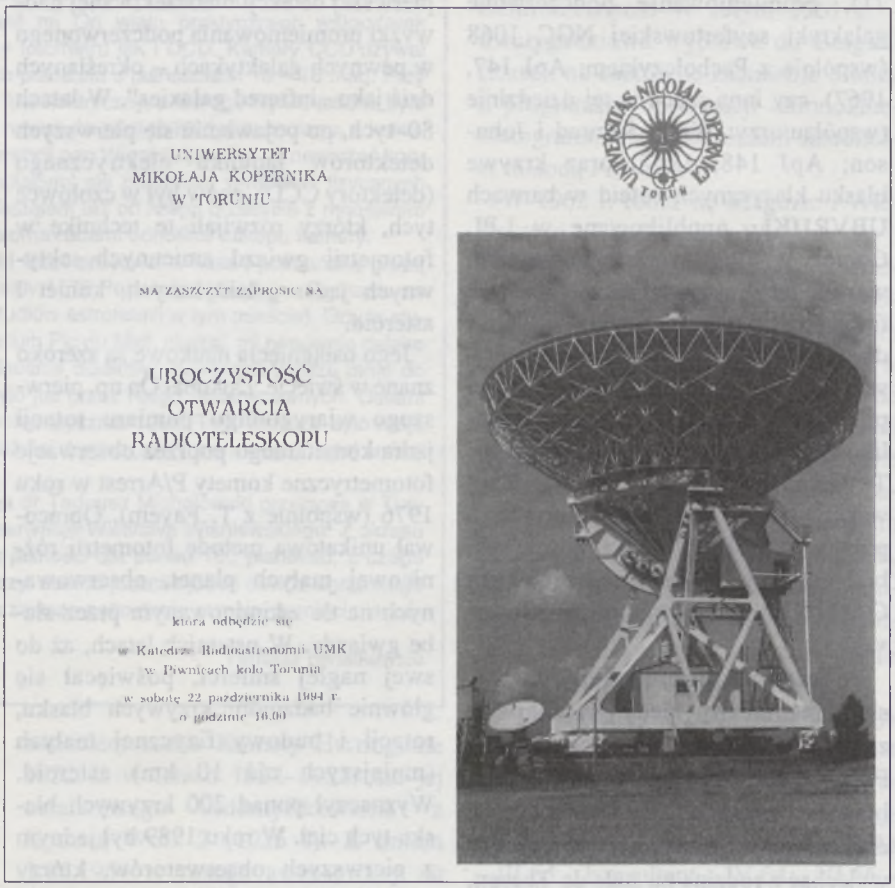


Zdjęcie centralnego obszaru komety Shoemaker-Levy 9, wykonane przez Wiesława Wiśniewskiego, 28 marca 1993 przy pomocy 2.3 metrowego teleskopu Kitt Peak w Arizonie. Widać wyraźnie poszczególne fragmenty jądra komety.

[1] Prace te mają znaczenie fundamentalne praktycznie po „wsze czasy". Wyznaczono w nich system kilku tysięcy, rozsianych po całym niebie , standartów jasności w podstawowym dziś systemie wielobarwnej fotometrii UBVRIJKL (red.).

# Toruński radioteleskop 32 m

Dnia 22 października 1994 roku w Piwnicach pod Toruniem oddany został do użytku radioteleskop o średnicy 32 m. Uroczystość odbyła się pod gołym niebem w powiewach dość chłodnego wiatru. Widoczna już z daleka czasza nowego instrumentu robiła duże wrażenie – wystarczyło samo porównanie ze znajdującym się niedaleko radioteleskopem 15 metrowym.


UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU

MA ZASZCZYT ZAPROSIĆ NA

UROCZYSTOŚĆ
OTWARCIA
RADIOTELESKOPU

która odbędzie się
w Katedrze Radioastronomii UMK
w Piwnicach koło Torunia
w sobotę 22 października 1994 r.
o godzinie 16.00



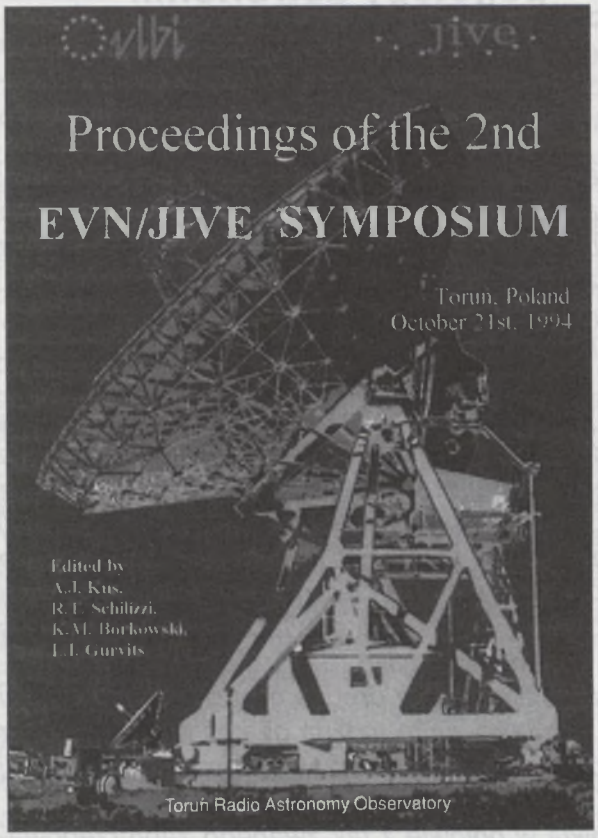
Budowa radioteleskopu trwała 7 lat. Projekt powstał w latach 1985–87 w zespole kierowanym przez inż. Z. Bujakowskiego (który jest też projektantem starszego radioteleskopu o średnicy 15 m pracującego już w Piwnicach od wielu lat). Warto sobie uświadomić trudności jakie trzeba było pokonać w związku z samym technicznym aspektem przedsięwzięcia: prof. Harvey Butcher, przewodniczący Europejskiego Konsorcjum VLBI (EVN) powiedział, że on i jego koledzy w pewnym momencie nie bardzo wierzyli w możliwość doprowadzenia prac nad nowym radioteleskopem do szczęśliwego końca.

Na sukces przedsięwzięcia złożyła się praca wielu ludzi. W swoim wystąpieniu gospodarz uroczystości, prof. A. Kus – kierownik Katedry Radioastronomii UMK, mówił o prof. W. Iwanowskiej, prof. S. Gorgolewskim, prof. S. Łęgowskim będącym koordynatorem projektu w latach 1986–1991, dr B. Krygierze – pełnomocniku rektora UMK d/s budowy radioteleskopu. Listę tę można wydłużyć dodając do niej również astronomów zagranicznych (jak obecnego na uroczystości dyrektora Radioastronomicznego Instytutu Maxa Plancka w Bonn, prof. R. Wielebińskiego, czy wspomnianego już prof. Butchera). Ludzie ci pomogli (i nadal pomagają) w uzyskaniu urządzeń potrzebnych do wyposażenia radioteleskopu jak i w zdobywaniu funduszy m.in. Wspólnoty Europejskiej. Koszty budowy samego radioteleskopu finansowane były z budżetu państwa początkowo za pośrednictwem Urzędu Postępu Naukowo – Technicznego i Wdrożeń (lata 1986–1991) a następnie, w miarę przedłużania się inwestycji przez Komitet Badań Naukowych.

**Podstawowe parametry**

Radioteleskop 32 m jest urządzeniem o średnich rozmiarach, największy na świecie sterowalny radioteleskop znajduje się w Effelsbergu, natomiast w Arecibo pracuje zachowująca stałe położenie antena 300 m. Toruński radioteleskop jest jednym z większych w Europie, można przy jego pomocy robić już ciekawe rzeczy, jednak prawdziwa jego wartość powinna ujawnić się po włączeniu do sieci VLBI – radiowej interferometrii wielkobazowej.

Wróćmy jednak do samego urządzenia. Antena ma kształt paraboliczny o ogniskowej 11.2 m, pracując w układzie Cassegraina z wtórnym lustrem hiperbolicznym o średnicy 3,2 m uzyskuje efektywną ogniskową 97.2 m. Powierzchnię anteny tworzy 336 paneli umieszczonych w 7 pierścieniach. Spodziewana dokładność wykonania powierzchni może pozwolić na obserwacje w zakresie fal milimetrowych; być może uda się zejść do 3 mm – wtedy jednak efektywna średnica anteny uległaby zmniejszeniu do około 20 m. Tak wielka antena posiada dużą masę – obciążenie osi wysokości wynosi 230 t. Zmiana ustawienia powoduje zmiany naprężeń konstrukcji, a co za tym idzie, zmienne odkształcenia powierzchni lustra. Można temu zaradzić wzmacniając konstrukcję. Ale wtedy wzrasta masa a z nią i naprężenia. Znaleziono z tego dylematu wyjście tworząc tzw. konstrukcje homologiczne – odkształcające się nadal pod wpływem naprężeń, ale w taki sposób, że kolejne figury równowagi czaszy są nadal paraboloidami i energia zebrana przez antenę trafia do dobrze zdefiniowanego ogniska. Taką konstrukcją jest również toruński radioteleskop. Powinna wytrzymać ona wiatr o prędkości dochodzącej do 55 m/s, natomiast obserwacje będą możliwe przy prędkościach poniżej 16 m/s. Montaż przeprowadzono w układzie horyzontalnym, dzięki czemu uzyskano absolutną dokładność ustawienia zarówno azymutu jak i wysokości rzędu 0.001 stopnia.




Otwarcie toruńskiego radioteleskopu stało się okazją do odbycia w Toruniu sympozjum poświęconego najnowszym rezultatom uzyskanym dzięki stosowaniu techniki Interferometrii na Bardzo Długich Bazach.

Powyżej reprodukujemy okładkę książki powstałej z materiałów tego sympozjum.

**Do czego można użyć 32 m radioteleskop?**

Jeszcze przed październikową uroczystością, na terenie Katedry Radioastronomii UMK odbyła się w lutym 1994 r. narada robocza poświęcona możliwościom prowadzenia obserwacji przy pomocy nowego radioteleskopu. Było to pierwsze spotkanie tego rodzaju i napewno nie wyczerpuje ono wszystkich możliwości. Po dyskusji którą podsumował prof. Wielebiński wyłoniło się kilka projektów mających obecnie największe szanse realizacji:

- przede wszystkim VLBI – możliwości włączenia nowego urządzenia do europejskiej i światowej sieci radioastronomicznej. Myśli się o przeznaczeniu na VLBI ok. 30 % czasu urządzenia. Obserwowane byłyby jądra galaktyk i kwazarów, masery kosmiczne, radiogwiazdy i pozostałości po supernowych, materia międzygwiazdowa.
- pomiary polaryzacji na fali 6 cm pozwalające we współpracy z Instytutem Radioastronomicznym Maxa Plancka w Bonn na testowanie trójwymiarowych modeli galaktycznego pola magnetycznego
- monitorowanie radioźródeł szybkozmiennych, w szczególności jąder aktywnych galaktyk (AGN)
- monitorowanie pulsarów – pomiary chronometrażowe (momentów nadejścia impulsów). Podobne pomiary doprowadziły do odkrycia przez prof. A. Wolszczana planet wokół pulsara PSR 1257+12.

Pomiary przeskoków w szybkości rotacji pulsarów dostarczają informacji dotyczących supergęstej materii z jakiej zbudowane są te obiekty. Pomiary scyntylacji pulsarów pozwalają na pomiar niejednorodności gęstości elektronowej plazmy znajdującej się między obiektem a obserwatorem. Nowy radioteleskop będzie prawdopodobnie w stanie zobaczyć około 50 pulsarów. Dla najsilniejszych spośród nich będą możliwe pomiary polaryzacji poszczególnych impulsów.

Lista powyższa nie wyczerpuje możliwości radioteleskopu – jest to jedynie „pierwsza przymiarka"". Urządzenie ma być dostępne dla wszystkich astronomów z ośrodków krajowych zainteresowanych jego wykorzystaniem. W materiałach ze wspomnianej narady roboczej stwierdza się, że priorytetowe będą programy krótkie, o testowym charakterze, takie które mogą przynieść więcej korzyści naukowych niż rutynowe pomiary. Te niekiedy „zwariowane" programy mogłyby zostać w ten sposób wstępnie zweryfikowane, a później być może znalazłby się dla nich czas na większych antenach.

**Roman Schreiber**

P.S. W dniu 19 kwietnia 1995 radioteleskop RT–32 w Obserwatorium w Piwnicach odebrał po raz pierwszy promieniowanie radiowe. Obserwował na fali 6 cm radioźródła Cyg A i Tau A, a uzyskane profile radiowe tego promieniowania w pełni odpowiadają teoretycznym charakterystykom teleskopu. (red.)

Profesor Wilhelmina Iwanowska w chwili „chrztu" radioteleskopu wypowiada słowa: „Nadaję ci imię Mikołaj Kopernik. Płyń po przestworzach wielkiego Wszechświata i sław imię toruńskich radioastronomów i wszystkich wykonawców".

# Baba z wozu...

*Z westchnieniem ulgi żegnam się po czterech latach z funkcji jednej z redaktorek „Postępów Astronomii". Rozwód wyjdzie najprawdopodobniej na dobre tak mnie, jak i „Postępom", bo pismo to wymaga w dalszym ciągu znacznych zmian, i merytorycznych, i organizacyjnych. Nowa Redakcja ze świeżym spojrzeniem może tu dużo zdziałać.*

*Natomiast nie mogę powiedzieć, że rozstaję się z „Postępami" bez żalu. Bądź co bądź, kawałek życia. Niestety, ze względu na wrodzoną krótką pamięć, powoli zaczynam zapominać, skąd się w tym wszystkim wzięłam...*

*Przypadek polegał na tym, że Marek Sarna, ówczesny sekretarz Polskiego Towarzystwa Astronomicznego (a obecny wiceprezes) miał wtedy biurko w sąsiednim pokoju. Wpadałam tam dosyć często na herbatę (jakoś wtedy miałam więcej czasu, za to mniej publikacji ...) i tak się gadało o wszystkim i o niczym. Jednym z typowych tematów był problem „Postępów Astronomii" - znaczy, że nikt tego nie chce czytać i nikt do tego nie chce pisać, że ludzie są leniwi, że może nie warto pisać, że może by co z tym zrobić, ale co, i tak się przecież nie da itp. Przy pewnej wprawie temat można było pieścić przez trzy kwadranse. Ćwiczenie powtarzaliśmy przez czas jakiś, czasem przy udziale innych osób i wszystko szło dobrze, tylko raz kiedyś w pewnym momencie, nie pamiętam dlaczego - może mnie głowa bolała albo w drodze do pracy autobus mi uciekł sprzed nosa - zirytowałam się i pomyślałam, że właściwie to można by coś NAPRAWDĘ z tym zrobić. Optymizmem napawał nas fakt, że poprzednia akcja (założenie Fundacji Astronomii Polskiej) w wykonaniu Marka Sarny, Mirka Giersza i moim, była udana.*

*Jak to zwykle w życiu bywa, cała sprawa wynikła w połowie z tak zwanego zapotrzebowania społecznego (cóż, jeszcze się wtedy mówiło językiem minionej epoki...), a w połowie z przypadku.*

*I zaczęło się. Konsultacje z władzami PTA i poprzednimi redaktorami „Postępów", zasięganie opinii wszystkich, którzy się chcieli wypowiedzieć na ten temat (o ile dobrze pamiętam, to wypowiedziały się chyba dwie-trzy osoby, w tym Joanna Mikołajewska). Poza Joanną oraz zachowującym optymizm Markiem praktycznie wszyscy uważali, że może i poprzednia koncepcja „Postępów" się przeżyła, ale na to, aby z nich zrobić ciekawe pismo dla wszystkich, sprzedające się na rynku, nie ma praktycznie szans.*

*Przy okazji, nie bez trudności, wyjaśniło się, na czym owa poprzednia koncepcja polegała. Pismo zostało ufundowane w 1953 roku. W tym czasie sytuacja astronomii w Polsce była bardzo trudna. Dostęp do literatury światowej był bardzo ograniczony, wyjazdy zagraniczne rzadkie. Artykuły przeglądowe, ukazujące się w „Postępach" to dla studentów astronomii i młodych pracowników naukowych było niemal jedyne źródło wiedzy o tym, co się robi na świecie. Całe życie astronomiczne też koncentrowało się znacznie bardziej na kraju, niż teraz, za to było znacznie mniej ukierunkowane na wąską specjalizację. Stare „Postępy", wydawane skromnie w kilkuset egzemplarzach, zawierające specjalistyczne artykuły przeglądowe, nowinki z poszczególnych ośrodków i materiały zjazdowe znakomicie pełniły wtedy swą rolę w środowisku.*

*Tak było czterdzieści lat temu. Dziś życie naukowe toczy się niemal wyłącznie w ramach poszczególnych zagadnień, za to w przekroju światowym -- choćby ze względu na powszechność sieci komputerowych -- a przeglądówki z danej dziedziny w języku angielskim pisane przez światowego specjalistę z danej dziedziny (czasami Polaka!) są powszechnie dostępne. Nie ma zapotrzebowania na pismo wydawane specjalnie dla dwustu aktywnych astronomów, w języku polskim. W tym sensie profesjonalna astronomia polska stopiła się z resztą astronomii światowej. Natomiast oczywiście polski język i kultura nadal zachowuje swą odrębność, bo jest nas wszystkich w końcu ponad czterdzieści milionów. Warto więc pisać o astronomii po polsku, ale adresując to, no może nie do czterdziestu milionów, ale tych kilku tysięcy niespecjalistów, którym astronomia jest bliska. To właśnie robiliśmy w ciągu tych czterech lat, i to warto robić, poszerzając tematycznie tradycyjną ofertę „Uranii".*

*W każdym razie gdzieś pewnie w połowie 1990 roku, na bardzo poważnym zebraniu Towarzystwa powołała się jakimś cudem redakcja w nowym składzie (ja i Joanna Mikołajewska, wkrótce jednak dołączył do nas Maciek, zaciekawiony przygodą), za to z niejasnymi kompetencjami i celami. Okazja reformy była niepowtarzalna, jako że niespodziewanie pojawiły się pewne pieniądze, jakieś sto milionów złotych, w związku z likwidacją działu wydawnictw w Polskiej Akademii Nauk. Oczywiście na początku było najciekawiej. Wyjście z pismem 'do ludzi' oznaczało rezygnację z automatyzmu drukowania przez Państwowe Wydawnictwo Naukowe w Łodzi.. Poprzednio wysyłało się maszynopisy do profesjonalnej redakcji, i już. Teraz przyszło zetknięcie z 'prawdziwym drukarzem' chcącym na interesie zarobić (przecież nie będzie instytucją charytatywną - ale też nie stać nas było na przepłacanie), ocena możliwości finansowych i szans sprzedaży w odniesieniu do nakładu i szaty graficznej, jeżdzenie po księgarniach i wtykanie naszego pisma do sprzedaży, i to bez przeczytania wcześniej książeczki „Mały komiwojażer" itp. Najciekawsze kawałki ma do opowiedzenia właśnie Maciek, który z namiotem objeżdżał Polskę i zdobywał księgarnie nawet w najmniejszych napotkanych po drodze miasteczkach. Skład robiliśmy chałupniczo, ja w TEXu, Mikołajewscy w WORDzie, jak kto umiał. No i poszło. Znacznie lepiej, niż sądzili pesymiści, nieco gorzej, niż ja się spodziewałam. Trochę liczyłam na to, że Mirek Panek, który wtedy planował wprowadzenie ciekawego programu astronomicznego do telewizji, pomoże nam szerzej wylansować modę na astronomię. Tak się nie stało, bo cykl programów zakończył się bodaj na pierwszym, a dziś Mirek jest cenionym specjalistą, jednym z niewielu w Polsce, od ... inwestycji kapitałowych!*

*W sumie w ciągu tych czterech lat pismo przeszło znaczną ewolucję. Już w 1992 Maciek Mikołajewski został redaktorem naczelnym i wciągnął do współpracy Sławka Kruczkowskiego, który zajął się organizacją druku oraz stopniowo przejął skład komputerowy i wysyłkę. Potem pojawiła się osobna korekta, a ostatnia „zdobycz" to konsultacja graficzna Jacka Drążkowskiego przy składaniu numeru. W sumie pisemko wygląda teraz bez porównania ładniej niż zeszyt pierwszy.*

*A jak nas widzieli Czytelnicy? Nieustanny problem opóźnień to łatwo widoczna wada dotychczasowego funkcjonowania „Postępów", natomiast szczegółowych opinii dostarczyła ostatnia ankieta. Zdradzę tu tylko krótko, że podobało się ...., natomiast nie znalazło uznania ...*

*Co będzie dalej z „Postępami"? Zobaczymy. Ja przesiadam się na ławkę kibica. Życzę jednak z całego serca nowej Redakcji powodzenia, bo nie wyobrażam sobie istnienia w kraju dobrej astronomii bez dobrej popularyzacji osiągnięć tej dziedziny wiedzy. I powinno się udać, bo przecież stare polskie przysłowie mówi: „Baba z wozu, koniom lżej"...*

*Bożena Czerny*

**postępki astronomów**

# Jeszcze o historii Obserwatorium Krakowskiego

Przyczynkarstwo nie cieszy się wprawdzie zbyt wysoką lokatą w ocenach „gatunków" literackich, ale bywa czasem nieuniknione. Skłoniony bowiem – z jednej strony – własnym spojrzeniem krytycznym na braki mojego artykułu (PA 3–4/93, ss.101–117), a – z drugiej strony „wywołany do tablicy" przez prof. K. Kozieła (PA 4/93, s.190) oświadczam co następuje:

Drogi nasz Redaktor Naczelny ma zwyczaj przenosić do artykułu fragmenty pisma mu towarzyszącego, gdzie autor np. wstydliwie tłumaczy się, że czegoś niestety nie wie. W artykule natomiast oświadczenie tego rodzaju nabiera cech „bezwstydnego" chwalenia się swoją niewiedzą – krótko mówiąc – snobowania się, by „być ponad to". Podobnie, listowne wyjaśnianie przez autora rozbieżności dat, związanych np. z przebiegiem czyjejś kariery, a kwestionowanych przez Redaktora wygląda, po przeniesieniu do artykułu, na natrętne rozszczepianie włosa na czworo. Nie mam jednak o to pretensji do Drogiego Pana Macieja, gdyż takie manewry ożywiają czasem kontakt pisma z Czytelnikami, a na autora działają wychowawczo – przypierając go trochę do muru.

Zgorszony zatem swoim – już upublicznionym – niedostatkiem wiedzy na temat genezy naszej krakowskiej pinakoteki, rozpocząłem poszukiwania nazwiska artystki malarki, siostry prof. J. Witkowskiego od ... Lozanny. Mieszkająca tam pani dr Anna Maria Witkowska, córka Profesora, poinformowała mnie, że ciotka jej nosiła pseudonim T. MARWID, a po dalsze informacje skierowała mnie do córki Artystki, p. Marii Kęszyckiej w Poznaniu.

Dzięki niej mogę podzielić się z Czytelnikami wiedzą, że utalentowana plastycznie i muzycznie Jej Matka, urodzona w Odessie, żyła w latach 1893–1983. Z prof. T. Banachiewiczem była zaprzyjaźniona od przyjazdu rodziny Terlicz – Witkowskich do Polski po roku 1917, co praktycznie zbiegło się zresztą z terminem jego przyjazdu – również „z tamtych stron". Malarstwa i muzyki uczyła się w Wiedniu i w Paryżu. Po przyjeździe do Polski była studentką krakowskiej ASP, początkowo w pracowni prof. Jarockiego, a później prof. W. Weissa; jest postimpresjonistką. Obrazy jej pędzla znajdują się w krajowych muzeach i innych instytucjach (m.in. w Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym w Chorzowie), ale są także w Watykanie, w Stanach Zjednoczonych, w Anglii, we Francji, w Niemczech i w Belgii. Była członkiem ZPAP. Po zawarciu związku małżeńskiego (1927) z Marcinem Przyborowskim używała niekiedy (ale raczej po 1945 r.) podpisu: Przyborowska – Marwid. Natomiast drogiej naszej Koleżance, dr Marii Pańków z Katowic zawdzięczam i tę istotną informację, że Artystka miała na imię Maria.

Udało mi się również ustalić, że – znajdująca się w Muzeum Historycznym M. Krakowa – rycina, na podstawie której K. Mietelska namalowała obraz przedstawiający stare Obserwatorium Krakowskie (reprodukowany w moim artykule na str. 103) – jest autorstwa J. Stojeckiego i pochodzi z pierwszej połowy XIX w.

Co do drobiazgów, to stwierdzam stanowczo, że „nowatorstwo" gramatyczne typu: „tą datę" (str. 103, u dołu) nie jest mojego pomysłu, natomiast obserwacje „geometryczne" (s. 107, u góry) figurują w moim maszynopisie jako „geomagnetyczne".

Prawdziwie przykro mi jednak, że – w ferworze czynienia skrótów (do druku) w moim oryginalnym referacie – usunąłem pewien akapit, w którym m.in. była wzmianka o udziale dr Wiesława Wiśniewskiego w nadzorze budowy Obserwatorium na Forcie Skała. W ten sposób Jego nazwisko nie znalazło się w ogóle w tekście, w którym powinno być. To, że napisałem przed laty w *URANII* (1985, nr 4, s.106) o Jego udziale w tych pracach, nie zmniejsza mojego poczucia winy obecnie.

Profesor K. Kozieł zauważa natomiast w swoim liście, że – z jednej strony napisałem o nim trochę za dużo, a z drugiej – jakby zbyt mało. To, czego – Jego zdaniem – brakowało, był łaskaw uzupełnić sam, za co mogę Mu być tylko wdzięczny; dla równowagi dodam jednak, że pisząc o profesorze E. Rybce też jakoś „pominąłem" np. fakt, że był On wiceprezesem IAU, choć w Jego biografiach zawsze to akcentowałem.

Pewien nadmiar informacji o przebiegu kariery prof. Kozieła (np. przypis nr 3 na str.112) wyjaśnia częściowo moja uwaga, poczyniona na wstępie tego listu; uzasadnienia natomiast wymaga jakby podkreślenie daty Jego doktoratu w UJ, w 1945 r. (pod nr 9958).

Przyznaję się wobec tego, że była to z mojej strony próba „bezszmerowego" przemycenia sprostowania błędów zawartych w cudzych artykułach, związanych z jubileuszami pracy naukowej prof. Kozieła: czterdziestolecia (K. Rudnicki, PA, t.XX, 1972, nr 4, s.365–366) i pięćdziesięciolecia (J. Masłowski, PA, t. XXX, 1982, nr 3–4, s.321–323). W obydwu tych tekstach znajduje się wzmianka „Doktoryzował się ... w 1939 r."

Ówcześni Redaktorzy PA (Prof. S. Piotrowski, a później doc. J. Stodółkiewicz) nie mieli żadnego trudu z przekonaniem mnie, że prostowanie tekstów laudacyjnych jest czymś bardzo niewdzięcznym i że należałoby to zrobić raczej przy innej okazji; rozumiałem też powściągliwość Autorów obydwu inkryminowanych artykułów wobec perspektywy podjęcia tak niezręcznego kroku, jak prostowanie informacji otrzymanej w dobrej wierze od Jubilata, który sam nie uważał za stosowne przesłać sprostowania.

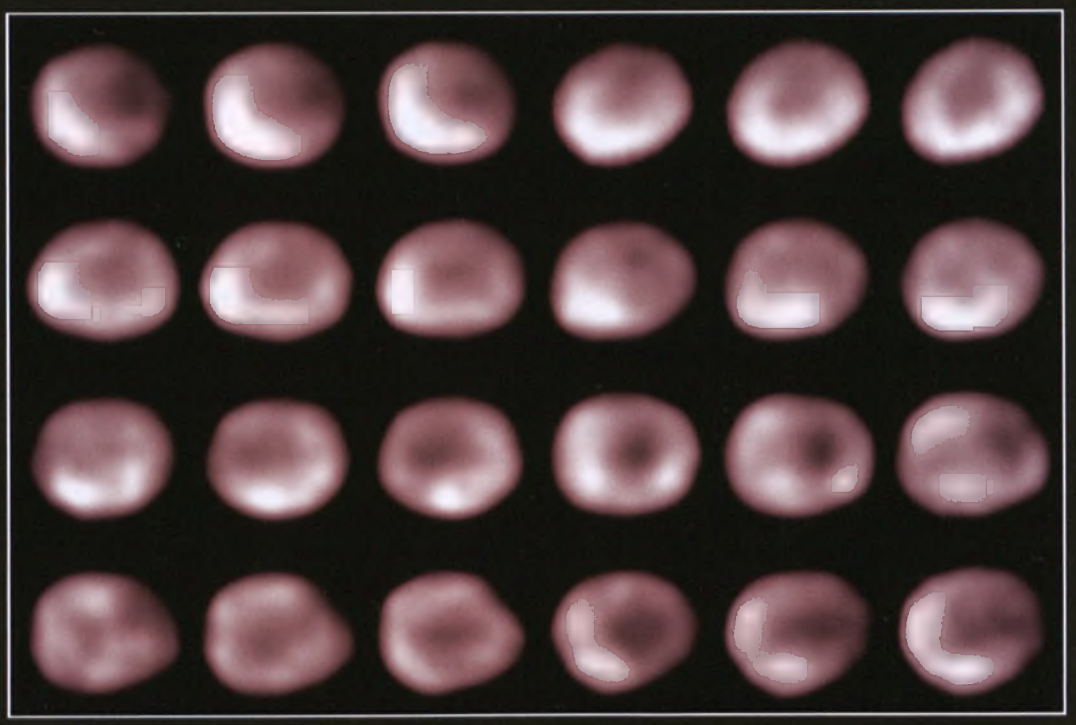
Pozostało więc czekać – w imię prawdy – na okazję. Czytelnicy i Redakcja PA osądzą, czy sprostowanie sformułowałem wystarczająco „miękko"; czy czekałem wystarczająco cierpliwie (odpowiednio 20 lat i 10 lat) i – czy do wystarczająco właściwej okazji. Cóż, miało być dyskretnie, ale „nie wyszło". Wydawało mi się, że dość delikatnie kładę dłoń na „stole", ale gdzieś owe przysłowiowe „nożyce" jednak zabrzęczały. Okazuje się, że „upiększanie" historii jest zajęciem na dłuższą metę nieopłacalnym; chodziło tu raptem o „głupie" 6 lat. Powody komplikacji były wystarczające: wojna, zamknięty Uniwersytet ... itd. – każdy inteligentny Czytelnik PA zrozumiałby to ( a mamy tylko takich!).

Tu może warto wspomnieć – aby pogodniej zakończyć ten list – że doktorat Nestora Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Profesora Jana Mergentalera, figuruje w wykazach UJ pod nr 9171, w 1932 r.

Być może zainteresuje też niektórych Czytelników, że doktorat – co prawda nie astronoma – ale osoby nam drogiej i powszechnie znanej nie gorzej niż Mikołaj Kopernik – mianowicie Karola Wojtyły – widnieje w wykazach UJ pod nr 10243, w 1948 r.

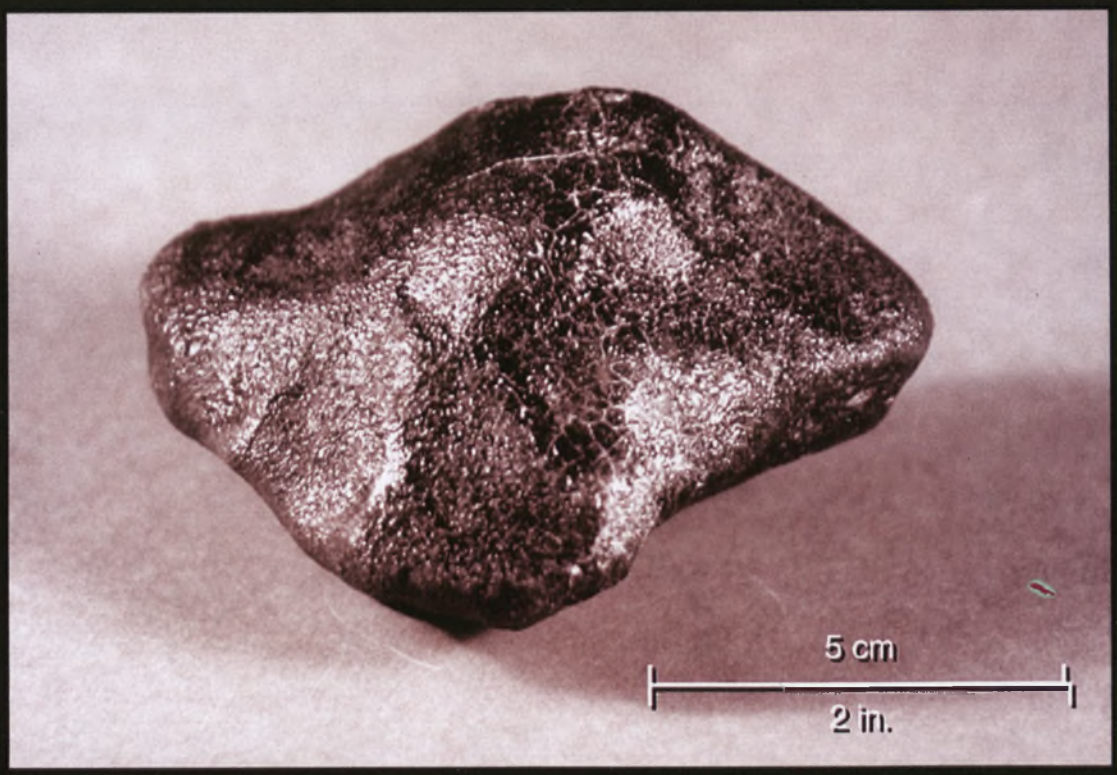
**Jan Mietelski**

# Westa

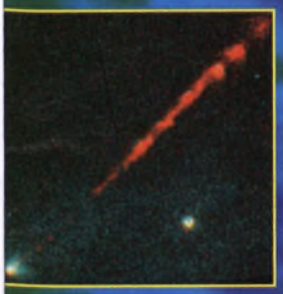


Powyższe zdjęcie przedstawia małą planetkę Westę ze wszystkich stron pokazywanych w czasie jej przeszło 320 minut trwającej rotacji. Obrazy uzyskane zostały w dniach od 28 listopada do 1 grudnia 1994 przez dr B. Zellnera przy pomocy kamery planetarnej (WFPC-2) teleskopu kosmicznego Hubble'a. Planetka, której średnica wynosi 525 km, była wtedy w odległości 252 mln km od Ziemi, a najdrobniejsze szczegóły widoczne na zdjęciach mają rozmiary około 80 km.

# Millbillillie




Przedstawiany powyżej meteoryt pochodzi ze zbiorów Oddziału Meteorytowego Muzeum Zachodniej Australii (Nowej Anglii). Jego wymiary są natępujące: 6.9 x 8.1 x 8.7 cm , a waga 631 gramów. Badacze są przekonani, że meteoryt ten jest fragmentem skorupy małej planetki Westy. Składa się głównie z piroksenu, który jest powszechnym minerałem w skałach powstałych w procesie stygnięcia ziemskiej lawy. Struktura ziaren wskazuje również na fakt jego wcześniejszej fazy płynnej. Jego widmo jest też identyczne z widmem Westy. Spadł na Ziemię w Zachodniej Australii w październiku 1960 roku. (zobacz artykuły wewnątrz zeszytu)



# postępy astronomii

2/95

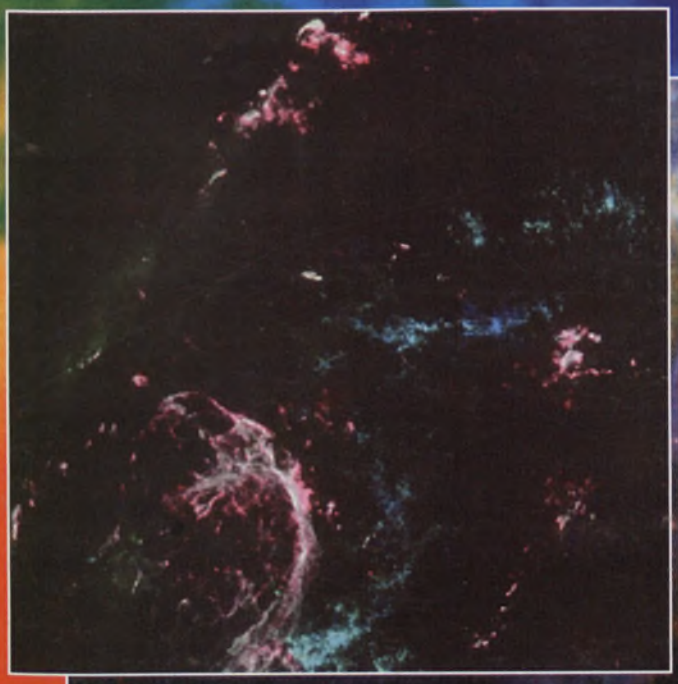
tom 43

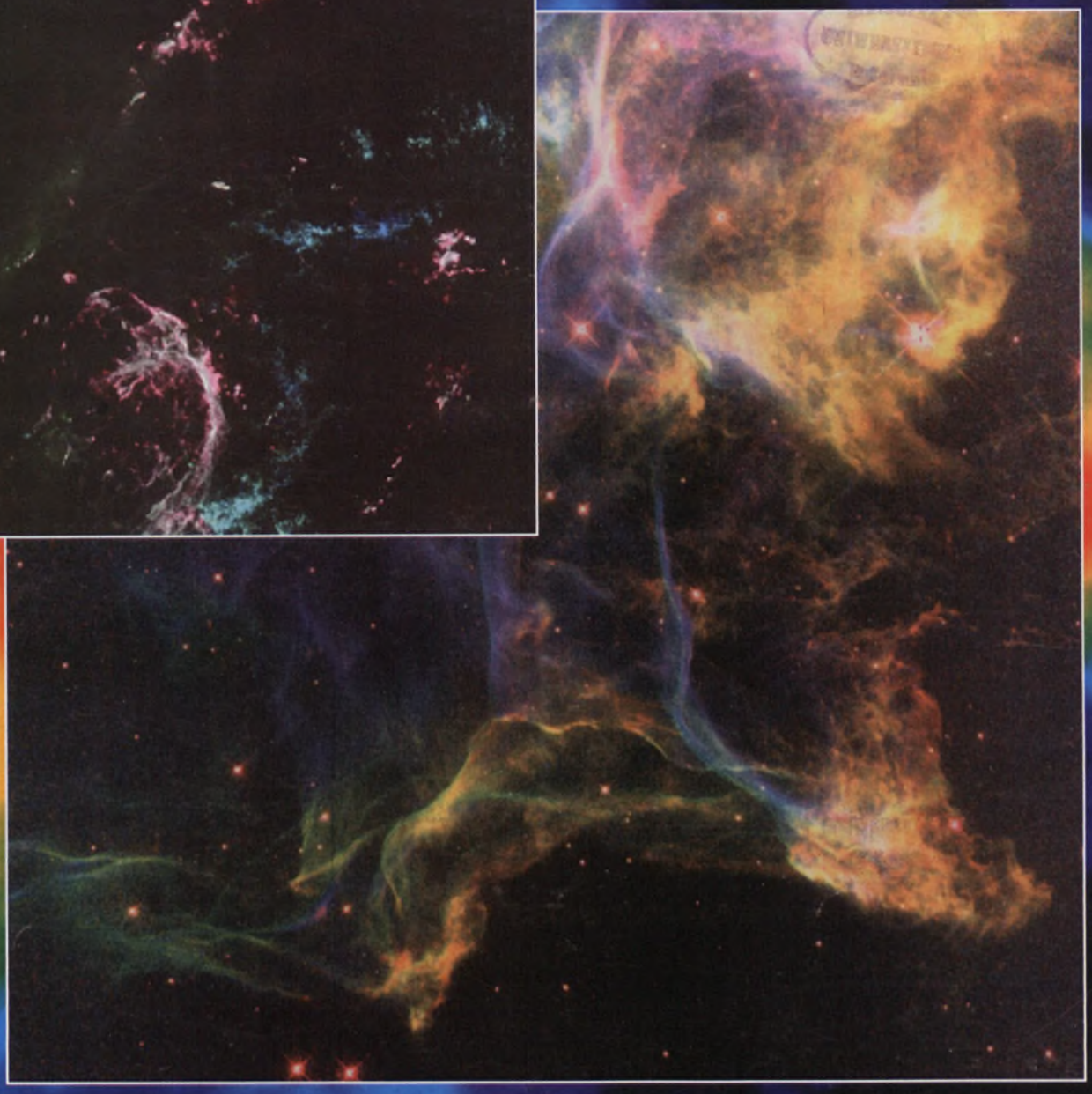
kwiecień - czerwiec

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

## Narodziny ...

## ... i śmierć gwiazd



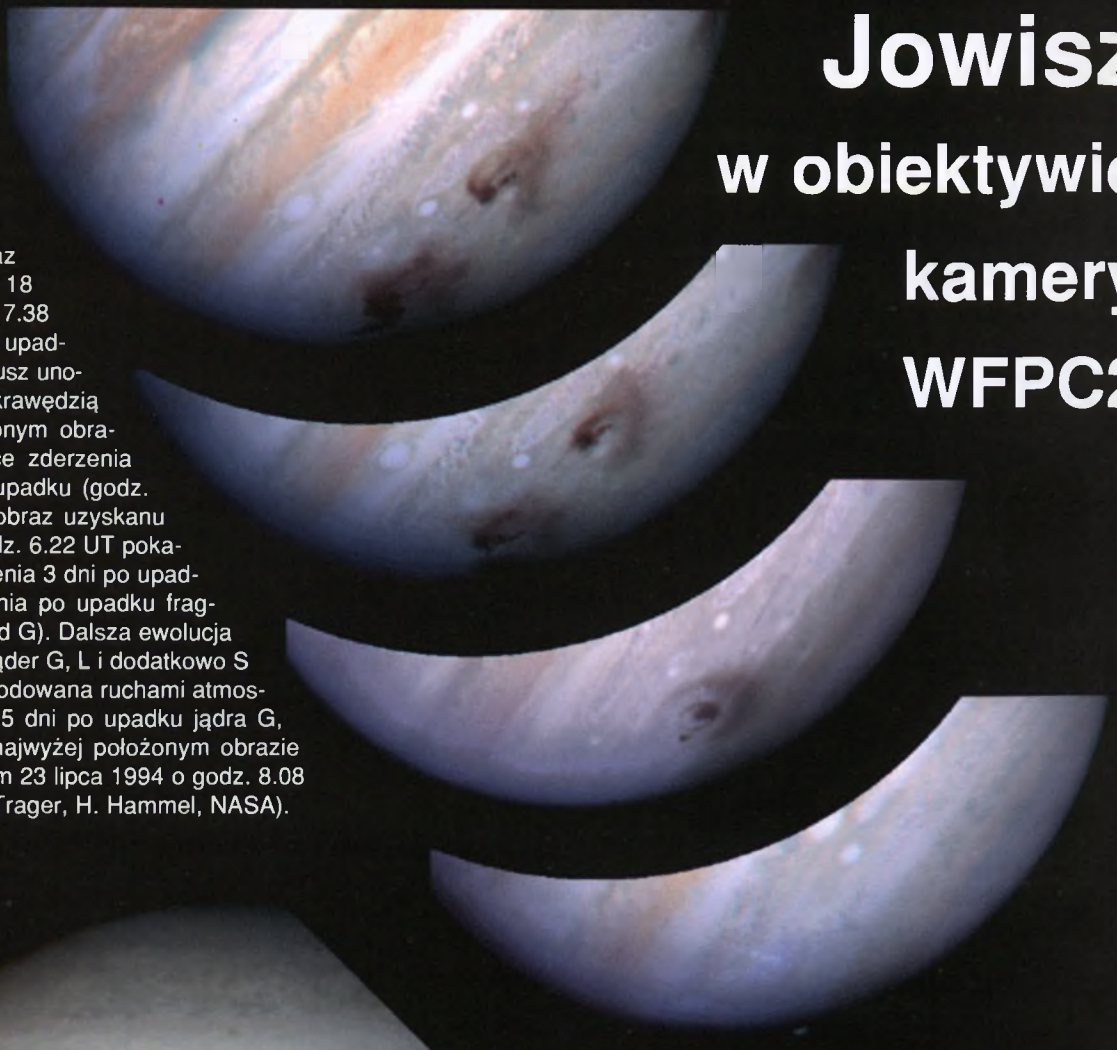


## Barwy Galaktyki

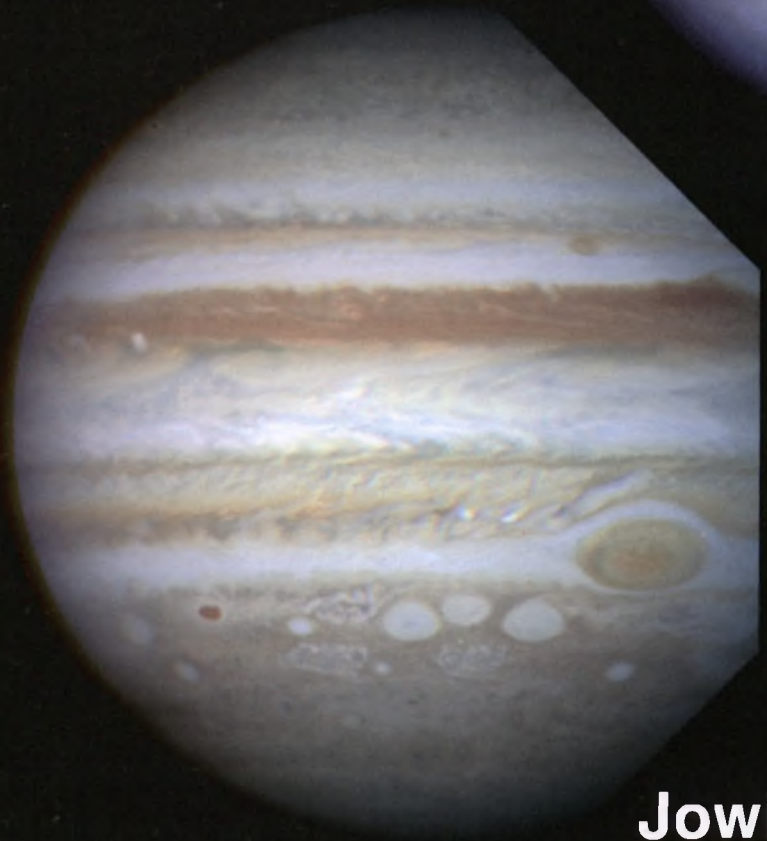
TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

obserwuje

# Jowisz w obiektywie kamery WFPC2



Na zdjęciu obok mozaika zdjęć obszaru zderzenia się fragmentu G komety P/Shoemaker-Levy 9 z Jowiszem pokazująca ewolucję tego obszaru. Obraz dolny (uzyskany 18 lipca 1994 o godz. 7.38 UT, ok. 10 minut po upadku) pokazuje pióropusz unoszący się ponad krawędzią planety. Na następnym obrazie widzimy miejsce zderzenia w 1.5 godziny po upadku (godz. 9.19 UT). Kolejny obraz uzyskanu 21 lipca 1994 o godz. 6.22 UT pokazuje miejsce zderzenia 3 dni po upadku jądra G i 1.3 dnia po upadku fragmentu L (na lewo od G). Dalsza ewolucja obszarów spadku jąder G, L i dodatkowo S (w pobliżu G) spowodowana ruchami atmosfery jowiszowej, w 5 dni po upadku jądra G, pokazana jest na najwyżej położonym obrazie Jowisza (uzyskanym 23 lipca 1994 o godz. 8.08 UT). (R. Evans, J. Trager, H. Hammel, NASA).



Przedstawione obok zdjęcie Jowisza uzyskane kamerą WFPC2 teleskopu Hubble'a w dniu 13 lutego 1995 roku, pokazuje drastyczne zmiany zachodzące w jego atmosferze. W szczególności inna, niż zaledwie kilka miesięcy temu jest struktura chmur i duże zmiany nastąpiły w rejonie trzech białych owali widocznych tu na lewo od Czerwonej Plamy. Są to obszary burzowe, które będą jednym z celów szczegółowych badań planowanych dla stacji Gallileo. Stacja ta dotrze do Jowisza w grudniu 1995, a już od pewnego czasu HST regularnie patroluje tą planetę, aby starannie wyselekcjonować interesujące obszary dla szczegółowych badań atmosfery Jowisza przy pomocy tej stacji międzyplanetarnej. Powyższe zdjęcie zostało uzyskane przez zespół badaczy pod kierunkiem Rety Beebe i Amy Simon z Uniwersytetu Stanowego Nowego Meksyku i NASA, gdy Jowisz znajdował się w odległości 961 mln kilometrów od Ziemi.

## Jowisz zmienia oblicze

# DRODZY CZYTELNICY,

*Otwierając ten zeszyt „Postępów Astronomii" musimy Państwa przeprosić za opóźnienie z jakim dotarł do Waszych rąk zeszyt poprzedni. Nie jest to wynikiem zmiany Zespołu Redakcyjnego, a raczej niesolidności i niedotrzymywania obietnic różnych współpracowników Redakcji w procesie produkcyjnym. Przepraszamy bardzo. Nauczeni tym doświadczeniem, będziemy się starali nie dopuścić więcej do takiej sytuacji, a nawet zaistniałe opóźnienie zmniejszać systematycznie tak, aby wkrótce być już w zgodzie z kalendarzem.*

***Zeszyt bieżący jest pod znakiem Galaktyki** i niektórych jej składowych. Otwiera go relacja Pani **Danuty Dobrzyckiej** z debaty na temat odległości bersterów gamma. W rocznicę „Wielkiej Debaty" na temat struktury Galaktyki i odległości we Wszechświecie, w której w roku 1920 spierali się Heber D. Curtis i Harlow Shapley, **Donald Lamb** z Chicago i **Bohdan Paczyński** z Princeton podjęli publiczną dyskusję na temat pochodzenia i skali odległości źródeł rozbłysków gamma. Pochodzą z naszej Galaktyki, czy też leżą w odległościach kosmologicznych ? Nie wydaje się, aby spór ten znalazł już swoje rozwiązanie. **Michał Jaroszyński** z Obserwatorium Warszawskiego przybliża nam następnie naturę tych tajemniczych zjawisk.*

*Rejonem Galaktyki, który jest siedliskiem wielu innych tajemniczych zjawisk i obiektów jest Centrum Galaktyki. Panowie **Marek Gołębiewski** i **Jacek Niezgoda**, magistranci astronomii z Torunia, przedstawiają nam ten obszar „widziany" w dwóch zakresach widma, podczerwonym i radiowym. A obrazy Galaktyki w różnych „barwach" pokazane są na stronach kolorowej wkładki w środku zeszytu.*

*Podstawowym składnikiem galaktyk są gwiazdy. Skąd się one biorą, a może raczej jak się one rodzą i jak umierają „opowiada" nasz fotograficzny reportaż o rodzeniu się i umieraniu gwiazd oparty o najnowsze obserwacje obiektów Herbiga-Haro i pozostałości po wybuchach supernowych przy pomocy Teleskopu Kosmicznego Hubble'a .*

*Czy „Stała Grawitacji" G jest rzeczywiście stała? - zastanawia się na stronach swego artykułu **Tadeusz Jarzębowski**. Czy znamy ją dokładnie? Czy podlega zmianom ewolucyjnym, tak jak zmienia się nasz Wszechświat? Jakie byłyby tego konsekwencje w poznawaniu Wszechświata przez Astronomów? A o innej „starej" regule dotyczącej rozmieszczenia planet, regule Titiusa-Bodego, pisze **Kazimierz Schilling** z Olsztyna. Czy regułę tą spełniają planety Wolszczana? Zachęcamy Czytelników do szukania odpowiedzi na te pytania wewnątrz zeszytu.*

*Jak zwykle „Postępy" przynoszą garść wiadomości o najnowszych odkryciach i o ludziach zasłużonych w zdobywaniu wiedzy o współczesnym Wszechświecie. W bieżącym numerze przybliżamy sylwetkę naukową niedawno zmarłego laureata nagrody Nobla m.in. za odkrycia i koncepcje dotyczące kosmicznych pól magnetycznych **Hannesa Alfvèna** oraz przedstawiamy postać niedawno zmarłego naszego Kolegi **Przemysława Rybki**.*

*W życiu naszego środowiska astronomicznego czekają nas w bieżącym roku dwa wydarzenia, oba we wrześniu: **Zjazd Referatowy i Walne Zgromadzenie Polskiego Towarzystwa Astronomicznego** w Poznaniu i **Jubileusz 90-lecia Pani Profesor Wilhelminy Iwanowskiej** w Toruniu. Piszemy o nich na str. 93 i 50.*

*Czytelnikom naszym oddajemy głos na str. 50 przytaczając Ich opinie i życzenia z niedawnej ankiety. Prosimy o dalsze wypowiedzi.*

*Wreszcie, w kończącym zeszyt felietonie, **Andrzej Maciejewski** pisze o kwaternionach, krakowianach i ... torunianach oraz ich znaczeniu dla rozwoju Nauki.*

*Serdecznie zapraszamy do lektury.*

*Toruń, sierpień 1995r.*

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.

**Warunki nabywania i warunki prenumeraty:** Cena prenumeraty na rok 1995 wynosi 15 zł, a pojedynczego zeszytu 3,75 zł. Można zamawiać jeszcze zeszyty 2,3,4, z roku 1991 w cenie 1,5 zł oraz 1,2 z roku 1992 w cenie 2,0 zł za egzemplarz, a także podwójny zeszyt 3-4/1992 w cenie 3,0 zł. Dostępne są również wszystkie cztery zeszyty z 1993 i 1994 roku w cenie 3,0 zł za zeszyt. Koszt przesyłki w kraju jest wliczony w koszt prenumeraty. Cena prenumeraty do krajów europejskich jest zwiększona o 75%. Cena prenumeraty do krajów pozaeuropejskich jest zwiększona o 150%. Wysyłka Postępów Astronomii do krajów pozaeuropejskich będzie realizowana pocztą lotniczą. Prosimy o czytelne wypełnianie wszystkich części przekazu, a zwłaszcza adresu. Wpłaty można dokonywać na konto: **Polskie Towarzystwo Astronomiczne PKB S. A. Oddział Grudziądz 653248-19826-132.** Reklamacje dotyczące prenumerat prosimy kierować bezpośrednio do dystrybutora pod adresem: Sławomir Kruczkowski, ul. Kulerskiego 11, 86-300 Grudziądz, tel. (0-51) 33549 w. 38

**Redaktor naczelny:** Andrzej Woszczyk (IA UMK Toruń); **Kolegium Redakcyjne:** Roman Schreiber (CAMK Toruń), Andrzej Sołtan (CAMK Warszawa); **Redakcja techniczna :** Jacek Drążkowski; **Opracowanie graficzne:** Jacek Drążkowski, Magda Olszewska; **Korekta:** Cecylia Iwaniszewska; **Redakcja w Toruniu:** Instytut Astronomii UMK, ul. Chopina 12/18, 87-100 Toruń, tel. 26018 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; **Projekt winiety:** Tadeusz Jodłowski; **Skład komputerowy, druk oraz dystrybucja:** Firma MIZAR, Sławomir Kruczkowski, 86-300 Grudziądz, ul. Kulerskiego 11 tel. (0-51) 33549 w. 38 przy współpracy Zakładu Poligraficznego, ul. Filomatów 1a w Grudziądzu

**Oddano do druku 28 sierpnia 1995** ❍ **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 dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych © POSTĘPY ASTRONOMII 1995

Oczarowanie astronomią odbija się w oczach tylko tych, którzy potrafią ją przeżywać na swój sposób. (...) ludzie realizują swoje fascynacje niebem w formie „wielkiej sztuki" – językiem uczuć i symboli z jednej strony, a z drugiej poprzez edukację naukową (...) w atrakcyjnej metodzie i treści – najprościej jak to jest możliwe. (...) Wszyscy wiemy, że estetyka astronomii to uniwersalne kryterium zainteresowań bezkresnym Kosmosem. Wbrew obiegowym opiniom miłośnik nieba gwiaździstego nie jest li tylko zgrabną figurą retoryczną, ale najczęściej to styl życia, a nawet pewien rodzaj charyzmatu w patrzeniu na „dziwny ten świat".

Na dzisiaj „Postępy Astronomii" powinny być miejscem spotkań przyjaciół skupionych wokół idei „astronomii bez granic". Miłośnik nieba gwiaździstego drzemie w każdym z nas: kto nie zadawał sobie pytań – Jak rozpoczęło się życie? (...) mogłaby powstać rubryka Nr 1 „Polaków rozmowy o astronomii". (...) rubryka Nr 2 „Mensa Heliosa", czyli prezentacja doświadczeń astronomicznych, nie tylko wizualnych, ale również wspomnień i pierwszych zauroczeń Niebem. Rubryka Nr 3 „Voyager 95" – areografia – afrodytografia – hermesografia – selenografia. (...) Rubryka Nr 4 „Kosmiczna sztuka" (...) Astronomia widziana oczami sztuki w różnych epokach.(...) Rubryka Nr 5 – Ranking najlepszych firm sprzętu astronomicznego i optycznego. (...) Krótka recenzja eksperta pozwoli uniknąć wielu błędów.(...) Rubryka Nr 6 – Całoroczny konkurs: – wybieramy człowieka „renesansu" – Kopernikus 95.

**Mieczysław Mazlarz**
**– Legnica**

***Red**. Dziękujemy naszemu czytelnikowi za garść ciekawych propozycji. Podobnych, równie osobistych pomysłów na wzbogacenie zawartości PA dostaliśmy kilkanaście. Wszystkie wnikliwie czytamy i w miarę możliwości próbujemy wykorzystać. Ciekawi jesteśmy co o nich myślą inni czytelnicy.*

Rektor Uniwersytetu Mikołaja Kopernika
wraz z Dziekanem Wydziału Fizyki i Astronomii
oraz Prezesem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego
uprzejmie informują
o
uroczystej sesji
organizowanej pod patronatem Ministra Edukacji Narodowej
i Prezesa Polskiej Akademii Nauk
z okazji Jubileuszu 90-lecia

**Profesor Wilhelminy Iwanowskiej**

Sesja odbędzie się w Toruniu
w dniu 25 września 1995 (poniedziałek)

W programie przewiduje się:
1. Adresy gratulacyjne.
2. Część naukową z referatami, m. in.
   – prof. Bohdana Paczyńskiego na temat współczesnej wiedzy o strukturze Galaktyki,
   – prof. Aleksandra Wolszczana na temat poszukiwania pozasłonecznych systemów planetarnych.
3. Uroczysty obiad.
4. Wizytę w Obserwatoriach w Piwnicach.

Osoby zainteresowane uczestnictwem prosimy o zgłoszenia na adres:
Prof. dr hab. Józef S. Kwiatkowski
Wydział Fizyki i Astronomii UMK
ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń
tel. (56) 210-65, w. 249,
fax (56) 253-97
poczta elektroniczna: wyfa@phys. uni. torun. pl

W imieniu organizatorów

J.S. Kwiatkowski

prof.dr hab. J. S.Kwiatkowski
Dziekan Wydz. Fiz. i Astr. UMK

## Co byś zmienił(a) w PA będąc ich redaktorem?

– opinie czytelników wybrane z nadesłanych ankiet.

Styl komentarzy redakcyjnych – mniej o amatorach, więcej profesjonalizmu.
**– nauczyciel fizyki, 40 lat**

Dodałbym więcej artykułów poświęconych amatorskim obserwacjom i fotografiom nieba, oraz to, że druga i trzecia strona okładki powinna być kolorowa.
**– uczeń, 18 lat**

Bardziej przystępne dla czytelnika z wykształceniem humanistycznym.
**– prawnik, 33 lata**

Nic. Dla mnie jesteście dobrzy. Cieszę się, że wielcy naukowcy potrafią pisać przystępnie dla przeciętnego człowieka.
**– konstruktorka, 43 lata**

Sposób patrzenia na „Miłośnika Astronomii" w/g stereotypów utartych i skostniałych w formie i treści.
**– plastyk, 43 lata**

Opisywałbym częściej małe miłośnicze grupy amatorów astronomii, tzw.„Backyard Astronomy".
**– przedsiębiorca, 26 lat**

Zachowałbym PA jako kwartalnik, ale pełnokolorowy o większej objętości i rozsądnie wyższej cenie. Zwróciłbym większą uwagę na korekty błędów (drukarskich i nie tylko).
**– uczeń, 17 lat**

Przede wszystkim należy zachować fachowość i aktualność pisma. Mniej historii.
**– student, 22 lata**

Chciałbym, żeby w PA pojawił się cykl artykułów, przedstawiających ugruntowaną wiedzę astronomiczną w sposób podobny do wykładów – na poziomie akademickim (z rozbudowanym aparatem matematycznym).
**– student, 24 lata**

Więcej krótkich artykułów opisujących ciekawe zjawiska, sondy kosmiczne, nowe obiekty we Wszechświecie.
**– technik komputerowy, 30 lat**

Myślę, że w PA powinno znaleźć się trochę więcej miejsca na prezentację instrumentów astronomicznych, na których pracują astronomowie zawodowi nie tylko w Polsce.
**– technik telekomunikacji, 23 lata**

Więcej donosów. Lubię krótkie formy przekazywania informacji. Więcej konkursów! Tylko nie takich jak ten z Einsteinem.
**– ?, 26 lat**

Chciałbym żeby były krzyżówki z nagrodami, konkursy i żeby kontynuować dział o obserwatoriach i planetariach.
**– ślusarz-spawacz, 19 lat**

Mniej historii.
**– nauczyciel, 34 lata**

Więcej prac z zakresu „Nowej Fizyki".
**– pastor, 42 lat**

Terminowość ukazywania się PA
**– bezrobotny, 21 lat**

Jest O. K. Rozszerzyłbym ich objętość i częstotliwość ukazywania się.
**– student, 24 lata**

Niewiele.
**– nauczyciel akademicki, 44 lata**

Okładkę – w numerze 2/94 – tytuł zajmuje połowę strony, to trochę zbyt wiele – mniejszy tytuł, większe zdjęcie (na całą stronę, nawet pod tekstem). Nieco większa objętość ≈ 60 stron.
**– rencista, 24 lata**

Okładkę – w nr 2/94 jest bardzo dobra (jednolite tło), nie dawałbym w każdym numerze felietonu.
**– student, 20 lat**

Brak map planet i księżyców o stałej powierzchni w świetle najnowszych badań (np. misja Magellan). Proponowałbym, aby tego typu materiał zamieszczać na łamach PA z podaniem południków i równoleżników planetograficznych.
**– inspektor ochrony środowiska, 38 lat**

Zwróciłbym większą uwagę na aktualne odkrycia, np.: odkrycie planetoid poza orbitą Plutona czego PA do chwili obecnej nie zauważyły.
**– bezrobotny, 28 lat**

Podpisałbym umowę ze „Sky and Telescope" na przedruk wybranych materiałów ze „S&T" w „PA".
**– urzędnik, 56 lat**

Więcej zdjęć obiektów (w różnych zakresach widma), recenzje książek z zakresu astronomii – nowości wydawnicze, ciekawe przedruki z innych pism.
**– nauczyciel fizyki, 56 lat**

W zasadzie prawie nic, może więcej artykułów o powstaniu Wszechświata, o gromadach, więcej o odkryciach.
**– bezrobotny, 44 lata**

Więcej kolorowych zdjęć.
**– nauczycielka, 30 lat**

Więcej zdjęć (kolorowe wewnątrz numeru). Więcej rysunków i schematów objaśniających artykuły.
**– uczennica, 18 lat**

Rozkładówka jednostronna 2 lub 3 razy większa. Jednolity większy rozmiar pisma.
**– student, 23 lata**

Wprowadziłbym więcej kolorowych ilustracji. Rysunki powinny być jeszcze bardziej staranne i kolorowe.
**– uczeń, 17 lat**

Niewiele. Bezwzględnie ograniczyć ilość krojów!
**– wydawca, 35 lat**

Zlikwidowałbym żart rysunkowy, a na to miejsce zamieszczałbym kolorowe zdjęcia ukazujące piękno gwieździstego nieba tego rodzaju jak np. w dziale „Gallery" w „Sky & Teleskope".
**– bezrobotny, ?**

Skończyć z prymitywnymi dowcipami – nawet astronomia Państwu się kojarzy...
**– fizyk, 58 lat**

Z kwartalnika na miesięcznik. Zakazałbym wstępu do redakcji ludziom bez poczucia humoru!
**– student, 23 lata**

W zasadzie to nic. Zatrudniłbym w Redakcji wszystkich, którzy krytykują „Postępy"zgodnie z aforyzmem „Krytyk i eunuch z jednej są parafii, obaj wiedzą jak – lecz żaden nie potrafi".
**– urzędnik samorządowy, 30 lat**

Nie znam się na tym.
**– student, 28 lat**

Rozszerzyć objętość czasopisma.
**– student, 21 lat**

Zlikwidować „listy czytelników" – szkoda miejsca.
**– fizyk, 59 lat**

Nic nie zmieniać.
**– oficer Marynarki Wojennej, 44 lata**

Gdybym miała lepsze pomysły redaktorskie niż redaktorzy dobrych czasopism, byłabym redaktorem a nie nauczycielką.
**– nauczycielka, 43 lata**

**W numerze PA 1/95 zabrakło informacji o autorach następujących zdjęć:**
**str. 30 u góry – zdjęcie wykonał Mariusz Komoszewski,**
**str. 45 na dole – zdjęcie wykonał Bohdan Horbaczewski,**
**str. IV okładki – zdjęcie wykonał Stanisław Krawczyk.**
**Przepraszamy**

ZDJĘCIA NA PIERWSZEJ STRONIE OKŁADKI PRZEDSTAWIAJĄ:

*u góry – obiekt Herbiga-Haro oznaczony nr 34, czyli narodziny świata obwieszczone wyrzutem potężnych bąbli gęstego gazu;*
*w środku – dwa piękne przykłady mgławic cirrusowych będących pozostałościami po wybuchu supernowych;*
*na dole – szereg obrazów naszej Galaktyki uzyskanych dzięki „złożeniu" wielu fotografii różnych części Drogi Mlecznej w różnych zakresach widma elektromagnetycznego.*

W NUMERZE:


52 **Jubileuszowa debata – skąd się biorą rozbłyski gamma?**
*Danuta Dobrzycka*
*W 1920 roku w Waszyngtonie miała miejsce „Wielka Debata" między H. Shapley'em i H. D. Curtis'em. Tematem debaty stała się kontrowersja dotycząca obserwacyjnych przesłanek świadczących o rozmiarach Wszechświata, naturze naszej Galaktyki, o miejscu ludzkości we Wszechświecie. I oto dokładnie 75 lat później, w tej samej sali, odbyła się jubileuszowa debata, tym razem na temat zagadkowych rozbłysków zwanych rozbłyskami gamma.*

54 **Modele błysków gamma**
*Michał Jaroszyński*
*Błyski gamma obserwowane są od późnych lat sześćdziesiątych przez różne sondy kosmiczne. Powtarzające się rozbłyski zarejestrowano dla trzech źródeł; różnią się one od innych w przybliżeniu termicznym widmem i niższą energią fotonów - stąd angielski termin soft gamma repeaters.*

59 **Czy newtonowska stała grawitacji jest stała?**
*Tadeusz Jarzębowski*
*Oddziaływanie grawitacyjne jest jedną z podstawowych sił, czy też – jak to się najczęściej określa – jednym z oddziaływań fundamentalnych. Liczba tych oddziaływań, ich klasyfikacja, podlegały znacznym modyfikacjom. W literaturze naukowej mówi się dziś na ogół o czterech siłach, ale dalszy rozwój badań w tej dziedzinie wprowadzi tu niewątpliwie jeszcze niejedne zmiany.*

**krótkie nowinki z różnych dziedzin astronomii:**
***Ulysses w okolicach północnego bieguna Słońca (62), Kłopoty z nadfioletem (63), Abell 2218 soczewką grawitacyjną (64)***

65 **Podczerwony obraz centrum Galaktyki**
*Marek Gołębiewski*
*Okolice centrum Galaktyki zajmuje obiekt radiowy o nazwie Sagittarius A, wielkości około 15 parseków. Tworzą go w wyniku projekcji dwa podźródła: Sgr A West i Sgr A East – położone mniej więcej w odległości 3 pc jedno za drugim. Sgr A East wysyła promieniowanie synchrotronowe i jest najprawdopodobniej pozostałością po wybuchu supernowej.*

73 **Centrum Galaktyki w promieniowaniu radiowym**
*Jacek Niezgoda*
*Cały rejon obejmujący centralne okolice Galaktyki emituje promieniowanie w szerokim zakresie długości fal. W wielu wypadkach emisja ta pochodzi z dużego obszaru. W radiowym zakresie widma na tę składową nałożona jest intensywna składowa złożona z wielu przestrzennie oddzielonych źródeł.*

81 **Niezwykła historia pewnej reguły**
*Kazimierz Schilling*
*Postęp dokonuje się w astronomii poprzez nowe odkrycia obserwacyjne lub nowe pomysły teoretyczne. Ale zdarza się, iż nieoczekiwanie pojawiają się nowe dane obserwacyjne, które zmuszają do ponownego zajęcia się zagadnieniem, o którym sądzono, że ma już tylko historyczne znaczenie. Właśnie coś takiego spotkało ostatnio empiryczną, arytmetyczną regułę Titiusa–Bodego, która ma już 229 lat, a jej fizyczny sens ciągle nie jest znany.*

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A
***Narodziny i śmierć gwiazd (88)***

50 **Listy Czytelników**
91 **SYLWETKI: Hannes Alfvèn**
93 **In memoriam: Przemysław Rybka**
93 **PTA: XXVII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego**
94 **Esej, felieton: *CK MACIERZE, TORUNIANY CZY JAKOŚ TAK***
96 **Astronomia w szkole: „Humor" w dydaktyce astronomii**


## NASZA GALAKTYKA

*W pogodną, letnią noc na gwiaździstym firmamencie nieba szczególnie rzuca się nam w oczy jasna wstęga Drogi Mlecznej. To jest nasza Galaktyka, a ściślej obszar największej koncentracji występujących w niej gwiazd i materii międzygwiazdowej, czyli płaszczyzna Galaktyki. Rozciąga się ona na przestrzeni około 100 tysięcy lat światła i zawiera przeszło 200 miliardów gwiazd. Razem ze Słońcem znajdujemy się wewnątrz Drogi Mlecznej w odległości około 30 tysięcy lat światła od jej Centrum i stąd nasze spojrzenie na naszą Galaktykę jest bardziej złożone niż spojrzenie na inne galaktyki, które oglądamy z zewnątrz, z perspektywy pewnego, czasem bardzo dużego oddalenia.*

*W bieżącym zeszycie przedstawiamy szereg obrazów naszej Galaktyki, widzianej w różnych barwach.*

**Fragment Drogi Mlecznej przebiegającej przez konstelacje Tarczy i Strzelca. (zdjęcie amatorskie J. Pleszka)** ►

# JUBILEUSZOWA DEBATA
## –SKĄD SIĘ BIORĄ ROZBŁYSKI GAMMA?

**W 1920 roku w Waszyngtonie miała miejsce „Wielka Debata" między H. Shapley'em i H.D. Curtis'em. Tematem debaty stała się narastająca w pierwszym kwartale naszego wieku kontrowersja dotycząca obserwacyjnych przesłanek świadczących o rozmiarach Wszechświata, naturze naszej Galaktyki, istnieniu innych galaktyk i ogólnie rzecz biorąc, o miejscu ludzkości we Wszechświecie. Historia pokazała, że i Shapley i Curtis mylili się, ale i mieli rację w wielu aspektach. Jedną z podstawowych „kości niezgody" był rozmiar naszej Galaktyki i czy tajemnicze mgiełki obserwowane na niebie (jedną z nich widać gołym okiem w pogodną noc w gwiazdozbiorze Andromedy) znajdują się wewnątrz, czy też daleko poza Drogą Mleczną. W tej kwestii rację miał Curtis. Rozwiązanie zagadki przyszło już w trzy lata po Debacie. W 1923 roku E. Hubble zaobserwował Cefeidy w tym, co dzisiaj nazywamy Galaktyką w Andromedzie. Cefeidy są gwiazdami zmiennymi, które do dzisiaj służą jako kamienie milowe do wyznaczania odległości we wszechświecie. „Wielka Debata" przeszła już do legendy. I oto dokładnie 75 lat później, w tej samej sali, odbyła się jubileuszowa debata, tym razem na temat zagadkowych rozbłysków zwanych rozbłyskami gamma.**

Odkryto je w 1969 roku, jako nagłe pulsy promieniowania wysokoenergetycznego. Czas życia rozbłysków gamma jest różny – od ułamka sekundy, aż po wiele minut. Różne są też przebiegi pojedynczych rozbłysków. Zwykle widać bardzo szybkie zmienności, osiągające pojedyncze lub wielokrotne maksima.

Fot 1. Od lewej Bohdan Paczyński, Sir Martin Rees, Donald Lamb w czasie Jubileuszowej Debaty.

Pierwsze rozbłyski gamma zaobserwowały amerykańskie satelity wojskowe, których zadaniem było monitorowanie powierzchni Ziemi w poszukiwaniu próbnych wybuchów nuklearnych, niezgodnych z międzynarodowymi ustaleniami. Od tego czasu wiele innych instrumentów umieszczonych na orbitach okołoziemskich zarejestrowało podobne rozbłyski. *Burst and Transient Source Experiment* (BATSE) na pokładzie *Compton Gamma Ray Observatory* jest najczulszym instrumentem wykrywającym rozbłyski gamma, jaki kiedykolwiek został wysłany w przestrzeń kosmiczną. Od momentu umieszczenia go na orbicie w kwietniu 1991 roku, rejestruje rozbłyski gamma z częstotliwością około jednego dziennie.

Bardzo mało wiadomo na temat samych rozbłysków, oraz ich źrodeł – tzw. bersterów gamma. Na przestrzeni ostatnich lat powstało wiele mniej lub bardziej egzotycznych modeli. Jedną z podstawowych zagadek jest odległość do bersterów. Jedni umieszczaja je w naszej Galaktyce, inni w odległościach kosmologicznych. Tak czy inaczej, rozbłyski gamma są najpotężniejszymi eksplozjami, z jakimi mamy do czynienia w astronomii.

W upalny dzień 22 kwietnia 1995, o godzinie 13, w Audytorium im. Bairda w Muzeum Przyrodniczym w Waszyngtonie zebrało się wiele osób, którym szczęśliwie udało się dostać bilety. Byli to zarówno ludzie związani zawodowo z astronomią, jak i zwyczajnie zainteresowani debatą laicy. Tak jak podczas oryginalnej „Wielkiej Debaty", do dyskusji zasiedli liderzy dwóch głównych punktów widzenia – Donald Lamb z Uniwersytetu w Chicago i Bohdan Paczyński z Uniwersytetu w Princeton. Funkcję moderatora pełnił Sir Martin Rees z Uniwersytetu w Cambridge. Przedmiotem kontrowersji była skala odległości do bersterów gamma. Paczyński był orędownikiem kosmologicznej skali odległości, a Lamb bronił teorii, że rozbłyski pochodzą z naszej Galaktyki. Spotkanie otworzył Robert Nemiroff z NASA Goddard Space Flight Center – główny organizator i sądząc z relacji pozakulisowych, człowiek, który sprawił, że debata w ogóle doszła do skutku. Na rozgrzewkę przed właściwą dyskusją wysłuchaliśmy dwóch zaproszonych referatów. Najpierw Virginia Trimble z Uniwersytetu

Kalifornijskiego w Irvine, z właściwą sobie elokwencją i błyskotliwością, nakreśliła historyczne tło oryginalnej debaty sprzed 75 lat, jak i postaci jej głównych bohaterów. Szybko ustaliliśmy, że nie ma niestety na sali nikogo, kto uczestniczyłby w pierwszej debacie. Za to wstał i ukłonił się wszystkim przy gromkich oklaskach były student Shapley'a. Następny referat wygłosił Gerald Fishman z NASA Marshall Space Flight Center. Stoi on na czele grupy zajmującej się obserwacjami rozbłysków gamma uzyskiwanymi z BATSE. Prelegent nakreślił nam ogólną charakterystykę rozbłysków, jak również uświadomił wiele technicznych trudności i niedoskonałości obserwacji z BATSE. Główną z nich to bardzo słaba rozdzielczość przestrzenna instrumentu. Uniemożliwia to jednoznaczną identyfikację bersterów gamma z optycznymi obiektami na niebie. Teraz już tylko krótka przerwa dzieliła nas od właściwej dyskusji. Po przerwie dowiedzieliśmy się, że właśnie w trakcie debaty zarejestrowano kolejny rozbłysk. Ktoś z uczestników miał przy sobie pagera[1], na który przysłano mu informację o sygnale z BATSE. Najpierw Paczyński, a potem Lamb, przedstawili swoje argumenty w 20–to minutowych wystąpieniach. Potem każdy miał 15 minut, żeby ustosunkować się do argumentów oponenta. Sesję zamknęła seria pytań od Sir Reesa i publiczności.

Kto wygrał debatę? Kto był bardziej przekonywujący? Pewnie tak jak w przypadku pierwszej Wielkiej Debaty oceni to przyszłość. Jeden z uczestników opowiadał mi, że po wystąpieniu Paczyńskiego czuł się całkowicie przekonany, że rozbłyski gamma pochodzą gdzieś z peryferii Wszechświata. Kiedy Lamb przedstawił swoje argumenty, to dla odmiany uwierzył, że z naszej Galaktyki.

Na koniec spotkania przewidziane było głosowanie. Zrezygnowano z niego i pozwolono w ten sposób statystyce milczeć w kwestii wyniku debaty. Zresztą Lamb zaproponował rozstrzygnięcie sporu w sposób tradycyjny i wezwał Paczyńskiego do przebiegnięcia z nim słynnego Bostońskiego Maratonu. No cóż, Donald Lamb znany jest ze swojego zamiłowania do biegów długodystansowych. Wyzwanie zostało przyjęte, ale sądzić należy, że i wyzywający i wyzwany nie potraktowali tego całkiem poważnie...

Fot 2. Bohdan Paczyński w czasie prezentacji swego stanowiska w sprawie pochodzenia razbłysków gamma.

Ogólnie debata nie wyzwoliła nadmiernych emocji. Podczas małego przyjęcia bezpośrednio po spotkaniu, wszyscy zgodnie ściskali sobie dłonie bez względu na to, czy byli z „obozu Paczyńskiego", czy też z „obozu Lamba".

Informacje dotyczące debaty można znaleźć na WWW: Zainteresowanym polecam sięgnięcie do tekstów wygłoszonych referatów, które mają się ukazać w Publications of the Astronomical Society of Pacific.

**Danuta Dobrzycka**

[1] Telekomunikacyjne urządzenie przywoławcze.

# Jaka jest odległość do bersterów gamma?

***Argumenty za odległościami kosmologicznymi:***

Izotropowy rozkład rozbłysków gamma na niebie jest zgodny z obserwowanym rozkładem obiektów takich jak np. galaktyki czy kwazary, o których wiadomo, że znajdują się na odległościach kosmologicznych. W rozkładzie rozbłysków gamma nie widać żadnej koncentracji wokół płaszczyzny Galaktyki. Taką koncentrację z kolei obserwuje się w przypadku obiektów w Drodze Mlecznej, takich jak gwiazdy czy gromady kuliste.

Istnieją przesłanki obserwacyjne świadczące o tym, że słabsze rozbłyski są „przesunięte ku czerwieni" – średnio trwają dłużej, a ich widma osiągają maksima przy mniejszych energiach niż widma silnych rozbłysków.

Niezaprzeczalnym dowodem za odległościami galaktycznymi byłoby zaobserwowanie bardzo słabych rozbłysków w galaktyce w Andromedzie (M31), których nie widać w danych otrzymywanych z BATSE. Możliwe jednak, że konieczne są obserwacje przy pomocy instrumentów około 10 razy czulszych, żeby móc z całym przekonaniem użyć tego argumentu.

***Argumenty za odległościami galaktycznymi:***

Gwiazdy neutronowe o dużych prędkościach własnych tworzą „koronę" wokół naszej Galaktyki. Koronę tę z Ziemi widać rozłożoną izotropowo.

Istnieją podobieństwa pomiędzy wielokrotnymi rozbłyskami w miękkich promieniach gamma a właściwymi rozbłyskami gamma. Te pierwsze są właśnie związane z gwiazdami neutronowymi o dużych prędkościach własnych. Rozbłysk zaobserwowany 5 marca 1979 r. miał cechy podobne do cech rozbłysków gamma i został wyprodukowany przez gwiazdę neutronową znajdującą się w odległości około 50 kpc. Nie można zidentyfikować rozbłysków gamma z obiektami obserwowanymi w dziedzinie optycznej. Gdyby rozbłyski gamma powstawały na odległościach kosmologicznych, należałoby oczekiwać, że położenie silniejszych rozbłysków powinno być skorelowane z pobliskimi galaktykami. Z kolei gwiazdy neutronowe w „koronie" wokół Galaktyki znajdują się w odległości 100–500 kpc od Słońca i przy swoich małych jasnościach powierzchniowych są trudne do wykrycia w obserwacjach optycznych.

Nie potwierdzone jeszcze w pełni obserwacje świadczą o obecności pojedynczych linii cyklotronowych w widmach rozbłysków gamma. Podobne linie widać w widmach magnetycznych gwiazd neutronowych. Istnieją nie do końca potwierdzone przesłanki wskazujące, że rozbłyski gamma się powtarzają. Byłby to dodatkowy argument za podobieństwem do wielokrotnych rozbłysków w miękkich promieniach gamma.

**(DD.)**

**Błyski gamma obserwowane są od późnych lat sześćdziesiątych przez różne sondy kosmiczne. Powtarzające się rozbłyski zarejestrowano dla trzech źródeł; różnią się one od innych w przybliżeniu termicznym widmem i niższą energią fotonów - stąd angielski termin soft gamma repeaters. Pozostałe, klasyczne błyski, które są tematem tego artykułu, mają nietermiczne, w przybliżeniu potęgowe widma, a większość energii przenoszą niskoenergetyczne fotony ~1 MeV. W dziedzinie X (E < 30 keV) emitowane jest parę procent energii. W niektórych przypadkach obserwowano fotony o energiach gigaelektronowoltów towarzyszące rozbłyskowi lub docierające ~1$^h$ po nim. Najsilniejsze błyski mają obserwowaną energię ~$10^{-4}$erg cm$^{-2}$ i typowy strumień ~$10^{-5}$erg s$^{-1}$ cm$^{-2}$. Czas trwania błysków ma duży rozrzut, ale typową wartością jest 1–10 s. Czas wzrostu sygnału to typowo 10 ms. Należy tu podkreślić, że przebiegi czasowe błysków różnią się między sobą kształtem. Doniesienia o obecności linii w widmach błysków, w tym linii o energiach ~ 400 keV, co możnaby wiązać z anihilacją par elektron – pozyton w silnym polu grawitacyjnym, nie są powszechnie przyjmowane.**

# Modele błysków gamma

Michał Jaroszyński

Zamieszczona powyżej charakterystyka fizyczna rozbłysków nie pozwala na ich jednoznaczną interpretację. Uciekamy się z kolei do metod astronomicznych. Najprostsze pytanie - czy błyski można wiązać z jakąś klasą obiektów astronomicznych - nie ma jak dotąd odpowiedzi. Na wykluczenie korelacji położeń błysków na niebie z czymkolwiek jest chyba za wcześnie ze względu na małą precyzję określania ich pozycji. Pozostaje jeszcze statystyczne badanie rozmieszczenia źródeł rozbłysków.

W ostatnim numerze Postępów Astronomii z roku 1993 Włodzimierz Kluźniak podsumował obserwacje błysków gamma, zwłaszcza te otrzymane przez BATSE (Burst and Transient Source Experiment, przyrząd na pokładzie satelity – Obserwatorium Promieniowania Gamma). Od tego czasu przybywało zaobserwowanych błysków (w tempie 1 na dzień), a obserwacje były analizowane w najróżniejszy sposób. Konkluzje artykułu Włodka pozostają słuszne: źródła błysków rozmieszczone są na niebie izotropowo, a rozkład obserwowanych jasności wykazuje niedobór słabych źródeł w porównaniu z rozkładem jaki otrzymalibyśmy dla jednorodnego ich rozmieszczenia w płaskiej, statycznej przestrzeni. Te dwie cechy rozmieszczenia źródeł mają dwie możliwe interpretacje. Możemy znajdować się w środku sferycznie symetrycznego rozkładu obiektów rozbłyskujących, których przestrzenna gęstość, moc błysków lub prawdopodobieństwo aktywności maleje z odległością od obserwatora. Przy takiej interpretacji wciąż pozostaje część badaczy, uważając, że źródła błysków znajdują się w halo Galaktyki w obszarze o promieniu rzędu 100 kpc. Jeśli źródła dostają się do halo z centralnych obszarów Galaktyki, np. z dysku, spadek ich gęstości z odległością jest naturalny. Słońce jest przy tym dostatecznie blisko centrum Galaktyki, by krążący wokół niego obserwatorzy nie zauważali anizotropii rozkładu błysków na sferze niebieskiej, przynajmniej dopóki ich ilość jest ograniczona. Druga możliwość to jednorodny rozkład rozbłysków w jednorodnym i izotropowym, rozszerzającym się Wszechświecie. Izotropia jest wtedy cechą błysków dla każdego obserwatora. Niedobór słabych czyli mających miejsce daleko (i dawno temu !) błysków jest również naturalny: oddalanie się źródeł od obserwatora powoduje osłabienie dochodzących od nich sygnałów. Oczywiście wymaga to, aby obserwowane błyski pochodziły od źródeł istotnie kosmologicznych, to znaczy mających przesunięcia ku czerwieni $z \leq z_{max}$, gdzie $z_{max} \sim 1$. W przeciwnym przypadku oddalanie się obiektów nie miałoby praktycznie wpływu na ich obserwowane jasności. Należy tu zauważyć, że tym samym żądamy, aby czas życia populacji źródeł rozbłysków był porównywalny z wiekiem Wszechświata. To z kolei dopuszcza ewolucję tej populacji w kosmologicznej skali czasu i musi utrudniać interpretację wszelkich statystycznych badań ich rozkładu.

Z użyciem BATSE zaobserwowano ponad tysiąc rozbłysków. Opublikowany katalog 2B zawiera tylko 585 z nich. W paru pracach pojawiły się stwierdzenia o istniejących korelacjach w położeniach i czasie rozbłysków, ale wniosków takich nie potwierdzają późniejsze analizy oparte na szerszym materiale. Należy przyjąć, że klasyczne błyski z danego źródła nie powtarzają się.

Czasowe przebiegi błysków są skomplikowane, a ich długości mogą różnić się o cztery rzędy wielkości. Według Norrisa i jego współpracowników istnieje związek pomiędzy obserwowaną jasnością a typowym czasem trwania błysku: *słabe* rozbłyski (o stukrotnie niższej mocy szczytowej) są, średnio biorąc, dwukrotnie dłuższe od *silnych*. Trzeba tu zaznaczyć, że wyniki tej analizy nie są powszechnie przyjmowane. Jeśli są prawdziwe, ich naturalnym wytłumaczeniem jest hipoteza o kosmolo-

gicznym rozmieszczeniu źródeł do przesunięcia ku czerwieni $z_{max}$~1. Obserwowana skala czasowa dla najodleglejszych obiektów jest wtedy wydłużona: $\Delta t_{obs} = (1+z_{max})\Delta t_{em}$ , gdzie $\Delta t_{em}$ – czas trwania błysku.

Długość błysku można charakteryzować jako czas, w którym detektory rejestrują 90% fotonów, $\tau_{90}$. (Pomija się początkowe i końcowe 5%). Rozkład tak zdefiniowanej wielkości jest bimodalny, można podzielić błyski na krótkie ($\tau_{90}$<2s) i długie ($\tau_{90}$>2s). Obie podklasy mają izotropowy rozkład na niebie i taki sam zakres szczytowych jasności. Obie przejawiają deficyt słabych źródeł. Krótkie błyski mają średnio twardsze widmo. Powyższe cechy obu klas są w zgodzie z hipotezą, że ich przestrzenny rozkład jest taki sam. Jeśli tak, to źródła krótkich błysków wymagają ~20 razy mniej energii. Fakt istnienia dwóch klas błysków nie musi oznaczać istnienia dwóch rodzajów ich źródeł.

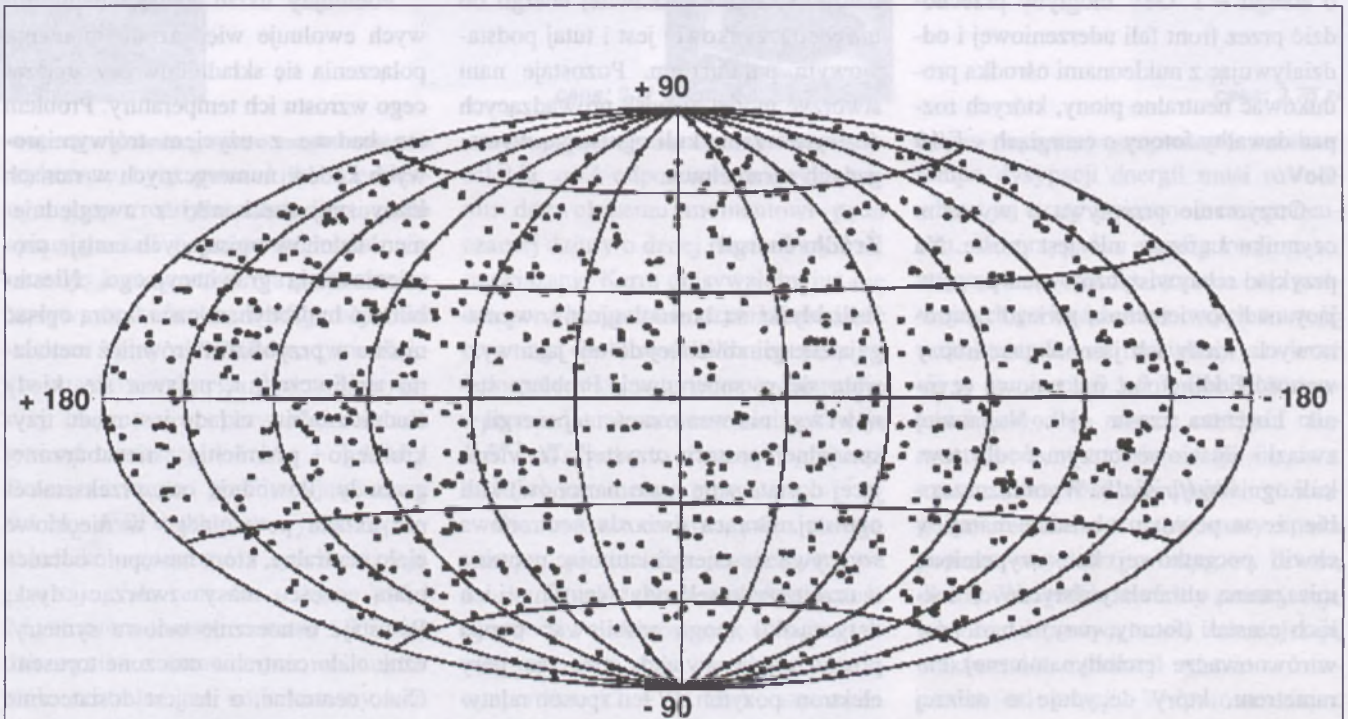
Cohen i Piran badają szeroką klasę kosmologicznych modeli rozkładu długich błysków obserwowanych przez BATSE. Dla określenia fizycznych własności źródeł najważniejszym parametrem jest maksymalne przesunięcie ku czerwieni, przy jakim są jeszcze obserwowalne, $z_{max}$. Na tej podstawie ocenić można moc i całkowitą energię rozbłysków. Jeśli źródła są „standardowymi świecami" nie ewoluującymi w czasie, to najlepsze dopasowanie do danych BATSE daje $z_{max}$≈2, przy małej zależności od wartości parametrów kosmologicznych. Kształt funkcji świecenia też nie wpływa drastycznie na ten wynik. Gdyby przestrzenna gęstość źródeł malała z przesunięciem ku czerwieni, możliwe są niższe wartości $z_{max}$.

Poważnym problemem pozostaje dopasowanie do siebie danych otrzymanych przy pomocy BATSE i PVO (Pioneer Venus Orbiter). Sonda ta od 14 lat rejestruje błyski gamma i ma około dwudziestokrotnie niższą czułość od BATSE. Jej dane dotyczą więc zdarzeń bliższych, dla których deficyt słabych źródeł nie występuje. Kompletne obserwacje PVO nie są opublikowane, nie wiadomo jaki jest w nich udział długich i krótkich błysków. Wszystko to powoduje, że łączenie danych z obu przyrządów jest ryzykowne. Jeśli to uczynić, model standardowych, nie ewoluujących świec daje znacznie niższą wartość maksymalnego przesunięcia ku czerwieni, $z_{max}$≈ 0.87 (takie wyniki uzyskał w 1993 roku Fenimore ze współpracownikami).

Czułość detektorów BATSE wynosi ~$10^{-7}$ erg cm$^2$. W płaskim modelu kosmologicznym ($\Omega = 1$, $\Lambda = 0$) odpowiada to izotropowemu źródłu o energii $E$≈ $3\times10^{50}$ erg przy $z_{max}$= 0.87 lub $E$≈ $3\times10^{51}$ erg przy $z_{max}$= 2 i dla wartości stałej Hubble'a $H_0$= 100 km s$^{-1}$ Mpc$^{-1}$. W innych modelach ($\Omega$< 1 lub $\Lambda$> 0) i przy mniejszej stałej Hubble'a wartości te są jeszcze wyższe. Dla porównania i zupełności zauważymy, że izotropowe źródło w halo Galaktyki musiałoby mieć energię błysku ~$10^{42}$ erg.

**Emisja promieni gamma**

Obecność w widmie fotonów o wysokich energiach (do~1GeV), świadczy o tym, że mało prawdopodobne są zachodzące w źródle oddziaływania foton – foton dające w wyniku pary elektron – pozyton. Procesy takie nie tylko usuwałyby z widma wysokoenergetyczne fotony, ale też zwiększałyby nieprzezroczystość ośrodka prowadząc do ustalenia równowagi i termicznego




Rys.1 Mapka przedstawia rozkład na niebie 921 rozbłysków zarejestrowanych przez BATSE.

widma. Rozwiązaniem problemu jest założenie, że źródło porusza się ku obserwatorowi z prędkością bliską prędkości światła i czynnikiem Lorentza $\Gamma \sim 103$ i wobec tego energie fotonów mierzone w ośrodku, w którym powstają, są relatywnie niskie i nie prowadzą do tworzenia par. Niezależnym warunkiem jest mała grubość optyczna źródła ze względu na rozpraszanie na swobodnych elektronach. Ten postulat można spełnić, o ile emisja fotonów odbywa się w obszarze o dostatecznie dużych rozmiarach. Nietermiczne widmo fotonów implikuje istnienie w emitującym ośrodku populacji cząstek, które mają nierównowagowy rozkład energii.

Powyższe warunki można spełnić, jeśli przyjąć, że błyski powstają w falach uderzeniowych związanych z oddziaływaniem materii o wysokim czynniku Lorentza ($\sim 10^3$) z rzadkim ($\sim 1 cm^3$) ośrodkiem. Aktywny obszar za czołem fali porusza się wtedy z czynnikiem Lorentza tego samego rzędu, kolektywne procesy w jego otoczeniu prowadzą do pojawienia się potęgowego rozkładu elektronów mogących emitować fotony przez odwrotny proces Comptona lub synchrotronowo. Pojedyncze nukleony o energii $\sim \Gamma$ GeV mogłyby przechodzić przez front fali uderzeniowej i oddziaływując z nukleonami ośrodka produkować neutralne piony, których rozpad dawałby fotony o energiach $\sim \Gamma/10$ GeV.

Otrzymanie przepływu o wysokim czynniku Lorentza nie jest proste. Na przykład relatywistyczny wiatr powstający nad powierzchnią gwiazd neutronowych, kiedy ich jasność przekroczy wartość Eddingtona, ma typowo czynnik Lorentza rzędu ~10. Najłatwiej związki ilościowe otrzymać dla tzw. kuli ognistej (*fireball*). Wyobraźmy sobie, że w pewnym obszarze mamy w chwili początkowej kulę wypełnioną mieszaniną ultrarelatywistycznych lekkich cząstek (fotony, pary) i barionów w równowadze termodynamicznej. Parametrem, który decyduje o dalszej ewolucji kuli jest stosunek całkowitej energii do masy spoczynkowej $\eta \equiv E/Mc^2$. Poniżej używamy oszacowań dla kuli o początkowej energii $10^{51}$ erg i rozmiarze 100 km. Początkowo kula ma bardzo dużą nieprzezroczystość ze względu na obecność par. Jeśli $\eta >> 10^{10}$, kula staje się przezroczysta bezpośrednio po anihilacji par i cała energia jest wypromieniowywana w postaci fotonów o termicznym widmie. Dla $10^{10} > \eta > 10^5$ kula staje się przezroczysta długo po anihilacji par, ale w czasie gdy większość energii jest ciągle związana z fotonami. I tutaj prawie cała energia jest emitowana w formie termicznych fotonów. Przy $\eta < 10^5$ prawie cała początkowa energia kuli przekształca się w kinetyczną energię ekspansji o czynniku Lorentza $\Gamma \approx \eta$. Fotony opuszczające kulę w momencie, gdy staje się ona przezroczysta, unoszą tylko małą część energii. Ten przypadek jest interesujący z punktu widzenia scenariusza opisanego powyżej, o ile $\eta \geq 10^3$ . Przy spełnieniu tego warunku otrzymujemy relatywistycznie ekspandującą otoczkę o wysokim czynniku Lorentza $\Gamma \sim 10^3$. Dla energii $10^{51}$ erg wymaga to „dobrania" masy barionów z wąskiego przedziału $5 \times 10^{-9} - 5 \times 10^{-7} M_\odot$.

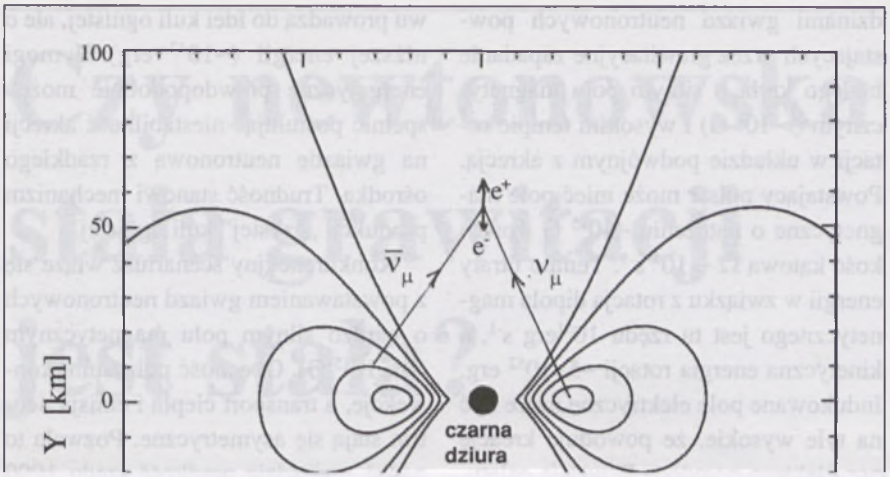
Podobne oszacowania pozostają prawdziwe dla relatywistycznego wypływu typu niestacjonarnego wiatru i nie ograniczają się do przypadku sferycznej symetrii. Stosunek całkowitej energii do masy spoczynkowej jest i tutaj podstawowym parametrem. Pozostaje nam stworzyć model zjawisk prowadzących do wytworzenia kuli ognistej o wymaganych parametrach.

## Źródło energii

Jeśli błyski są kosmologiczne, wymagają energii zbliżonej do tej, jaka wyzwala się w supernowej. Problem stanowi wyemitowanie części tej energii w specjalnej postaci „czystej" (zawierającej dostatecznie mało barionów) kuli ognistej. Gorąca gwiazda neutronowa wyzbywa się energii emitując neutrina w czasie rzędu sekundy. Neutrina (i ich antycząstki) mogą anihilować ponad powierzchnią gwiazdy tworząc pary elektron–pozyton. W ten sposób relatywistycznej plaźmie przekazana zostaje energia ponad $10^{51}$erg - taka jakiej wymagają rozbłyski. Dokładniejsza analiza problemu pokazuje jednak, że równocześnie z neutrinami powierzchnię gwiazdy opuszcza złożony z jonów i elektronów wiatr. Anihilacja neutrin nie odbywa się w próżni, energia par zostaje przekazana plaźmie i ostatecznie otrzymujemy słabo relatywistyczny wiatr.

W obiektach o znaczącym momencie pędu istnieje obszar wokół osi rotacji, gdzie gęstość materii powinna być znacząco niższa na skutek działania „sił odśrodkowych". W związku z tym zaproponowano wariant scenariusza z anihilacją neutrin w układzie pozbawionym symetrii sferycznej. Pierwotnie postulowano, że neutrina są emitowane przez gwiazdy neutronowe w układzie podwójnym, pod koniec jego ewolucji. Emisja fal grawitacyjnych prowadzi tu do zacieśniania orbity, a siły przypływowe powodują coraz większą deformację składników. Dysypacja miałaby prowadzić do synchronizacji układu i rozgrzewania gwiazd neutronowych, które stawałyby się źródłami neutrin. Okazuje się jednak, że lepkość materii tworzącej gwiazdę neutronową jest za mała do utrzymania synchronizacji w końcowych etapach ewolucji układu, a związana z nią dysypacja niedostateczna dla znaczącego podgrzania gwiazd.

Podwójny układ gwiazd neutronowych ewoluuje więc aż do momentu połączenia się składników bez znaczącego wzrostu ich temperatury. Problem ten badano z użyciem trójwymiarowych kodów numerycznych w ramach klasycznej mechaniki z uwzględnieniem członów opisujących emisję promieniowania grawitacyjnego. Niestabilność hydrodynamiczna, którą opisać można w przybliżeniu również metodami analitycznymi, pojawia się, kiedy średnica orbity układu jest rzędu trzykrotnego promienia niezaburzonej gwiazdy. Powoduje ona przekształcenie układu podwójnego w nieosiowe ciało centralne, które następnie odrzuca małą część masy tworząc dysk. Powstaje ostatecznie osiowo symetryczne ciało centralne otoczone torusem. Ciało centralne, o ile jest dostatecznie masywne, zapada się, tworząc czarną dziurę Kerra. Neutrina z torusa anihilując w otoczeniu osi rotacji dają w rezultacie relatywistyczną plazmę, która może tworzyć strugę opuszczającą




rachunki numeryczne nie zostały wykonane, traktować parametry termodynamiczne torusa jako swobodne. Jak się okazuje torus o określonej masie i rozkładzie momentu pędu jest najefektywniejszym źródłem neutrin w pewnym zakresie entropii na jednostkę masy. Przy niższej entropii jest za chłodny by emitować neutrina, przy wyższej – zbyt rzadki. Nie wszystkie neutrina mogą być wykorzystane do produkcji kuli ognistej natomiast ich emisja zmniejsza energię wewnętrzną torusa. Dobrawszy entropię modelu tak, by był efekty-

**Zeszyt 2/1994**

* Życie we Wszechświecie
* Zderzenie komety z Jowiszem
* Chrońmy niebo
* Toruńskie Planetarium
* Powstanie i ewolucja struktur we Wszechświecie

cena: 3 zł

**Zeszyt 3/1994**

* Bombardowanie Jowisza
* Gwiazdy kataklizmiczne
* Bolid nad Jerzmanowicami

cena: 3 zł

**Zeszyt 4/1994**

* Miejsce człowieka we Wszechświecie
* Rodzina krabów
* Aktywne jądra galaktyk
* „Bo pójdziesz do czarnej dziury"
* Obserwatorium McDonalda

cena: 3 zł

**Zeszyt 1/1995**

* Teleskop Kecka
* Astronomia a technika atomowa
* Meteoryt Baszkówka
* Toruński radioteleskop

cena: 3,75 zł


wojnego układu gwiazd neutronowych wykonane były przez kilka niezależnych grup z różnymi założeniami co do spinu gwiazd neutronowych. Jak się okazuje jego wartość ma podstawowy wpływ na końcową konfigurację: im większe spiny składników, tym większa masa tworzonego dysku. Najczęściej badany jest przypadek układu gwiazd o masach 1.4 $M_\odot$ + 1.4 $M_\odot$. Promieniowanie grawitacyjne unosi 0.1 $M_\odot$. Jeśli wykluczyć wysokie spiny składników związane z synchronizacją, powstaje ciało centralne o masie $\geq$ 2.4 $M_\odot$ otoczone torusem o masie $\leq$ 0.3 $M_\odot$. Jak wynika z omawianych rachunków ciało centralne ma umiarkowany moment pędu: $cJ/GM^2 \approx 0.6$, gdzie $c$ jest prędkością światła, $J$ – momentem pędu, $G$ – stałą grawitacji, $M$ – masą ciała centralnego. Dla większości równań sta-

merotującą czarną dziurą Schwarzschilda, $a=1$ odpowiada maksymalnemu dozwolonemu momentowi pędu czarnej dziury o danej masie. Przy $a>1$ rozwiązanie Kerra opisywałoby już nie otoczoną horyzontem czarną dziurę, ale tzw. nagą osobliwość! Moment pędu na jednostkę masy w torusie powoli rośnie z promieniem, omawiane rachunki dają $l \sim R^{0.2}$. Wszystko to znacząco ogranicza możliwe parametry torusa.

Dla badania emisji neutrin podstawowym parametrem jest temperatura torusa. Grupa zakładająca efektywność dysypacji i synchronizację układu podwójnego otrzymała wewnątrz torusa temperaturę $kT \sim 10$ MeV, zapewniającą interesującą jasność neutrinową. W innym przypadku otrzymano $kT \sim$ 2MeV. Niezgodność tych wyników pozwala, dopóki bardziej dokładne

niania wysokiej temperatury torusów tempo dysypacji energii musi równoważyć jej straty związane z emisją neutrin. W przypadku konfiguracji powstających w efekcie łączenia się podwójnych gwiazd neutronowych wartość współczynnika $\alpha$ musiałaby zawierać się w granicach 0.1-0.3. Obecność lepkości powoduje zmianę rozkładu momentu pędu w torusie - staje się on z czasem coraz bardziej płaski i rozciągnięty radialnie, a część masy spada poprzez wewnętrzny brzeg na czarną dziurę. Wszystkie te efekty zmniejszają jasność neutrinową torusa i zmniejszają efektywność anihilacji neutrin w otoczeniu osi rotacji. W porównaniu z przypadkiem konfiguracji, która stygnie nie zmieniając rozkładu momentu pędu, energia relatywistycznej strugi rośnie kilkakrotnie, ale jest ciągle za

mała by wytłumaczyć błyski gamma. Inną słabą stroną tego modelu jest mała ilość spodziewanych zjawisk: według różnych ocen łączenie się gwiazd neutronowych może mieć miejsce średnio raz na ~$10^5$ lat w masywnej galaktyce i dla wytłumaczenia obserwowanej częstości błysków trzebaby postulować dużą rozwartość relatywistycznych strug.

Podwójne układy gwiazd neutronowych dają początek konfiguracjom, których parametry można dość silnie ograniczyć. Być może uwzględnienie wszystkich efektów relatywistycznych i dokładniejsze potraktowanie procesów dysypacyjnych w ewolucji układu podwójnego dałoby w efekcie konfiguracje bardziej interesujące z punktu widzenia modelowania błysków. Jak dotąd rachunki takie nie istnieją. Istnieje natomiast odmienny scenariusz prowadzący do podobnej konfiguracji czarnej dziury i torusa zaproponowany przez Woosleya. Zgodnie z nim zapadanie się rotującej, masywnej gwiazdy (zaawansowej w ewolucji gwiazdy Wolfa–Rayeta) nie zawsze musi prowadzić do wybuchu supernowej typu Ib. Przy dostatecznie dużym momencie pędu gwiazdy może powstać rotująca czarna dziura otoczona torusem. Konfiguracja ta przypomina powstającą w ewolucji podwójnego układu gwiazd neutronowych, ale jej parametry są słabiej ograniczone - na przykład na moment pędu nie ma żadnych ogólnych ograniczeń. Pozwala to rozważać układy z czarną dziurą o zbliżonym do maksymalnego spinie ($a \approx 1$). Torusy wokół szybko rotujących czarnych dziur są ciaśniejsze, zapewniają wyższą efektywność anihilacji neutrin i przynajmniej energetycznie, odpowiadają wymogom modeli błysków. „Nieudane supernowe" z udziałem gwiazd WR powinny być na tyle częste, że gdyby tylko nieliczne z nich prowadziły do błysków gamma, ich ilość byłaby zgodna z obserwacjami. Główną wadą modelu jest w tej chwili jego niedookreśloność, którą mogą usunąć numeryczne rachunki opisujące zapadanie się rotującej gwiazdy.

Inna hipoteza wiąże błyski z narodzinami gwiazd neutronowych powstających przez grawitacyjne zapadanie białego karła o silnym polu magnetycznym (> $10^9$ G) i wysokim tempie rotacji w układzie podwójnym z akrecją. Powstający pulsar może mieć pole magnetyczne o natężeniu ~$10^{15}$ G i prędkość kątową $\Omega \sim 10^4$ $s^{-1}$. Tempo utraty energii w związku z rotacją dipola magnetycznego jest tu rzędu $10^{51}$erg $s^{-1}$, a kinetyczna energia rotacji ~$5 \times 10^{52}$ erg. Indukowane pole elektryczne może być na tyle wysokie, że powoduje kreację par elektron-pozyton. Powstaje relatywistyczny wiatr o czynniku Lorentza Gamma ~$10\text{-}10^2$. Znowu szacunki dają liczby w interesującym zakresie, ale i ten model wymaga dalszych, bardziej szczegółowych rachunków.

Część badaczy ciągle rozwija modele, które wiążą błyski z Galaktyką umiejscowiając je w jej rozległym halo. Tutaj sytuacja jest podwójnie skomplikowana, bo należy nie tylko wyjaśnić fizyczny mechanizm zjawiska, ale jeszcze wyjaśnić skąd bierze się rozległe halo o promieniu rzędu ~100 kpc. Ostatnio pojawiają się twierdzenia, że odległości pulsarów są w rzeczywistości większe niż sądzono.To z kolei oznacza wyższą prędkość transwersalną wyznaczaną na podstawie porównania pozycji pulsara i pozostałości po supernowej, która towarzyszyła jego powstaniu. Badając rozkłady prędkości radialnych i transwersalnych pulsarów otrzymuje się rozkład ich prędkości w trzech wymiarach. Średnia jej wartość jest rzędu 500 km $s^{-1}$, co powoduje, że wiele pulsarów nie jest związanych przez pole grawitacyjne Galaktyki i powinno się oddalać od jej centrum. Dla zgodności z obserwowanym rozkładem błysków należy postulować, że rozbłyskowa aktywność pulsarów pojawia się dopiero, gdy znacznie się oddalą. Do wytłumaczenia pozostaje fakt, dlaczego pulsary z Obłoków Magellana i galaktyki w Andromedzie nie są widziane jako nadwyżka w rozkładzie błysków.

Konkretne mechanizmy generacji błysków przez gwiazdy neutronowe w halo nie są oczywiste. Wymogi związane z widmem promieni gamma znowu prowadzą do idei kuli ognistej, ale o niższej energii (~$10^{42}$ erg).Wymogi energetyczne prawdopodobnie można spełnić postulując niestabilność akrecji na gwiazdę neutronową z rzadkiego ośrodka. Trudność stanowi mechanizm produkcji „czystej" kuli ognistej.

Konkurencyjny scenariusz wiąże się z powstawaniem gwiazd neutronowych o bardzo silnym polu magnetycznym ($B \geq 10^{15}$ G). Obecność pola tłumi konwekcję, a transport ciepła i emisja neutrin stają się asymetryczne. Pozwala to nadać gwieździe prędkość rzędu 1000 km $s^{-1}$ wzdłuż linii sił pola. Energia pola jest rzędu $10^{47}$erg i może być wyzwalana przy rekoneksji linii. Ultrarelatywistyczne cząstki rozpędzane wzdłuż linii pola emitują fotony gamma skierowane w kierunku centralnych części Galaktyki. Ten mechanizm mógłby wyjaśniać jednocześnie obecność źródeł w halo i emisję błysków gamma.

Ograniczyliśmy się do podania kilku przykładowych modeli, które mogą tłumaczyć przynajmniej niektóre własności błysków gamma. Trzeba podkreślić, że hipoteza lokalna sytuująca rozbłyski w halo Galaktyki jest bliska odrzucenia - napływające dane coraz bardziej ograniczają odstępstwa od izotropii nieodłącznie związane z tą grupą modeli. Z modeli kosmologicznych najlepiej zbadany jest scenariusz związany z podwójnymi układami gwiazd neutronowych. Tutaj swoboda doboru parametrów jest najmniejsza, a stosowalność tego modelu najłatwiej ograniczyć. Modele pokrewne, związane z „nieudanymi supernowymi" pozostawiają wciąż dużą swobodę astrofizykom. Mimo to, natura błysków gamma pozostaje zagadką.

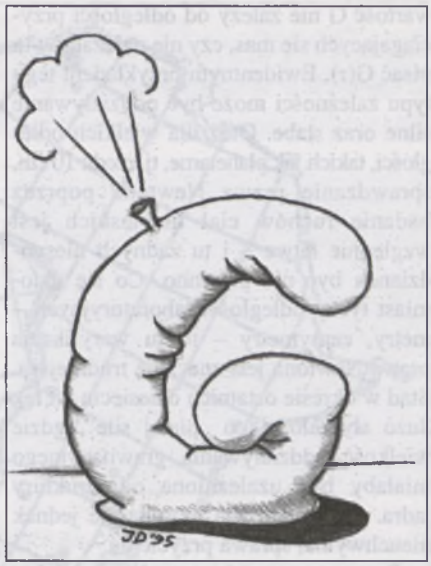
Czytelników głębiej zainteresowanych odsyłamy do następujących prac oryginalnych:

Cohen E. i Piran T. 1995, *ApJ*, w druku;
Fenimore, E.E. i in. 1993, *Nature*, 366, 40
Norris, J.P. i in. 1994, *ApJ*, 424, 540

*Michał Jaroszyński jest profesorem w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się wokół zagadnień astronomii pozagalaktycznej.*

# Czy newtonowska stała grawitacji jest stała?

Tadeusz Jarzębowski



Oddziaływanie grawitacyjne jest jedną z podstawowych sił, czy też – jak to się najczęściej określa – jednym z oddziaływań fundamentalnych. Liczba tych oddziaływań, ich klasyfikacja, podlegały znacznym modyfikacjom. W literaturze naukowej mówi się dziś na ogół o czterech siłach, ale dalszy rozwój badań w tej dziedzinie wprowadzi tu niewątpliwie jeszcze niejedne zmiany.

Grawitacja – którą tak wyraźnie odczuwamy na co dzień – była pierwszym z poznanych oddziaływań (o sile tej pisał już Arystoteles). Matematyczną formę nadał temu oddziaływaniu Newton; owa historia ze spadającym jabłkiem to rok 1666; odkrywca prawa ciążenia powszechnego miał wówczas 24 lata. Jakkolwiek poznane jako pierwsze, oddziaływanie grawitacyjne jest o wiele rzędów wielkości słabsze od wymienionych tu pozostałych.

**Pomiary stałej grawitacyjnej**

Mając na uwadze słabość oddziaływania grawitacyjnego, Newton sądził, że wielkości siły grawitacyjnej, $F=GM_1M_2/r^2$, nie da się zmierzyć w warunkach laboratoryjnych; niemierzalnym byłby zatem i występujący tu współczynnik, stała grawitacji G. Natomiast wielkość ta ma podstawowe znaczenie w szeregu zagadnieniach astronomicznych. W szczególności, znając G, można by obliczyć nie znaną w czasach Newtona masę Ziemi i jej średnią gęstość – a to z kolei umożliwiałoby wyznaczanie mas ciał niebieskich w jednostkach bezwzględnych. Pomiar stałej grawitacji był więc kluczem do „zważenia" Wszechświata.

Pierwsze próby eksperymentalnego pomiaru wielkości siły grawitacyjnej podjęto dopiero po śmierci Newtona, około połowy XVIII stulecia (Newton zmarł w roku 1727). Metoda pomiaru polegała tu na mierzeniu odchylenia od pionu nici wahadła w pobliżu masywu górskiego o dającej się oszacować masie. Ale to raczej historia. Późniejsze pomiary wykonywane już były w laboratoriach, najczęściej z zastosowaniem tzw. wagi skręceń. Wartość G poznano po raz pierwszy przed blisko dwustu laty, w roku 1798 (Cavendish).

Tab. 1. Ewolucja poglądów na temat fundamentalności oddziaływań.

| | Oddziaływania fundamentalne | | | |
|---|---|---|---|---|
| XIX wiek | grawitacyjne | elektryczne | magnetyczne | molekularne |
| | grawitacyjne | elektromagnetyczne | | molekularne |
| | grawitacyjne | elektromagnetyczne molekularne | | |
| XX wiek | grawitacyjne | elektromagnetyczne molekularne | słabe | słabe |
| | grawitacyjne | elektromagnetyczne molekularne | słabe | silne kolorowe |

Na rys. 1 zobrazowane zostały niektóre ważniejsze pomiary tej stałej fizycznej. Patrząc na te dane, nie można uwolnić się od sceptycznych refleksji. Zaskakuje tu fakt, że niektóre pomiary wzajemnie się wykluczają, przypadając poza granicami błędów pomiarów innych – i dotyczy to też tych współczesnych, bardziej precyzyjnych. Swego rodzaju curiosum stanowi natomiast fakt, iż pomiary wykonywane w kopalniach dostarczają wartości G rażąco większych. Tak znaczne rozbieżności tłumaczone są tu nie określonymi bliżej nienewtonowskimi składowymi grawitacji.

Wartości stałej grawitacyjnej nie da się wyznaczyć z obserwacji ruchów planet czy też satelitów. W charakterze natomiast ciekawostki może wspomnimy, że wysuwana była niedawno dość oryginalna koncepcja pomiaru G na satelicie Ziemi, polegająca na badaniu ruchu obiegających się tam w warunkach nieważkości kul o znanych masach (*Ap.J.*, 304, L61). Ale to, jak na razie, tylko teoretyczne rozważania.

Przyjmowana dziś wartość stałej grawitacji wynosi
$G=(6.6726 \pm 0.00085)\times10^{-11}m^3kg^{-1}s^{-2}$.
Zauważmy, że w zestawieniu z innymi stałymi fizycznymi wartość ta znana jest ze stosunkowo mała dokładnością (i z taką dokładnością znamy masę Ziemi, planet, Słońca). Wielkość mocno kwestionowanego tu błędu w stosunku do samej wartości stałej wynosi 130 milionowych – podczas gdy np. w przypadku masy protonu czy elektronu jest to tylko 0.6 milionowych, no a dla prędkości światła w próżni błąd stanowi tylko 0.004 milionowe tej podstawowej stałej fizycznej.

Słabo znana wartość G, rozbieżności w wynikach jej pomiarów – to sytuacja, w jakiej rodzić się mogą wątpliwości, czy „stała" ta jest rzeczywiście stała. Jedną z takich wątpliwości było pytanie, czy

wartość G nie zależy od odległości przyciągających się mas, czy nie należałoby tu pisać G(r). Ewidentnym przykładem tego typu zależności może być oddziaływanie silne oraz słabe. Otóż dla wielkich odległości, takich jak planetarne, tj. rzędu $10^{11}$m, sprawdzanie prawa Newtona poprzez badanie ruchów ciał niebieskich jest względnie łatwe – i tu żadnych niespodzianek być nie powinno. Co się natomiast tyczy odległości laboratoryjnych – metry, centymetry – to tu weryfikacja prawa Newtona jest znacznie trudniejsza. Stąd w okresie ostatnich dziesięciu lat tak dużo słyszało się o „piątej sile", gdzie wielkość oddziaływania grawitacyjnego miałaby być uzależniona od struktury jądra. Owa piąta siła okazała się jednak nieuchwytna, sprawa przycichła.

Rozpatrywano i inne możliwe aspekty zmian stałej grawitacji; były sugestie zależności G od temperatury, stopnia namagnesowania czy też ładunku elektrycznego. Najwięcej jednak uwagi skupiła możliwość słabnięcia siły oddziaływania grawitacyjnego w miarę upływu czasu.

Tab.2. Porównanie oddziaływań fundamentalnych.

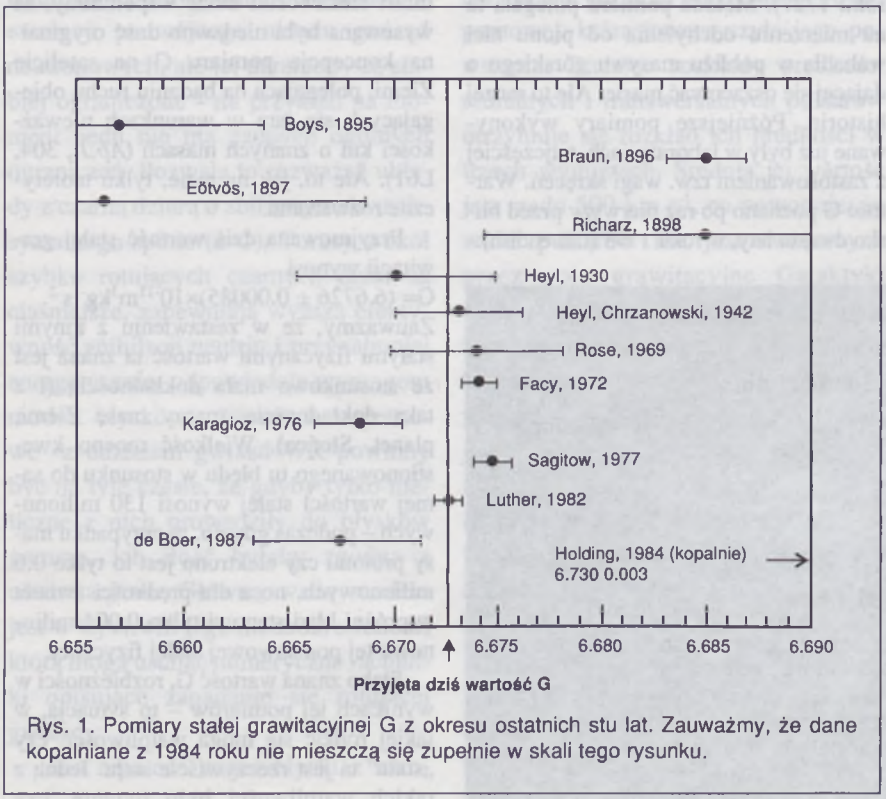
| Oddziaływanie | Względne natężenie | Zasięg (cm) | Czas charakterystyczny (s) |
|---|---|---|---|
| grawitacyjne | $5.9\times10^{-39}$ | $\infty$ | – |
| elektromagnetyczne | $7.3\times10^{-3}$ | $\infty$ | $10^{-20}$ – $10^{-16}$ |
| słabe | $10^{-5}$ | $<10^{-14}$ | $10^{-10}$ – $10^{-8}$ |
| silne (jądrowe) | 1 | $10^{-13}$ – $10^{-14}$ | $10^{-24}$ – $10^{-23}$ |

**Zależność G od czasu**
**Hipoteza Diraca**

Stałość „stałej" grawitacyjnej została zakwestionowana w roku 1938; pojawia się wówczas opracowana przez Diraca hipoteza, że G jest funkcją czasu – jej wartość miałaby systematycznie maleć. Autorytet współtwórcy elektrodynamiki kwantowej, laureata Nagrody Nobla z roku 1933, wywarł zapewne wpływ na fakt, iż problem ten stał się tematem bardzo wielu prac teoretycznych i eksperymentalnych. Sprawa nie straciła aktualności do dzisiaj. Na przykład w *Astrophysical Journal* z 20 grudnia 1994 roku ukazała się praca pt. „The Sun as a Probe of Varying G". Zmienność tej wielkości fizycznej musiałaby przecież odbić się na procesie ewolucji gwiazd; w pracy tej zwraca się uwagę, że badania heliosejsmologiczne Słońca mogłyby dostarczyć informacji na temat wartości G w ciągu jego ewolucji, tj. za okres minionych 4.5 miliardów lat.

Koncepcja Diraca oparta jest na swego rodzaju spekulatywnym rozważaniu, określanym mianem hipotezy dużych liczb. Oto skrót rozumowania. Wielkość $e^2/4\pi\varepsilon_0 m_e c^2$ ma wymiar czasu; nazywamy ją atomową jednostką czasu; wartość liczbowa tej jednostki wynosi $9.4\times10^{-24}$s – odpowiada to wymienionemu przez nas czasowi charakterystycznemu (czasowi relaksacji) dla oddziaływania silnego. Wyrażony w tych atomowych jednostkach czasu wiek Wszechświata wyraża się liczbą rzędu 1040. Otóż Dirac zauważa, że liczba ta jest w przybliżeniu równa stosunkowi oddziaływania elektromagnetycznego do grawitacyjnego między elektronem a protonem, wynoszącemu $e^2/4\pi\varepsilon_0 G m_e m_p = 2\times10^{39}$. Zdaniem Diraca, zbieżność ta miałaby wskazywać na wyraźny związek między kosmologią a atomizmem. Jeżeli tak, to przy założeniu że występujące tu stałe atomowe są niezmienne, musimy przyjąć zależność G od czasu t, a mianowicie: $G(t)\sim t^{-1}$.

Ale to jeszcze nie wszystko, nie tylko stała grawitacji miałaby zależeć od czasu, również i masa Wszechświata. Dirac bierze bowiem pod uwagę inną jeszcze wielką liczbę: $10^{78}$; jest to stosunek szacowanej masy Wszechświata do masy protonu. Otóż mając na uwadze, że $10^{78}=(10^{39})^2$, można wnioskować, że liczba nukleonów we Wszechświecie wzrastałaby proporcjonalnie do $t^2$. Postulowana w tej teorii kreacja nukleonów miałaby stanowić jakiś nie znany nam dotąd, nowy proces fizyczny.




Rys. 1. Pomiary stałej grawitacyjnej G z okresu ostatnich stu lat. Zauważmy, że dane kopalniane z 1984 roku nie mieszczą się zupełnie w skali tego rysunku.

**Czy jednak G maleje?**

Gdyby wartość G systematycznie malała, wniosek stąd jednoznaczny, że okresy obiegów ciał niebieskich wzrastają. Przed ponad pół wiekiem, kiedy hipotezę tę formułowano, nie było jeszcze możliwości weryfikacji takiego efektu. Dzisiaj, w dobie zegarów atomowych, sytuacja jest inna. Problem sprowadza się zatem do porównania czasu atomowego z czasem określanym przez ruch planet, który moglibyśmy nazwać grawitacyjnym (bardziej poprawna byłaby tu nazwa: czas efemeryd). Otóż tego typu badania prowadzono przez wiele lat, wyznaczając położenia planet metodą radarową; najdokładniejsze wyniki otrzymuje się tu z obserwacji Merkurego. Dane te pozwoliły stwierdzić, że $\Delta G/G<10^{-10}$ na rok.

Innym wariantem badań tego typu było wykorzystanie sygnałów przekazywanych przez marsjańskie sondy Viking

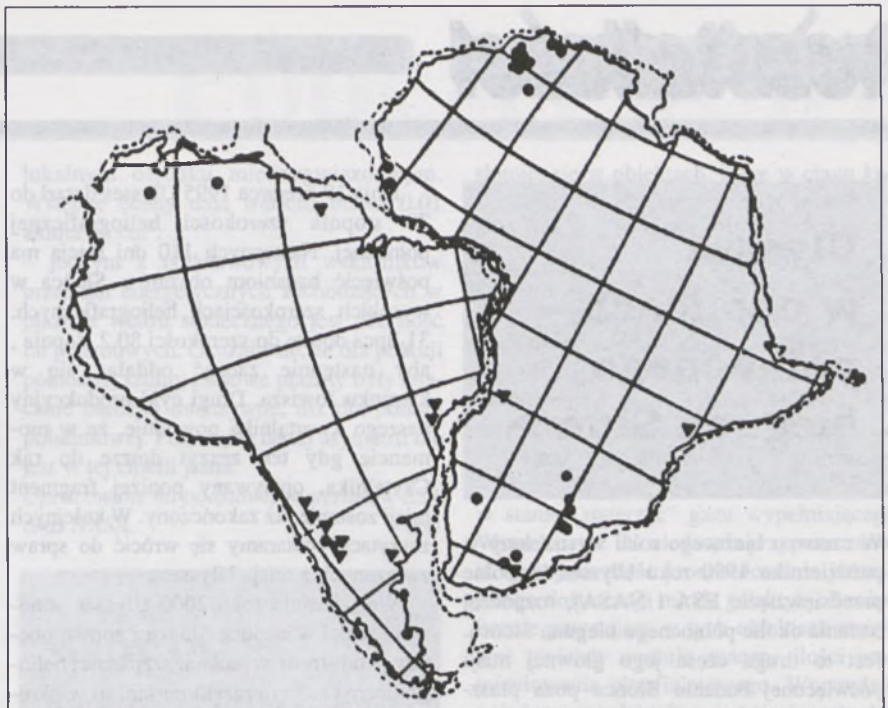
Lander (Viking I – 1976-82, Viking II – 1976-80). Wstępne dane dawały tu wynik $\Delta G/G = (0.2\pm0.4)\times10^{-11}$ na rok. Jednakże późniejsza analiza, uwzględniająca perturbacje planetoid, wskazywała tylko na górną granicę $(\Delta G/G)<3\times10^{-11}$ na rok.

Znacznie bardziej obiecująco przedstawia się sprawa badania stabilności G z obserwacji pulsarów (sygnały od Vikingów odbierano przez parę lat, sygnały od pulsarów odbierać będzie można dokąd istnieć będzie ziemska cywilizacja). Na możliwość wykorzystania pulsarów do tego celu zwrócono uwagę w roku 1988 (*Phys. Rev. Lett.*, 61, 1151). Jeżeli pulsar wchodzi w skład układu podwójnego – a stała grawitacji zmienia się – zmienia się oczywiście okres obiegu składników układu. Ale wartość G ma też wpływ i na okres rotacji pulsara, tj. na częstotliwość odbieranych impulsów.

Najdłużej obserwowanym jest tu „noblista", PSR 1913+16, pierwszy z poznanych w układzie podwójnym. Dane z piętnastu lat dały wynik $\Delta G/G = (1.1\pm1.1)\times10^{-11}$. Jednakże kandydatem najbardziej stosownym do badania G byłby raczej pulsar PSR 1855+09 (*Ap.J.*, 371, 739). Swego towarzysza, jakim jest biały karzeł obiega on w okresie 12.3 dnia; okres pulsacji 5.4 milisekund. Pierwsze kilka lat obserwacji dostarczyły danych $\Delta G/G = (7\pm12)\times10^{-11}$, ale możliwości precyzyjnych pomiarów są tu znacznie wyższe; po upływie dekady dokładność będzie tu już większa niż PSR 1913+16.

Co się zaś tyczy wpływu stałej grawitacji G na okres rotacji P pulsara, to występuje tu zależność $\Delta P/P = (\Delta P/P)^{G=const} - \kappa\Delta G/G$, gdzie wielkość $\kappa$ wiąże się ze zmianą momentu bezwładności gwiazdy neutronowej wynikającą ze zmiany G. Jak wiadomo, prędkość rotacji pulsarów maleje. Otóż do wyłapania efektu wynikającego z ewentualnej zmienności G najbardziej nadawać się będą takie pulsary, u których to zwalnianie ruchu wirowego jest najsłabsze. Pulsarem o najmniejszej wartości pochodnej okresu rotacji jest właśnie pulsar PSR 1855+09, gdzie P jest rzędu $10^{-20}$. Wywołane ewentualnymi zmianami G zmiany w okresie rotacji byłyby tu – po latach – najłatwiejsze do wykrycia.

Najbardziej, jak dotąd, przekonywujących argumentów za niezmiennością stałej grawitacji dostarczyła nam jednak ... geologia. Gdyby siła oddziaływania grawitacyjnego z czasem malała, rozmiary Ziemi i planet we wcześniejszych epokach geologicznych musiałyby być inne. Argumentem w tym kierunku mogłyby być pasujące do siebie brzegi Ameryki Południowej i Afryki (rys.2), czy też Afryki i Madagaskaru – co można



Rys. 2. Kontynenty Ameryki Płd. i Afryki z zaznaczonymi miejscami, w których prowadzono badania paleomagnetyczne.

by tłumaczyć rozszerzaniem się naszej planety w następstwie malenia G. Badania geologiczne nie potwierdzają jednak hipotezy rozszerzania się. Do badań tego typu wykorzystuje się dziś dane paleomagnetyczne, które umożliwiają odtwarzanie wartości promienia Ziemi z minionych epok (*Nature*, 271, 316). Użyjmy tu nowotworu językowego i nazwijmy ten promień paleopromieniem. Otóż ze szczegółowych badań wynika, że ów paleopromień Ziemi sprzed 400 milionów lat wynosił, w stosunku do wartości dzisiejszej: 1.020±0.028.

Gdy chodzi o ciała niebieskie o trwale zarysowanych cechach powierzchni, geologia może wyciągać wnioski na temat wieku obserwowanej obecnie powierzchni. Otóż gdy chodzi o powierzchnię Księżyca, to wynikałoby, że została ona zamrożona w obecnej postaci około 3.2 miliarda lat temu; paleopromień Księżyca: 1.0000±0.0006. Co do Merkurego, którego powierzchnię ukazała nam w roku 1974 sonda Mariner 10, geologowie przewidują możliwą kontrakcję o 2 km przed około 4 miliardami lat – i to wszystko. W przypadku planety Mars, paleopromień sprzed 1 miliarda lat wynosiłby:1.000±0.0003.

Z danych geologicznych wyciągnąć można ogólny wniosek, że $\Delta G/G < 8\times10^{-12}$ przy modelu kosmologicznym o stałej masie, oraz że $\Delta G/G < 2\times10^{-11}$ przy modelu z kreacją multiplikatywną Diraca.

Na koniec nawiążmy jeszcze do teorii grawitacji Einsteina. Ogólna teoria względności Einsteina wymaga stałości G. Zauważmy w charakterze dygresji, że gdyby G podlegało zmianom, wpływ na zjawiska z tematyki relatywistycznej byłby znaczący. Na przykład moc emitowanego z układu podwójnego promieniowania grawitacyjnego, co do realności którego nie ma już dziś wątpliwości, zależy od $G^4M^5/(cr)^5$ – a więc od czwartej potęgi G. W następstwie emisji fal grawitacyjnych układ podwójny z czasem zaniknie; w wyrażeniu na czas zaniku pojawiają się wielkości $c^5r^4/(GM)^3$.

W czasach Diraca teoria grawitacji Einsteina była jedną z najbardziej znanych, ale jednocześnie mało udowodnionych. Stąd powstawały i inne, modyfikujące ją teorie, jak np. teoria Bransa–Dickego, która przewiduje malenie G rzędu $10^{-11}$ na rok.

W międzyczasie dużo jednak się zmieniło – i to zdecydowanie na korzyść Einsteina. Wszystkie, wynikające z ogólnej teorii względności zjawiska potwierdzają się obserwacyjnie i to z bardzo wysoką dokładnością. W szczególności relatywistyczny pulsar PSR 1913+16, z odkryciem którego wiązała się Nagroda Nobla z roku 1993, to w pewnym sensie drugi Nobel dla Einsteina. Potwierdzanie się teorii, która zakłada stałość G, jest niewątpliwie argumentem za niezmiennością tej stałej uniwersalnej.

*Tadeusz Jarzębowski jest emerytowanym docentem astronomii, pionierem obserwacji fotoelektrycznych w Polsce, zapalonym turystą, który na rowerze zwiedził cały chyba świat oraz zamiłowanym dydaktykiem i popularyzatorem astronomii.*

# Ulysses w okolicach północnego bieguna Słońca

W czerwcu bieżącego roku wystrzelony w październiku 1990 roku Ulysses (wspólne przedsięwzięcie ESA i NASA), rozpoczął badania okolic północnego bieguna Słońca. Jest to druga część jego głównej misji poświęconej badaniu Słońca poza płaszczyzną ekliptyki – w obszarach nigdy jeszcze nie odwiedzanych przez stacje kosmiczne. Okolice biegunowe definiujemy tutaj jako położone powyżej 70 stopnia szerokości heliograficznej. W roku ubiegłym miało miejsce podobne przejście w okolicach południowego bieguna Słońca. Trwało ono 132 dni co odpowiada 5 rotacjom Słońca. Zakres odległości stacji od Słońca wyniósł 2.8 – 1.9 jednostek astronomicznych. Najbardziej na południe wysunięty punkt swojej trajektorii osiągnął Ulysses 13 września 1994 roku (80.2 stopni szerokości południowej w odległości 2.3 jednostek astronomicznych od Słońca).

Dnia 19 czerwca 1995 Ulysses dotarł do 70 stopnia szerokości heliograficznej północnej. Następnych 110 dni stacja ma poświęcić badaniom obszarów Słońca w wysokich szerokościach heliograficznych. 31 lipca dotrze do szerokości 80.2 stopnia , aby następnie zacząć oddalać się w kierunku Jowisza. Długi cykl produkcyjny naszego kwartalnika powoduje, że w momencie gdy ten zeszyt dotrze do rąk Czytelnika, opisywany poniżej fragment misji zostanie już zakończony. W kolejnych zeszytach postaramy się wrócić do spraw związanych z misją Ulyssesa.

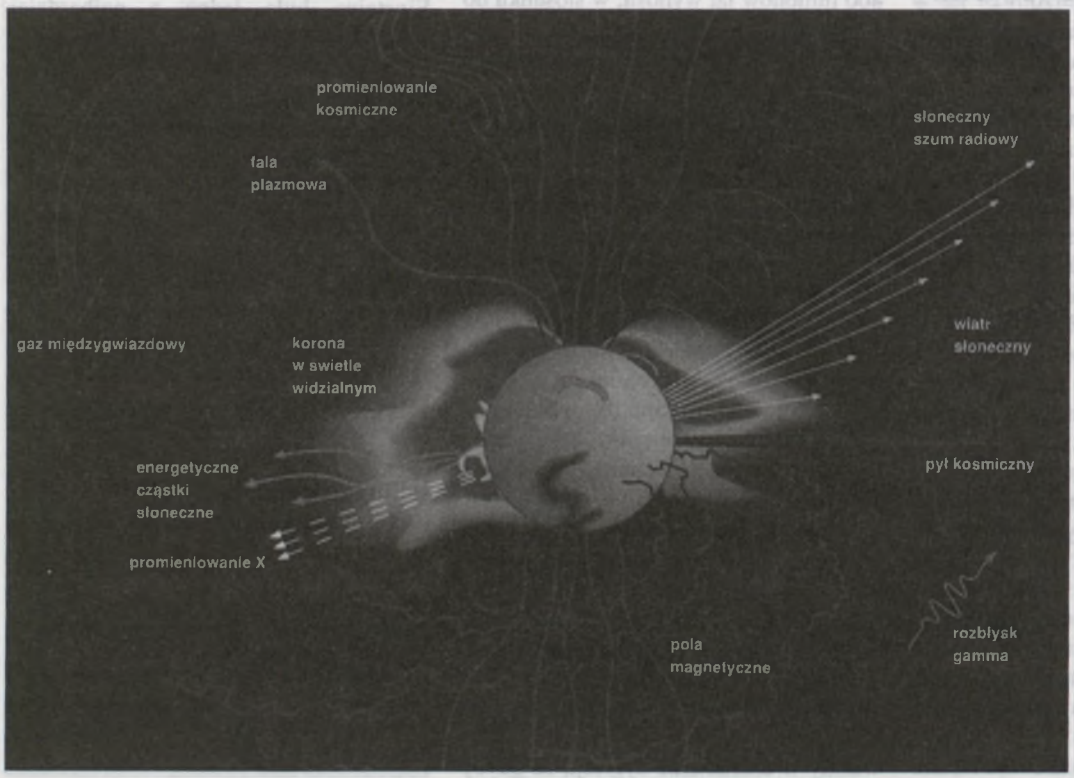
We wrześniu roku 2000 Ulysses ponownie wróci w okolice Słońca i znowu obejrzy je od strony wysokich szerokości heliograficznych. Tym razem nastąpi to w okresie wysokiej aktywności słonecznej, można zatem oczekiwać nowych, interesujących obserwacji. Niniejsza notka zdąży jednak ukazać się wcześniej i dlatego ograniczymy się w niej do obecnego przejścia w okolicach Słońca.

Chociaż do osiągnięcia maksymalnej szerokości heliograficznej północnej jeszcze nie doszło, obserwuje się szereg ciekawych zjawisk pozwalających na lepsze zrozumienie trójwymiarowej struktury otoczenia Słońca. Należy wspomnieć o kilku podstawowych sprawach:

– potwierdzone zostały różnice w prędkościach wiatru słonecznego obserwowanego w pobliżu płaszczyzny ekliptyki i w wysokich szerokościach heliograficznych. Podobnie jak dla przejścia w okolicach bieguna południowego, dla wyższych szerokości zaobserwowano prawie dwukrotny wzrost prędkości wiatru (do ok. 800 km/s). O ile w niskich szerokościach heliograficznych obserwowano powolny wiatr słoneczny przemieszany ze strumieniami znacznie szybszej plazmy, to obszary biegunowe są zdominowane przez szybki wiatr rozchodzący się w obszarze dziur koronalnych. Szybki wiatr różni się od wolnego również składem chemicznym – zawiera m.in. więcej tlenu. Granice pomiędzy szybkim i wolnym wiatrem są dobrze zdefiniowane – nawet dla tak dużych odległości obserwacji jak w przypadku Ulyssesa,

– utrata masy przez Słońce (za pośrednictwem wiatru słonecznego) mierzona w okolicach bieguna południowego wynosi ok. miliona ton na sekundę. Okazało się, że ciśnienie wiatru słonecznego jest znacznie wyższe nad biegunem południowym, niż w okolicy równika słonecznego. Oznacza to, że heliosfera może być wyciągnięta w kierunku biegunów Słońca sięgając tam znacznie dalej w przestrzeń międzygwiezdną, niż na równiku,

– oprócz regularnej utraty masy za pośrednictwem wiatru obserwuje się również koronalne wyrzuty materii. Dla niskich szerokości heliograficznych te olbrzymie "bąble" plazmy o masie dochodzącej do



$10^{13}$ kg wdzierają się do wolniejszego wiatru słonecznego (niektórzy porównują to zjawisko do działania pługu śnieżnego) wytwarzając w nim fale uderzeniowe. Dla dużych szerokości obraz jest odmienny – "bąble" poruszają się wraz z szybkim wiatrem ekspandując wewnątrz niego (prawdopodobnie wskutek dużego ciśnienia w ich wnętrzu). W wyniku ekspansji powstają DWIE fale uderzeniowe – jedna skierowana do, a druga od Słońca,

– badaczy interesowała również struktura słonecznego pola magnetycznego. W szczególności spodziewano się zagęszczenia linii sił pola magnetycznego w pobliżu bieguna magnetycznego Słońca posiadającego w przybliżeniu pole dipolowe. To co zaobserwowano przypominało bardziej pole jednorodne bez koncentracji linii w okolicach wyższych szerokości heliograficznych. Być może należy przemyśleć ponownie sposób wynoszenia przez wiatr słoneczny pola magnetycznego na zewnątrz,

– inną sprawą związaną z polem magnetycznym Słońca jest propagacja promieni kosmicznych w heliosferze. Przychodzące do nas z zewnątrz wysokoenergetyczne cząstki – jądra atomów przyspieszanych m.in. w wyniku wybuchów supernowych – są rozpraszane na niejednorodnościach międzyplanetarnego pola magnetycznego. Przez analogię do magnetosfery Ziemi gdzie cząstki wiatru słonecznego mają łatwy dostęp do atmosfery w obszarach polarnych, spodziewano się łatwiejszego dostępu promieni kosmicznych do analogicznych obszarów na Słońcu. Rolę magnetosfery ziemskiej spełniałaby heliosfera. Możnaby studiować skład chemiczny i rozkład energii dla znacznie większego zakresu energii niż było to możliwe dotychczas. Rzeczywiście zaobserwowano wzrost strumienia cząstek promieniowania kosmicznego nad obszarami biegunowymi Słońca, jednak znacznie mniejszy niż się spodziewano. Wydaje się, że niejednorodności pola w obszarach biegunowych są jednak dostatecznie silne, aby skutecznie rozpraszać promienie kosmiczne,

– do heliosfery dostają się neutralne atomy gazu międzygwiazdowego. Po zbliżeniu się do Słońca ulegają jonizacji, aby następnie zostać porwane przez wiatr słoneczny. Są to tzw. „pick–up ions". Po raz pierwszy znaleziono w wietrze słonecznym jony helu, tlenu, azotu i neonu pochodzenia międzygwiazdowego. Pomiary strumieni jonów helu zarówno pochodzenia słonecznego jak i międzygwiazdowego pozwoliły na ocenę absolutnej obfitości neutralnego helu w lokalnym ośrodku międzygwiazdowym. Wstępne oceny dają wartość bliską 0.01 atomu na $cm^3$.

– jednym z podstawowych wskaźników przemian energetycznych zachodzących w plazmie wiatru słonecznego jest obecność fal plazmowych. Okazało się, że dla półkuli północnej szumy radiowe plazmy były znacznie bardziej intensywne, niż dla półkuli południowej. Przyczyna takiej asymetrii nie jest w tej chwili jasna.

*Opracowane na podstawie materiałów ESA oraz NASA.* **(rs)**

# Kłopoty z nadfioletem

Obserwacje w dalekim nadfiolecie dokonane z pokładu promu kosmicznego w ramach eksperymentu ASTRO-2 nie potwierdziły hipotezy, jakoby młode galaktyki, tj galaktyki, w których zachodzą niezwykle intensywne procesy powstawania nowych gwiazd, były silnymi źródłami jonizującego promieniowania nadfioletowego.

Obserwacje odległych kwazarów wykazują niezbicie, że Wszechświat jest niezwykle przezroczysty nie tylko w świetle widzialnym, ale również w dalekim nadfiolecie. Fotony promieniowania o energiach zdolnych do zjonizowania wodoru, czyli o długościach fali krótszych niż 912 Å są w stanie przebiegać swobodnie tysiące megaparseków nie natrafiając na zauważalne przeszkody. Wnioskujemy stąd, iż wodór wypełniający przestrzenie międzygalaktyczne jest w bardzo silnym stopniu, niemal w 100% zjonizowany. Neutralny wodór stanowi bowiem dla tego promieniowania barierę nie do przebycia. Używając niezbyt eleganckiego „technicznego języka astronomicznego" powiemy, że Wszechświat jest optycznie cienki dla promieniowania jonizującego, a gdyby był wypełniony wodorem neutralnym o tej samej gęstości stałby się optycznie gruby.

Wiemy, że w bardzo odległych epokach kosmologicznych, zanim powstały pierwsze galaktyki i kwazary, a dokładniej – zanim powstały jakiekolwiek obiekty kosmiczne zdolne emitować promieniowanie jonizujące, Wszechświat przez setki milionów lat był zbudowany z neutralnego gazu, głównie mieszanki wodoru i helu. Prawdopodobnie wskutek oddziaływania grawitacyjnego, ogromna większość tej materii skupiła się w obiektach, które w ciągu kolejnych miliardów lat utworzyły znaną nam obecnie populację galaktyk.

Do zjonizowania materii wypełniającej przestrzenie międzygalaktyczne potrzeba znacznej ilości promieniowania o dostatecznie małych długościach fal. Astronomowie od już szeregu lat szukają źródeł tego promieniowania. Wiadomo, że obiektami emitującymi promieniowanie nadfioletowe są kwazary. Wydaje się jednak, że kwazary – mimo swych olbrzymich jasności – nie są w stanie „rozgrzać" gazu wypełniającego Wszechświat. Do niedawna przypuszczano, iż brakującą część promieniowania jonizującego dostarczają młode galaktyki. Bardzo licznie powstające w tych obiektach masywne gwiazdy emitują znaczne ilości promieniowania ultrafioletowego. Wprawdzie pojedyncza galaktyka, w której zachodzą procesy gwiazdotwórcze nie dorównuje jasnością nawet przeciętnemu kwazarowi, to liczba takich galaktyk w czasach młodości Wszechświata była wielokrotnie większa niż kwazarów i ich łączna jasność w nadfiolecie powinna być znacząca.

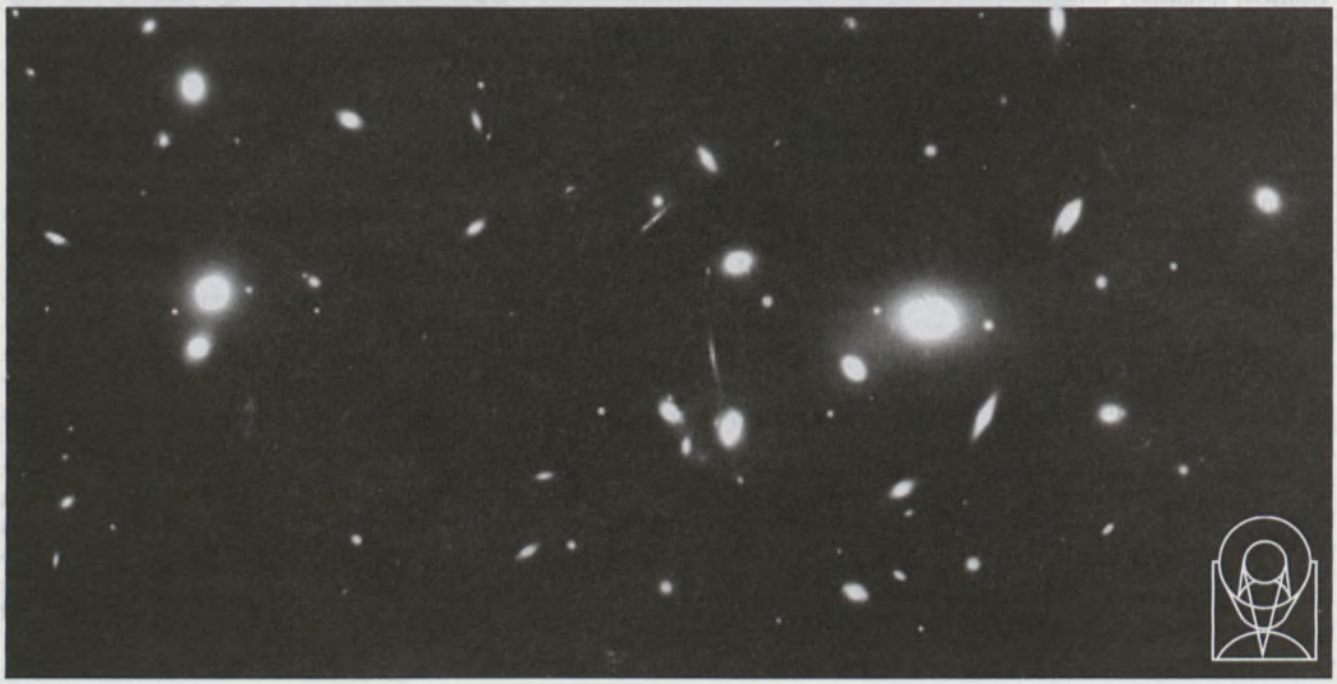
W ramach eksperymentu ASTRO-2 skierowano teleskop zdolny rejestrować promieniowanie o długości fal w okolicy 950Å na kilka galaktyk, w których obecnie intensywnie powstają gwiazdy (Mkn 1257, Mkn 66, NGC 6090 i IRAS 08339+6517). W tych galaktykach spodziewamy się warunków zbliżonych do tych, jakie panowały w większości galaktyk we wczesnym Wszechświecie. Wybór 950 Å nie był przypadkowy. Ta długość fali znajduje się przed tzw. progiem Lymana, czyli fotony tego promieniowania niosą zbyt małą energię, aby zjonizować wodór w Galaktyce. Zatem może ono bez przeszkód dotrzeć do nas przez rozległe obszary neutralnego gazu skupionego w Drodze Mlecznej. Jednocześnie wiadomo, że wskutek efektu Dopplera, promieniowanie to zostało wysłane z wymienionych galaktyk powyżej progu Lymana. Czyli potencjalnie podlega absorpcji przez gaz znajdujący się w tych obiektach. Wyniki pomiarów okazały się zaskakujące. Zaledwie kilka procent promieniowania jonizującego opuszcza obiekt macierzysty, natomiast znakomita jego większość zostaje pochłonięta „na miejscu" przez neutralny gaz. Ocenia się, że dla zjonizowania materii międzygalaktycznej około połowy promieniowania musi uciec z galaktyki. Wynika z tego, że galaktyki „gwiazdotwórcze" nie są w stanie znacząco wpłynąć na proces jonizacji ośrodka. A pytanie, gdzie zostało wyprodukowane promieniowanie, które zjonizowało Wszechświat, pozostaje nadal bez odpowiedzi. **(as)**

# Abell 2218 soczewką grawitacyjną

Zdjęcie gromady galaktyk Abell 2218 wykonane za pomocą teleskopu Hubble'a wyraziście ukazuje zjawisko soczewkowania grawitacyjnego. Delikatne zakrzywione linie – obrazy dalekich galaktyk tworzą na tle Abell 2218 niezwykłą strukturę obejmującą gromadę niczym ogromna pajęczyna.

Abell 2218 mieści się w pierwszej siódemce najbogatszych gromad spośród ponad 2700 obiektów tego typu sklasyfikowanych przez Georga Abella. Gromady galaktyk stanowią największe i najbardziej masywne znane nam zgrupowania materii w Kosmosie. Mimo, że wciąż mamy kłopoty z wyznaczeniem, jak wiele masy skupione jest w poszczególnych gromadach, nie ulega wątpliwości, iż w centralnych obszarach gromad galaktyk gęstość materii przekracza wielokrotnie średnią gęstość materii we Wszechświecie. Obserwacje wskazują, że w niektórych, szczególnie bogatych gromadach, takich właśnie, jak Abell 2218, w kuli o promieniu 1 Mpc znajduje się masa $10^{15}$ mas Słońca i więcej. Nie jest jasne, czy cała ta materia wchodzi w skład galaktyk; nie mamy nawet pewności, czy materia ta jest zbudowana ze znanych nam cząstek elementarnych. Być może galaktyki widoczne na zdjęciach, to zaledwie kilka do dziesięciu procent całej materii w gromadzie. Niezależnie jednak od tych niejasności, obecność tak ogromnego skupiska materii wytwarza rozległy obszar obniżonego potencjału grawitacyjnego. Ogólna Teoria Względności przewiduje, że światło odległych źródeł, na przykład innych galaktyk, przechodząc przez „dół" potencjału zmienia swój bieg. Mówiąc obrazowo, gromada galaktyk zakrzywia promienie świetlne niczym gigantyczna soczewka. Przy odpowiednim wzajemnym ustawieniu źródła światła, soczewki grawitacyjnej i nas – obserwatorów, możemy dostrzec zjawiska podobne do tych, jakie widzimy przy przechodzeniu światła przez zwyczajne szklane soczewki. Prawa optyki geometrycznej wyjaśniają dlaczego czasami obraz źródła wytworzony przez soczewkę, zostaje przesunięty i zdeformowany, powiększony, lub pomniejszony. Dokładnie te same zjawiska udaje się obecnie obserwować, przy przechodzeniu światła przez kosmiczne soczewki grawitacyjne. Jedną z takich soczewek jest gromada Abell 2218. Znajduje się ona w dosyć dużej odległości: jej przesunięcie widma ku czerwieni, $z$ = 0.171. Jest oczywiste, że galaktyki, których obrazy zostały zdeformowane przez potencjał grawitacyjny gromady, są położone poza nią; niektóre nawet 5 do 10 razy dalej. Abell 2218 działa w tym przypadku jak teleobiektyw. Słabe i o niewielkich rozmiarach kątowych odległe obiekty zostają dzięki Abell 2218 powiększone na tyle, że można badać ich wewnętrzną strukturę. W ten sposób połączenie doskonałych technicznych parametrów Teleskopu Hubble'a i zjawisk ogniskowania grawitacyjnego stwarza unikatowe możliwości badania szczegółów budowy rozmaitych obiektów w dawnych epokach kosmologicznych, gdy Wszechświat był kilkakrotnie młodszy niż obecnie, a wiele galaktyk rozpoczynało dopiero swoje życie w gwałtownych procesach gwiazdotwórczych.

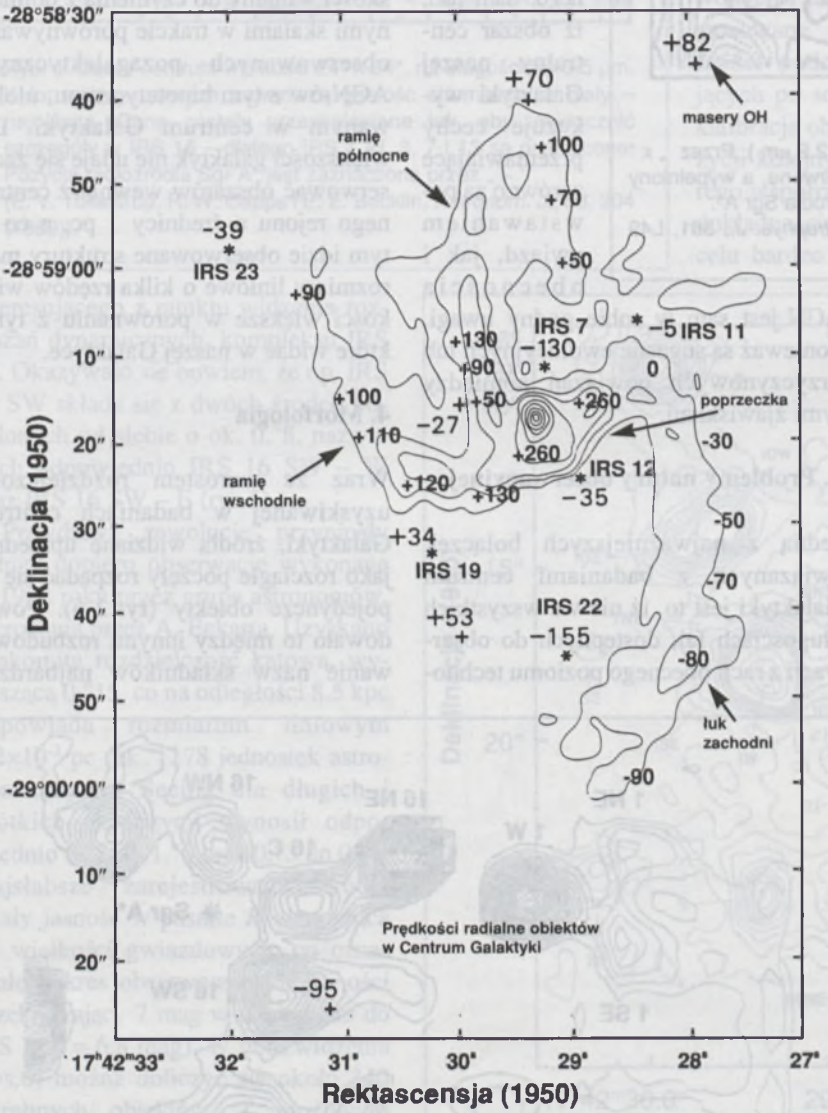
Oczywiście Abell 2218 nie jest doskonałym „przyrządem optycznym". Obrazy galaktyk są zawsze silnie zdeformowane; tworzą różnej długości łuki, których środki krzywizn wskazują z dobrym przybliżeniem centrum gromady. Przy korzystnym ustawieniu soczewki grawitacyjnej może dojść do powstania paru obrazów pojedynczego źródła. Abell 2218 również pod tym względem jest wyjątkowa. Udało sie bowiem zaobserwować aż 7 takich obrazów. Ilościowa analiza rozmieszczenia i kształtów obrazów, a szczególnie obrazów wielokrotnych, pozwala wyznaczyć rozkład potencjału grawitacyjnego wytworzonego przez materię gromady, a tym samym – rozkład masy wewnątrz Abell 2218. Obserwacje większej liczby soczewek grawitacyjnych utworzonych przez gromady galaktyk przybliżą zapewne wyjaśnienie problemu ukrytej masy w gromadach i dadzą odpowiedź na wiele pytań dotyczących powstawania i ewolucji gromad galaktyk. (as)



**Mianem promieniowania podczerwonego określamy część widma elektromagnetycznego obejmującą zakres od 1 mm do 1000 μm. Dodatkowo, umownie wyodrębniamy dwa podzakresy : bliską (1 – 25μm) i daleką (25 – 1000 μm) podczerwień. Kwant podczerwony, o długości fali 100 μm, niesie energię rzędu 0.01eV, podczas gdy energia typowego kwantu światła widzialnego jest równa około 2–3 eV.**
**W fotometrii podczerwonej używa się szeregu filtrów. Są to między innymi : *J*(1.25 μm), *H*(1.60 μm), *K*(2.2 μm), *L*(3.4 μm), *M*(5.0 μm), *N*(10.2 μm), *Q*(22.0 μm).**

# Podczerwony obraz centrum Galaktyki

Marek Gołębiewski




Rys. 1. Mini ramiona spiralne widoczne w centrum Galaktyki na fali o długości 2 cm. Zaznaczone zostały prędkości radialne (w km/s) gazu, kilka źródeł obserwowanych na 2 μm (IRS 7, 11, 12, 19, 22 i 23) oraz maserów OH. W strukturze prędkości radialnych gwiazd trudno jest znaleźć jakieś uporządkowanie – np. rotację, w przeciwieństwie do neutralnego i zjonizowanego gazu.
(K. Sellgren, D. N. B. Hall i S. G. Kleinmann, *Astrophys. J.*, **317**, 881 (1987)).

## 1. Ogólny obraz jądra Galaktyki

Okolice centrum Galaktyki zajmuje obiekt radiowy o nazwie Sagittarius A, wielkości około 15 parseków. Tworzą go w wyniku projekcji dwa podźródła : Sgr A West i Sgr A East – położone mniej więcej w odległości 3 pc jedno za drugim. Sgr A East wysyła promieniowanie synchrotronowe i jest najprawdopodobniej pozostałością po wybuchu supernowej. Drugi obiekt charakteryzuje się widmem termicznym. W okolicach właściwego centrum Galaktyki znajduje się zwarte, nietermiczne radioźródło, nazwane Sgr A*.

Z obserwacji w zakresie dalekiej podczerwieni dostajemy informacje o pyle zawartym w omawianym obszarze. Okazuje się, że tworzy on rodzaj torusa rozciągającego się symetrycznie względem Sgr A*. Przy czym wewnętrzna granica tej struktury przebiega w odległości około 2 pc od radioźródła; pył tworzący torus jest stosunkowo zimny (50 – 90 K). Centralny obszar o promieniu 2 parseków zawiera dużo gorętszy pył, jednakże o małej gęstości. Oprócz pyłu, obserwuje się także obecność gazu, złożonego z rozmaitych molekuł. Gaz z pyłem tworzą łącznie strukturę przypominającą spłaszczony dysk, nachylony do płaszczyzny Galaktyki pod kątem około 25° i rotujący z prędkością 100 – 110 km/s.

Zjonizowany gaz skupiony w obszarze centralnym o średnicy 2 pc tworzy mini ramiona spiralne (rys.1). Średnia prędkość ruchu tego gazu zwiększa się w kierunku centrum Galaktyki od w przybliżeniu ±100 km/s dla ok. 2 pc, ±150 km/s dla 0.7 pc, ±260 km/s dla

Rys. 2. Widok centrum Galaktyki w paśmie K (2.2 μm ). Przez „ x " oznaczono IRS 7, „ + " – różne źródła podczerwone, a wypełniony kwadrat reprezentuje obliczoną pozycję radioźródła Sgr A*.
(W. J. Forrest, J. L. Pipher i W. A. Stein, *Astrophys. J.*, **301**, L49 (1986)).

0.3 pc do ±700 km/s dla 0.1 pc.

W zakresie podczerwonym widać w jądrze szereg dyskretnych źródeł promieniowania, szerzej omówionych w dalszej części tekstu.

## 2. Waga obserwacji centrum Galaktyki

Ponieważ Galaktyka jest elementem Wszechświata, do którego bezpośrednio należy nasz Układ Słoneczny, w naturalny sposób stanowi ona ciekawy i ważny obiekt zainteresowania astronomów. Pociąga to za sobą zwyczajową ciekawość, co znajduje się w centrum danego obiektu. Byłoby to jednak zbytnie uproszczenie problemu. Centrum Galaktyki jest ze wszech miar interesujące z wielu bardziej „naukowych" powodów. Istnieją podejrzenia, że może ono stanowić przykład aktywnego jądra galaktycznego, tzw. AGN (z ang. active galactic nucleus)[1] – być może znajduje się tam masywna czarna dziura. Inne przesłanki obserwacyjne zdają się przemawiać za hipotezą seryjnego powstawania gwiazd w niedalekiej, w skali astronomicznej, przeszłości. Oznaczałoby to prawdopodobnie również, że centrum Galaktyki jest jednym z najwydajniejszych w produkcji nowych gwiazd miejsc w Galaktyce. Widać więc, że jest szansa obserwacji najbliższego znanego nam przykładu aktywnego jądra galaktycznego. Sam fakt, iż obszar centralny naszej Galaktyki wykazuje cechy przemawiające zarówno za powstawaniem gwiazd, jak i obecnością AGN jest sam w sobie godny uwagi, ponieważ są sugestie ewolucyjnych lub przyczynowych powiązań pomiędzy tymi zjawiskami.

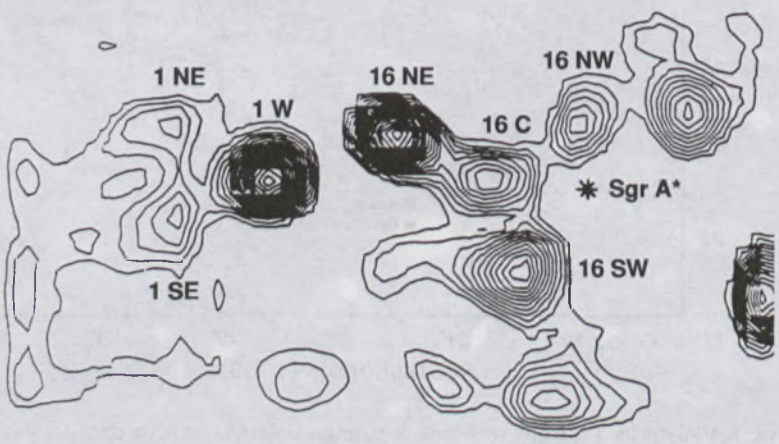
[1] AGN-om poświęcony był obszerny artykuł w PA 4/94, str. 162.

## 3. Problemy natury obserwacyjnej

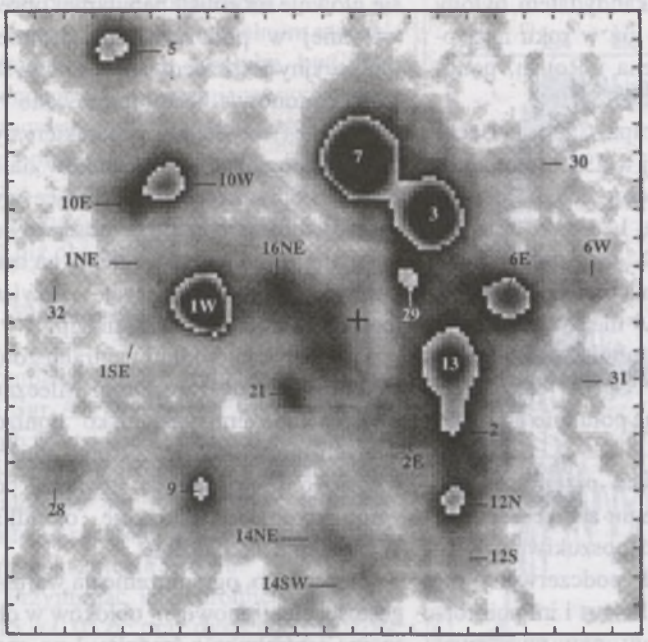
Jedną z najważniejszych bolączek związanych z badaniami centrum Galaktyki jest to, iż nie we wszystkich długościach fal, dostępnych do obserwacji z racji obecnego poziomu technologicznego, obszar ten jest widoczny. Wiąże się to ze znaczną ekstynkcją, którą w zakresie widzialnym niektórzy autorzy szacują nawet na $A_V \approx 30$ mag. Oznacza to mniej więcej, że jeden foton na $10^{12}$ ma szansę wydostać się z centrum. (W zakresie podczerwonym, odpowiednia ekstynkcja jest ponad dziesięć razy mniejsza i wynosi w paśmie $K$(2,2 μm) $A_K \approx 3$ mag.) Fakt ten stanowi poważne utrudnienie w testowaniu hipotezy o istnieniu AGN w centrum naszej Galaktyki – odpowiednich klasyfikacji dokonuje się zazwyczaj na podstawie obserwacji w optycznej części widma. Dodatkowo, bliskość tego regionu powoduje kolejny problem. Brzmi to paradoksalnie, ale wynika on właśnie z powodu tej bliskości – mamy do czynienia z odmiennymi skalami w trakcie porównywania obserwowanych pozagalaktycznych AGN-ów z tym hipotetycznym, ulokowanym w centrum Galaktyki. Dla większości galaktyk nie udaje się zaobserwować obszarów wewnątrz centralnego rejonu o średnicy 1 pc, a co za tym idzie obserwowane struktury mają rozmiary liniowe o kilka rzędów wielkości większe w porównaniu z tymi, które widać w naszej Galaktyce.

## 4. Morfologia

Wraz ze wzrostem rozdzielczości uzyskiwanej w badaniach centrum Galaktyki, źródła widziane uprzednio jako rozciągłe poczęły rozpadać się na pojedyncze obiekty (rys.2-6). Powodowało to między innymi rozbudowywanie nazw składników najbardziej




Rys. 3. Obraz kompleksu IRS 16 oraz IRS 1, widzianych na fali o długości 2.2 μm w dużej zdolności rozdzielczej.
(G. H. Rieke, M. J. Rieke i A. E. Paul, *Astrophys. J.*, **336**, 752 (1989)).




Rys. 4. Obraz centrum wielkości 24″ x 24″, na długości fali 3.5 μm. Kolor czarny oznacza najwyższą gęstość strumienia, a biały – najniższą. Dane zostały przeskalowane tak, aby uwidocznić szczegóły w IRS 16 – dlatego IRS 1 W, 3, 7 i 13 są przesycone. Pozycja radioźródła Sgr A* jest zaznaczona przez „ + ".
(E. V. Tollestrup, R. W. Capps i E. E. Becklin, *Astronom. J.*, **98**, 204 (1989)).

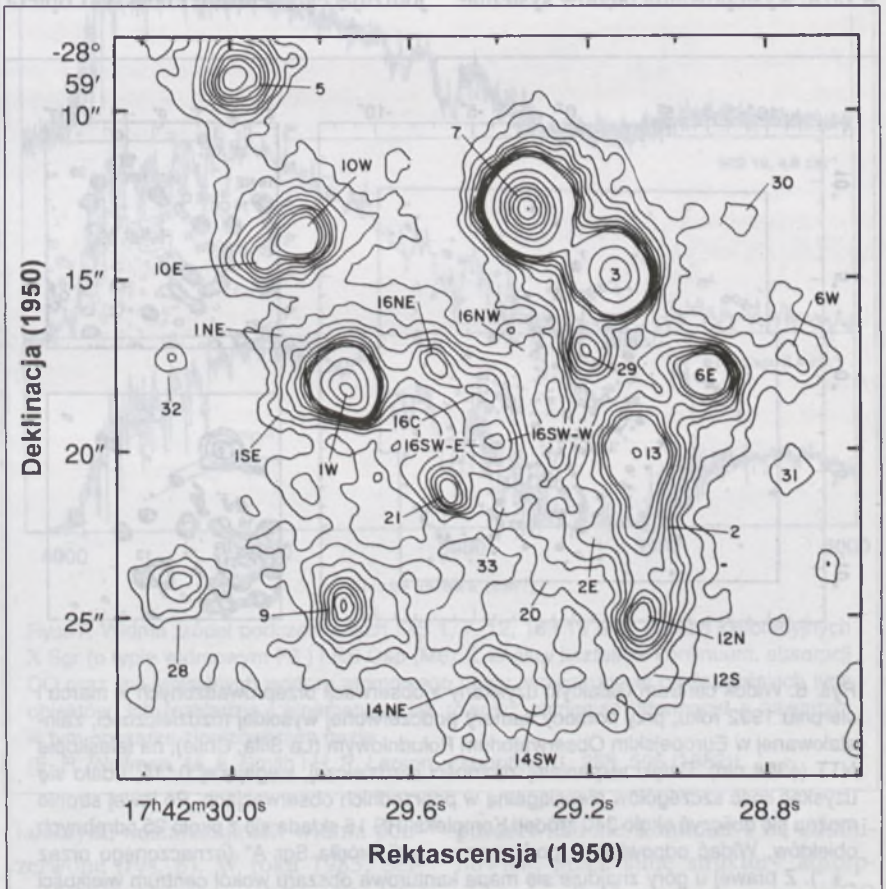
interesującego z punktu widzenia rozważań dynamicznych, kompleksu IRS 16. Okazywało się bowiem, że np. IRS 16 SW składa się z dwóch źródeł, oddalonych od siebie o ok. 0.″8, nazwanych odpowiednio IRS 16 SW – W oraz IRS 16 SW – E (rys.5).

Prawdziwą „rewolucję" przyniosły jednak dopiero obserwacje wykonane w 1992 roku przez grupę astronomów, kierowaną przez A. Eckarta. Uzyskano znakomitą rozdzielczość kątową, wynoszącą 0.″15, co na odległości 8.5 kpc odpowiada rozmiarom liniowym $6.2\times10^{-3}$ pc (ok. 1278 jednostek astronomicznych). Seeing dla długich i krótkich ekspozycji wynosił odpowiednio 0.″8 do 1.″0 oraz 0.″3 do 0.″5. Najsłabsze zarejestrowane źródła miały jasność w pasmie $K$ wynoszącą 14 wielkości gwiazdowych, co oznaczało zakres obserwowanych jasności przekraczający 7 mag w odniesieniu do IRS 7 ($K$ = 6.8 mag). W polu widzenia (rys.6) można doliczyć się około 340 odrębnych obiektów. Z możliwym wyjątkiem kompleksu IRS 13 (5 do 10 członków, w obszarze o promieniu ok. 0.′5), nie widać tendencji do tworzenia się podgromad. IRS 16 rozpada się na około 25 źródeł, przy czym okultacje Księżyca pokazują, że najjaśniejsze z nich są prawdopodobnie pojedynczymi lub wielokrotnymi gwiazdami, ponieważ ich rozmiary są mniejsze niż 100 jednostek astronomicznych.

W zakresie niepewności kalibracji natężenia odbieranego strumienia (mniej niż 10 %), obraz z 340 zwartymi źródłami o $K \leq 14$ mag zawiera całą gęstość strumienia przedstawianą we wcześniejszych, ograniczonych seeingiem obrazach, przy czym 2/3 z tego strumienia pochodzi od 29 najjaśniejszych źródeł.

### 5. Kompleks IRS 16 a radioźródło Sgr A*

Jednym z najważniejszych zagadnień dotyczących centrum Galaktyki jest związek pomiędzy radioźródłem Sgr A*, a kompleksem IRS 16. Oba te obiekty znajdują się na linii widzenia centrum dynamicznego Galaktyki. Warto w tym momencie przytoczyć historię poszukiwania tej koincydencji, obrazującą przy okazji postęp jaki dokonywał się w zakresie rozdzielczości badań podczerwonych i radiowych. Dodatkowym źródłem błędów są stosowane metody określania położeń absolutnych źródeł podczerwonych, wymagające wielu następujących po sobie procedur – związanych po pierwsze z kalibracją obrazów CCD, a później z wyznaczaniem pozycji kolejnych źródeł, w odniesieniu do jednego, którego współrzędne zostały uprzednio wyznaczone z dużą dokładnością – standardowo wykorzystuje się do tego celu bardzo jasne źródło IRS 7; jego współrzędne na




Rys. 5. Mapa konturowa sporządzona dla rysunku 4. Widać złożoną strukturę kompleksu IRS 16 – przykładowo w źródle IRS 16 SW wyróżnia się dwa składniki – „wschodni" i „zachodni" ( odpowiednio 16 SW – E oraz 16 SW–W ).
( E. V. Tollestrup, R. W. Capps i E. E. Becklin, *Astronom. J.*, **98**, 204 (1989)).

epokę 1950 wynoszą:

$\alpha = 17^h42^m29.^s315 \pm 0.^s02$,

$\delta = -28°59'13.''01 \pm 0.''2$.

Jedne z pierwszych obserwacji, wykonanych przez Storey'a i Allena w 1983 roku, wskazywały na IRS 16 C (patrz rys.3), jako kandydata na odpowiednik podczerwony źródła Sgr A*. Zbieżność obu tych źródeł została następnie potwierdzona (z dokładnością ± 0.″5) w 1984 przez Henry'ego, DePoy'a i Becklina. Jednakże już następne badania, przeprowadzone dwa lata później przez Allena i Sandersa, z większą zdolnością rozdzielczą i dla większego zakresu wielkości gwiazdowych, wskazywały na słabe źródło położone na zachód od IRS 16 C, widziane w paśmie *K*, czyli na długości fali 2.2 μm. Ciekawą konkluzję przyniósł rok 1986, kiedy to trójka naukowców, Forrest, Pipher i Stein, na podstawie analizy obrazów wykonanych przy pomocy filtrów *J*, *H*, *K*, *L*, oraz *M*, zaanonsowała, że z dokładnością ± 0.″5 nie ma żadnego źródła podczerwonego, którego pozycja pokrywałaby się z położeniem Sgr A* – z zastrzeżeniem jednakże, iż w razie występowania błędów systematycznych, dobrym kandydatem byłoby IRS 16 NW. Lecz już w roku następnym, Lacombe, Lena i Rouan, ponownie wskazywali na IRS 16 C.

W pracy Tollestrupa, Cappsa i Becklina, opublikowanej w 1989 roku autorzy podają, że według ich pomiarów Sgr A* znajduje się 1.″1 ± 0.″3 na zachód oraz 0.″0 ± 0.″4 na południe od IRS 16 C, co pozwala ostatecznie orzec, iż IRS 16 C i Sgr A* nie są tymi samymi obiektami. Podobnie wykluczone zostało IRS 16 NW: Sgr A* leży 0.″05 na wschód i 1.″11 na południe od niego (z błędem 0.″2).

Kilka ostatnich lat przyniosło doniesienia o znalezieniu słabych źródeł, mogących stanowić poszukiwany wytrwale odpowiednik podczerwony radioźródła. W 1992 Eckart i in. poinformowali o znalezieniu, przy wykorzystaniu specjalnych technik i algorytmów, słabego obiektu o jasności 13.7 ± 0.6 mag. na długości fali 2.2 mm.

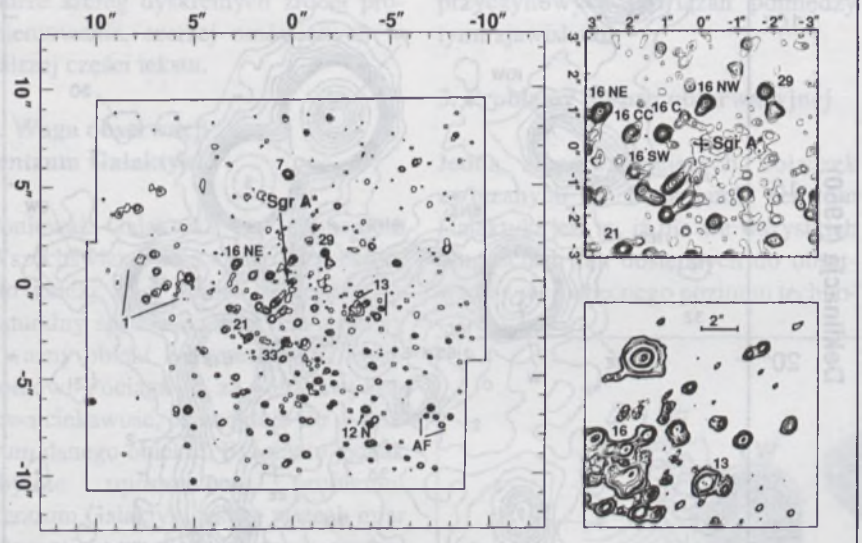
## 6. Jonizacja materii jądra

Charakterystyka pola promieniowania jonizującego centrum Galaktyki opiera się głównie na emisji nebularnej obserwowanej w podczerwieni; strumień jonizacyjny jest szacowany na powyżej $1 \times 10^{50}$fotonów/s. Zaproponowano w związku z tym wielkości charakterystyczne, analogiczne do stosunków natężeń linii optycznych, pozwalające wyciągać wnioski o naturze obserwowanej materii. Jednak ze względu na brak pomiarów porównawczych, przyjęte metody są trudne do weryfikacji.

Podczerwone widmo centralnego (o średnicy 1pc) obszaru Drogi Mlecznej zawiera linie emisyjne nisko zjonizowanych pierwiastków, z czego można wnosić o temperaturach gwiazd, powodujących fotojonizację ośrodka. Wynosi ona T≤35000 K.

Zasadniczo, ograniczenie na wartość gęstości elektronowej $n_e$ obłoków w obszarze centralnym o średnicy 1 pc, można uzyskać z analizy linii [S III], [O III] i [O I]. I tak, przy założeniu jednolitości plazmy, linia [S III] sugeruje gęstości rzędu kilku $10^3 cm^{-3}$; linia [O III] dopuszcza wyższe gęstości, ok. $10^5 cm^{-3}$. Jeszcze wyższe gęstości $n_e > 10^5 cm^{-3}$ wynikają z badania innych linii – [Fe II] i [Fe III]. Rozbieżności te mogą wynikać ze struktury gęstości i jonizacji w mgławicy, powodującej różnicowanie przestrzennego rozkładu emisyjności różnych linii.

Rozważane były rozmaite mechanizmy mogące jonizować materię mgławicową znajdującą się w centrum Galaktyki. Ogólnie, niski stan jonizacji może powstawać w wyniku oświetlania gazu przez miękkie kontinuum jonizujące, ale też emisja zdominowana przez nisko zjonizowane pierwiastki może powstawać w częściowo zjonizowanym gazie, oświetlanym przez twarde, ale rozrzedzone kontinuum. Z analizy przeprowadzonej przez Shieldsa i Ferlanda wynika, że samo widmo w bliskiej podczerwieni nie pozwala na rozstrzygnięcie, która z możliwości jest bliższa prawdy. Za to pomiary radiowych linii rekombinacyjnych dostarczają prawdopodobnie najsilniejszych dowodów na to, że mamy do czynienia raczej z względnie miękkim kontinuum jonizującym. Dodatkowo, szczegółowe analizy widma sugerują, że znaczne ilości gazu mgławicowego w centrum Galaktyki mogą być gęstsze niż poprzednio zakładano i co więcej, w wysokim stopniu rozbite na pojedyncze obłoczki, z jedynie umiarkowanym zwiększeniem ilości ciężkich pierwiastków po-




Rys. 6. Widok centrum Galaktyki uzyskany z obserwacji przeprowadzonych w marcu i sierpniu 1992 roku, przy pomocy kamery podczerwonej wysokiej rozdzielczości, zainstalowanej w Europejskim Obserwatorium Południowym (La Silla, Chile), na teleskopie NTT (ϕ358 cm). Dzięki wspaniałej zdolności rozdzielczej, sięgającej 0.″15, udało się uzyskać ilość szczegółów nieosiągalną w poprzednich obserwacjach. Po lewej stronie można się doliczyć około 340 źródeł! Kompleks IRS 16 składa się z około 25 odrębnych obiektów. Widać odpowiednik podczerwony radioźródła Sgr A* (oznaczonego przez „ + "). Z prawej u góry znajduje się mapa konturowa obszaru wokół centrum wielkości 6.″4×6.″4. Z prawej u dołu — dane przed obróbką.
(A. Eckart, R. Genzel, R. Hofmann, B. J. Sama i L. E. Tacconi – Garman, *Astrophys. J.*, **407**, L77 (1993)).

wyżej poziomu słonecznego.

Jeszcze innym ewentualnym mechanizmem jonizacji mogłyby być fale uderzeniowe, powodujące wypromieniowywanie widma emisyjnego z niskozjonizowanymi liniami wzbronionymi. Jednakże wielkość energii wytwarzana w tym procesie byłaby mniejsza niż obserwowana.

### 7. Własności gromady gwiazd

Kompleks IRS 16, oddalony o ok. 1″ od Sgr A*, wydaje się być grupą jasnych ($K < 11$mag) gwiazd. Nie stanowi on centrum gromady(w którym może znajdować się radioźródło), jednakże centroid rozkładu gęstości strumienia 2 mm wskazuje na IRS 16.

Przyjmując jako promień jądra $r_0 = 0.15 \pm 0.05$ pc oraz dyspersję prędkości wzdłuż linii widzenia $\sigma_0 = 100 \pm 25$ kms$^{-1}$, na gęstość centrum gromady otrzymujemy wartość $10^{7.9\pm0.5} M_\odot$/pc$^3$,przy masie jądra $M_0(r_0) = 10^{5.7\pm0.3} M_\odot$ .

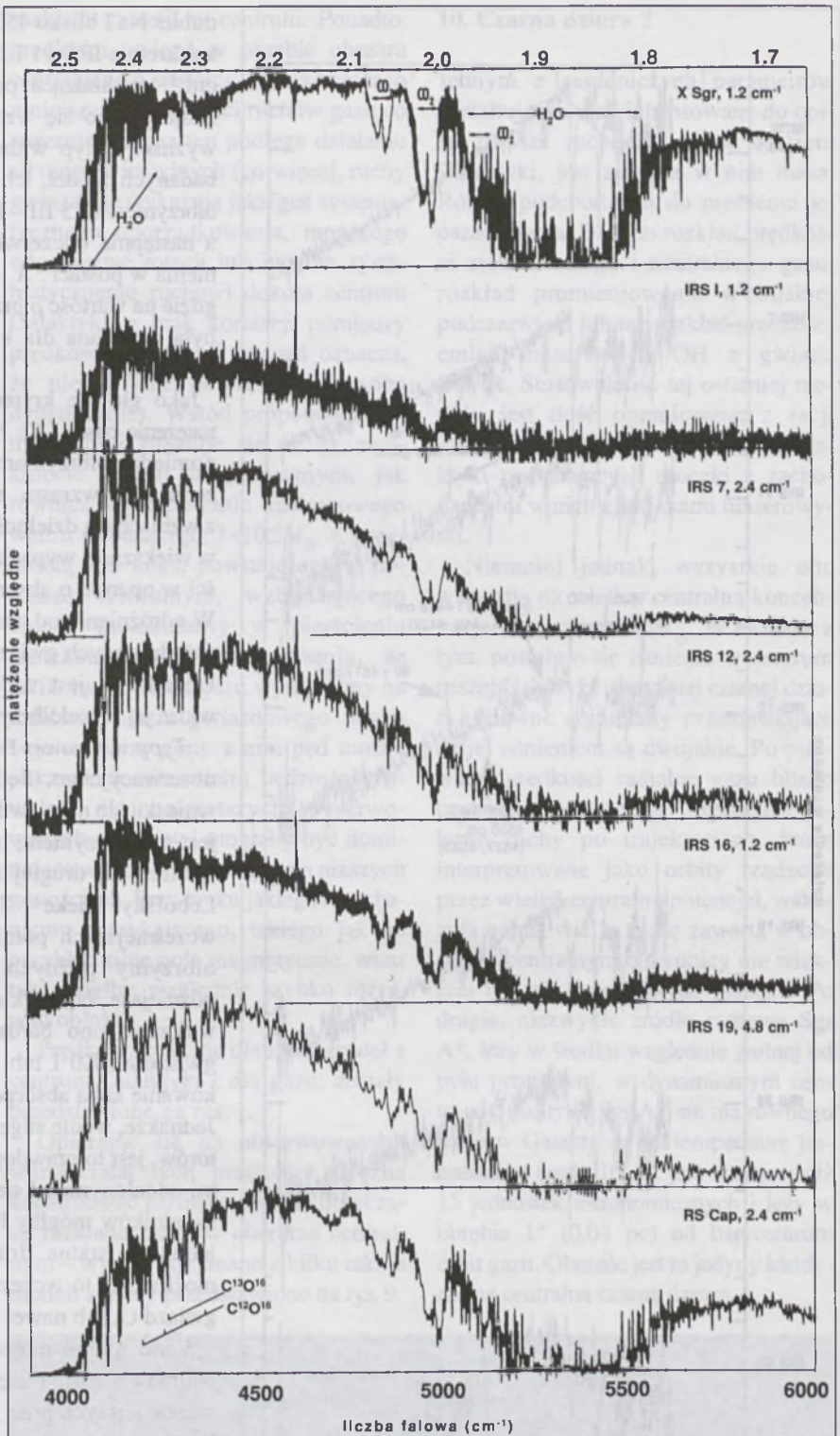
Sgr A* zdaje się być położone w obszarze o średnicy 2″ o wysokiej gęstości źródeł, który jest sam pozbawiony jasnych gwiazd, jednakże jest przez nie otoczony. Nie bardzo wiadomo, czy brak ten odzwierciedla rzeczywisty niedobór sąsiadujących gwiazd, czy też lokalną ekstynkcję.

Zgodnie z uprzedniami rezultatami, najnowsze obserwacje wskazują na to, że w obszarze centralnym o średnicy kilku sekund łuku występuje około 20 gorących gwiazd dominujących gęstość strumienia na fali 1–2 μm. Dla danej jasności $K(\leq 10.8$ mag) gwiazdy te muszą mieć raczej duże dzielności promieniowania ($L \geq 10^5 L_\odot$). Niektóre z nich wykazują silne i szerokie linie emisyjne $Br_\gamma$,$Br_\alpha$ i He I, wskazujące na gęste, szybkie wiatry. Mogą to być niebieskie nadolbrzymy o temperaturach $T \geq 30000$ K lub gwiazdy Wolfa – Rayeta o masach $\geq 30 M_\odot$.

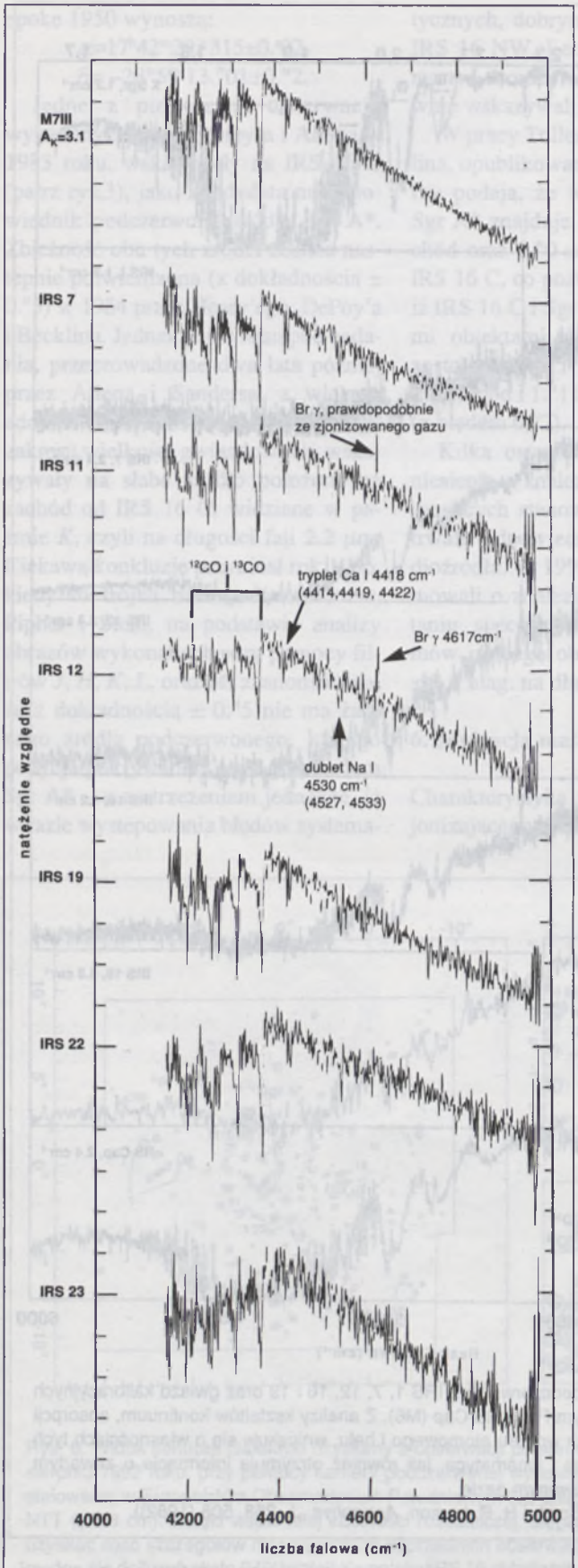
Większość gwiazd późnego typu widmowego w obszarze w odległości 1 pc od centrum Galaktyki jest najprawdopodobniej olbrzymami M (w pasmie $K$, jasności gwiazd typów widmowych M3 i M5 wynoszą odpowiednio 12.5 oraz 10.8 mag; obserwacje wskazują na jasności $K \approx 11$–13 mag.), o temperaturach powierzchniowych rzędu 3000 K.

### 8. Charakterystyki gwiazd

Szeregu istotnych informacji dotyczących źródeł obserwowanych w centrum Galaktyki, dostarczają ich widma podczerwone (rys. 8). W roku 1983, Sellgren, Hall, Kleinmann i Scoville jako cele obserwacyjne obrali sześć obiektów : IRS 7, 11, 12, 19, 22 oraz 23. Uzyskane widma wykazują mocno poczerwienione kontinua i są zdominowane przez silne struktury absorpcyjne pochodzące od pasm $^{12}$CO i $^{13}$CO. Widoczne są również atomowe linie absorpcyjne, szczególnie tryplet Ca I położony blisko 4418 cm$^{-1}$ i




Rys. 7. Widma źródeł podczerwonych IRS 1, 7, 12, 16 i 19 oraz gwiazd kalibracyjnych X Sgr (o typie widmowym F8 ) i RS Cap (M6). Z analizy kształtów kontinuum, absorpcji CO oraz linii emisyjnych wodoru atomowego i helu, wnioskuje się o własnościach tych obiektów, ich rozkładzie i kinematyce, jak również otrzymuje informacje o zawartym w tym obszarze zjonizowanym gazie.
(E. R. Wollman, M. A. Smith i H. P. Larson, *Astrophys. J.*, **258**, 506 (1982)).




Rys. 8. Widma w paśmie *K* (2.2 mm) sześciu źródeł w centrum Galaktyki (IRS 7, 11, 12, 19, 22 i 23). Dla porównania zamieszczone zostało również widmo olbrzyma typu widmowego M7.
(K. Sellgren, D. N. B. Hall i S. G. Kleinmann, *Astrophys. J.*, **317**, 881 (1987)).

dublet Na I blisko 4530 cm$^{-1}$. Dodatkowo, w dwóch widmach, konkretnie IRS 11 i IRS 12, widoczna jest emisja Br$_\gamma$ na 4617 cm$^{-1}$, pochodząca przypuszczalnie ze zjonizowanego gazu, znajdującego się wzdłuż tej samej linii widzenia. Aby móc wyznaczyć typ widmowy i poczerwienienie dla każdego z badanych źródeł, ich widma zostały podzielone przez widma olbrzymów (K5 III – M7 III) i nadolbrzymów (K0 I – M3-4 I), a następnie odczerwienione przy pomocy prawa poczerwienienia w postaci : $A_\lambda = A_k\ (\mathrm{l}/2.2\ \mu\mathrm{m})^{-p}$
gdzie na wartość $p$ przyjęto wielkość 1.9, natomiast wartość $A_k$ była określana dla każdego stosunku metodą najmniejszych kwadratów.

Jako główne kryterium klasyfikacji widmowej rozważano natężenie pasm CO. Nie wystarcza to jednak do rozróżnienia pomiędzy olbrzymami M i nadolbrzymami K, ponieważ natężenie CO wzrasta zarówno z malejącą temperaturą, jak i z wzrastającą dzielnością promieniowania. Szczęśliwie jednak, w większości wypadków możliwe było określenie klasy jasności w oparciu o absorpcję $H_2O$ (widoczną na końcach widm). W odróżnieniu od absorpcji CO, jest ona silniejsza nie tylko w chłodniejszych gwiazdach, ale również w tych mniej jasnych. Dodatkowo jest widoczna w olbrzymach M, natomiast nie widać jej w nadolbrzymach o tym samym natężeniu CO.

*Typy widmowe.* Po przeanalizowaniu zebranego materiału obserwacyjnego, Sellgren ze współpracownikami doszli do wniosku, że najprawdopodobniej tylko jedno ze źródeł (IRS 7) jest nadolbrzymem, o typie widmowym pomiędzy K5 I a M2 I, bliżej tej drugiej ze skrajnych wartości (dla porównania, Lebofsky, Rieke i Tokunaga podawali na podstawie nieco wcześniejszych pomiarów typ M1.3 I). Pozostałe to raczej olbrzymy późnych typów widmowych – M5 III lub późniejsze. Nieco kłopotów dostarczyło źródło IRS12, gdyż wykazuje ono bardzo słabą absorpcję CO, odpowiadającą gwiazdom K0 I lub wcześniejszym niż K5 III, za to umiarkowanie silną absorpcję $H_2O$, wskazującą na M2 I lub M5 III. Jednakże, wedle sugestii poczynionych przez innych obserwatorów, jest to prawdopodobnie źródło podwójne, ze składnikami oddalonymi od siebie o ok. 1″– 2″. W tej sytuacji jeden ze składników mógłby być gwiazdą o typie widmowym M7 III, jednakże status drugiego jest niepewny : rozpatrywane możliwości to wczesny nadolbrzym K, ale również gromada gwiazd O, lub nawet skupisko zjonizowanego gazu.

Warto w tym miejscu dodać, że niektóre wyznaczone typy widmowe różnią się od tych, podawanych przez autorów wcześniejszych prac. Możliwe są dwa wyjaśnienia tego faktu. Po pierwsze wzrost rozdzielczości otrzymywanych widm i ich lepszy stosunek sygnału do szumu, mogły spowodować zwiększenie dokładności szacunków. Z drugiej strony jednak, biorąc pod uwagę to, że wszystkie źródła centrum Galaktyki są jasnymi gwiazdami późnych typów widmowych, różnice te mogą odzwierciedlać rzeczywiste zmiany czasowe – np. takie, jak zmiany klas widmowych w gwiazdach zmiennych typu Mira. W przypadku IRS 11, zmienność taką mogłyby wskazywać pomiary fotometryczne, a różnice w natężeniach linii absorpcyjnych CO mogłyby wskazywać zmienność widmową.

*Poczerwienienia i jasności absolutne.* Wykorzystując uzyskane wartości ekstynkcji w kierunku poszczególnych źródeł (tab.1) i obserwowanych jasności w pasmie *K*, można

było wyznaczyć jasności absolutne $K$ (przy założeniu, że omawiane obiekty znajdują się w odległości równej odległości od centrum $R_0$ = 8.5 kpc). Wypadły one w przedziale –8.5 do –11.0 mag.

*Metaliczność*. W 1982 roku trzej astronomowie – Lebofsky, Rieke i Tokunaga, zaproponowali teorię tłumaczącą obserwowaną gęstość występowania nadolbrzymów w centrum Galaktyki, stan jonizacji materii tam obecnej i warunki energetyczne całego rejonu. Zakładała ona powstanie w krótkim czasie gwiazd o łącznej masie $1 - 2\times10^3 M_\odot$ (ok. dziesięciu milionów lat temu). Gdyby taka hipoteza była słuszna, można by się spodziewać podwyższonej zawartości pierwiastków ciężkich w obiektach jądra. Porównanie natężeń linii absorpcyjnych trypletu Ca I i dubletu Na I z odpowiednimi wartościami dla gwiazd standardowych pokazuje, że istotnie IRS 7 i IRS 22 wykazują anomalnie silną absorpcję Ca i Na, a dwa dalsze źródła – IRS 11 oraz IRS12 mogą mieć silniejszą absorpcję Ca lub Na (zob. tab. 1).

*Gęstość nadolbrzymów*. Wielkość ta jest drugim sprawdzianem tej teorii – tym razem raczej niekorzystnym dla niej. Pomiary wykonane w ciągu kilku ostatnich lat „zdegradowały" wiele z obserwowanych uprzednio nadolbrzymów do rangi olbrzymów – jedynym pewnym kandydatem na nadolbrzyma jest IRS 7. Oznaczałoby to mniejszą gęstość nadolbrzymów niż tego wymagałaby teoria.

## 9. Prędkości radialne i rozkład masy

W ruchach wewnętrznej krawędzi pierścienia molekularnego wyróżnia się rotacja z prędkością tangencjalną równą 110 do 130 km/s w promieniu 1.4 do 2 pc od radioźródła Sgr A*. Wewnątrz pierścienia, wzrastają prędkości ruchów gazu, co wskazuje na obecność dominującej centralnej masy, o ile gaz ten podlega działaniu sił jedynie grawitacyjnych. Pomiary prędkości radialnych gwiazd znajdujących się w centrum Galaktyki, prowadzą do nieco innego obrazu. Mianowicie, w obszarze pomiędzy 0.36 a 6.5 pc, dyspersja ich prędkości jest z grubsza niezależna od odległości od Sgr A*, co wskazuje przewagę rozciągłego rozkładu materii w centrum. Ponadto, prędkości gwiazd w obrębie obszaru centralnego o średnicy 2 pc są znacząco mniejsze niż prędkości ruchów gazu co sugeruje, że gaz ten podlega działaniu sił niegrawitacyjnych (co więcej, ruchy gwiazd nie wykazują jakiegoś systematycznego uporządkowania, mogącego odpowiadać rotacji lub innemu systematycznemu ruchowi dokoła centrum Galaktyki, a brak korelacji pomiędzy prędkościami gazu i gwiazd oznacza, że nie są one powiązane ze sobą dynamicznie). Wśród proponowanych możliwości znajduje się m. in. zamknięcie polem magnetycznym, jak również występowanie izotropowego wiatru unoszącego $3\times10^{-3} M_\odot$ z prędkością 750 km/s, powstającego w obszarze centralnym, wzbudzającego wodór molekularny w pierścieniu molekularnym. Przy założeniu, że jakikolwiek obłok gazu wystawiony na działanie wiatru gwiazdowego absorbuje stowarzyszony z nim pęd można pokazać, że siła wiatru będzie odczuwalna dla najgęstszych obserwowanych obłoków i mogłaby być dominująca wobec obłoków gazu o niższych gęstościach. Przy braku jakiegoś mechanizmu zamykającego, takiego jak na przykład silne pole magnetyczne, wiatr taki mógłby względnie szybko rozerwać obłoki.

Prędkości radialne dla kilku źródeł z centrum Galaktyki i dla gazu, zostały przedstawione na rys. 1.

Opierając się na obserwowanych wartościach tych prędkości, można konstruować rozmaite modele dotyczące rozkładu masy w obszarze centralnym – wyniki otrzymane z kilku takich modeli zostały przedstawione na rys. 9.

## 10. Czarna dziura ?

Jednym z zasadniczych parametrów kształtujących teorie stosowane do opisu zjawisk zachodzących w centrum Galaktyki, jest zawarta w nim masa. Różnie podchodzono do problemu jej oszacowania. Badano rozkład prędkości zjonizowanego i neutralnego gazu, rozkład promieniowania w bliskiej podczerwieni lub też rozkład prędkości emisji maserowych OH z gwiazd OH/IR. Stosowalność tej ostatniej metody jest dość ograniczona, z racji małej liczby gwiazd w centrum Galaktyki posiadających otoczki z zachodzącymi w nich zjawiskami maserowymi.

Niemniej jednak, wszystkie one wskazują na wielką, centralną koncentrację masy rzędu $10^6 M_\odot$. W związku z tym, postuluje się istnienie w centrum naszej Galaktyki masywnej czarnej dziury. Główne argumenty przemawiające za jej istnieniem są dwojakie. Po pierwsze, prędkości radialne gazu blisko centrum dynamicznego sugerują regularne ruchy po trajektoriach, które interpretowane jako orbity rządzone przez wielki, centralny potencjał, wskazują na tak wielką masę zawartą w obszarze centralnym o średnicy nie większej niż kilka dziesiątych parseka. Po drugie, niezwykłe źródło radiowe Sgr A*, leży w środku względnie wolnej od pyłu przestrzeni, w dynamicznym centrum Galaktyki. Sgr A* nie ma równego sobie w Galaktyce: ma temperaturę jasnościową rzędu $10^7$ K, jest mniejsze niż 15 jednostek astronomicznych i leży w obrębie 1″ (0.04 pc) od barycentrum orbit gazu. Obecnie jest to jedyny kandydat na centralną czarną dziurę.

Tab 1. Typ widmowy, wartość ekstynkcji międzygwiazdowej $A_k$ oraz jasność absolutna $M_k$ dla 6 źródeł centrum Galaktyki.

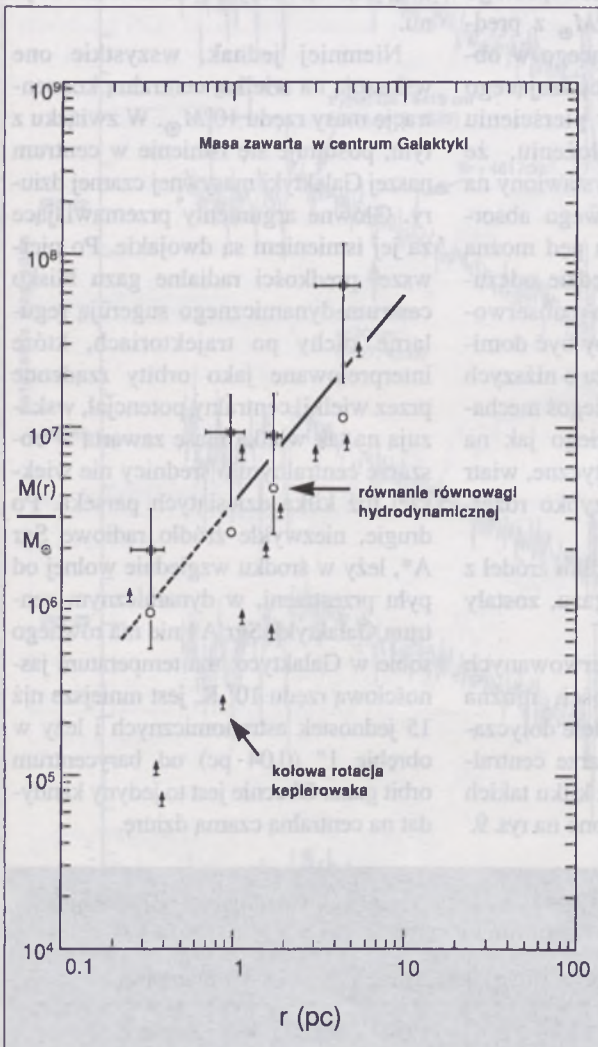
| Źródło | Typ widmowy | $A_k$ [mag] | $M_k$ [mag] | Komentarze |
|---|---|---|---|---|
| IRS 7 | M2 I | 3.1±0.2 | –11.0 | Na, Ca – silniejsze |
| IRS 11 | M5 III | 2.6±0.2 | –8.4 | Ca – być może silniejsze |
| IRS 12[1)] | | 3.0±0.4 | –9.5 | Na, Ca – być może silniejsze |
| IRS 19 | M5–7 III | 2.9±0.3 | –9.4 | |
| IRS 22 | M5–7 III | 1.8±0.3 | –8.6 | Na, Ca silniejsze |
| IRS 23 | > M7 III | 3.7±0.9 | –10.4 | |

[1)] Źródło podwójne.

Aktywnie akreująca czarna dziura powinna być widoczna na innych długościach fali, nie tylko w obszarze radiowym. Pasmo optyczne jest poza zasięgiem obserwacyjnym (wielka ekstynkcja), ale przedsięwzięto próby rejestracji radioźródła w dziedzinie promieniowania gamma, rentgenowskiego, podmilimetrowego i oczywiście podczerwonego. W tym ostatnim zakresie w chwili obecnej znaleziono źródło, mogące być podczerwonym odpowiednikiem Sgr A* (patrz punkt 5). Zważywszy na jego jasność, jest prawdopodobnie za słabe by wnosić największy wkład do całkowitej dzielności promieniowania i jonizacji obszaru centralnego, jednakże może posiadać właściwości wymagane przez model akreującej czarnej dziury, znajdującej się we względnie spokojnym stanie.

Gorący dysk akrecyjny, otaczający czarną dziurę, powinien mieć widmo potęgowe $F_\nu \propto \nu^\alpha$ z wykładnikiem $\alpha = 1/3$ dla podczerwieni i dłuższych fal. Astronomowie Zylka, Mezger i Lesch znaleźli, że $F_\nu \propto \nu^{0.3}$ dla Sgr A* ma wartość pomiędzy 1 a 100 GHz.

Jednym z argumentów przemawiających na niekorzyść hipotezy centrum Galaktyki z czarną dziurą, jest możliwość zawyżonego oszacowania centralnej masy. Wynika to z tego, iż wielkie prędkości gazu mogą być spowodowane oddziaływaniem na niego sił niegrawitacyjnych.




Rys. 9. Kilka modeli rozkładu masy w centrum Galaktyki. Linia ciągła reprezentuje model otrzymany z obserwacji rozkładu światła gwiazd przy założeniu, że stosunek masy do jasności całkowitej wynosi $3M_\odot/L_\odot$, a widma gwiazd pochodzą od ciała doskonale czarnego o temperaturze 4000 K (wartości obserwowane dla M31). Linia przerywana obrazuje ekstrapolację tego modelu na obszar o r < 1 pc.
(K. Sellgren, D. N. B. Hall i S. G. Kleinmann, *Astrophys. J.*, **317**, 881 (1987)).

Wielce „egzotyczny" obraz centrum przedstawił w 1993 Morris. Według niego, widoczne gorące gwiazdy mogą być w rzeczywistości czarnymi dziurami o masach rzędu $10M_\odot$, otoczonymi przez atmosfery uzyskane w zderzeniach z czerwonymi olbrzymami. Potrzebne są jednak szczegółowe obliczenia pozwalające sprawdzić, czy atmosfera czarnej dziury o masie $10M_\odot$ może naśladować bogate w hel, symetryczne wiatry o prędkościach ekspansji 500 – 1000 km/s i profile P Cygni, obserwowane w centrum Galaktyki w gwiazdach z liniami emisyjnymi HeI. Charakterystyki widmowe najjaśniejszej gwiazdy He I (gwiazda AF na rys. 6) są znacząco podobne do tych odpowiadających innym gwiazdom He I w Galaktyce.

## 11. Powstanie centrum Galaktyki

Niektórzy autorzy jako możliwy scenariusz historii powstawania centrum Galaktyki, przyjmują grawitacyjną kontrakcję obłoków międzygwiazdowych, być może dodatkowo „wspomaganą" zderzeniami i kompresją powodowaną falami uderzeniowymi. Jednakże obecnie brak jest dowodów na istnienie samograwitujących obłoków w obszarze kilku parseków wokół centrum. Może to wynikać z faktu mniejszej ilości gęstego gazu w centrum niż kiedyś.

Bardzo wysoka gęstość gwiazd ($10^7 - 10^8 M_\odot/pc^3$) w jądrze dopuszcza drugą możliwość powstawania gorących, masywnych gwiazd: ciągłe tworzenie poprzez kolizje i złączenia mniej masywnych gwiazd. Odpowiedni czas pomiędzy zderzeniami zakończonymi połączeniem dwóch gwiazd o masie słonecznej w takich warunkach wynosi kilka miliardów lat, natomiast całkowita wydajność zderzeń osiąga $10^{-4}$ rok$^{-1}$. Obliczenia uwzględniające połączenia gwiazd i ich późniejszą ewolucję dla danych parametrów pokazują, iż mechanizm ten mógłby tłumaczyć obecność około 10 do 100 gwiazd o masach większych niż dziesięć mas Słońca. Gdyby omawiane mechanizmy „pracowały" rzeczywiście w centrum Galaktyki, wydawałoby się niemalże nieuchronne ostateczne powstanie centralnej czarnej dziury. Jednakże proces ten mógłby zostać uniemożliwiony, jeśli wiatry gwiazdowe i wybuchy supernowych usunęłyby wystarczająco dużo masy.

## 12. Zakończenie

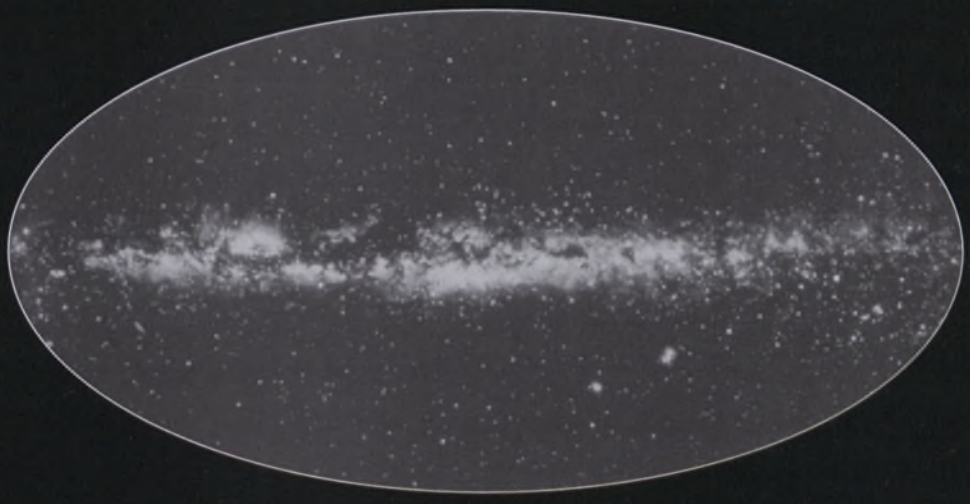
Z powyższego opisu wynika niezbicie, że do uzyskania pełni wiedzy o zjawiskach zachodzących w centrum Galaktyki i obiektach tam znajdujących się, droga jeszcze daleka. Być może, gdy zostaną opublikowane analizy danych obserwacyjnych zebranych przez Eckarta i in., wyłoni się jakiś przejrzystszy i spójniejszy obraz tego obszaru.

*Marek Gołębiewski jest studentem kończącym swe astronomiczne studia na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu – artykuł powstał jako jego praca seminaryjna.*

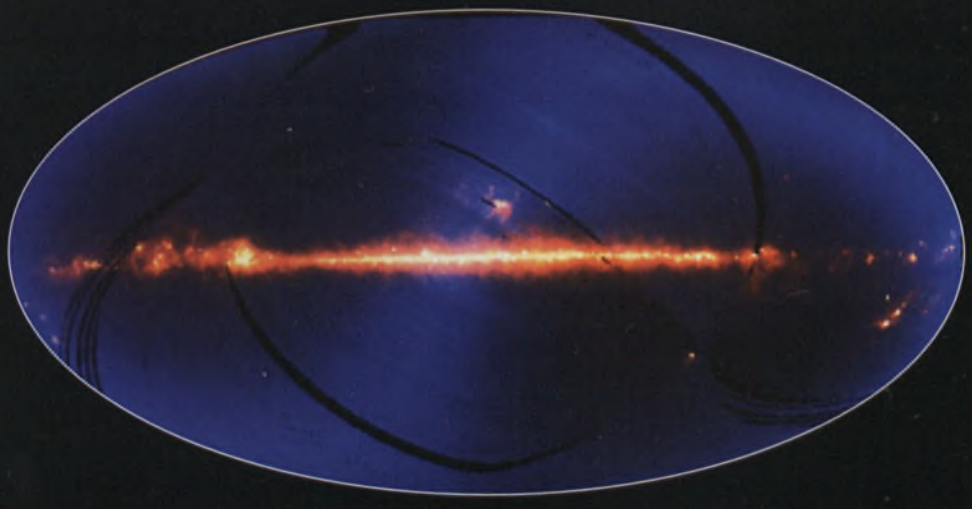
# NASZA GALAKTYKA

## Niebo w zakresie światła widzialnego

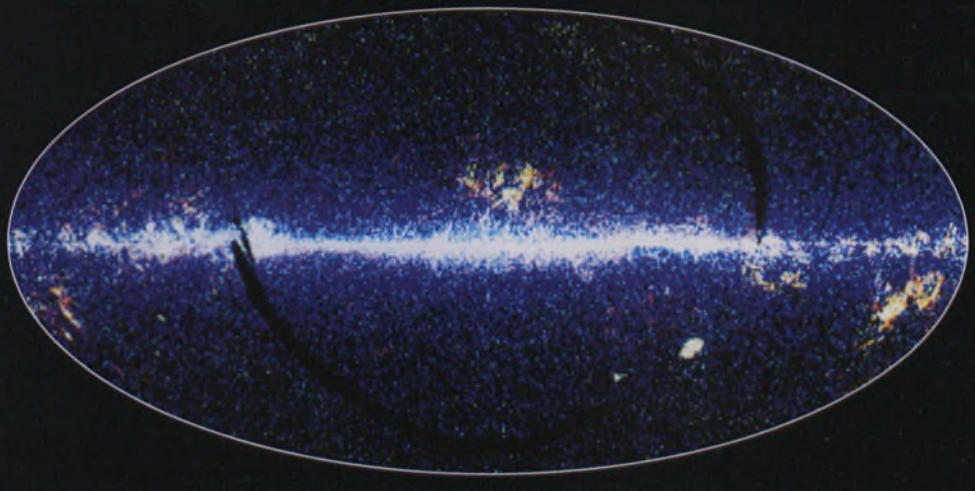
Mapa złożona z wielu fotografii nieba. W środku mapy znajduje się Centrum Galaktyki (nie widoczne z powodu dużej koncentracji pyłów). Płaszczyzna Galaktyki jest widoczna jako jasna pozioma wstęga przechodząca przez środek obrazu. Tam, gdzie ta wstęga jest ciemna występują duże „chmury" pyłu blokujące zasięg naszego widzenia. Poniżej płaszczyzny Galaktyki, lekko na prawo od środka widoczne są dwa świecące obłoki. To są „Obłoki Magellana", też galaktyki, nasi najbliżsi (satelitarni ?) galaktyczni sąsiedzi.



## Niebo w świetle podczerwonym

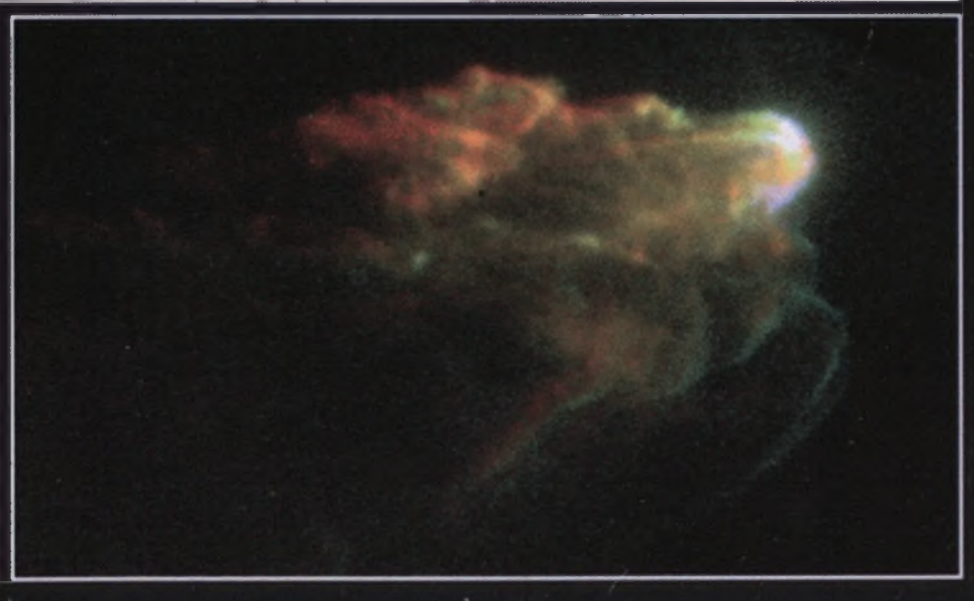


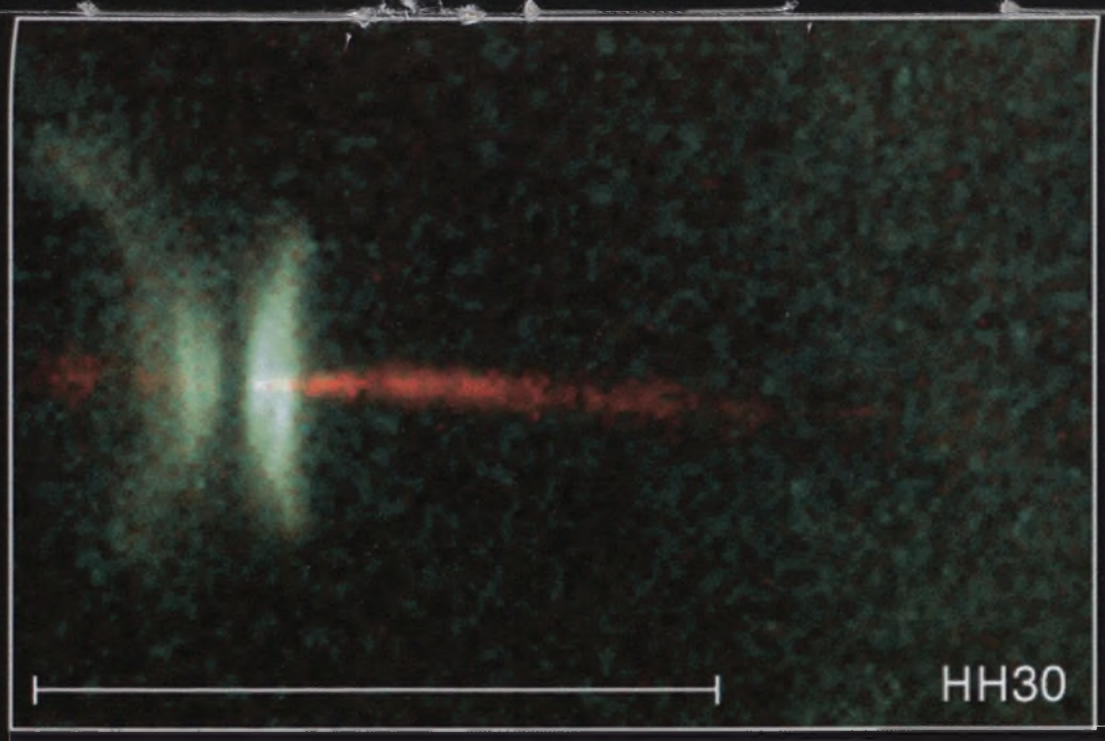
Obraz nieba uzyskany ze złożenia obserwacji wykonanych przez satelitę IRAS w roku 1983 na falach 100, 60 i 12 mikrometrów (tu odpowiednio kolor czerwony, zielony i niebieski). Głownym źródłem tego promieniowania jest pył, który w zakresie widzialnym zasłania leżące za nim gwiazdy. Różne barwy odpowiadają z grubsza dominującej temperaturze odpowiednich obszarów.

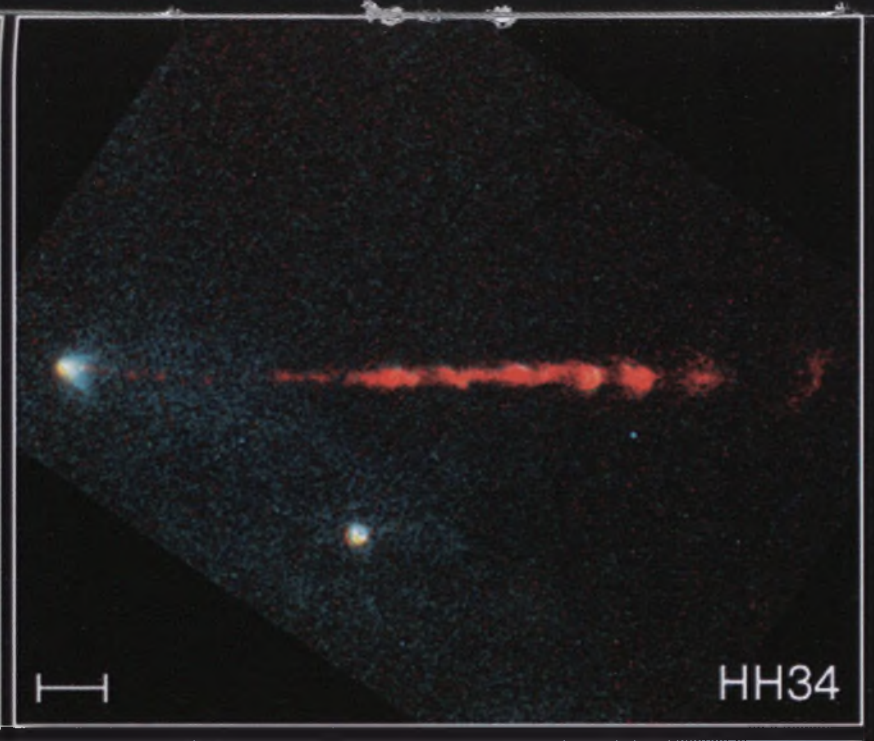


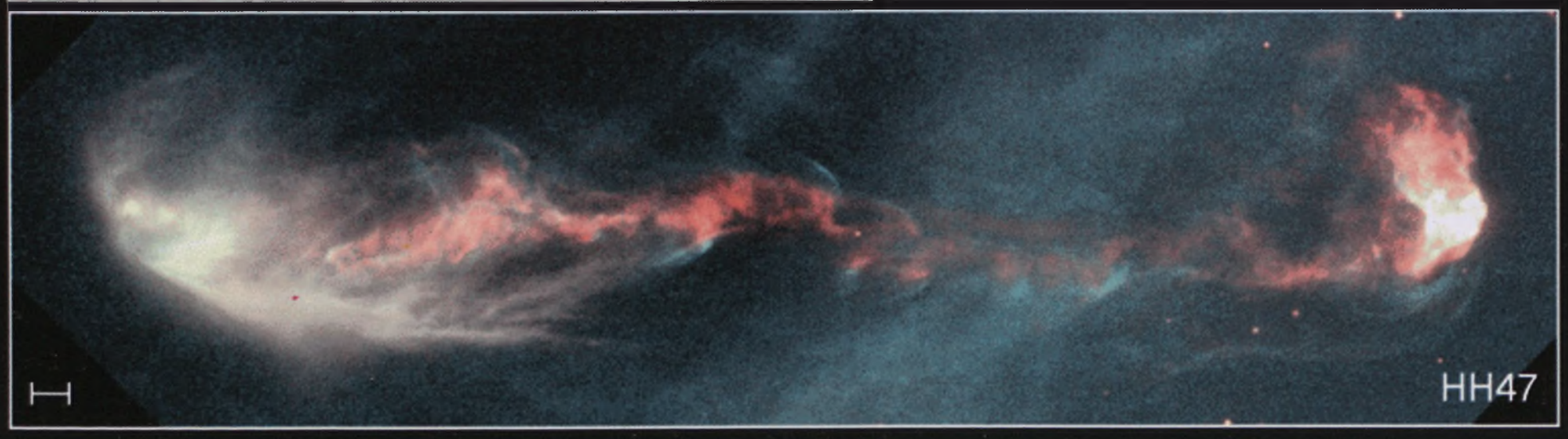
Satelita IRAS znalazł 245889 indywidualnych źródeł promieniowania podczerwonego na niebie. Różne kategorie tych źródeł (tu różne kolory) posiadają różny rozkład przestrzenny. Np. oznaczone tu na niebiesko gwiazdy zimne wyraźnie koncentrują się wzdłuż płaszczyzny galaktycznej I jej centrum. Źrodła żółto–zielone są galaktykami i rozmieszczają się równomiernie na całym niebie.

# NARODZINY GWIAZD





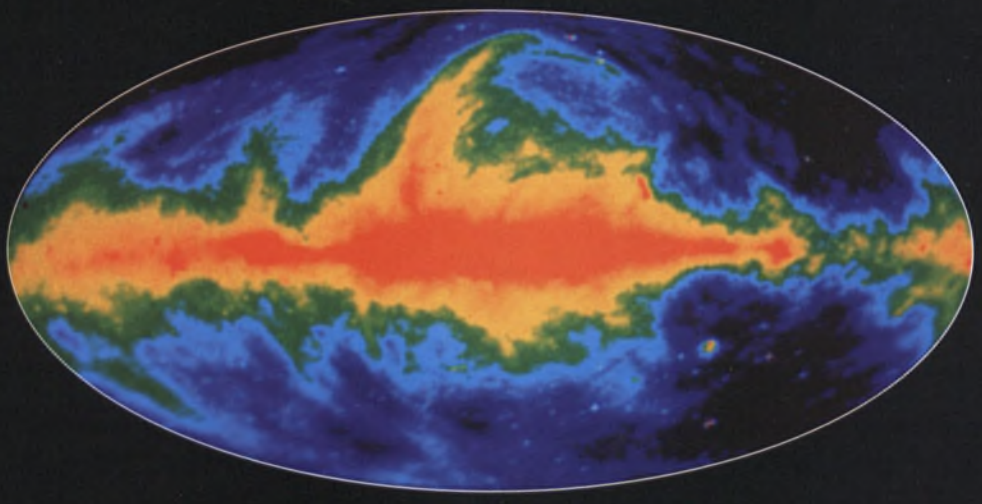




Zdjęcia przedstawiają dżety z młodych gwiazd (patrz strony 88-89) uzyskane przez C. Burrows, J. Hester, J. Morse (NASA).

postępy astronomii

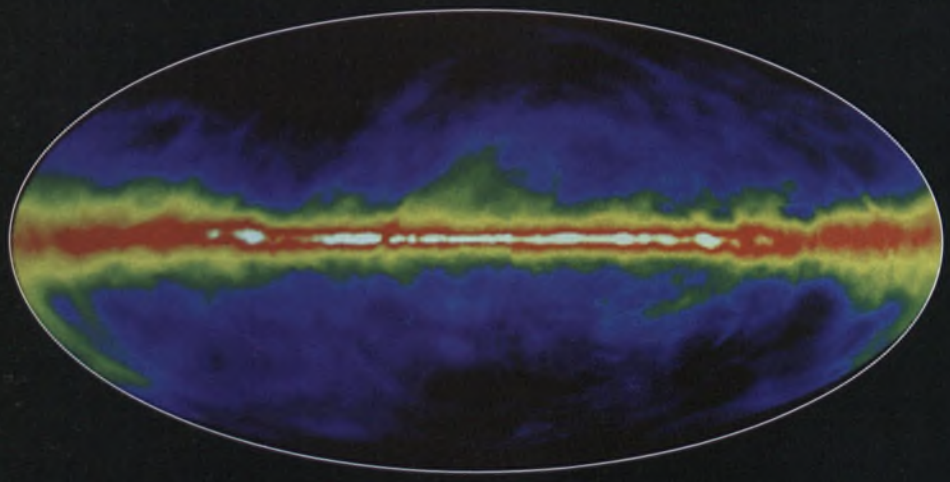
# NASZA GALAKTYKA

## Niebo na falach radiowych



Mapa nieba w zakresie radiowym widma, na fali 73 cm (408 MHz). Kolory opisują obserwowaną jasność emisji radiowych (kolor niebieski – promieniowanie najsłabsze, czerwony – najsilniejsze). Podobnie jak w świetle widzialnym i podczerwonym widzimy tu wyraźnie "świecenie" płaszczyzny Galaktyki, w tym kilka wyraźnych indywidualnych źródeł. To promieniowanie nie jest promieniowaniem termicznym, emitowanym dzięki określonej temperaturze obiektów, jak to ma miejsce w przypadku zakresu widzialnego i podczerwonego widma, a jest promieniowaniem powstającym w wyniku oddziaływania bardzo szybkich elektronów wędrujących w Galaktyce z jej polem magnetycznym. Jest to promieniowanie synchrotronowe, tej samej natury, co promieniowanie powstające w ziemskich synchrotronach w czasie hamowania rozpędzonych przez nie elektronów przez pole magnetyczne.

## Niebo widziane na fali 21 cm



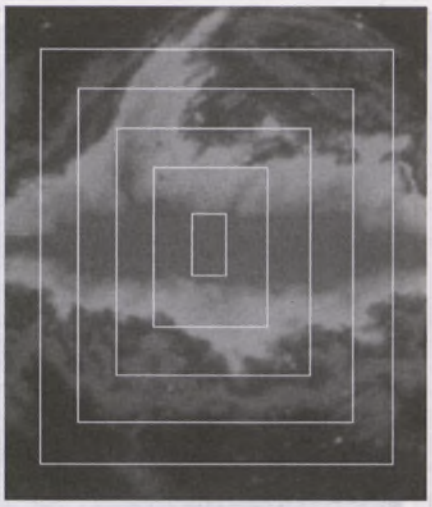
Mapa nieba widzianego na fali 21 cm emitowanej przez neutralny wodór. Jest obraz rozkładu wodoru neutralnego w naszej Galaktyce. Dzięki pomiarom radiowym na tej długości fali w latach 50-tych po raz pierwszy odkryto obserwacyjnie spiralną strukturę naszej Galaktyki.

## Chmury molekularne w naszej Galaktyce

Jednym z największych odkryć astronomicznych na falach radiowych było stwierdzenie obecności w olbrzymich chmurach gazu i pyły wielu różnorodnych, czasem bardzo złożonych molekuł. Wydaje się, że właśnie w takich środowiskach rodzą sie gwiazdy. Jedną z molekuł stosunkowo łatwych do obserwacji, a świadczącą o obecności innych, jest tlenek węgla. Obok pomiarów jasności, astronomowie mogą też mierzyć (wykorzystując efekt Dopplera) prędkość z jaką te chmury przybliżają się lub oddalają od nas, a stąd wnosić o dynamice całej Galaktyki. Na górnej części rysunku przedstawiony jest rozkład jasności CO w Galaktyce, a na dolnym rozkład prędkości radnialnych tej molekuły w zależności od odległości od środka Galaktyki.

# Centrum Galaktyki w promieniowaniu radiowym

Jacek Niezgoda



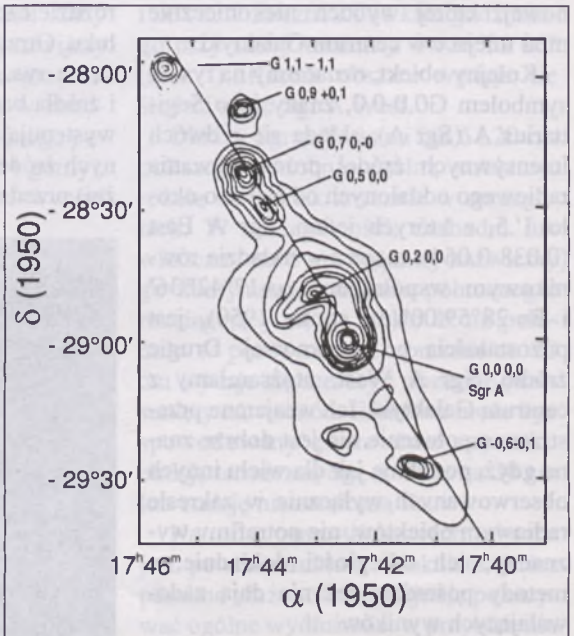
***Centralne części naszej Galaktyki nie są łatwym rejonem do obserwacji. Dzieląca nas duża odległość (obecnie przyjmuje się 8.5 kpc) jak i znaczne ilości materii międzygwiazdowej utrudniają, a nawet wręcz uniemożliwiają obserwacje w ultrafiolecie i w zakresie optycznym. Na drodze od centrum Galaktyki do Słońca całkowita ekstynkcja w pasmie V wynosi przeciętnie około 30 mag. Stąd większość informacji o tej części Galaktyki dostarczają obserwacje wykonywane w zakresach widma: długofalowym (od 1 mm wzwyż aż po fale radiowe) i wysokoenergetycznym (promienie X w zakresie 0.5 keV–500keV, gamma powyżej 500 keV wraz z wysokoenergetyczną emisją w linii 511 keV–wynikiem anihilacji pary elektron–pozyton). W tych zakresach widma nie tylko możemy obserwować centrum Galaktyki, ale często z tego kierunku rejestruje się najsilniejsze promieniowanie.***

## ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA RADIOWEGO

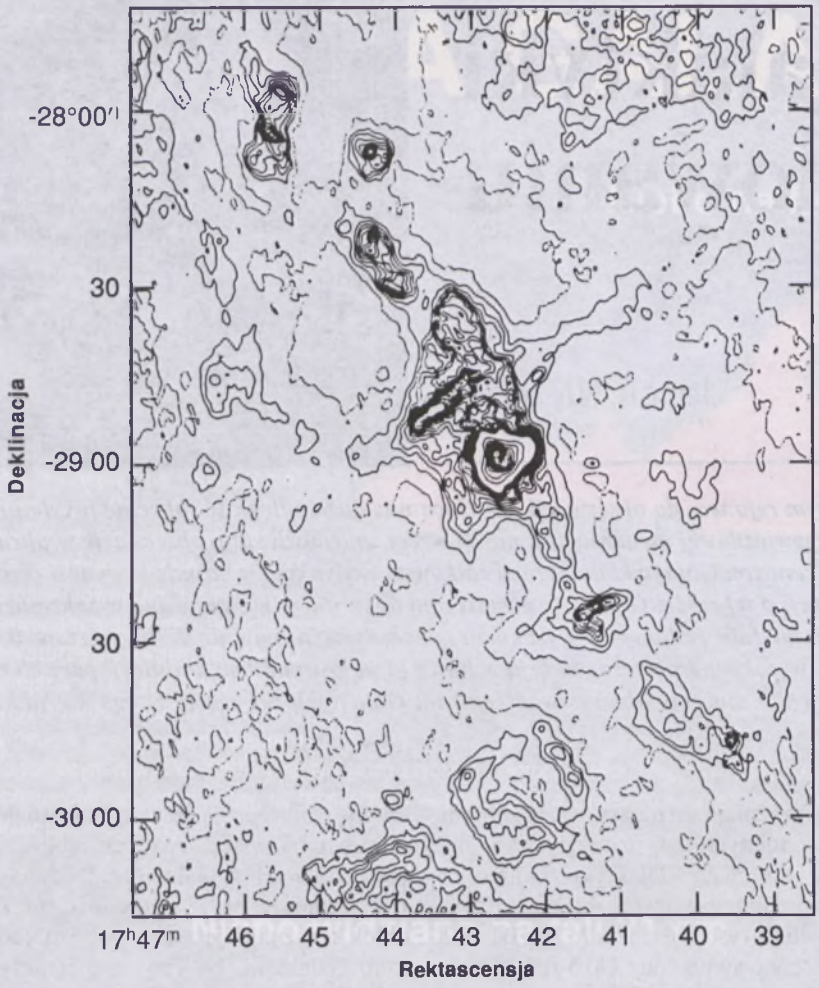
Cały rejon obejmujący centralne okolice Galaktyki emituje promieniowanie w szerokim zakresie długości fal. W wielu wypadkach emisja ta pochodzi z dużego obszaru. W radiowym zakresie widma na tę składową nałożona jest intensywna składowa złożona z wielu przestrzennie oddzielonych źródeł. Omówmy najważniejsze z nich.

Na rys. 1. przedstawiono wyniki obserwacji okolic centrum Galaktyki uzyskane w zakresie radiowym o częstości 8 GHz (3,75 cm).

Jak widać, ten niewielki obszar (przekątna obrazu obejmuje około 1°.5) wypełniony jest wieloma bardzo intensywnymi źródłami promieniowania. Większość z nich została już dobrze rozpoznana. I tak, oznaczony na rysunku obiekt G1.1–0.1 (zapis współrzędnych galaktycznych w postaci Gl±b), noszący również nazwę Sagittarius D (Sgr D), składa się z trzech niezależnych źródeł. Są to: pozostałość po wybuchu supernowej, obłok wodoru zjonizowanego HII i mały obłok molekularny. Obiekt G0.9+0.1 to prawdopodobnie radioźródło pozagalaktyczne, a znajdujący się w przeciwnym rogu rysunku obiekt G -0.6-0.1 (zwany także Sgr C) jest obłokiem wodoru zjonizowanego HII ulokowanym w pobliżu środka Galaktyki. Wymienione obiekty nie wyróżniają się niczym szczególnym od podobnych, występujących w innych częściach Galaktyki. Jednym z bardziej interesujących obiektów pokazanych na rys. 1. jest źródło Sgr B1+B2 oznaczone symbolami G0.5-0.0 i G0.7-0.0. Jest to wielki obłok molekularny o rozmiarach około 17×39 pc, zbudowany z gazu molekularnego i z ogromnych ilości pyłu. Ten ostatni sprawia, że całkowita ekstynkcja w pasmie V osiąga w nim $10^3$ mag. Sgr B1+B2 składa się z kilkunastu mniejszych obłoków o bardzo różnych prędkościach radialnych (od -100 km/s do +80 km/s). W jego obrębie udało się zidentyfikować kilkanaście zwartych obłoków wodoru zjonizowanego HII, również znaczną liczbę maserów OH i $H_2O$. Jest to więc miejsce, w którym z pewnością mamy do czynienia z formowaniem się młodych gwiazd. Sgr B1+B2 emituje w podczerwieni (w zakresie 25-130 μm) ilość energii równą $3 \cdot 10^6$ całkowitej energii emitowanej przez Słońce. Całkowitą masę tego obiektu szacuje się na $10^7 M_\odot$, gdzie $M_\odot$ jest masą Słońca, co oznacza, że jest on najbardziej masywnym wśród znanych obłoków molekularnych w Galaktyce. Dodajmy, iż z pewnością nie jest przypadkiem, że obłok ten znajduje się w pobliżu centrum Galaktyki. Na cały ciąg intensywnych źródeł promieniowania uformowanych w kształcie łuku prostopadłego do równika galaktycznego (G0.2-0.0) składają się obłoki wodoru zjonizo-




Rys. 1. Rozmieszczenie źródeł promieniowania radiowego w okolicy centrum Galaktyki. Przebiegająca wzdłuż przekątnej rysunku linia jest równikiem galaktycznym.




Rys. 2. Mapa konturowa centralnych obszarów Galaktyki na 90 cm. Rozdzielczość kątowa wynosi 100×64 (α×δ) sekund łuku (Anantharamaiah i in. 1991).

wanego HII oraz pozostałość po supernowej, której wybuch niekoniecznie miał miejsce w centrum Galaktyki.

Kolejny obiekt, oznaczony na rys. 1. symbolem G0.0-0.0, znany jako Sagittarius A (Sgr A), składa się z dwóch intensywnych źródeł promieniowania radiowego oddalonych od siebie o około 1′.5, z których jedno, Sgr A East (0.038-0.064), mające w układzie równikowym współrzędne $\alpha=17^h42^m36^s$ i $\delta=-28°59'00''$(na epokę 1950), jest pozostałością po supernowej. Drugie źródło, Sgr A West, utożsamiamy z centrum Galaktyki. Ich wzajemne przestrzenne położenie nie jest dobrze znane gdyż, podobnie jak dla wielu innych obserwowanych wyłącznie w zakresie radiowym obiektów, nie potrafimy wyznaczyć ich odległości dokładnie, a metody pośrednie też nie dają zadowalających wyników.

Przedstawione wyżej wyniki obserwacji na 8 GHz możemy porównać z obserwacjami wykonanymi przy pomocy systemu VLA na częstotliwości 330 MHz (90 cm), które obejmują pole około 2°×2°wokół centrum Galaktyki z rozdzielczością kątową 100×64 sekund łuku. Otrzymane wyniki przedstawione są na rys. 2. Widać na nim struktury i źródła bardzo podobne do tych, które występują na 8 GHz. Parametry głównych źródeł (m. in. wymienionych wyżej) przedstawione są w tab. 1.

## SAGITTARIUS A

Centralny region Naszej Galaktyki okazuje się mieć pewne własności aktywnego jądra galaktycznego (AGN – z *ang.* active galactic nucleus)[1]. Emitowane tam energie w poszczególnych klasach jasności są jednak dużo mniejsze niż dla typowych członków tej klasy obiektów. Przy tym złożoność centrum Galaktyki może być badana w odległości około 100 razy mniejszej. Z powodu tej różnicy najwięcej pobliskich galaktyk spiralnych o aktywnych jądrach wydaje się mieć zwodniczo prostszą strukturę radiową składającą się z kilku odosobnionych składników, podczas gdy struktura radiowa centrum naszej Galaktyki okazuje się dużo bardziej złożona.

Najbardziej interesującą strukturę przedstawia nam Sagittarius A (Ekers i in. 1983), który składa się z termicznego spiralnego źródła radiowego Sgr A West, najwyraźniej scentrowanego na zwartym źródle Sgr A* i nietermicznej otoczce – Sgr A East. Obydwa składniki są otoczone przez rozległe „trójkątne" halo, którego rozmiar kątowy wynosi około 7′. Źródło, oznaczone jako Sgr A* , to niezwykle zwarte nietermiczne źródło radiowe obecnie utożsamiane z faktycznym centrum Galaktyki.

Rys. 3. przedstawia ogólny widok źródła Sgr A na częstotliwości 333 MHz w skali szarości. Obok tego źródła można zauważyć zarysy innych źródeł radiowych (delikatny łuk w prawym dolnym rogu to Sgr C).

Na podstawie przeprowadzonych dotąd badań radiowych wydaje się jasne, że źródło termiczne Sgr A West

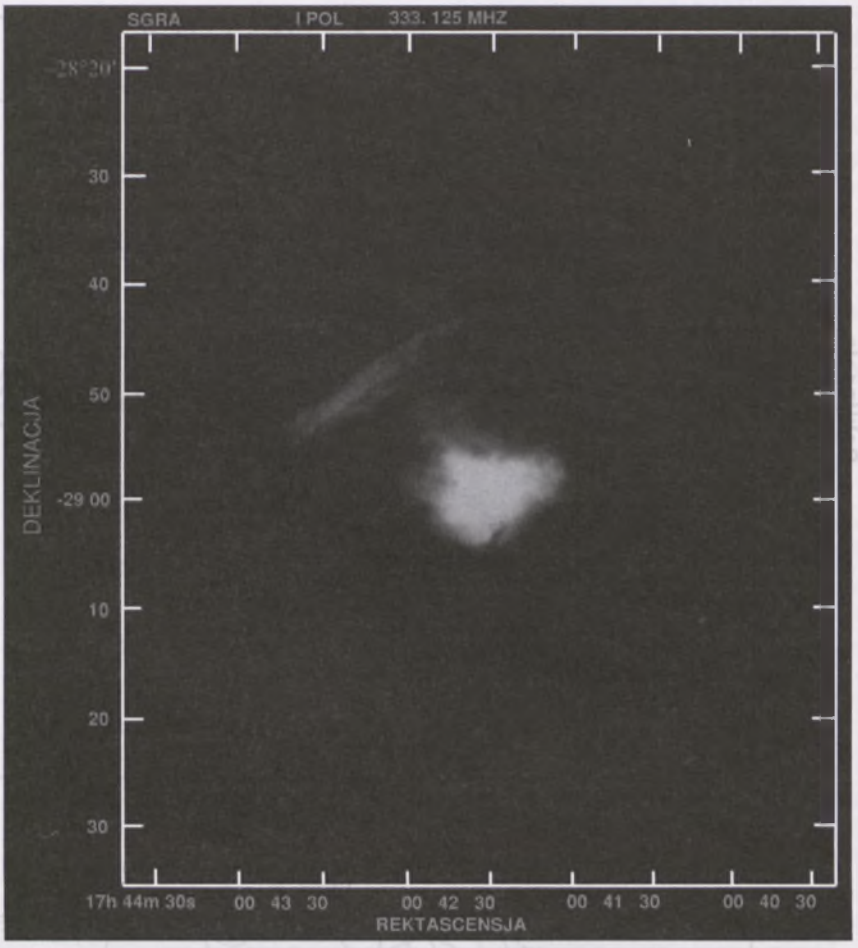
[1] Postępy Astronomii nr 4/94 str. 162

Tabela 1.Parametry obserwacyjne źródeł promieniowania radiowego z rys. 2. (Anantharamaiah i in. 1991).

| Źródło | RA(1950) h m s | DEC(1950) ° ′ ″ | Strumień Jy | Rozmiar arcmin² |
|---|---|---|---|---|
| G359.1-0.5 | 17 42 16.4 | -29 53 45 | 32±4 | 17×20 |
| G359.0-0.0 | 17 40 15.2 | -29 43 20 | 33±2 | 7×14 |
| G0.6-0.6 | 17 45 59.6 | -28 44 59 | 20±2 | 6×8 |
| G1.1-0.1 | 17 45 29.0 | -28 04 02 | 41±2 | 7×16 |
| G0.9+0.1 | 17 44 11.7 | -28 07 17 | 17±2 | 7×7 |
| G0.34+0.05 | 17 43 04.7 | -28 36 08 | 64±3 | 12×10 |
| Sgr C | 17 41 17.3 | -29 23 53 | 36±2 | 9×11 |
| Sgr B1+B2 | 17 44 01.4 | -28 26 13 | 37±2 | 7×16 |
| Sgr A+Arc | 17 42 52.8 | -28 56 40 | 647±5 | 21×25 |

jest połączone z rzeczywistym jądrem Galaktyki (Oort 1985). Nie wiadomo jednak, czy z kolei Sgr A East powstał wskutek działalności centrum czy też jest przypadkową superpozycją pozostałości po wybuchu supernowej wzdłuż linii widzenia. Przestrzenna struktura tego regionu Galaktyki jest szczególnie trudna do określenia z powodu dużych trudności w oszacowaniu odległości do poszczególnych źródeł.

Emisja Sgr A w radiowym kontinuum składa się z mieszaniny termicznej swobodno–swobodnej i nietermicznej, prawdopodobnie emisji synchrotronowej. Poprzednie badania na niskich częstotliwościach (Yusef-Zadeh i in. 1986) pokazały, że termiczny składnik (Sgr A West) staje się coraz bardziej nieprzezroczysty na dłuższych falach i na 375 cm źródło znika zupełnie. Wskutek tego przyrost głębokości optycznej składnika termicznego na niskich częstotliwościach może być użyty do „uwięzienia" przestrzennej struktury centrum. W dodatku wysoka temperatura jasnościowa nietermicznego tła na niskich częstotliwościach umożliwia nam wykrywanie gazu zjonizowanego z niższymi stopniami emisji w przeciwieństwie do detekcji na częstotliwościach wyższych.




Rys. 3. Obraz Sgr A na 333 MHz w skali szarości (Anantharamaiah i in. 1991). Strumień w maksimum wynosi 4.8 Jy/pole wiązki.

### *Wyniki obserwacji*

Poniżej zostaną zaprezentowane obserwacje Sgr A przeprowadzone przy pomocy VLA na 90 cm z rozdzielczością 12″ oraz obserwacje, również VLA, na 6 i 20 cm z rozdzielczością kątową 1″.3×2″.5 (α×δ) oraz ich interpretacja (Pedlar i in. 1989). Przyjmując, że centrum Galaktyki leży w odległości 8.5 kpc otrzymujemy rozdzielczość liniową 0.49 pc (dla 90 cm).

*Sgr A na 90 cm*

Ograz Sgr A na fali 90 cm razem z obrazem na 20 cm przeskalowanym do tej samej rozdzielczości (12″×12″) przedstawia rys. 4. Jasny składnik o rozmiarach 2′.1×3′.3 jest identyfikowany z Sgr A East. Jak widać, jest on usytuowany na halo, w przybliżeniu trójkątnym, rozciągającym się na obszarze około 7 minut łuku. Zastanawiające jest istnienie głębokiej depresji w jasności na zachodniej stronie Sgr A East, która jest zgodna z absorpcją otoczki przez termiczny gaz połączony z Sgr A West. Depresja ta jest szczególnie jasno widoczna przy porównaniu rys. 4 górnego z tym samym rozkładem na 20 cm (rys. 4 dolny). Otoczka Sgr A East otacza, podobnie jak absorpcyjny obszar identyfikowany z Sgr A West, słaby niewielki obszar emisyjny (nazwijmy go obszarem B) wydłużony w przybliżeniu w kierunku N-S, bliski wschodniej granicy obszaru absorpcyjnego połączonego z Sgr A West (rys. 4 górny). Średnia pozycja tego obszaru wynosi $\alpha \sim 17^h42^m34^s$, $\delta \sim 28°59'$.

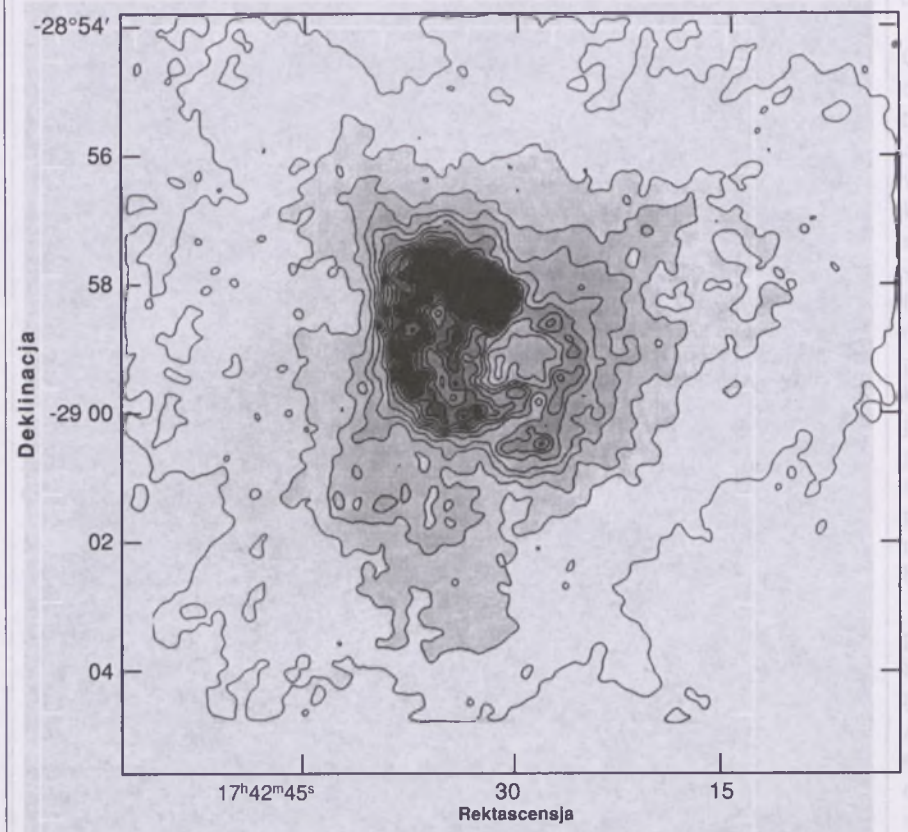
Ten sam obszar jest również widoczny na mapach 6 i 20 cm. Wschodnia krawędź otoczki Sgr A East jest wyraźnie prosta i może być konsekwencją jej interakcji z chmurą molekularną z prędkością 50 km/s (Goss i in. 1985).

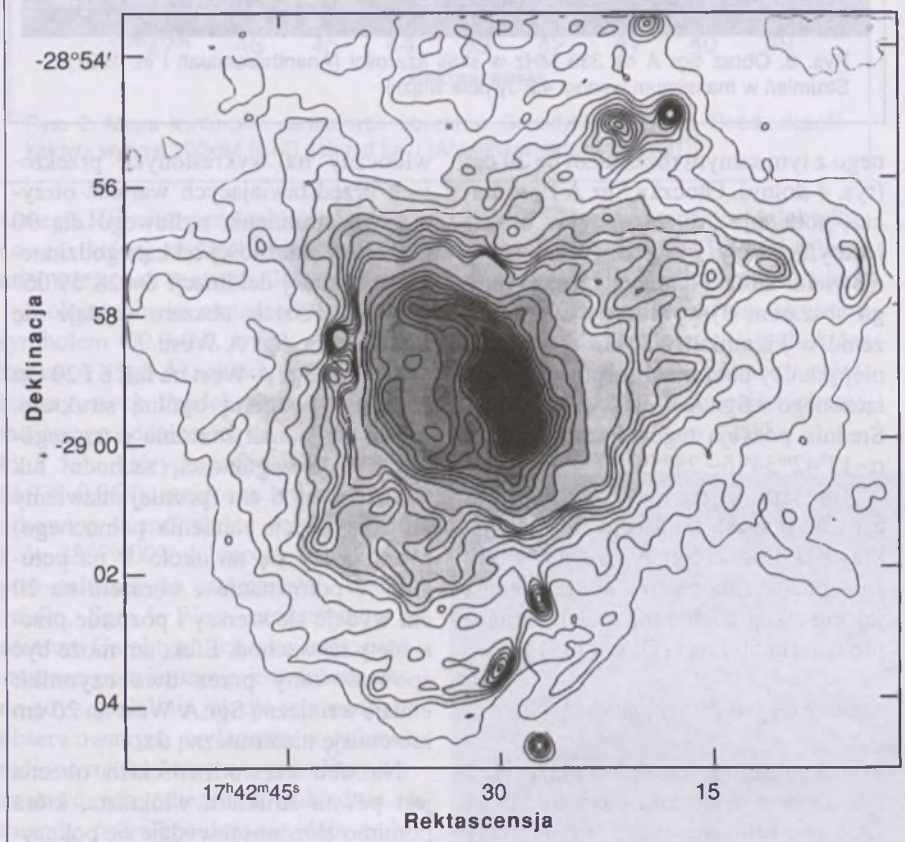
*Obrazy na fali 20 i 6 cm*

Wyniki obserwacji przedstawiają rys. 5 i 6. Dobrze widoczna otoczka Sgr A East pozwala zauważyć wspomniany wyżej obszar emisyjny (obszar B), odpowiadający podobnemu obszarowi widzianemu na fali 90 cm, przecinający otoczkę w kierunku N-S na $\alpha \sim 17^h42^m34^s$. Obszar ten jest również widoczny na wykreślonych przekrojach przedstawiających wartość otrzymanego strumienia radiowego dla 90 i 20 cm w zależności od kąta godzinnego przy stałej deklinacji δ=-28°59′06″ (rys. 7). Kształt obszaru wydaje się śledzić szkic Sgr A West.

Obrazy Sgr A West na fali 6 i 20 cm pokazują podobną ogólną strukturę, różnią się jednak znacznie w szczegółach. W szczególności, zachodni łuk widoczny na 6 cm (później nazwiemy go kontynuacją ramienia północnego) rozciągający się na około 1′ na południe w porównaniu z obrazem na 20 cm wydaje się szerszy i pozornie przesunięty na wschód. Efekt ten może być spowodowany przez dwa czynniki: emisję termiczną Sgr A West na 20 cm lub emisję nietermiczną tła.

Na obu częstotliwościach obecna jest pewna struktura włóknista, która pomimo złożoności wydaje się pokazywać ogólne wydłużenie, w przybliżeniu prostopadłe do płaszczyzny Galaktyki. To zjawisko jest szczególnie uderzające w łuku zachodnim i może wskazywać na obecność silnego pola magnety-




Rys. 4. wyżej – mapa konturowa w skali szarości przedstawiająca Sgr A i jego halo na fali 90 cm (rozdzielczość 12″×12″) (Pedlar i in. 1989).

niżej – identyczne pole na fali 20 cm przeskalowane do tej samej rozdzielczości (Pedlar i in. 1989).

cznego, które zaproponowano dla centralnego regionu naszej Galaktyki (Yusef-Zadeh i Morris 1987).

**Swobodno–swobodna absorpcja Sgr A East przez termiczny gaz**

Temperatura jasnościowa na częstotliwości 332 MHz zmienia się pomiędzy 20 i 40 tys. K ponad halo i podnosi się do około 120 tys. K w częściach otoczki Sgr A East. Jak widać na rys. 7., na pozycji Sgr A West temperatura jasnościowa jest obniżona do około 30 tys. K. Istotnie, na pozycji Sgr A West całe promieniowanie otoczki Sgr A East jest zaabsorbowane. Ponieważ głębokość absorpcji obszaru emisyjnego (obszaru B) wynosi około 80 tys. K więc jedynym źródłem w polu o dostatecznej jasności do utworzenia takiego obszaru jest Sgr A East.

Fakt, że minimum absorpcji jest blisko, ale nie poniżej, średniego poziomu halo (patrz rys. 4 i 7) sugeruje, że emisja halo na częstotliwości 332 MHz pochodzi sprzed Sgr A West. Jest również zupełnie możliwe, że emisja z regionu wysokotemperaturowego na 332 MHz zostanie całkowicie zaabsorbowana przez zjonizowany gaz o niższej temperaturze w termicznym halo Sgr A West. Jako termiczny składnik Sgr A West jest rzeczywiści nieprzezroczysty na częstotliwości 332 MHz. Wydaje się zatem, że duża część emisji z kierunku Sgr A West musi mieć nietermiczne pochodzenie. Najbardziej prawdopodobnym źródłem tej emisji nietermicznej na 332 MHz jest halo średnicy 7 minut łuku.

**Struktura Sgr A**

Dwa wcześniej wymienione źródła: Sgr A West i Sgr A* są najprawdopodobniej usytuowane blisko lub w samym centrum Galaktyki. Natomiast aktualne obserwacje wskazują, że otoczka Sgr A East leży po przeciwnej stronie centrum w obszarze o rozmiarach 100 pc wokół jądra. Ciekawym jest również fakt, że po odjęciu emisji termicznej jasna część otoczki Sgr A East jest wciąż na po-

zycji Sgr A West. Na rys. 8a przedstawiona jest możliwa konfiguracja składników wewnątrz Sgr A przy założeniu, że Sgr A West leży w centrum halo. Sugerowano, że halo jest dodatkowym ujawnieniem eksplozji supernowej, która w konsekwencji utworzyła Sgr A East i może świadczyć o przenikaniu promieniowania elektronów kosmicznych poprzez otoczkę Sgr A East (Yusef-Zadeh i Morris 1987). Wspomniana wyżej konfiguracja może być konsekwencją istnienia Sgr A East odbitego przez wielkie chmury molekularne położone za centrum Galaktyki (Goss i in. 1985). Jeśli Sgr A East jest osadzony wewnątrz halo, wówczas Sgr A West musi być usytuowany blisko centrum halo nie tylko w płaszczyźnie nieba, ale również radialnie.

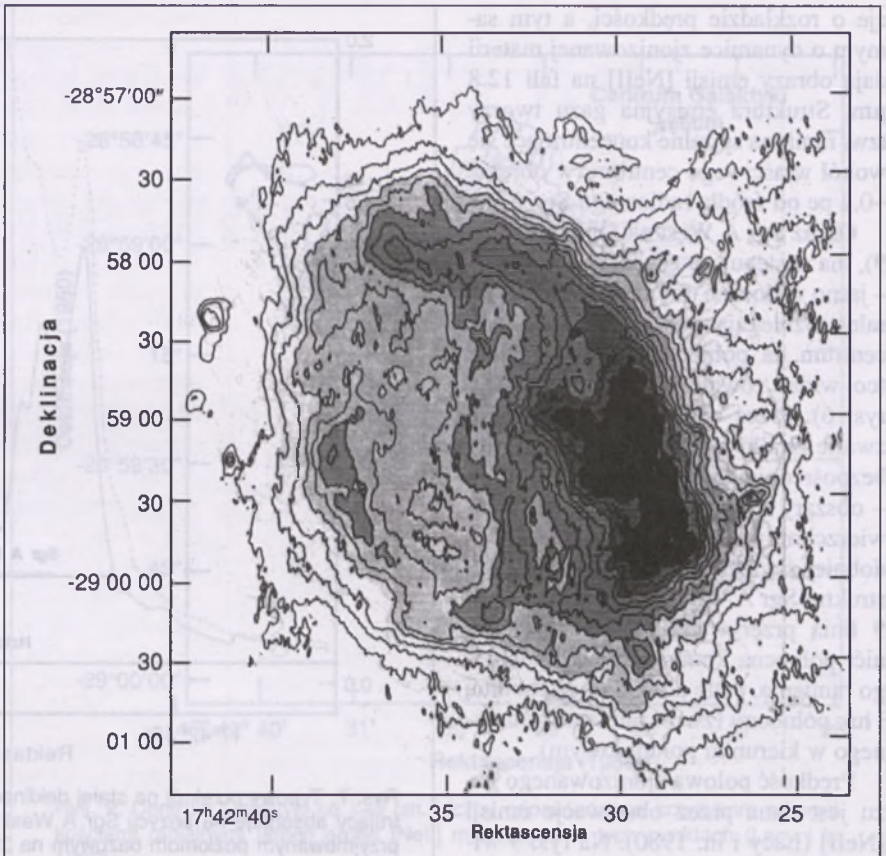
Alternatywną konfiguracją dla Sgr A jest sytuacja przedstawiona na rys. 8b, ponieważ otrzymywane dane nie mogą przekreślać i tej możliwości. W tymprzypadku halo jest przestrzennie oddzielonym składnikiem, który może leżeć przed Sgr A East i West. Jeśli rozważymy halo jako oddzielny obiekt, wówczas jego nietermiczne widmo razem z energią relatywistyczną około $5 \cdot 10^{50}$ ergów i rozmiarem ~20 pc powino sugerować, że są to wydzielone pozostałości supernowej, której Sgr A East może być albo młodszym przykładem albo tym, który wystąpił w dużo gęstszym środowisku (Ekers i in. 1983).

Wybuchy supernowych mogły być naturalną konsekwencją tworzenia się formacji gwiazdowej w centrum Galaktyki. Jednakże jest nieco bardziej spekulacyjna możliwość, że Sgr A East i halo są dwoma nietermicznymi składnikami, które powstały z aktywnego jądra. To mogłoby wówczas sugerować podobieństwo z aktywnością typu Seyferta w jądrach galaktyk spiralnych, która jest zapoczątkowana w centralnej machinie.

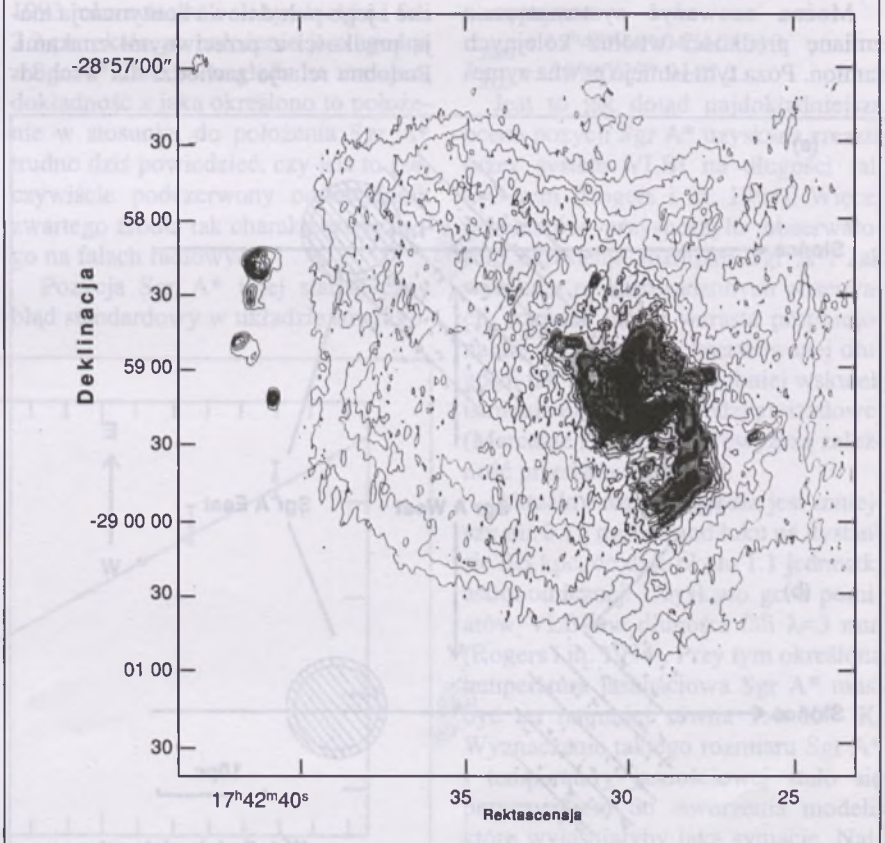
Na 332 MHz zwarte źródło radiowe Sgr A* nie jest wykrywane, co oznacza, że jest ono osadzone w lub za Sgr A West.

### Obserwacje radiowe gazu zjonizowanego

Zjonizowany gaz zajmuje około 1′ (2.5 pc) centralnego obszaru Sgr A West. Został zaobserwowany w emisji kontinuum w długościach fal pomiędzy 2 i 20 cm w dużej zdolności rozdzielczej (Ekers i in. 1983). Dodatkowe informa-




Rys. 5. Mapa konturowa w skali szarości na 1415 MHz (20 cm). Szczytowy strumień wynosi 475 mJy (Pedlar i in. 1989).




Rys.6. Mapa konturowa w skali szarości na fali 6 cm. Szczytowy strumień wynosi 672 mJy (Pedlar i in. 1989).

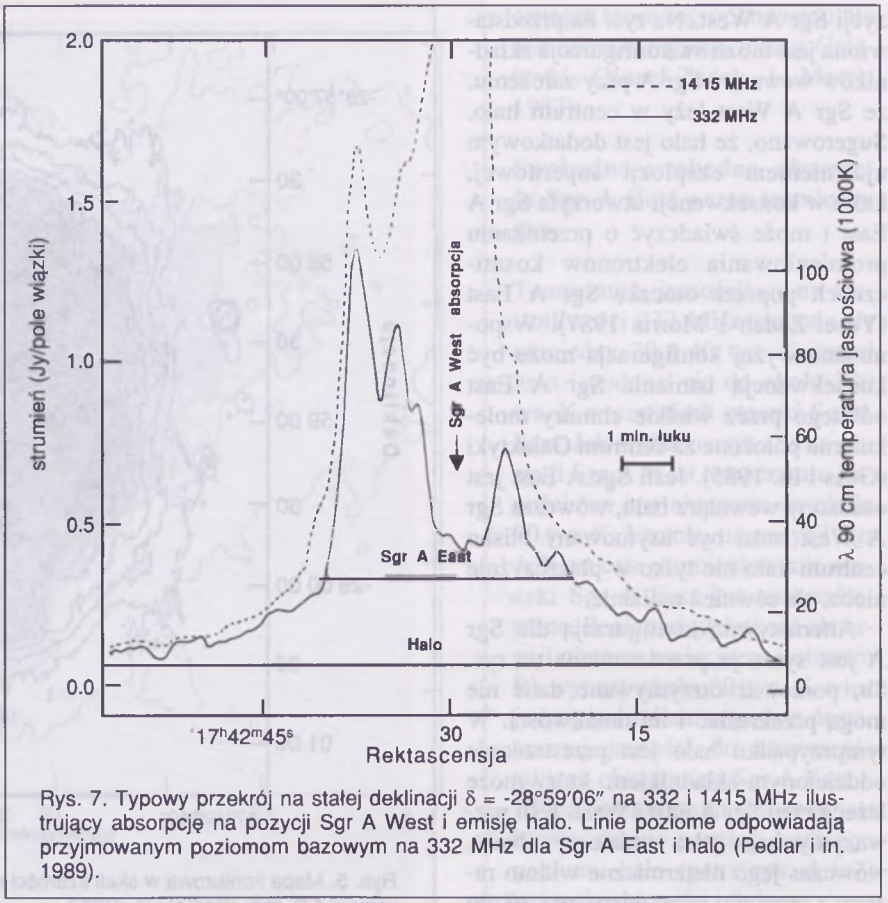
cje o rozkładzie prędkości, a tym samym o dynamice zjonizowanej materii dają obrazy emisji [NeII] na fali 12.8 μm. Struktura emisyjna gazu tworzy tzw. ramiona spiralne koncentrujące się wokół właściwego centrum (w obrębie ~0.2 pc od źródła radiowego Sgr A*).

Obraz Sgr A West na fali 6 cm (Rys 9), ma następujące cechy:
– jasno widoczne trzy tzw. ramiona spiralne rozbiegające się z domniemanego centrum na północ, wschód i zachód (co widać również bardzo dobrze na rys. 6). Przez centrum rozumiemy tu zwarte źródło radiowe Sgr A* i region bezpośrednio go otaczający;
– obszary o nieco niższej jasności powierzchniowej będące najprawdopodobniej śladem istnienia dodatkowych struktur Sgr A West i oznaczone na rys. 9 linią przerywaną. Możemy wyróżnić: północną kontynuację wschodniego ramienia, pętlę północno-wschodnią i łuk północny (zwrot ramienia północnego w kierunku południowym).

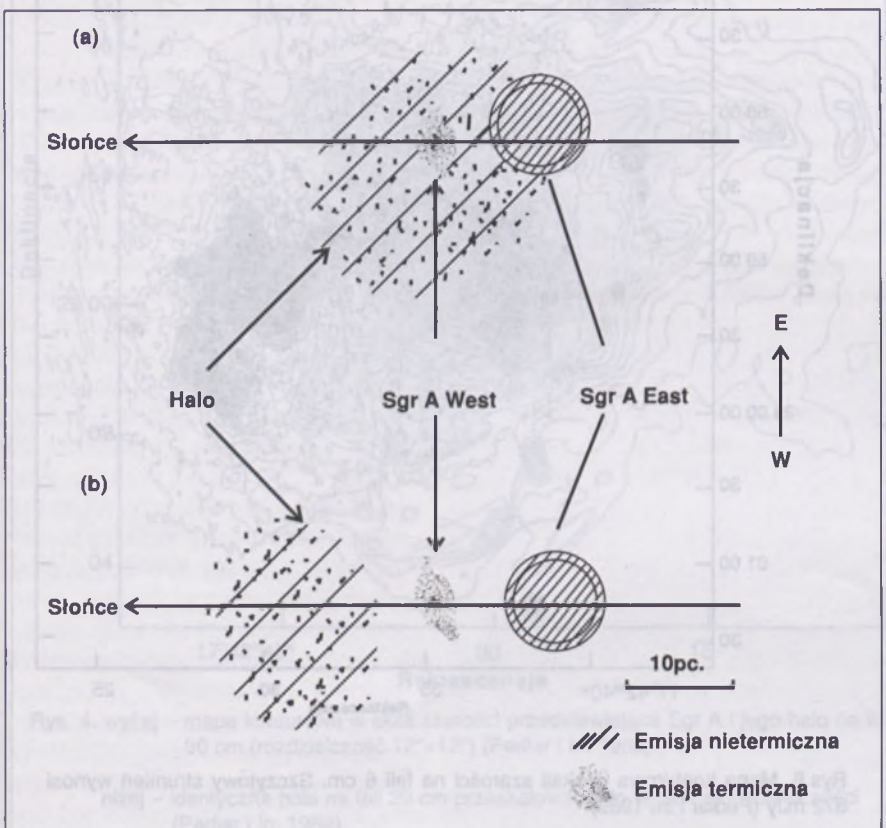
Prędkość polowa zjonizowanego gazu jest dana przez obserwacje emisji [NeII] (Lacy i in. 1980). Na rys. 9 widoczne liczby odpowiadają mierzonym prędkościom radialnym miejsc, które odpowiadają ich położeniom.

Można zauważyć systematyczną zmianę prędkości wzdłuż kolejnych ramion. Poza tym istnieje pewna symetria prędkości polowej. Ramię północne i jego południowa kontynuacja mają prędkości z przeciwnymi znakami. Podobna relacja zachodzi dla wschodniego i zachodniego ramienia. Jednakże, podczas gdy dla północnego ramienia i jego południowej kontynuacji wielkość prędkości maleje ku centrum, to dla wschodniego i zachodniego ramienia prędkość rośnie ku centrum i właśnie tam jest maksymalna. Może to sugerować, że północne ramię i jego południowa kontynuacja jest częścią rotującego pierścienia wokół centrum, podczas gdy zachodnie i wschodnie ramię nie powinno być częścią tej samej struktury. Sugerowano, że widoczne strumienie wynikają z jonizacji gazu napędzanego na zewnątrz wzdłuż linii wirowych pola magnetycznego obiektu centralnego (Sgr A* ). Jest tylko mały problem, gdyż strumienie gazu nie spotykają się w pojedynczym punkcie blisko centrum.

Zjonizowany gaz prawdopodobnie przemieszcza się z północnego ramienia do jego południowej kontynuacji, która orbituje wokół centrum. Wschodnie i zachodnie ramię jest niezależnym strumieniem opadającym w kierunku centrum wzdłuż trajektorii mniej więcej prostopadłych do płaszczyzny orbity północnego ramienia i jego południowej kontynuacji. Zjonizowany gaz może powstawać z powodu niskiego kątowego momentu pędu chmur molekularnych w pobliżu Sgr A West. Sa-




Rys. 7. Typowy przekrój na stałej deklinacji δ = -28°59'06" na 332 i 1415 MHz ilustrujący absorpcję na pozycji Sgr A West i emisję halo. Linie poziome odpowiadają przyjmowanym poziomom bazowym na 332 MHz dla Sgr A East i halo (Pedlar i in. 1989).



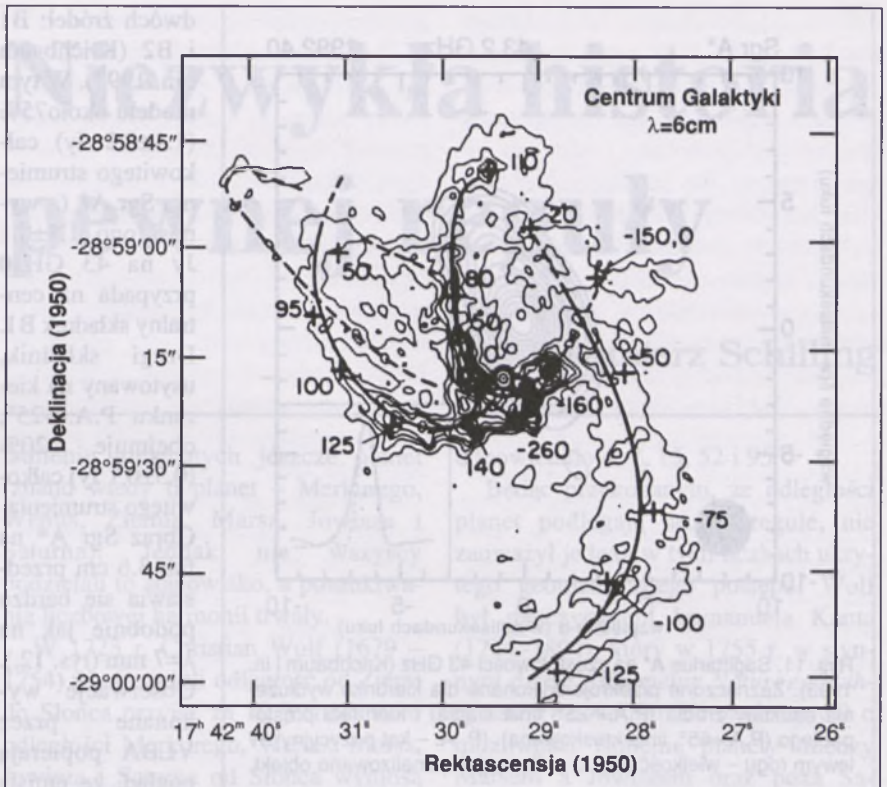

Rys. 8. Dwie możliwe konfiguracje struktury emisji radiowej Sgr A (Pedlar i in. 1989).

mo opadanie gazu ma miejsce wewnątrz obszaru centralnego o średnicy 1,5 pc, a gaz jest zjonizowany przez centralne źródło, które może być grupą gwiazd OB lub, co jest bardziej prawdopodobne, pojedyńczym źródłem jonizacji, czyli czarną dziurą.

### Natura zwartego źródła radiowego, czyli Sgr A*

Pomiary prędkości radialnej gazu zjonizowanego wskazują na jej nietrywialne wartości blisko centrum Galaktyki. Pochodzenie tych ruchów jest jeszcze mało znane. Mogą one być spowodowane, na przykład, przez masywny i supergęsty rój gwiazd OB lub pojedyncze źródło. Do niedawna jeszcze twierdzono, iż rozciągłe źródło podczerwone IRS16 jest środkiem centralnego roju gwiazdowego i oznacza dynamiczne centrum Galaktyki. Składniki IRS16 okazały się jednak pojedynczymi młodymi gwiazdami i raczej trudno wiązać z którąkolwiek z nich faktyczne centrum.

Podstawowym kandydatem jest tutaj wspomniane już zwarte źródło radiowe Sgr A* odkryte przez Balick'a i Brown'a w 1974 roku. Punktowy charakter źródła (<15 AU; Marcaide i in. 1992) oraz jasność radiowa ~$10^{34}$erg $s^{-1}$ czynią ten obiekt unikatem w Galaktyce. Pozostaje jednak problem, czy Sgr A* posiada swój odpowiednik w podczerwieni. Szukanie koincydencji Sgr A* z pozostałymi źródłami IRS16 było przedmiotem wielu prac (np. Tellestrup i in. 1989). Wyniki uzyskiwane w coraz to lepszych zdolnościach rozdzielczych nie dają jednak ostatecznego rozwiązania. Co prawda, Eckart i in., w 1993 roku odnaleźli słaby obiekt na fali 2.2 μm, którego położenie jest zgodne z Sgr A* , ale ze względu na mniejszą dokładność z jaką określono to położenie w stosunku do położenia Sgr A* trudno dziś powiedzieć, czy jest to rzeczywiście podczerwony odpowiednik zwartego źródła tak charakterystycznego na falach radiowych.




Rys. 9. Centrum Galaktyki na λ=6 cm. Liczby odpowiadające krzyżykom są prędkościami radialnymi (km/s) emisji [NeII] mierzonymi w tych punktach (Lacy i in. 1980).

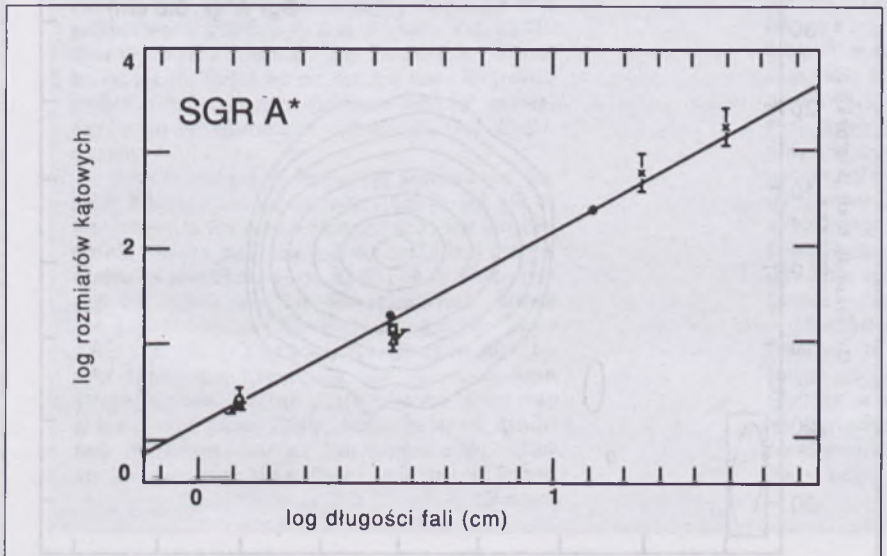
Pozycja Sgr A* i jej statystyczny błąd standardowy w układzie równikowym na epokę J2000 przedstawia się następująco:

$\alpha_{2000} = 17^h45^m40^s.045 \pm 0^s.010$;

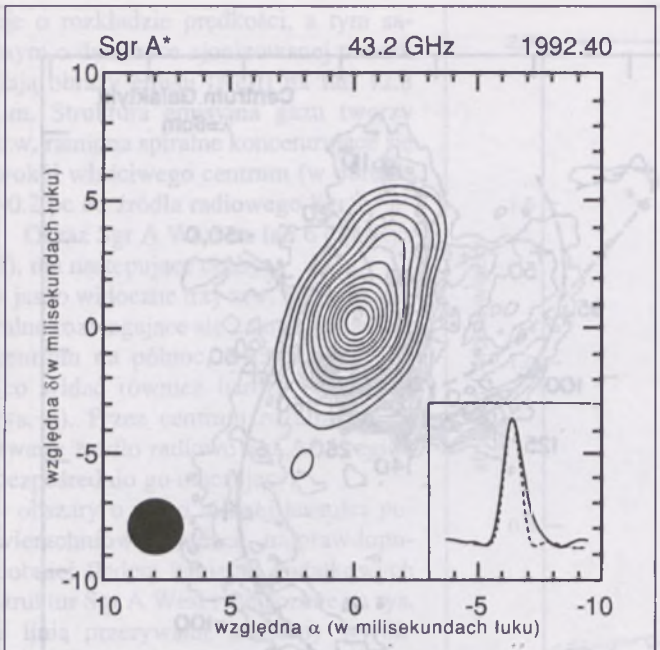
$\delta_{2000} = -29°00'27''.9 \pm 0''.2$.

Jest to jak dotąd najdokładniejsza ocena pozycji Sgr A* uzyskana zresztą przez system VLBI na długości fali λ=3 mm (Rogers i in. 1994). Więcej problemów przysporzyło obserwatorom określenie rozmiaru Sgr A*. Jak wynika z przeprowadzonych obserwacji, rozmiar źródła wzrasta proporcjonalnie do kwadratu obserwowanej długości fali najprawdopodobniej wskutek istnienia ekstynkcji międzygwiazdowej (Marcaide i in. 1992). Powyższą zależność przedstawia rys. 10.

Aktualny rozmiar źródła jest mniejszy niż 0.13 milisekund łuku na dystansie 8.5 kpc, co daje około 1.1 jednostki astronomicznej. Uzyskano go z pomiarów VLBI na długości fali λ=3 mm (Rogers i in. 1994). Przy tym określona temperatura jasnościowa Sgr A* musi być co najmniej równa $1.4 \times 10^{10}$ K. Wyznaczenie takiego rozmiaru Sgr A* i temperatury jasnościowej stało się przyczynkiem do stworzenia modeli, które wyjaśniałyby taką sytuację. Najlepsze dotychczasowe modele wymagają efektów nisko poziomowej akrecji w kierunku czarnej dziury o masie $2 \times 10^6 M_\odot$. Model (a) Melia (1992) roz-




Rys. 10. Rozmiar kątowy Sgr A* w funkcji obserwowanej długości fali w kwadracie. Punkty na dopasowanej prostej oznaczają przeprowadzone obserwacje (Marcaide i in. 1992).




Rys. 11. Sagittarius A* na częstotliwości 43 GHz (Krichbaum i in. 1993). Zaznaczone przekroje wykonano dla kierunku wydłużenia struktury źródła (P.A.=-25°, linia ciągła) i kierunku prostopadłego (P.A.=65°, linia kreskowana). (P. A. – kąt pozycyjny).W lewym rogu – wielkość wiązki radiowej jaką analizowano obiekt.

waża optycznie cienką emisję radiową z podgrzanego gazu akreującego w tempie $10^{-4}M_{\odot}$ pochodzącego z wiatrów gwiazdowych emitowanych przez składniki IRS16; i model (b), Falcke i in. 1993, który rozważa tempo akrecji pomiędzy $10^{-8.5}$ i $10^{-7}M_{\odot}$ z dże-tem uformowanym przez dysk akrecyj-ny. Są to jednak tylko modele.

Wewnętrzna struktura Sgr A* jest wciąż nieznana. Jak wynika z obserwacji przeprowadzonych na częstotliwości 43 GHz (7 mm) przez VLBI (Krichbaum i in. 1993), struktura źródła jest lekko wydłużona na kierunku P.A.= -25°±10°. Rysunek 11 przedstawia obraz Sgr A* na częstotliwości 43 GHz wraz z uzyskanymi przekrojami dla kierunku wydłużenia struktury źródła (P.A.=-25°,linia ciągła) i kierunku doń prostopadłe-go (P.A.=65°, linia kreskowana).

Okazuje się, że Sgr A* jest łagodnie zmiennym źródłem o okresie około roku (Zhao i in. 1988). Taka zmienność mogłaby wyjaśniać obserwacje Kellermann'a i in. (1977). Kellermann modelował swoje obserwacje przeprowadzone na fali 3.6 cm z dwoma składnikami o rozmiarach 1 i 17 milisekund łuku. Bardziej zwarty składnik o średnicy 1 milisekundy łuku (8 jednostek astronomicznych) nie został wykryty. Sądzono, iż znajduje się wewnątrz większego składnika rozpraszającego.

Obecnie obserwowana zmienność Sgr A* jest modelowana za pomocą dwóch źródeł: B1 i B2 (Krichbaum i in. 1993). W tym modelu około75% (1.1±0.2 Jy) całkowitego strumienia Sgr A* (a wynosi ono 1.4±0.1 Jy na 43 GHz0 przypada na centralny składnik B1. Drugi składnik, usytowany na kierunku P.A.=-25°, obejmuje 20% (0.3±0.1 Jy) całkowitego strumienia. Obraz Sgr A* na fali 3.6 cm przedstawia się bardzo podobnie jak na $\lambda$=7 mm (rys. 12.). Obserwacje wykonane przez VLBA popierają pogląd, że emisja radiowa z Sgr A* jest silnie rozproszona przez zjonizowany ośrodek i jest spowodowana przez akrecję wiatru gwiazdowego z masywnych gwiazd wokół z obszaru ok. 0.5 pc od centrum, ponadto obserwacje są zgodne z masą czarnej dziury $\leq 2\times10^{6}M_{\odot}$ (Lo i in. 1993).

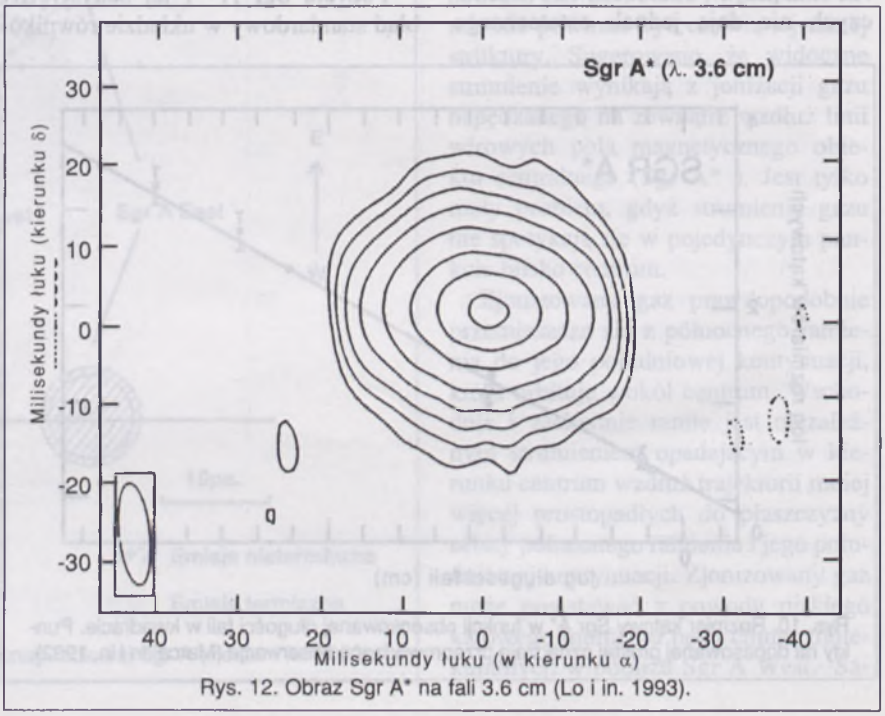
Dokładniejsze i pełniejsze określenie struktury źródła Sgr A*, które przyjmujemy za faktyczne centrum naszej Galaktyki, wymaga przeprowadzenia kolejnych obserwacji, szczególnie na krótkich falach, gdzie rozproszenie promieniowania przez elektrony międzygwiazdowe jest mniejsze (proporcjonalnie do l2). Razem z obserwacjami gwiazd i gazu w centralnym obszarze o promieniu 1 pc wykonanymi w podczerwieni prawdziwa natura centrum naszej Galaktyki może zostać rozwikłana.

Literatura:


Anantharamaiah K.R., Pedlar A., i in., 1991, *M.N.R.A.S.*, **249**, 262.
Balick B., Brown R.L., 1974, *ApJ*, **194**, 265.
Eckart A., Genzel R., i in., 1993, *ApJ*, **407**, L77.
Ekers R.D., van Gorkom J.H., i in., 1983, *A&A*, **122**, 143.
Falcke H., i in., 1993, *A&A*, **278**, L1.
Goss W.M., Schwarz U.J., i in., 1985, *M.N.R.A.S.*, **215**, 69P.
Kellermann K.I., Shaffer D.B., Clark B.G., 1977, *ApJ*, **214**, L61.
Krichbaum T.P., Zensus J.A., 1993, *A&A*, **274**, L37.
Lacy J.H., Townes C.H., i in., 1980, *ApJ*, **241**, 132.
Lo K.Y., i in., 1993, *Nature*, **362**, 38.
Marcaide J.M., Alberdi A., i in., 1992, *A&A*, **258**, 295.
Melia F., 1992, *ApJ*, **387**, L25.
Oort J.H. 1985, w *The Milky Way Galaxy*, (red.) H. van Woerden, i in., p. 349.
Pedlar A., Anantharamaiah K.R., i in., 1989, *ApJ.*, **342**, 769.
Rogers A.E.E., Doeleman S., i in., 1994, *ApJ*, **434**, L59.
Tollestrup E.V., Capps R.W., i in., 1989, *Astron.J.*, **98**, 204.
Yusef–Zadeh F., Morris M., i in., 1986, *ApJ*, **300**, L47.
Yusef–Zadeh F., Morris M., 1987, *ApJ.*, **320**, 545.
Zhao J.H., i in., 1988, w: Morris M. (red.) IAU *Symposium 136*. p. 535.



*Jacek Niezgoda jest studentem astronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika , przygotowującym swą pracę magisterską w dziedzinie radioastronomii. Artykuł powstał jako jego praca seminaryjna.*


Rys. 12. Obraz Sgr A* na fali 3.6 cm (Lo i in. 1993).

*Postęp dokonuje się w astronomii poprzez nowe odkrycia obserwacyjne lub nowe pomysły teoretyczne. Ale zdarza się, iż nieoczekiwanie pojawiają się nowe dane obserwacyjne, które zmuszają do ponownego zajęcia się zagadnieniem, o którym sądzono, że ma już tylko historyczne znaczenie. Właśnie coś takiego spotkało ostatnio empiryczną, arytmetyczną regułę Titiusa–Bodego, która ma już 229 lat a jej fizyczny sens ciągle nie jest znany.*

# Niezwykła historia pewnej reguły

Kazimierz Schilling

## Formułowanie i publikacja reguły

Historia reguły rozpoczyna się w 1595 r., kiedy ukazało się dzieło Johannesa Keplera (1571–1630) *Mysterium Cosmographicum*. Próbując znaleźć w Układzie Słonecznym liczbową harmonię, autor zwrócił uwagę na zbyt dużo pustej przestrzeni pomiędzy orbitami Merkurego i Wenus oraz Marsa i Jowisza, ale odrzucił myśl o istnieniu nieznanych jeszcze planet (znano wtedy 6 planet – Merkurego, Wenus, Ziemię, Marsa, Jowisza i Saturna). Jednak nie wszyscy podzielali to stanowisko, a poszukiwania liczbowej harmonii trwały.

W 1723 r. Christian Wolf (1679 – 1754) pisał: „jeżeli odległość od Ziemi do Słońca przyjąć za 10 jednostek, to odległości Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna od Słońca wyniosą odpowiednio 4, 7, 15, 52 i 95".

Będąc przekonanym, że odległości planet podlegają jakiejś regule, nie zauważył jednak w tych liczbach ukrytego geometrycznego postępu. Wolf był nauczycielem Immanuela Kanta (1724–1804), który w 1755 r. w słynnym dziele *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* mówił o możliwości istnienia planety między Marsem a Jowiszem oraz poza Sa-

und dem Weltgebäude überhaupt. 7

nämlich die Nebenplaneten jährlich um ihren Hauptplaneten, wie Trabanten, herumlaufen.

Venus und die Erde haben jegliche ihren Trabanten. Mit der Zeit wird man ohne Zweifel auch einen um den Mars entdecken. Jupiter hat ihrer viere, Saturn fünfe, nebst einem Ringe, oder einer leuchtenden Atmosphäre, welche die Stelle vieler kleinen Monden zu vertreten scheint. Da er beynahe dreyhundert Millionen Meilen von der Sonne entfernt ist, so würde er ein zu schwaches Licht bekommen, wenn nicht seine Trabanten und sein Ring dasselbe zurückwürfen und vermehrten.

Wir kennen siebzehn Planeten, die unser Sonnensystem ausmachen helfen; aber wir sind nicht versichert, daß ihrer nicht noch mehrere vorhanden sind. Ihre Anzahl ist seit Erfindung der Fernröhre sehr gewachsen; vielleicht wird sie noch mehr wachsen, wenn wir noch vollkommenere Werkzeuge, noch fleißigere und glücklichere Bemerker bekommen. Der Trabante der Venus, der im vorigen Jahrhunderte nur auf einen Augenblick gesehen, seit kurzem aber aufs neue erblicket worden, verkündiget der Sternkunde noch manche neue Entdeckungen.

Gebet einmal auf die Weiten der Planeten von einander Achtung; und nehmet wahr, daß sie fast alle in der Proportion von einander entfernt sind, wie ihre körperliche Größen zunehmen. Gebet der Distanz von der Sonne bis zum Saturn 100 Theile, so ist Mercurius 4 solcher Theile von der Sonne entfernt: Venus 4 + 3 = 7 derselben; die Erde 4 + 6 = 10; Mars 4 + 12 = 16. Aber setzet, vom Mars bis zum Jupiter kömmt eine Abweichung von dieser so genauen Progression vor. Vom Mars folgt ein Raum von 4 + 24 = 28 solcher Theile, darinn weder ein Haupt- noch ein Nebenplanete zur Zeit gesehen wird. Und der Bauherr sollte diesen Raum ledig gelassen haben?



8 Von Gott

Nimmermehr! lasset uns zuversichtlich setzen, daß dieser Raum sonder Zweifel den bisher noch unentdeckten Trabanten des Mars zugehöre, laßt uns hinzuthun, daß vielleicht auch Jupiter noch etliche um sich habe, die bis itzt noch mit keinem Glase gesehen werden. Von diesem, uns unbekannten Raume erhebt sich Jupiters Wirkungskreis in 4 + 48 = 52; und Saturnus seiner, in 4 + 96 = 100 solcher Theile. Welches bewundernswürdige Verhältniß!

Es war der heutigen Sternkunde vorbehalten, nicht nur unsern Himmel mit neuen Planeten zu bereichern, sondern auch die Gränzen unsers Sonnenwirbels viel weiter hinauszusetzen. Die Kometen, welche, ihres betrüglichen Anblickes halber, ihres Schweifes, ihres haarigten Kernes, ihrer den Planeten oft entgegen gesetzten und von ihnen verschiedenen Richtung, ihres Erschreckens und Verschwindens wegen, für Erscheinungen gehalten wurden, die eine erzürnte Macht in der Luft angezündet hatte; diese Kometen sind zu planetischen Körpern geworden, deren lange Laufbahnen unsre Sternkundige berechnen, ihre entfernte Rückkehren vorhersagen, und ihren Ort, ihre Annäherungen und Entfernungen bestimmen. Vierzig dieser Körper erkennen anitzt schon die Herrschaft unsrer Sonne, und die Bahnen, welche einige von ihnen um dieselbige beschreiben, sind so sehr ausgedehnt, daß sie solche, erst nach einer langen Reihe von Jahren, oder wohl gar in vielen Jahrhunderten, einmal durchlaufen.

Gleichergestalt war es ein Vorrecht der neuern Sternkenntniß, zu zeigen, daß diese Kometen vermuthlich diejenigen Wandelsterne sind, wodurch die unzählichen Systeme so vieler Sonnen zusammen hängen, und die das eigentliche Verbindungsglied in der gesammten Kette der Sterngebäude abgeben. Denn wozu wäre der große Raum nöthig, der vom Saturn bis zum nächsten Fix-



Rys. 1. Pierwszy zapis reguły Titusa Kopia 7 i 8 strony książki: Titius von Wittenberg J. D., *Betrachtung über die Natur, vom Herrn Karl Bonnet*, Johann Friedrich Junius, Leipzig, 1766.

turnem. Myślał o tym także Johann Lambert (1728–1777), gdy w 1761 r. w *Cosmologische Briefe* postawił pytanie: „któż wie, czy w obszernej przestrzeni pomiędzy Marsem a Jowiszem, nie ma brakujących planet, które będą kiedyś odkryte ?".

Właściwa historia interesującej nas reguły, zaczęła się w 1764 r., gdy znany szwajcarski filozof i przyrodnik Charles Bonnet (1720–1793) opublikował książkę *Contemplation de la Nature*. W 1766 r. Johann Titius (1729 – 1796) przetłumaczył ją na język niemiecki, dając tytuł *Betrachtung über die Natur, vom Herrn Karl Bonnet*. Nie zaznaczając, iż jest to tekst, nie występujący we francuskim oryginale, tłumacz dopisał następujący fragment (Rys. 1.): „Jeżeli zwrócić uwagę na odległości pomiędzy orbitami sąsiednich planet, to można zauważyć, że odległości te zwiększają się prawie proporcjonalnie do promieni samych orbit. Jeżeli odległość Saturna od Słońca przyjąć za 100 jednostek, to Merkury znajduje się od Słońca w odległości 4 jednostek, Wenus w odległości 4 + 3 = 7 jednostek, Ziemia 4 + 6 = 10 jednostek, Mars 4 + 12 = 16 jednostek. Ale przy przejściu od Marsa do Jowisza występuje odstępstwo od tego dokładnego postępu. Po Marsie takiemu postępowi odpowiada odległość 4 + 24 = 28 jednostek, lecz w tej odległości nie widzimy ani wielkiej planety, ani księżyca planety. Czyżby Stwórca pozostawił tę przestrzeń pustą? W żadnym przypadku! Idę o zakład, że miejsce to zajmują nie odkryte jeszcze księżyce Marsa; pozwólcie też dodać, że Jowisz, być może, także ma kilka satelitów, które nie były jeszcze obserwowane. Dalej znajdujemy położenie Jowisza, odpowiadające 4 + 48 = 52 jednostkom; natomiast Saturn znajduje się w odległości 4 + 96 = 100 jednostek. Jakaż zadziwiająca zależność!".

Zauważmy, że Titius zwraca uwagę na fakt, iż liczby dodawane do czwórki, czyli

3, 6, 12, 24, 48 i 96, (1)

tworzą postęp geometryczny o pierwszym wyrazie 3 oraz ilorazie 2. Właśnie to jest istotą reguły Titiusa.

W 1772 r. ukazało się drugie wydanie niemieckiego tłumaczenia książki Bonneta. Tym razem, regułę swą umieścił Titius jako przypis tłumacza. Wydanie to czytał Johann Bode (1747–1826), przygotowujący właśnie do druku drugie wydanie książki *Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels*. Zadziwiony precyzją, z jaką reguła Titiusa oddaje rzeczywiste odległości planet od Słońca (tab. 1.), zamieścił ją w swojej książce w formie przypisu. Przepisując tekst Titiusa, Bode nie zaznaczył jednak, iż nie jest to jego własna reguła. Zrobił to dopiero w następnych wydaniach swojej książki. W szeroko znanym wydaniu dziewiątym z 1823 r., napisał na przykład zupełnie jednoznacznie: „O tym postępie mówiłem już w drugim wydaniu podręcznika, które wyszło w 1772 r., a także we wszyskich następnych wydaniach, po tym, jak po raz pierwszy zapoznałem się z tym postępem w przekładzie książki Bonneta, dokonanym przez profesora Titiusa z Wittenbergi".

Teksty Titiusa i Bodego różniły się jednym, ale bardzo istotnym szczegółem. Komentując lukę w odległości 28 jednostek, pierwszy mówił o księżycach Marsa lub Jowisza, zaś drugi przepowiadał istnienie pomiędzy Marsem a Jowiszem normalnej, nie odkrytej jeszcze planety. A w 1777 r. w trzecim wydaniu swojej książki Bode dodał, że z trzeciego prawa Keplera wynika, iż ta duża planeta obiega Słońce w ciągu 4.5 roku.

**Olśniewające sukcesy reguły Titiusa–Bodego**

Prócz Bodego, który wspominał o niej przy każdej nadarzającej się okazji,

## Johann Daniel Titius (1729 – 1796)

**Niemiecki przyrodnik, historyk i publicysta. Urodził się 2 stycznia 1729 r. w Konitz w Prusach Królewskich czyli w obecnych Chojnicach. Zmarł 16 grudnia 1796 r. w Wittenberdze w Saksonii. Po przedwczesnej śmierci ojca, wychowywał się w Gdańsku w rodzinie brata matki, znanego profesora filozofii Michała Hanowa. Po ukończeniu gdańskiego gimnazjum akademickiego, na uniwersytecie w Lipsku studiował nauki przyrodnicze. W 1752 r. uzyskał magisterium i objął stanowisko „privat–docenta". W 1756 r. przeniósł się na uniwersytet w Wittenberdze, gdzie został profesorem matematyki. W 1762 r. podjął także wykłady z fizyki, a w 1766 r. został „seniorem" fakultetu filozoficznego. Był członkiem towarzystw naukowych w Lipsku, Berlinie i Gdańsku. Po łacinie i niemiecku pisał prace naukowe i artykuły publicystyczne do czasopism wychodzących w Lipsku, Hanowerze i Hamburgu. Tłumaczył też rozprawy naukowe z języka francuskiego i angielskiego. Zajmował się także historią Chojnic, Pomorza i Polski.**

regułą Titiusa nikt się nie interesował aż do 1781 r., kiedy to William Herschel (1738–1822) zupełnie przypadkowo odkrył siódmą planetę – Urana. Okazało się, iż obiega ona Słońce za Saturnem, w odległości około 192 jednostek. Zaś reguła Titiusa – po wstawieniu kolejnego wyrazu postępu (1) – daje odległość 4 + 192 = 196 jednostek. Gdyby zatem, w ślad za młodym Kantem, podejrzewano istnienie siódmej planety, z reguły Titiusa na długo przed odkryciem można by było przewidzieć jej odległość od Słońca z błędem zaledwie 2 procent, a z trzeciego prawa Keplera obliczyć okres obiegu.

Po odkryciu Urana, reguła stała się szeroko znana, a Bode nie miał już żadnych wątpliwości, iż pomiędzy Marsem a Jowiszem, w odległości 28 jednostek od Słońca też musi krążyć planeta. Powstał międzynarodowy program jej poszukiwań, ale zanim przystąpiono do systematycznych obserwacji, w styczniu 1801 r. Giuseppe Piazzi (1746–1826) przypadkowo odkrył planetoidę Ceres. Okazało się, iż obiega ona Słońce raz na 4.6 roku po prawie kołowej orbicie o promieniu 27.7 jednostek, ale nie jest to „duża" planeta. Co gorsze, wkrótce odkryto kilka następnych planetoid, mających średnio takie same parametry orbit. Aby wybrnąć z tej kłopotliwej sytuacji, Heinrich Olbers (1758–1840) wysunął hipotezę, że są to odłamki normalnej, dużej planety (dano jej nawet nazwę „Faeton"), która z jakiegoś powodu rozpadła się. Dzisiaj wiadomo, iż pomiędzy Marsem a Jowiszem nigdy planety nie było, bo proces jej formowania został zakłócony przez grawitacyjne oddziaływanie Jowisza. Planetoidy nie są zatem odłamkami planety, ale resztkami materii protoplanetarnej, która nie zdołała się do końca „skleić". Znamy obecnie kilka tysięcy planetoid i większość z nich krąży pomiędzy Marsem a Jowiszem, tworząc tak zwany pierścień planetoid. Za „średnią" planetoidę pierścienia może być przyjmowana właśnie Ceres.

Titius niestety nie doczekał tego drugiego już tryumfu swojej reguły, bowiem zmarł 4 lata przed odkryciem pierwszej planetoidy. A samą regułę wiązano wtedy wyłącznie z nazwiskiem Bodego – mówiono mianowicie o „prawie Bodego", zupełnie zapominając o właściwym autorze. Prócz wspomnianych już okoliczności opublikowania reguły, główną tego przyczyną była wybitna naukowa pozycja Bodego. Titius był skromnym człowiekiem, szeregowym uniwersyteckim profesorem, a jedynym śladem astronomicznych zainteresowań jest tylko jego reguła. O wstawce (przypisie) Titiusa wspomniał co prawda Bonnet w przedmowie do pełnego wydania swoich dzieł z 1781 r., ale gdyby Bode nie przepisał reguły do swojego podręcznika, zapewne nikt inny by nie zwrócił na nią uwagi. Bode był bowiem nie tylko szeroko znanym uczonym, ale także wybitnym astronomicznym „działaczem", zaś jego prace z uwagą czytane były przez astronomów całej Europy. I to właśnie Bode przez kilkadziesiąt lat uporczywie propagował regułę, odkrytą przez Titiusa. Dlatego dzisiaj, zupełnie zasłużenie, nosi ona nazwę „reguły Titiusa–Bodego" – w dalszym tekście używany będzie skrót RT-B.

### Kłopoty z Merkurym

W 1787 r. Johann Wurm (1760–1833) po raz pierwszy zapisał RT-B w postaci wzoru:

$$r_n = 4 + 3 \times 2^n , \qquad (2)$$

gdzie r to średnia odległość planety od Słońca, wyrażona w takich jednostkach jak u Titiusa (r = 100 dla Saturna i 10 dla Ziemi), zaś $n = -\infty$ dla Merkurego oraz n = 0, 1, 2, 3, ... dla następnych planet. Dzisiaj RT-B podaje się zwykle w postaci wzoru:

$$r_n = 0.4 + 0.3 \times 2^n , \qquad (3)$$

## Johann Elert Bode (1747 – 1826)

**Światowej sławy astronom niemiecki urodzony 19 stycznia 1747 r. w Hamburgu, zmarły 23 listopada 1826 r. w Berlinie. Od 1772 r. pracownik, a w latach 1786–1825 dyrektor obserwatorium astronomicznego w Berlinie. Członek licznych towarzystw naukowych oraz akademii nauk w Berlinie (od 1786 r.), Petersburgu, Sztokholmie, Kopenhadze i Getyndze. Brał udział w szeregu ważnych przedsięwzięć obserwacyjnych, był autorem licznych artykułów, podręczników, tablic astronomicznych, katalogów gwiazd i atlasów nieba. W 1774 r. założył, a następnie przez ponad 50 lat opracowywał i wydawał niemiecki rocznik astronomiczny (*Berliner Astronomisches Jahrbuch*), który był wzorem dla innych zbiorów efemeryd i pełnił także rolę czasopisma naukowego. Jego wielki atlas i katalog zawierał 17 240 gwiazd i mgławic, z których około 5 000 nie było wcześniej katalogowanych. W 1801 r. wydał atlas *Uranographia*, obejmujący wszystkie gwiazdy widoczne gołym okiem, w którym po raz pierwszy zaznaczył ściśle określone granice gwiazdozbiorów. Jego mapy nieba należą do najlepszych, jakie istnieją. Zgodnie z jego propozycją, nową planetę odkrytą w 1781 r. przez Herschela, nazwano Uranem. Jako pierwszy znalazł 2 obserwacje Urana wykonane przed odkryciem, co pozwoliło na bardzo szybkie wyznaczenie dokładnej orbity nowej planety.**

gdzie n ma takie same wartości jak poprzednio. Jednostką odległości jest wtedy jednostka astronomiczna, czyli średnia odległość Słońce–Ziemia. W dalszym tekście używany będzie wzór (3), dający wartości:
0.4, 0.7, 1.0, 1.6, 2.8, 5.2, 10.0, 19.6, 38.8, 77.2, 154.0, ... (4)
podane w tab. 1.

Wurm, a w 1802 r. także Karl Gauss (1777–1855), zwrócili uwagę na wyjątkową pozycję Merkurego. Logika nakazuje bowiem, aby wykładniki, występujące we wzorze (3), były kolejnymi liczbami całkowitymi. Przed n = 0 (Wenus), powinno zatem być n = – 1, co daje r = 0.55. W tej odległości nie ma jednak planety, a zmierzona średnia odległość Merkurego wynosi 0.39 i bardzo dobrze zgadza się z wartością 0.4, wynikającą z RT-B ale dla nielogicznego n = – ∞. Po bezskutecznych poszukiwaniach „Wulkana" – planety między Wenus a Merkurym lub między Merkurym a Słońcem – w XX już wieku wysunięto hipotezę, że brakującą planetą jest Księżyc, krążący jakoby początkowo pomiędzy Merkurym i Wenus, a później przechwycony przez Ziemię. Abstrahując od jej prawdziwości, hipoteza ta nie likwiduje jednak wyjątkowej pozycji Merkurego. Nie likwiduje też, postawionego przez Gaussa, problemu nieskończonej liczby orbit dla n = – 2, – 3, – 4 itd. Według innej hipotezy, Merkury był początkowo księżycem Wenus i na samodzielną okołosłoneczną orbitę, nie muszącą pasować do RT-B, wszedł wskutek działania sił pływowych. RT-B zaczynałaby się wtedy od Wenus czyli od n = 0 i żadnego problemu by nie było.

**Problemy z Neptunem i Plutonem**

Wkrótce po odkryciu Urana, zauważono w jego ruchu pewne nieregularności i podjęto próby znalezienia ósmej planety, zakłócającej ruch siódmej. Większość astronomów przyjmowała przy tym, że okrąża ona Słońce w odległości zgodnej z RT-B, to znaczy w odległości około 39 jednostek astronomicznych. John Adams (1819–1892) oraz Urbain Leverrier (1811–1877), którzy niemal równocześnie a niezależnie od siebie obliczyli elementy jej orbity i wskazali miejsce na niebie, gdzie powinna się znajdować, przyjmowali, że odległość hipotetycznej planety jest trochę tylko mniejsza i wynosi 37.25 oraz 36.15 jednostki astronomicznej. Niemal dokładnie w miejscu wskazanym przez Leverriera, nową planetę, nazwaną Neptunem, odkrył w 1846 r. Johann Galle (1812–1910). Ku wielkiemu zdziwieniu astronomów, okazało się, że zupełnie nie pasuje ona do RT-B, ponieważ obiega Słońce w odległości zaledwie 30 jednostek astronomicznych.

Odkrycie Neptuna było poważnym ciosem w dotychczasowe przekonanie o słuszności RT-B i przestała ona być podstawą dla dalszych przepowiedni. Przejawiło się to między innymi podczas analiz, zmierzających do obliczenia orbity następnej dużej planety. Idea jej istnienia pojawiła się zaraz po odkryciu Neptuna, ale do szczegółowych obliczeń i poszukiwań przystąpiono dopiero na początku XX wieku. Próbując powtórzyć to, co pół wieku wcześniej zrobili Adams i Leverrier, astronomowie nie sugerowali się już RT-B – obliczano różne orbity, dla średnich odległości od Słońca w przedziale od zaledwie 30 do aż 100 jednostek astronomicznych. Wielkie więc było zaskoczenie, gdy Clyde Tombaugh (ur. 1906) odkrył w 1930 r. Plutona, obiegającego Słońce w odległości doskonale zgodnej z RT-B. Jeżeli przyjąć, że Neptun nie pasuje do reguły, dla Plutona zwalnia się wartość 38.8, zaś jego rzeczywista średnia odległość od Słońca wynosi 39.5 jednostki astronomicznej. Niezgodność wynosi więc tylko 2 procent – tyle samo co dla Urana, a mniej niż dla Marsa i Saturna.

Aby wyjaśnić, dlaczego Neptun nie pasuje, a Pluton pasuje do RT-B, wymyślano przeróżne hipotezy. Według jednej z bardziej egzotycznych, na początku istnienia Układu Słonecznego lub jeszcze podczas jego formowania się, Neptun krążył w odległości zgodnej z RT-B. Na obecną orbitę zepchnięty został podczas bliskiego spotkania z hipotetyczną dziesiątą planetą, która z kolei odrzucona wtedy została na dużą odległość od Słońca. Ubocznym skutkiem tego zdarzenia było oderwanie od Neptuna jednego z jego księżyców. Tym zbiegłym księżycem ma być Pluton, który pozostał na orbicie zbliżonej do pierwotnej orbity swojej macierzystej planety.

Zaraz po odkryciu Plutona, podjęto próby znalezienia następnej dużej,

Tab. 1. Reguła Titiusa–Bodego a rzeczywistość

| n | $r_n$ | planeta | rok odkrycia | a | a - r | $\frac{a-r}{r}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| -∞ | 0.4 | Merkury | | 0.39 | -0.01 | 2 |
| *-1* | *0.55* | *„Wulkan"* | *na pewno nie istnieje taka planeta* | | | |
| 0 | 0.7 | Wenus | | 0.72 | +0.02 | 3 |
| 1 | 1.0 | Ziemia | | 1.00 | 0.00 | 0 |
| 2 | 1.6 | Mars | | 1.52 | -0.08 | 5 |
| 3 | 2.8 | Ceres | 1801 | 2.77 | -0.03 | 1 |
| 4 | 5.2 | Jowisz | | 5.20 | 0.00 | 0 |
| 5 | 10.0 | Saturn | | 9.54 | -0.46 | 5 |
| 6 | 19.6 | Uran | 1781 | 19.19 | -0.41 | 2 |
| | | Neptun | 1846 | 30.06 | | |
| 7 | 38.8 | Pluton | 1930 | 39.53 | +0.73 | 2 |
| 8 | 77.2 | X | chyba nie istnieje taka planeta | | | |
| 9 | 154.0 | ??? | | | | |

$r_n$ – odległość planety od Słońca obliczona ze wzoru (3)
a – wielka półoś orbity planety (obserwowana)
a, r, a-r podane są w jednostkach astronomicznych
wartości (a-r)/r podane są w procentach

dziesiątej z kolei planety, roboczo nazwanej Transplutonem. Na jej odległość od Słońca przyjmowano wartości od 48 do 77.2 jednostki astronomicznej – ostatnia wartość wynika z RT-B dla n = 8. Do dzisiaj, poszukiwania te nie dały pozytywnego rezultatu. Zamiast tego, począwszy od 1992 r. zaczęto odkrywać[1)] planetoidy krążące poza Neptunem. Do końca 1994 r. odkryto ich 17 i są one prawdopodobnie pierwszymi, najbliższymi obiektami zewnętrznego pierścienia planetoid, a właściwie kometarnych jąder, którego istnienie już w 1950 r. przewidywał Gerard Kuiper (1905–1973). Pierścień ten ma się rozpościerać od orbity Neptuna aż do odległości około 500 jednostek astronomicznych. Neptun byłby wtedy ostatnią planetą, zaś Pluton i jego księżyc Charon to nadmiernie wyrośnięte kometarne jądra, należące do pierścienia Kuipera.

Tab. 2. Modyfikacja reguły reguły Titiusa–Bodego przez Mary Blagg (opublikowana przed odkryciem Plutona).

| Planeta | n | $r_n$ | $r_{nf}$ | a |
|---|---|---|---|---|
| Merkury | -2 | 0.2824 | 0.387 | 0.387 |
| Wenus | -1 | 0.4878 | 0.723 | 0.723 |
| Ziemia | 0 | 0.8428 | 1.000 | 1.000 |
| Mars | 1 | 1.4559 | 1.524 | 1.524 |
| Ceres | 2 | 2.5151 | 2.67 | 2.767 |
| Jowisz | 3 | 4.3449 | 5.200 | 5.203 |
| Saturn | 4 | 7.5058 | 9.550 | 9.539 |
| Uran | 5 | 12.9663 | 19.23 | 19.191 |
| Neptun | 6 | 22.3993 | 30.13 | 30.061 |
| (Pluton) | 7 | (38.6948) | (41.8) | (39.529) |

$r_n$ – odległość planety od Słońca obliczona z uproszczonej wersji wzoru (6) – bez funkcji f:
$r_n = 0.4162 \times 2.025 \times (1.7275)^n$
$r_{nf}$ – odległość planety od Słońca obliczona z pełnej wersji wzoru (6) – z funkcją f
a – wielka półoś orbity planety (obserwowana)
$r_n$, $r_{nf}$, a podane są w jednostkach astronomicznych

## Modyfikacje i szukanie fizycznego sensu

Nie licząc Neptuna, różnice między rzeczywistymi średnimi odległościami planet od Słońca a odległościami obliczonymi z RT-B, są niewielkie i nie przekraczają 5 procent (tab. 1.). Pomimo tego, już w 1787 r. Wurm podjął próbę takiej modyfikacji RT-B, aby uzyskać jeszcze lepszą zgodność reguły z rzeczywistością. Także Wurm jako pierwszy próbował sprawdzić, czy odległości księżyców od planet też podlegają regułom, analogicznym do RT-B. Proponowane przez różnych autorów modyfikacje, sprowadzały się do nadania wzorowi (3) bardziej ogólnej postaci, a mianowicie:

$$r_n = a + b \times 2^n \text{ lub } r_n = a + b \times c^n, \quad (5)$$

gdzie liczby a, b i c były dobierane w taki sposób, aby uzyskać najlepszą zgodność i miały inne wartości dla układu planet, a inne dla poszczególnych układów satelitarnych.

Drugi rodzaj modyfikacji polegał na tym, że kolejne wyrazy geometrycznego postępu mnożone były przez odpowiednie wartości pewnej okresowej funkcji. Jedną z najbardziej znanych takich modyfikacji RT-B podała w 1913 r. Mary Blagg (1858–1944), według której:

$$r_n = A(1.7275)^n y \equiv$$
$$\equiv A(1.7275)^n[B + f(\alpha + n\beta)], \quad (6)$$

gdzie A i B to pewne stałe liczbowe współczynniki, a i b to pewne stałe kąty, zaś n = -2, -1, 0, 1, 2 itd. Trygonometryczną funkcję f, przyjmującą wartości od 0 do +1, wyznacza się empirycznie, metodą harmonicznej analizy różnic między rzeczywistymi (obserwowanymi) odległościami planet (lub księżyców) a wartościami obliczonymi z uproszczonej wersji wzoru (6) – wykres, obrazujący wielkość tych różnic, można zobaczyć w książce Pawła Artymowicza *Astrofizyka układów planetarnych* (PWN, Warszawa, 1995, str. 34). W swojej pełnej postaci, modyfikacja ta daje zadziwiająco dobre wyniki nie tylko dla planet, łącznie z Neptunem i Plutonem, ale także dla księżyców Jowisza, Saturna i Urana. W tab. 2. podane są wartości $r_n$ i $r_{nf}$, otrzymane ze wzoru (6) w jego uproszczonej i pełnej postaci, dla A = 0.4162 oraz B = 2.025. Natomiast wykres funkcji f podany jest na rys. 1. Rysunek oraz wartości $r_{nf}$ wzięto z książki Michaela Nieto *The Titius–Bode law of planetary distances: its history and theory* (Pergamon Press, 1972). Niewątpliwym osiągnięciem Mary Blagg jest to, że postęp geometryczny o tym samym iloraz ie 1.7275 oraz ta sama funkcja f, opisują układ planet oraz układy satelitarne.

Zarówno trzecie prawo Keplera jak i reguła Titiusa–Bodego, sformułowane zostały podczas szukania arytmetycznych zależności między liczbami, charakteryzującymi ruch planet. Empiryczne prawa ruchu planet, podane przez Keplera na początku XVII wieku, bardzo szybko znalazły teoretyczne wyjaśnienie na gruncie newtonowskiej mechaniki i teorii grawitacji, jako szczególne rozwiązania równań ruchu planet. Natomiast empiryczna reguła Titiusa–Bodego, pomimo usilnych starań, wyjaśnienia takiego nie otrzymała do dzisiaj. Uważa się zresztą, że czysto grawitacyjne lub pływowe oddziaływania nie mogą wyjaśnić pochodzenia geometrycznego postępu RT-B. Pojawił się on prawdopodobnie już na samym początku formowania się układu planetarnego i odzwierciedla jakieś hydrodynamiczne i (lub) elektromagnetyczne procesy zachodzące w protoplanetarnym dysku okołosłonecznym. Jak dotąd, nie dysponujemy jednak spójną całościową teorią powstania Układu Słonecznego, zaś próby wyprowadzenia RT-B z dotychczasowych teorii, nie dały pozytywnego rezultatu.

Brak teoretycznego uzasadnienia RT-B, skłaniał niektórych astronomów do poglądu, że w ogóle nie warto go szukać, bo jest dziełem przypadku, iż

[1)] patrz „Postępy Astronomii nr 4/94 str. 178.

odległości planet są zbliżone do liczb, wynikających ze wzoru (3). Historię RT-B można zatem zakończyć słowami Eugeniusza Rybki (1898–1988) z podręcznika *Astronomia ogólna* (wyd. 5, PWN, Warszawa, 1975, str. 171): „Dla reguły Titiusa–Bodego nie znaleziono teoretycznego wyjaśnienia i nie wiemy, czy jest ona wynikiem jakiejś prawidłowości kosmogonicznej, czy też przypadkową regułką liczbową".

Jeszcze całkiem niedawno, tak właśnie należałoby zakończyć artykuł o historii RT-B. Obecnie, to znaczy w połowie maja 1995 r., dopisać należy jeszcze jeden rozdział.

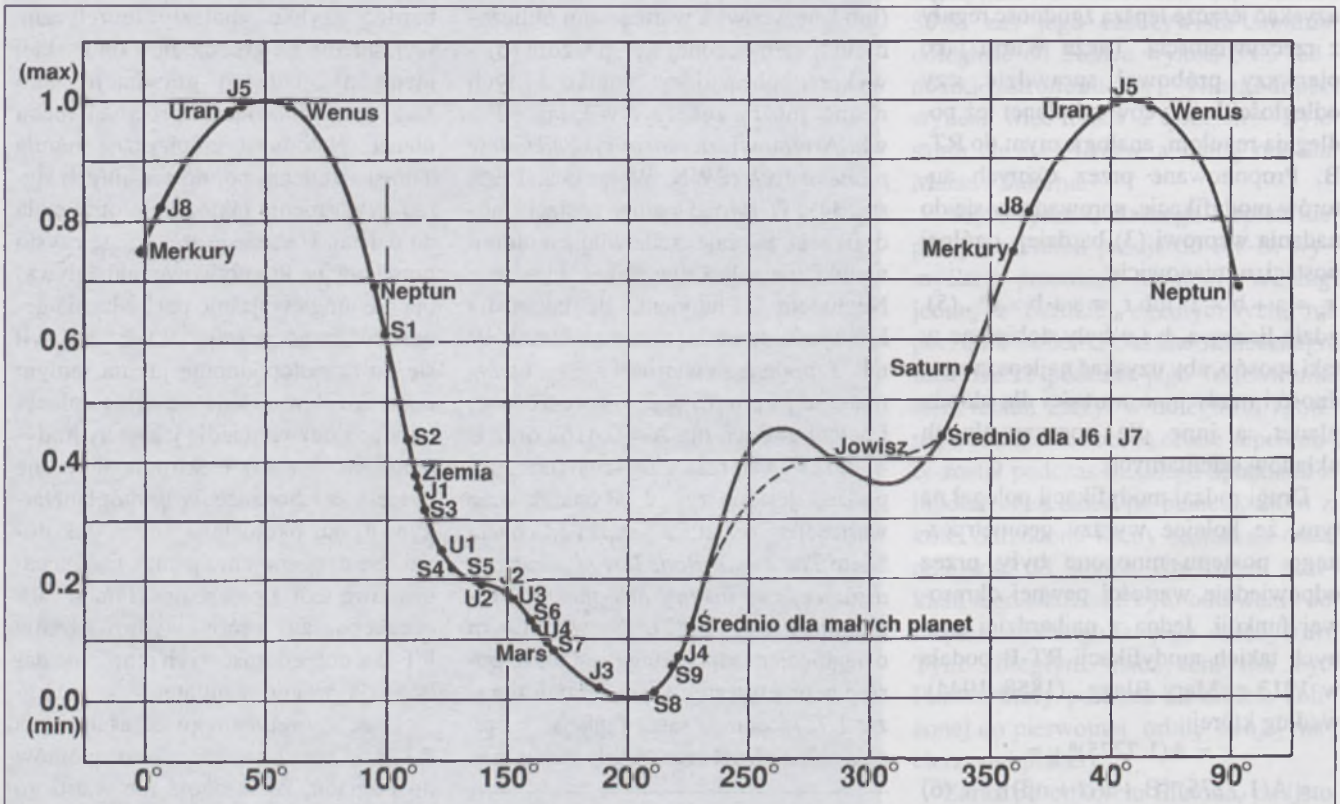
**Reguła Titiusa–Bodego a planety Wolszczana**

W 1992 r. Aleksander Wolszczan doniósł (*Nature*, 355, 9 JAN 1992, str. 145–147) o planetach, krążących wokół pulsara PSR B 1257+12. W 1994 r. potwierdził istnienie dwóch planet i doniósł o odkryciu trzeciej (*Science*, 264, 22 APR 1994, str. 538–542). Interesujące nas parametry tego pierwszego, pozasłonecznego układu planetarnego, podane są w tab. 3. Planety nie posiadają jeszcze nazw lecz oznaczone są literami A, B i C. „Bezpośrednio" z obserwacji wyznaczone są tylko okresy obiegu, natomiast masy planet (nie podane w tabeli) i wielkie półosie ich orbit obliczone zostały z trzeciego prawa Keplera, przy dobrze umotywowanym założeniu, że masa pulsara wynosi 1.4 masy Słońca.

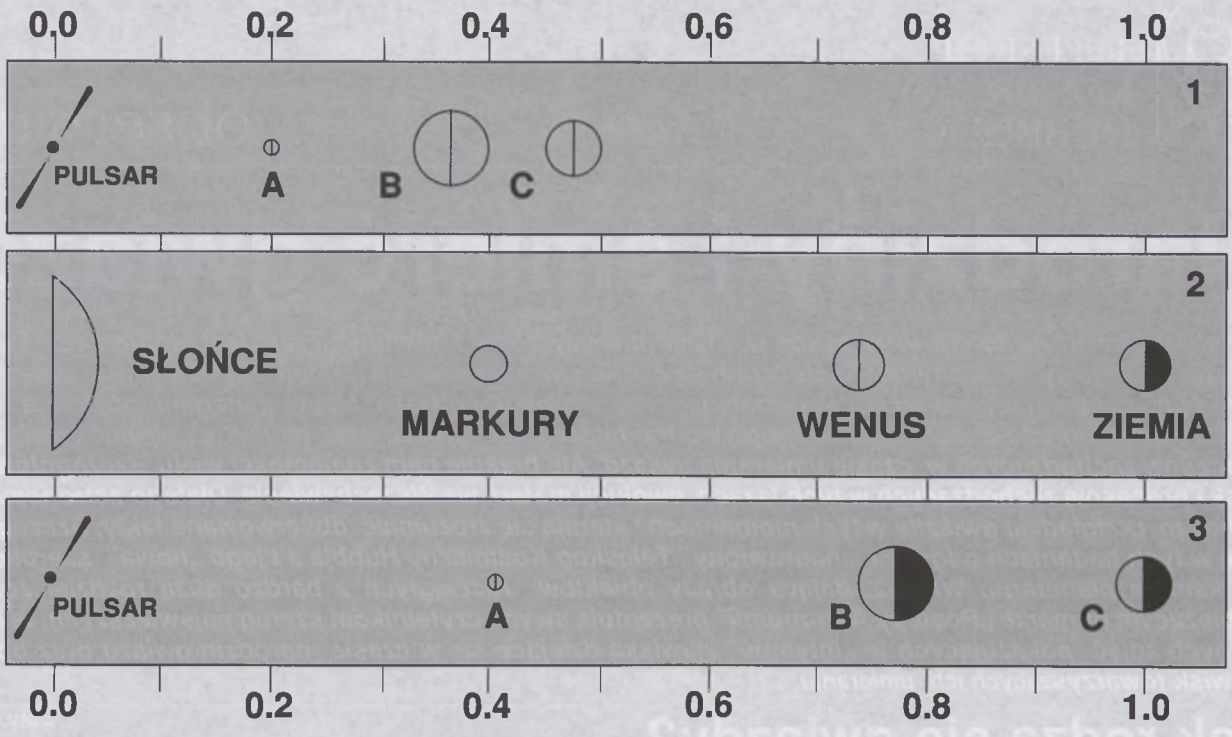
Odkrycie pierwszych planet poza Układem Słonecznym, już samo w sobie jest największą astronomiczną sensacją ostatnich lat. Jakby tego było mało, w 1995 r. Tsevi Mazeh i Itzhak Goldman dokonali porównania układu planetarnego pulsara z wewnętrzną częścią Układu Słonecznego (*Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 107 /709/, 1995 March, str. 250). Aby porównać odległości, dokonali ich normalizacji, to znaczy odległości planet Wolszczana pomnożyli przez 2.13 – tak, aby dla trzeciej planety otrzymać dokładnie jedynkę. Po tym zabiegu okazało się (tab. 3., rys. 2.), że względne odległości planet Wolszczana i trzech pierwszych planet Układu Słonecznego są praktycznie takie same z dokładnością około 5 procent. Układy planetarne pulsara i Słońca są zatem

Tab. 3. Układ planetarny pulsara PSR B 1257+12.

| Planety Wolszczana | A | B | C | Porównanie z ciałami Układu Słonecznego |
|---|---|---|---|---|
| rok odkrycia | 1994 | 1992 | 1992 | |
| okres obiegu (dni) | 25.34 | 66.54 | 98.22 | Merkury 87.97 |
| odległość od pulsara (j.a.) | 0.19 | 0.36 | 0.47 | Merkury 0.39 |
| znormalizowana odległość od pulsara | 0.40 | 0.77 | 1.00 | Merk. Wenus Ziemia 0.39 0.72 1.00 |
| RT-B wg. wzoru (3) dla n = -∞, 0, 1 | 0.4 | 0.7 | 1.0 | |




Rys. 2. Wykres funkcji f reguły Titiusa–Bodego w modyfikacji Mary Blagg. Literami J, S i U oznaczono księżyce Jowisza, Saturna i Urana.




Rys. 3. Odległości planet w układzie planetarnym PSR B 1257+12 oraz w Układzie Słonecznym 1 – układ planetarny pulsara, 2 – Układ Słoneczny,.3 – odległości planet od pulsara po normalizacji. Jednostką odległości jest jednostka astronomiczna.

zbudowane według tego samego planu. Mazeh i Goldman tego nie piszą, ale widać, że planem tym jest reguła Titiusa–Bodego, wyrażona wzorem (3), gdzie jednostką odległości jest wielka półoś orbity trzeciej planety. Chodzą pogłoski, jakoby Andrew Lyne był na tropie trzech planet, krążących wokół innego pulsara. Na razie (połowa maja 1995 r.) nie ukazała się żadna publikacja, ale z ustnych przecieków wiadomo, iż planety te także spełniają RT-B.

**I co dalej?**

Po odkryciu pozasłonecznych planet, których odległości od pulsara też podlegają RT-B, nie można już powiedzieć, że jest ona przypadkową regułką liczbową. Jeżeli planety, zarówno te wokół Słońca jak i te wokół pulsara, nie krążą w dowolnych, lecz w ściśle określonych odległościach od ciała centralnego, to reguła, która określa (chciałoby się powiedzieć „kwantuje") te odległości, musi mieć głęboki sens kosmogoniczny. Musi odzwierciedlać procesy fizyczne, w wyniku których dochodzi do powstawania planet zarówno w okołosłonecznym dysku protoplanetarnym, jak i w dysku akrecyjnym wokół pulsara. Tak więc, koniecznym elementem przyszłej, kompleksowej teorii kosmogonicznej powinna być RT-B. Nie sposób oczywiście przewidzieć, kiedy teoria taka zostanie opracowana i jak dalej potoczy się zadziwiająca historia reguły Titiusa–Bodego.

*Kazimierz Schilling jest astronomem pracującym w olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym. Od wielu lat organizuje Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminaria Astronomiczne.*

## Uwaga konkurs!

Redakcja *Postępów Astronomii* oraz *Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne* ogłaszają **konkurs na błędne prezentacje reguły Titiusa – Bodego.**

Aby wziąć udział w konkursie, należy w terminie 3 miesięcy od ukazania się niniejszego numeru *Postępów*, nadesłać na adres:

dr Kazimierz Schilling
Olsztyńskie Planetarium
al. Piłsudskiego 38
10-450 Olsztyn

kserokopię tekstu z błędną prezentacją reguły. Trzeba oczywiście podać nazwisko autora książki, jej tytuł i rok wydania, zaś w przypadku artykułu – nazwisko autora, tytuł artykułu, nazwę czasopisma, rocznik i numer.

Wśród uczestników konkursu rozlosowane zostaną nagrody książkowe.

Uwaga! – z konkursu wyłączona jest książka:

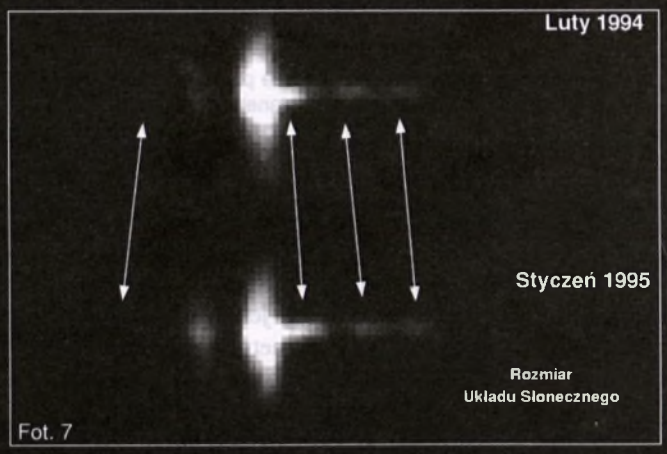
Willy Ley, *W niebo wpatrzeni*, PIW, Warszawa, 1984.

# Narodziny i śmierć gwiazd

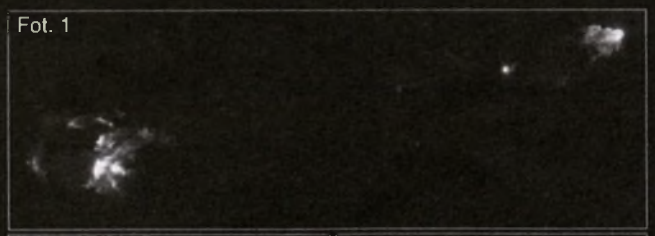
***Narodziny i śmierć są dla człowieka bardzo ważnymi, dramatycznymi i intymnymi zarazem momentami, klamrą spinającą jego życie. Momenty te otoczone są ciągle pewnym woalem tajemnicy. Mówimy o „tajemnicy narodzin" i „tajemnicy śmierci". Podobnie jest i w przypadku gwiazd. Mamy generalne pojęcie o uwarunkowaniach procesu narodzin i ich wpływu na dalsze losy gwiazd oraz mamy też ogólne rozeznanie procesów zachodzących w czasie umierania gwiazd. Ale brakuje nam znajomości wielu szczegółów zjawisk i procesów zachodzących w tych fazach ewolucji materii we Wszechświecie. Dlatego astronomowie ochoczo podglądają gwiazdy w tych momentach i starają się zrozumieć obserwowane fakty. Szczególną rolę w tych badaniach odgrywa „naprawiony" Teleskop Kosmiczny Hubble'a i jego „nowa" szerokokątna kamera planetarna WFPC2, dająca obrazy obiektów rozciągłych z bardzo dużą rozdzielczością. W bieżącym numerze „Postępy Astronomii" prezentują swym czytelnikom szereg najświeższych, rewelacyjnych zdjęć pokazujących te „intymne" zjawiska dziejące się w czasie narodzin gwiazd oraz obrazy zjawisk towarzyszących ich umieraniu.***

## Jak rodzą się gwiazdy?

Wiemy naogół, że gwiazdy rodzą się w procesie kolapsu grawitacyjnego obszernej chmury wodorowej i to najczęściej w wielu miejscach w łonie większego kompleksu chmury pyłowo–molekularnej. Młode obiekty tworzą w ten sposób asocjacje gwiazdowe. Zgodnie z rozważaniami teoretycznymi, potwierdzonymi obrazami otrzymanymi m.in. Teleskopem Kosmicznym Hubble'a, wokół młodych, naogół szybko rotujących gwiazd, tworzą się pyłowe dyski akrecyjne. Część otaczającego gwiazdę materiału spada na nią, ale pewna, podgrzana przez nią część może być wyrzucona wzdłuż osi jej rotacji tworząc tzw. dżety. O ile proces formowania się gwiazdy trwa około 10 milionów lat, to zjawisko dżetów trwa tylko około 100 tysięcy lat. Jednym z obiektów astronomicznych stowarzyszonych z młodymi gwiazdami są obiekty Herbiga–Haro. Znamy ich około 300 i wiemy, że są ściśle powiązane z procesem rodzenia się gwiazd. Dzięki Teleskopowi Kosmicznemu możemy obecnie „bliżej" się im przyjrzeć. Na ko-

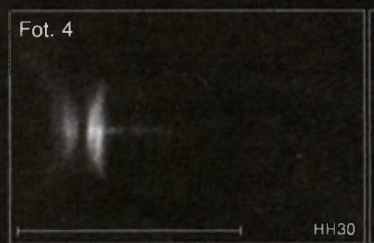


Fot. 7


Fot. 1

Fot. 2

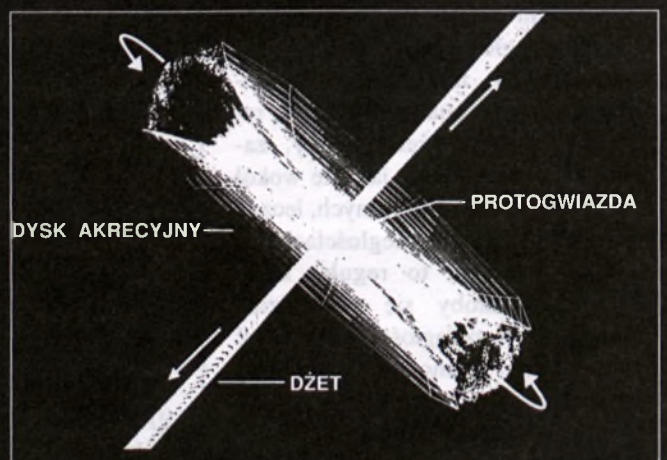
Fot. 3



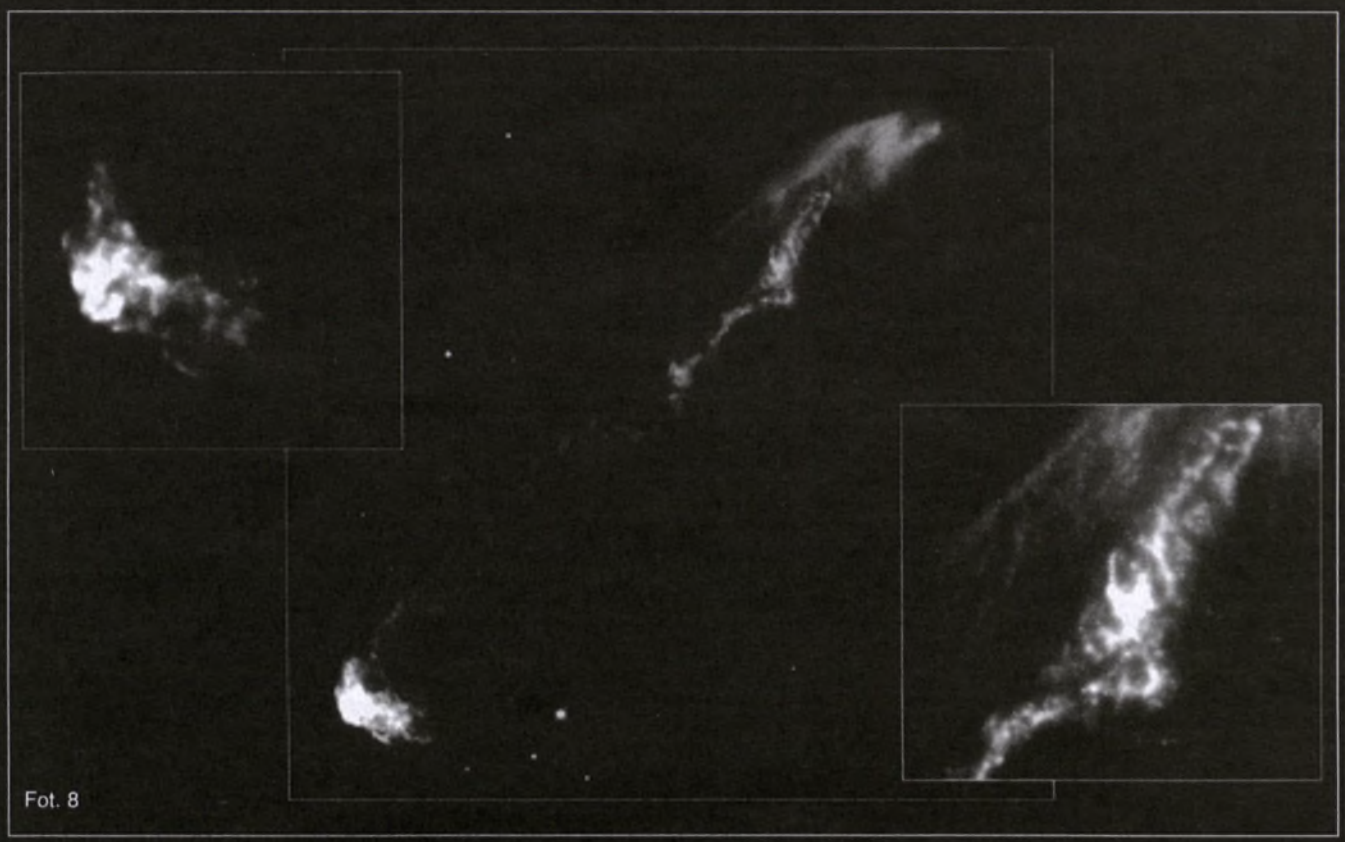
Fot. 4

Fot. 5

Fot. 6



**Rys. 1. Schemat struktury obiektu HH-30 przedstawionego na Fot. 4 i 7.**



Fot. 8

lejnych zdjęciach przedstawiamy (fot. 1. do fot. 6. patrz również kolorowa wkładka):

Fot. 1. Dżety z młodych gwiazd HH1/HH2: widok ogólny całej struktury rozciągającej się na przestrzeni ponad 1 roku światła. Gwiazda, sprawczyni całego zjawiska, leży w środku, pomiędzy oboma dżetami i jest schowana za ciemną chmurą pyłu.

Fot. 2. HH1/HH2 – zbliżenie obszaru w pobliżu gwiazdy pokazuje sznur świecących „bąbli" gazowych, wyrzuconych z gwiazdy jak z karabinu maszynowego.

Fot.3. HH1/HH2 – zbliżenie jednego z dżetów. Wyraźnie ograniczone i pojaśnione krawędzie wskazują na zderzenie się szybko poruszającego się materiału wyrzuconego z gwiazdy z otaczającą ten obiekt materią międzygwiazdową. Obiekt HH1/HH2 znajduje się w odległości 1500 lat światła od Słońca w gwiazdozbiorze Oriona.

Fot 4. Obraz dżetów HH30. Jest to spojrzenie „z profilu" na rodzącą się gwiazdę pokazujące pyłowy dysk wokół nowopowstałej gwiazdy. Światło gwiazdy oświetla górną i dolną część dysku czyniąc go widocznym, ale sama gwiazda jest niewidoczna, bo zakryta najgęstszymi częściami dysku. Z centrum dysku (z gwiazdy?) wychodzi z ogromną prędkością strumień dżetu. Mimo, że sięga bardzo daleko od gwiazdy (kreska na dole ma długość 1000 jednostek astronomicznych) jest na całej swej długości bardzo wąski. (zobacz fot. 7. i rys. 1.) Obiekt HH30 leży w odległości 450 lat światła od Słońca w gwiazdozbiorze Byka.

Fot. 5. Obiekt HH34. Widzimy jego bardzo długi dżet o strukturze „paciorkowej". Kiedyś myślano, że ta struktura jest efektem hydrodynamicznym, podobnym do tego jaki ma miejsce w ziemskiej atmosferze w czasie pracy silników odrzutowych lecących samolotów. Obecnie uważa się jednak, że jest to rezultat wyrzutu z gwiazdy, z prędkością przeszło 800 tysięcy km/godz., „bąbli" gęstego gazu. Obiekt HH34 znajduje się w odległości 1500 lat światła od Słońca w pobliżu Wielkiej Mgławicy w gwiazdozbiorze Oriona.

Fot. 6.i 8. Obiekt HH47. Bardzo rozległa struktura (ok. 0.5 roku światła długości) jednostronnego dżetu. Gwiazda ukryta jest za chmurą pyłu na lewym skraju obrazu. Na Fot. 8 widać powiększone fragmenty tej struktury. Szerokość dżetu sugeruje możliwość „kiwania się" gwiazdy i „wiercenia się" dżetu powodowanego obecnością gwiazdy towarzyszącej. Struktura dżetu jest wynikiem zderzania się szybko poruszającej się materii dżetu z materią około - i międzygwiazdową i tworzących się frontów fal uderzeniowych. HH47 leży w odległości ok. 1500 lat światła od nas w gwiazdozbiorze Żagla, a młoda gwiazda powstaje w gęstej chmurze gazowej na skraju mgławicy zwanej Dziąsło (Gum Nebula).

Fot. 7. Obserwowane zmiany w HH30. Zdjęcia wykonane w odstępie roku pokazują ruch „bąbli" gazowych w dżecie (zaznaczone strzałkami). Po raz pierwszy widzimy tu z tak wielką jasnością strukturę fazy embrionalnej gwiazdy. Materia jest wyrzucana z tworzącej się gwiazdy z szybkościami ponad 800 tys. km/godz. w kierunku osi jej obrotu. Dysk akrecyjny tego obiektu jest porównywalny z wielkością naszego Systemu Słonecznego. Być może mamy tu obraz wstępnej fazy rodzenia się naszego Systemu i dowód na słuszność przekonania, że planety wokół Słońca rodziły się w takim dysku: leżą w tej samej płaszczyźnie i obracają sie w tym samym kierunku (zobacz fot. 4 i rys. 1.).

(aw)

# Jak umierają gwiazdy?

***„Kocie Oko"***

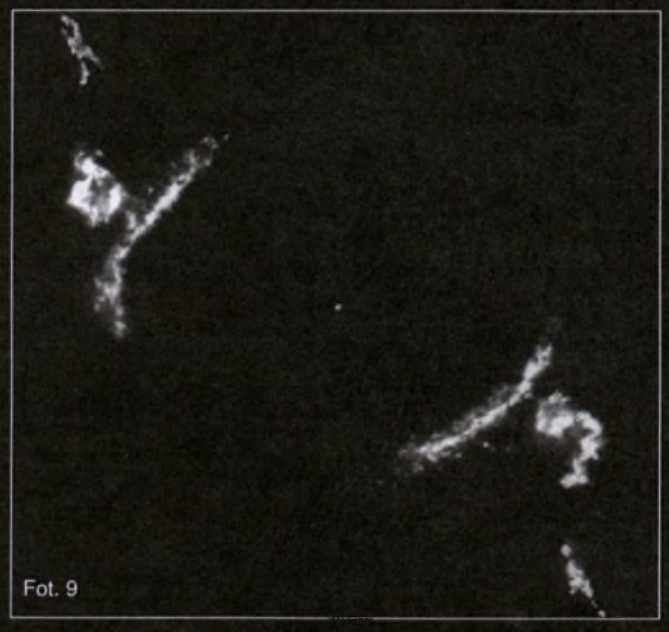
Położona w odległości ok. 3000 lat świetlnych, w gwiazdozbiorze Smoka, mgławica NGC 6543 – „Kocie Oko" (Fot.9) – jest jedną z najbardziej efektownych mgławic planetarnych. Pod wieloma względami jej struktura – w szczególności wyraźna symetria osiowa obiektu, przypomina tzw. biopolarne mgławice planetarne stanowiące ponad 10% wszystkich znanych mgławic planetarnych (patrz artykuł J. Mikołajewskiej i H. Schwarza w PA 4/94, str. 156)

NGC 6543 jest pozostałością końcowych – bardzo dramatycznych, sądząc po skomplikowanej strukturze mgławicy – etapów życia prawdopodobnie oddziałującego układu podwójnego gwiazd. Wiek mgławicy ocenia się na ok. 1000 lat. Proponowane, m.in. przez M. Morrisa, modele tłumaczą powstawanie takich obiektów (patrz jak wyżej), oddziaływaniem szybkiego wiatru gwiazdowego z gęstym, skoncentrowanym głównie w płaszczyźnie układu, gazem wyrzuconym wcześniej w fazie asymptotycznego olbrzyma. Wypływ odbywa się głównie wzdłuż osi układu, prowadząc do wydłużonej struktury mgławicy. Drugi składnik układu może być dodatkowo źródłem powstawania pary szybkich dżetów, wyrzucanych prostopadle do płaszczyzny orbity układu. Precesja takich dżetów, a także ich okazjonalne zanikanie, może prowadzić do powstawania złożonych, spiralnych struktur widocznych na zdjęciach mgławicy.

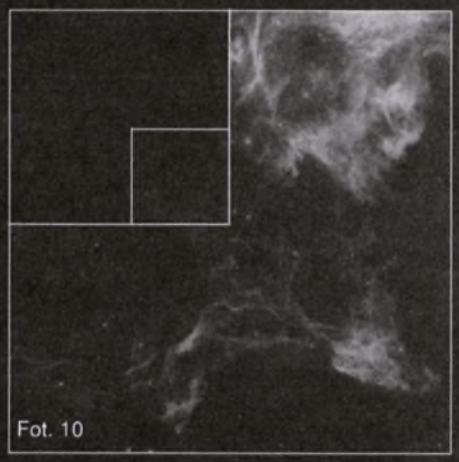
***Pętla Łabędzia***

Zdjęcie (Fot.10 oraz okładka), przedstawia niewielki fragment Pętli Łabędzia, znanej również pod nazwą Mgławica Cirrusowa, pozostałości po supernowej, której wybuch miał miejsce najprawdopodobniej 15,000 lat temu. Szerzej na temat tej mgławicy pisaliśmy w PA 2/93, str. 72, prezentując również zdjęcia tego obiektu.

Prezentowane zdjęcie (patrz 1 str. okładki) jest wynikiem złożenia obrazów uzyskanych w trzech różnych barwach – filtrach przy pomocy kamery WFPC2 Teleskopu Kosmicznego. Kolor niebieski odpowiada emisji dwukrotnie zjonizowanych atomów tlenu, produkowanych za frontem fali uderzeniowej; pojedynczo zjonizowanych atomów siarki, dlatego za frontem fali uderzeniowej; kolor zielony – emisji atomów wodoru, pochodzącej głównie z bardzo cienkiej warstwy (o grubości zaledwie kilku jednostek astronomicznych) bezpośrednio za frontem fali uderzeniowej.



Fot. 9

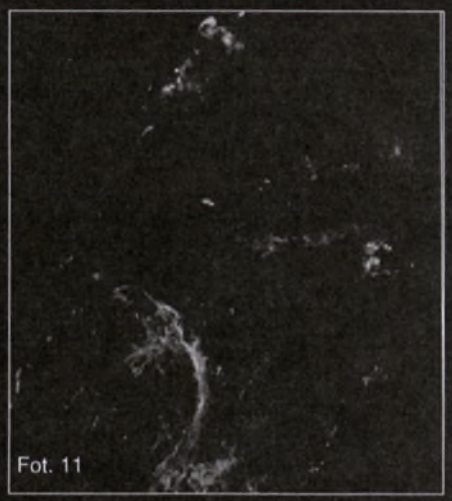


Fot. 10

***Pozostałość z supernowej w Wielkim Obłoku Magellana***

Efektownie postrzępiona mgławica N132D (Fot. 11, oraz okładka) jest pozostałością po supernowej, która wybuchła ok. 3000 lat temu w Wielkim Obłoku Magellana. Supernowa powinna była pojawić się na południowym niebie około roku 1000 p. n. e. Niestety, żadna z istniejących kronik nie wspomina o pojawieniu się w tym czasie „nowej gwiazdy".

Obraz wewnętrznych części N132D, o rozmiarach ok. 50 lat świetlnych, uzyskany przy pomocy kamery WFPC2 Teleskopu Kosmicznego, pozwala śledzić z dużą precyzją złożone procesy zderzeniowe, w obszarach, w których poruszająca się z dużymi – ok. 2000 km/s – prędkościami materia wyrzucona w czasie wybuchu supernowej uderza w chłodne i gęste obłoki międzygwiazdowe, kreując jasno świecące obszary (patrz 1 str. okładki). Niebiesko – zielone włókna to bogaty w tlen gaz wyrzucony z wnętrza rozerwanej wybuchem gwiazdy, który świeci, przechodząc przez liczne fronty fal uderzeniowych, odbitych od gęstych obłoków międzygwiazdowych w otoczeniu supernowej. Zresztą same obłoki, ogrzewane przez fale uderzeniowe również świecą – widać je na zdjęciu w postaci czerwonych struktur. Dotychczas tak szczegółową strukturę pozostałości po supernowych, można było zarejestrować jedynie dla bliskich, galaktycznych obiektów. Teleskop Kosmiczny pozwala badać szczegóły takich pozostałości również w najbliższych galaktykach.



Fot. 11

**Joanna Mikołajewska**

SYLWETKI postępów astronomii

*W dniu 2 kwietnia 1995 roku zmarł w Sztokholmie Hannes ALFVÈN, laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w roku 1970. Uważany był przez jednych za współtwórcę fizyki plazmy i fizyki kosmicznej, przez innych za kogoś w rodzaju heretyka. O tej ambiwalencji świadczy późne niejednokrotnie uznanie dla jego idei i pomysłów.*

# Hannes Alfvèn

## (1908 – 1995)

Hannes Olof Gosta Alfvèn urodził się 30 maja 1908 roku w Norrkorping w Szwecji. Stopień doktora otrzymał w roku 1937 na uniwersytecie w Uppsali za pracę p.t. „Badanie ultrakrótkich fal elektromagnetycznych". W tym samym roku został mianowany docentem fizyki na uniwersytecie w Uppsali i w Noblowskim Instytucie Fizyki w Sztokholmie. W roku 1940 został profesorem teorii elektromagnetyzmu i pomiarów elektrycznych w Królewskim Instytucie Technologicznym w Sztokholmie. Natomiast w roku 1945 został wybrany (w tym samym instytucie) na nowo powołaną Katedrę Elektroniki zamienioną w roku 1963 na Katedrę Fizyki Plazmy. W roku 1967 Alfvèn opuścił Szwecję protestując przeciwko niedostatecznej, jego zdaniem, uwadze udzielanej w szwedzkim programie badań nuklearnych projektom poświęconym pokojowemu wykorzystaniu energii jądrowej. Po dwóch miesiącach spędzonych w ZSRR gdzie, podobnie jak w USA, zaoferowano mu z miejsca katedrę, przeniósł się do USA. Tam ostatecznie zatrzymał się na Uniwersytecie Kalifornijskim San Diego w La Jolla. Krótko po wyjeździe Alfvèn pogodził się z rządem szwedzkim i resztę życia spędził wędrując między USA a Szwecją.

Był członkiem wielu zagranicznych towarzystw naukowych i akademii; do swoich członków zaliczały go między innymi Institute of Electrical and Electronics Engineers, European Physical Society, Royal Swedish Academy, Swedish Academy of Engineering Sciences, American Academy of Arts and Sciences. Był też członkiem zagranicznym Akademii Nauk ZSRR. Stamtąd otrzymał w roku 1971 medal Łomonosowa. W tym samym roku otrzymał również Złoty Medal Instytutu Franklina. W 1967 roku otrzymał Złoty Medal Royal Astronomical Society, w roku 1970 wspomnianą już Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki. Z okazji 80 urodzin otrzymał w roku 1988 najbardziej prestiżową nagrodę Amerykańskiego Towarzystwa Geofizycznego – medal Bowie'go.

Alfvèn żył w czasach, gdy rodziła się fizyka plazmy, zarówno teoretyczna jak i doświadczalna. I co może najważniejsze – dzięki pojawieniu się możliwości wyniesienia przyrządów pomiarowych poza atmosferę Ziemi stało się możliwe badanie zjawisk o skali nieporównywalnej ze skalą ziemskich laboratoriów. Szereg pomysłów Alfvèna powstał wcześniej od możliwości ich eksperymentalnej weryfikacji. Widoczna jest tu często specyfika jego podejścia trudna nieraz do przyjęcia dla jego adwersarzy, a rzucająca niejednokrotnie nowe światło na pozornie dobrze zrozumiane zjawisko. Alfvèn posługując się intuicją często umieszczał dane zjawisko w kontekście znacznie bardziej obszernym, niż było to potrzebne do jego objaśnienia.

Przykładem może być promieniowanie kosmiczne, które w latach 30–tych naszego stulecia było uważane za promieniowanie gamma wypełniające Wszechświat. Gdy okazało się, że są to energetyczne cząstki naładowane, Alfvèn zasugerował w roku 1937 obecność wielkoskalowych pól magnetycznych w Galaktyce utrzymujących cząstki promieni kosmicznych na spiralnych orbitach. Aby plazma była obecna w całej Galaktyce, pola magnetyczne też winny obejmować podobny obszar. Byłby to jednocześnie ośrodek pozwalający na przepływ prądów tworzących własne pola magnetyczne (kreujących pola galaktyczne). W tym czasie była to sugestia trudna do przyjęcia – wyobrażano sobie przestrzeń międzyplanetarną, a tym bardziej międzygwiezdną, jako praktyczną próżnię. Skąd miałyby się tam brać prądy i wiązki cząstek?

Innym przykładem wpływu wyobrażeń o „pustej" przestrzeni kosmicznej jest kontrowersja Chapman–Alfvèn na tle tzw. prądów Birkelanda. Na początku naszego stulecia uczony norweski Kristian Birkeland (1867-1917) zaproponował wyjaśnienie zórz polarnych jako efekt odchylania strumienia naładowanych cząstek pochodzących ze Słońca przez ziemskie pole magnetyczne do obszarów polarnych . Dziś ten strumień cząstek nazywamy wiatrem słonecznym. Birkeland przyjął oryginalną metodę argumentacji. Opierał się na pomiarach magnetometrycznych na powierzchni Ziemi sugerujących nakładanie się na ziemskie pole magnetyczne pól pochodzących od prądów płynących ponad obszarami zorzowymi. Drugim, bardzo oryginalnym jak na owe czasy, argumentem doświadczalnym były słynne eksperymenty laboratoryjne z „terrelą" – namagnesowaną kulą umieszczoną w strumieniu plazmy. Okazywało się, że plazma miała łatwy dostęp do obszarów „podbiegunowych" powodując tam świecenie. Alfvèn był zwolennikiem prądów Birkelanda – układu prądów płynących

wzdłuż linii sił pola magnetycznego jak i w kierunku horyzontalnym w obszarach zorzowych. W roku 1939 opracował teorię ich generacji przez wiatr słoneczny (odkryty, jak wiadomo, dopiero w drugiej połowie naszego stulecia). Ponieważ na podstawie pomiarów naziemnych nie jest możliwe jednoznaczne rozróżnienie układów prądów Birkelanda od innych układów całkowicie zamkniętych w obrębie jonosfery, uznanie zyskał model zaproponowany przez S. Chapmana. Ograniczał się on jedynie do jonosfery, był elegancki matematycznie i w pełni zdawał sprawę ze zmian pola magnetycznego obserwowanych na powierzchni Ziemi w czasie burz magnetycznych. Dopiero po śmierci Chapmana okazało się, że rację mieli Birkeland i Alfvèn – przeprowadzone na przełomie lat 60-tych i 70-tych z pokładu satelitów pomiary potwierdziły istnienie prądów Birkelanda. Historia powyższa nie ma jedynie „lokalnego" znaczenia. Prądy płynące wzdłuż linii sił pola mogą być siedliskiem zjawisk falowych, niestabilności, prowadzić do fragmentacji ośrodka. Alfvèn spodziewał się również struktur prądowych w większej skali. W roku 1981 zaproponował prądy heliosferyczne wypływające w okolicach biegunów słonecznych, które zamykały się następnie w dużej odległości, być może w okolicach heliopauzy. Prądy powrotne płynęłyby poprzez cienką pofałdowaną warstwę w pobliżu płaszczyzny równikowej rozdzielając się blisko Słońca i kończąc swoją drogę na jego powierzchni w wysokich szerokościach heliograficznych. Z pomiarów ULYSSESa wiadomo, że polarny wiatr słoneczny (przynajmniej w okolicach południowego bieguna Słońca) wydaje się być jednorodny, prąd Alfvèna miałby zatem raczej strukturę dyfuzyjną a nie włóknistą. Podobne struktury można wyobrazić sobie w skali międzygwiezdnej, galaktycznej czy nawet międzygalaktycznej.

Pojęcie prądu pełni w pracach Alfvèna bardzo ważną rolę. W swojej wydanej w roku 1981 u Reidela książce p.t. „Cosmic Plasma" Alfvèn porównuje opisy w języku pól magnetycznych i prądów elektrycznych:

– *pola magnetyczne* dają się stosunkowo łatwo mierzyć, są ważne dla rozumienia anizotropowych własności plazmy włączając w to ruch cząstek o wysokich energiach. Dają też dobry opis niektórych fal rozchodzących się w plazmie. Znajdują zastosowanie do opisu pasywnych obszarów plazmowych.

– *prądy elektryczne* znacznie trudniej mierzyć bezpośrednio, są jednak ważne dla zrozumienia takich zjawisk jak warstwy podwójne, warstwy prądowe, powstawanie struktur komórkowych, transfer energii z jednego obszaru do drugiego czy zjawisk w rodzaju subburz magnetycznych oraz rozbłysków słonecznych.

Zdaje on sobie sprawę, że opis zjawisk w języku prądów wymaga wprowadzenia formalizmu matematycznego biorącego pod uwagę obwody elektryczne przez które płyną prądy.

W roku 1958 Alfvèn zaproponował istnienie w warunkach kosmicznych tzw. warstw podwójnych obserwowanych już wcześniej przez I. Langmuira w jego eksperymentach plazmowych w latach 20-tych naszego stulecia. Warstwa podwójna składa się z dwóch cienkich i bliskich obszarów zawierających nadmiary ładunków o przeciwnych znakach. Rezultatem jest skok potencjału, a co za tym idzie, pojawienie się pola elektrycznego w poprzek warstwy. Wiemy o ich istnieniu w ziemskich obszarach zorzowych, postuluje się ich obecność w strukturach magnetycznych odpowiedzialnych za wyzwalanie dużych ilości energii na Słońcu w ramach rozbłysków słonecznych.

Alfvèn wraz z N. Herlofsonem w roku 1950 zwrócił uwagę astronomów na nowy mechanizm generacji promieniowania elektromagnetycznego przez relatywistyczne cząstki naładowane poruszające się w plazmie przeniknięte polem magnetycznym. Promieniowanie takie zaobserwowano w roku 1948 w synchrotronie przyspieszającym elektrony. Pomysł przeniesienia tego mechanizmu do przestrzeni kosmicznej okazał się niezwykle udany. Właściwie większość nietermicznego promieniowania elektromagnetycznego o widmie ciągłym przychodzącego spoza Ziemi jest promieniowaniem synchrotronowym. Dotyczy to m.in. radiowego promieniowania nietermicznego emitowanego przez wiele galaktyk (z tzw. tłem galaktycznym naszej Galaktyki włącznie), emisji radiowych pozostałości po supernowych, galaktyk podwójnych czy kwazarów. Szukając bliżej znajdujemy promieniowanie synchrotronowe pochodzące z niektórych sporadycznych emisji radiowych Słońca czy Jowisza. Znajomość widma promieniowania synchrotronowego pozwala na ocenę gęstości i widma relatywistycznych elektronów je wywołujących. Propozycja Alfvèna i Herlofsona stanowiła przełom w czasie, gdy plazmę i pola magnetyczne uważano za czynniki mało istotne w kosmosie wypełnionym „wszechświatami" wyspowymi – galaktykami.

Na zakończenie tego wyliczania trzeba wspomnieć o najczęściej może pojawiającym się pojęciu tzw. fal Alfvèna – niskoczęstotliwościowych fal magnetohydrodynamicznych rozchodzących się w plazmie przeniknietej polem magnetycznym. Alfvèn przewidział ich istnienie w roku 1942, gdy wydawało się, że teoria Maxwella nie pozwala na istnienie fal w ośrodku przewodzącym. Wiadomo było, że fale elektromagnetyczne mogą wejść w głąb przewodnika jedynie na niewielką głębokość – zjawisko znane jako tzw. „efekt naskórkowy". Dla przewodnika doskonałego nawet i to zjawisko nie miało miejsca. Na uznanie wspomnianej pracy trzeba było czekać 6 lat. Obecnie fale Alfvèna obserwuje się m.in. w magnetosferach planet i w wietrze słonecznym. Mają one ścisły związek z niejednorodnościami pola magnetycznego (można je traktować jako odkształcenie linii sił pola magnetycznego traktowanej jako struna) w wiatrach emitowanych przez różne obiekty astrofizyczne czy w okolicach fal uderzeniowych. Wykorzystuje się je w teorii przyspieszania promieni kosmicznych.

Kilka przykładów podanych powyżej ilustruje wkład Alfvèna we współczesną fizykę kosmiczną. Są to sprawy nie budzące już dziś wątpliwości. Ale pozostawił on po sobie i inne, już nie tak utrwalone czy akceptowane pomysły. W szczególności nie uznawał teorii Wielkiego Wybuchu. Przedstawienie jego poglądów (i argumentów) wymagałoby pewnie nowego artykułu – sporo szczegółów można znaleźć we wspomnianej już pozycji „Cosmic Plasma".

**Roman Schreiber**

# Przemysław Rybka (1923–1995)

W dniu 5 kwietnia 1995 roku, po długiej chorobie, zmarł we Wrocławiu dr Przemysław Rybka. Był astronomem wrocławskim i synem znanego astronoma profesora Eugeniusza Rybki. Przemysław Rybka urodził się w Warszawie 25 lipca 1923 roku. Młodość spędził we Lwowie. Tam też uzyskał świadectwa swej edukacji podstawowej (1935) i średniej (1941). W latach 1941–44 pracował w Instytucie Tyfusu Plamistego i prawie równolegle (1942–44) w Obserwatorium Astronomicznym we Lwowie jako "pomocnik obserwacyjny". Po powojennym przesiedleniu, odbywa studia we Wrocławiu uzyskując magisterium z astronomii w roku 1950. We Wrocławiu podejmuje już w czasie studiów pracę zawodową: od 1946 do 1947 roku jest zastępcą asystenta w katedrze Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu i Politechniki Wrocławskiej, a od 1948 zastępcą asystenta w Obserwatorium Astronomicznym. W Obserwatorium Astronomicznym Przemysław Rybka pracuje do 1961 roku na kolejnych stanowiskach naukowo–dydaktycznych asystenta, starszego asystenta i adiunkta. W 1960 roku przechodzi na stanowisko adiunkta do Zakładu Astronomii PAN, gdzie pozostaje do emerytury w roku 1985. W Obserwatorium Astronomicznym Przemysław Rybka zajmował się głównie opracowywaniem Fundamentalnego Katalogu Słabych Gwiazd w systemie FK3 i badaniem instrumentów służących obserwacjom w tym celu prowadzonym. Idea tego rodzaju badań we Wrocławiu wywodziła się po pierwsze z faktu posiadania przez tamtejsze Obserwatorium instrumentu przejściowego i koła wysokościowego Repsolda doskonale nadających się do tego celu, a z drugiej strony, z uzgodnień z astronomami radzieckimi. Jak wiemy, w tamtym okresie, taka współpraca była bardzo dobrze widziana przez Władze, a przez to dawała nadzieję włączenia astronomii wrocławskiej do szerszej współpracy międzynarodowej. Tego zagadnienia dotyczyła też Jego praca doktorska *Rektascensje 555 gwiazd Fundamentalnego Katalogu Słabych Gwiazd w systemie FK3* broniona w 1959 roku na Uniwersytecie Poznańskim. O Katalogach gwiazdowych pisał dr Przemysław Rybka również w Postępach Astronomii w roku 1974 (T.XXII, z. 2 i 3). Jego serce badacza było chyba gdzie indziej – po odejściu z pracy w Obserwatorium poświęcił się głównie historii astronomii i w tej dziedzinie ma największy dorobek badawczy i popularyzatorski. Razem z Ojcem, prof. Eugeniuszem Rybką opracował historię astronomii polskiej w latach zaborów (1773 – 1918) i szczegółową analizę różnych aspektów polskiego życia astronomicznego w XVIII i XIX wieku. Wydał monografie dotyczące instrumentarium Heweliusza (1987) i jego katalogu gwiazdowego (1984) oraz katalogów gwiazdowych dyrektora Obserwatorium Krakowskiego, Maksymiliana Weissa (1980). W kilku wydawnictwach książkowych popularyzował postacie i dzieło Kopernika i Heweliusza. Napisał kilkadziesiąt (doliczyłem się 57) biogramów astronomów polskich żyjących w okresie od XVII do XX wieku i innych osób dla astronomi polskiej bardzo zasłużonych. Przez 23 lata, od 1955 do 1978, czytelnikom „Wiedzy i Życia" przybliżał niebo, opisując zjawiska na nim zachodzące. Posiadał złotą odznakę honorową Towarzystwa Wiedzy Powszechnej „Zasłużony Popularyzator Wiedzy" i niewątpliwie była to odznaka wielce zasłużona. Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii też Go uhonorowało swoją złotą odznaką, a Ministerstwo Edukacji Medalem Komisji Edukacji Narodowej. Za prace naukowe z zakresu historii astronomii w Polsce Polska Akademia Nauk wyróżniła Go nagrodą Sekretarza Naukowego w 1985 roku. **(aw)**

## XXVII ZJAZD POLSKIEGO TOWARZYSTWA ASTRONOMICZNEGO

Zjazd PTA odbędzie się w dniach od 12 – 15 września br. w Poznaniu. Pod patronatem Rektora UAM Prof. dr hab. Jerzego Fedorowskiego gospodarzem Zjazdu będzie Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza. Lokalnym Komitetem Organizacyjnym zawiaduje Prof. dr hab. Edwin Wnuk. Wszelkie uwagi, życzenia, wątpliwości, zmiany związane ze Zjazdem, prosimy kierować na adres e mail: wnuk@phys.amu.edu.pl lub tel. (0-61) 67-96-70; fax: (0-61) 53-65-36. Szczegółowe informacje o Zjeździe można znaleźć w: World-Wide-Web: http://astro.amu.edu.pl:8080.

Obrady XXII Zjazdu PTA będą się odbywały w auli *Collegium Historicum*, ul. Święty Marcin 78; zakwaterowanie w akademiku „ Jowita" , ul. Zwierzyniecka, (znak rozpoznawczy reklama na dachu: AKUMULATORY). Dojazd do akademika: z Dworca Głównego – piechotą ok. 5 min lub jeden przystanek tramwajowy.

Członkowie LKO dyżurować będą w akademiku „Jowita", w poniedziałek 11 września w godz. 18-21, i we wtorek 12 września w godz. 10-12.

Otwarcia Zjazdu dokona 12 września w samo południe, prezes PTA Prof. dr hab. Robert Głębocki. W czasie otwarcia wręczy też Nagrodę – Medal im. Wł. Zonna „ Za popularyzację Wiedzy o Wszechświecie".

Uczestnicy Zjazdu – wpłynęło dotychczas 85 zgłoszeń – wysłuchają 9 referatów przeglądowych (referaty wygłoszą: Marek Abramowicz, Mirosław Giersz, Andrzej Kus, Tadeusz Michałowski, Konrad Rudnicki, Grażyna Stasińska, Kazimierz Stępień, Andrzej Sołtan, Jarosław Włodarczyk) oraz czekać na nich będzie 35 referatów zgłoszonych do prezentacji na dwóch sesjach plakatowych. Ponadto odbędzie się Sesja Dydaktyczna z kilkoma referatami poświęconymi sprawie nauczania astronomii. Sesji przewodniczyć będzie Dr Cecylia Iwaniszewska. Organizatorzy proponują dla uczestników Zjazdu dwa oficjalne Spotkania Towarzyskie i wycieczkę na trasie: Kórnik – Borowiec – Rogalin.

Walne Zebranie Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, które odbędzie się w czwartek 14 września po południu, wybierze nowe Władze Towarzystwa na lata 1995-1997. Do miłego zobaczenia w Poznaniu!

Sekretarz PTA – Adam Michalec

# CK MACIERZE, TORUNIANY CZY JAKOŚ TAK

*Z wyjątkiem bankietów na konferencjach uprawianie nauki to ciężki kawałek chleba. Nawet ci najwięksi nie mają lekko. Często zostają dziwakami, nie są łubiani ... . Historia daje wiele przykładów, a i chwila obecna ich nie skąpi. Jednakże tylko historia może dać przykłady tego jak bardzo wielcy potrafili się mylić w ocenie tego co sami robili. Chodzi mi oczywiście o to co robili w nauce, a nie, powiedzmy na niwie towarzyskiej. Opowiem o dwóch przypadkach.*

*Sir William Rowan Hamilton urodził się jako cudowne dziecko w 1805 roku. Od pierwszego do czternastego roku życia znał więcej języków niż miał lat. W wieku lat 18 napisał pracę zatytułowaną* ***Kaustyki****. Dr John Brinkley – pierwszy astronom Irlandli – prezentował tę pracę Akademii Nauk Królestwa Irlandii. Stwierdził on:* ***O tym młodym człowieku nie powiem, że będzie, ale że jest jednym z największych matematyków tego wieku****. No i oczywiście miał rację: w wieku 22 lat Hamilton zostaje profesorem uniwersytetu w Dublinie, a w wieku 32 lat staje na czele Royal Academy. Dziś jego nazwisko to połowa mechaniki klasycznej i nie tylko. Czyż można sobie wyobrazić piękniejszy życiorys dla naukowca? A jednak–Hamilton skończył jako pijak w wieku lat 60. Znaleziono go w pokoju, gdzie oprócz pustych butelek po whisky (niestety nie wiem jakiej) walało się mnóstwo kartek zapisanych wzorami matematycznymi. Cóż to były za wzory? No właśnie o tym jest ta cała historia. Gdy Hamilton miał około 30 lat wpadł na pomysł znalezienia liczb pozwalających opisywać obroty w przestrzeni. Liczby opisujące obroty na płaszczyźnie już znano – były to liczby zespolone. Pomimo swych rozlicznych talentów Hamilton potrzebował około 10 lat aby znaleźć takie liczby. Dziś w miejscu gdzie wpadł na genialny pomysł konstrukcji takich liczb jest pamiątkowa tablica. Te liczby Hamiltona to* ***kwaterniony****. Nie miejsce tu pisać co to za cuda – jedno jest ważne – Hamilton odkrywając kwaterniony dokonał istotnego odkrycia matematycznego. Sam tak się tym przejął, że wszystko inne zaczął traktować po macoszemu poświęcając wszystko kwaternionom. Widać nie zadawalały go one w pełni gdyż zrobił jeszcze parę rzeczy, za które dziś jest najbardziej ceniony. Zaczął pić i jak skończył, wiemy. Dzisiaj niektórzy mówią, że gdyby nie te (tu stosowny przymiotnik) kwaterniony, to rozwój geometrycznych metod mechaniki nastąpiłby o wiele prędzej. Czemuż zatem Hamilton przywiązywał do nich wagę? Nie wiadomo. Bardzo smutna to historia. W Encyklopedii Powszechnej nie ma zdjęcia Sir Hamiltona, ale jest za to zdjęcie A. Hanuszkiewicza – ładne.*

*O drugim przypadku nie napisałbym ani słowa gdyż nie zasługuje on na to. Jednakże kiedyś były redaktor Postępów, podstępem sprzedał mi wszystkie ich poprzednie numery wraz z prenumeratą na rok przyszły. No i w numerze 3-4 z roku 1992 przeczytałem dwa artykuły o* ***krakowianach*** *– czyli o największym odkryciu profesora T. Banachiewicza – tak przynajmniej twierdzą autorzy – przypuszczać należy, że uczniowie profesora. Co to są krakowiany? No właśnie! Należałoby milczeć i nic nie pisać, zostawiając wszystko* ***nienawistnemu czasowi****, jak mówi Horacy. No, ale skoro sprawa trafia na łamy pisma popularyzującego* ***wiedzę****, to trzeba mówić i to całą prawdę. Szczególnie, że nie daj Bóg, jakiś młody człowiek zapała nagłą chęcią zgłębienia tajników rachunku krakowianowego myśląc, że dzięki nim dokona wielkiego odkrycia i poświęci na to rok aby stwierdzić na koniec, że zmarnował czas.*

*Sprawa przedstawia się w sposób następujący. Profesor Banachiewicz zauważył, robiąc ręcznie bardzo długie obliczenie, że wygodnie oblicza się sumę iloczynów dwu ciągów liczb, gdy ciągi te mamy za-*

*pisane obok siebie jako słupki, a nie gdy jeden z ciągów jest słupkiem a drugi linijką. Uwaga bardzo słuszna, należałoby ją tylko stosować w praktyce i koniec. Czemu tak się nie stało – nie wiadomo. Trzeba wiedzieć, że w tradycyjnym rachunku macierzowym obliczenia wykonuje się mnożąc właśnie linijki przez słupki, ale to ma swoje głębokie uzasadnienie. Odkryciu, o ile można nazwać tak prostą obserwację, profesor Banachiewicz nadał rangę wyjątkową. Stąd właśnie wziął się ów byt sztuczny, nadmiarowy, do niczego nie potrzebny czyli owe krakowiany. Krakowiany to zwykłe macierze tylko, że mnożyć je trzeba właśnie w taki cesarsko-królewski sposób: słupek razy słupek, a nie wiersz razy słupek.* ***Dokładnie wszystko co da się policzyć i zapisać za pomocą krakowianów da się zapisać i zrobić za pomocą macierzy****. Po co więc krakowiany? Nie wiadomo. Ze stosowania krakowianów nie ma żadnego, powtarzam* ***żadnego*** *zysku ani w ilości, ani w prostocie obliczeń. Zacytujmy człowieka, który jest specjalistą (jednym z najlepszych na świecie) od metod numerycznych:* ***Kuriosum w historii przedmiotu była przejściowa moda na krakowiany odkryte przez Banachiewicza***[1]*. Długo można by wymieniać powody, dla których nie należy krakowianów używać jednak nie warto tego robić, szkoda czasu, są inne o wiele ciekawsze rzeczy do zrobienia. Poza tym nikt poważnie traktujący naukę ich nie stosuje. Wydaje się nawet, że samemu twórcy krakowiany przyniosły więcej szkody niż pożytku.*

*Bulwersująca jest cała otoczka związana z krakowianami. Już sama nazwa jest wysoce pretensjonalna – czyż nie pretenduje do równej roli z kwaternionami sir Hamiltona? No, a jeszcze dochodzi do tego cała egzaltacja różnych autorów. Z jednej strony czytamy, że krakowiany to praktyka i abstrakcyjni matematycy nie rozumieli roli, znaczenia, itp, itd. Z drugiej strony mamy takie oto piękne cytaty:* ***Rachunek krakowianów zajął więcej niż równorzędne miejsce wśród innych rachunków operujących geometrycznymi wielkościami – rachunkiem Ricciego, rachunkiem diadycznym Gibbsa, algebrą macierzową .... .***[2] *Więc są jednak pretensje, i to nie małe, do uniwersalizmu matematycznego! Jedno jednak jest pewne – ten kto wie co to jest rachunek Ricciego, nigdy, nawet po pijanemu (nawet irlandzką whisky) nie porówna go z rachunkiem krakowianowym.*

*Sam ojciec krakowianów ma dostatecznie dużo* ***prawdziwych***[3] *osiągnięć naukowych, że nie wspominanie o tym jednym, powiedzmy sobie delikatnie, niezbyt udanym dziecku ani ujmy mu nie przyniesie, ani nie narazi na szwank jego pamięci. Szczególnie, że obowiązkiem uczniów jest przerastać własnych mistrzów. Wielce smutna, ale pouczająca to historia. W Encyklopedi Powszechnej jest zdjęcie profesora T. Banachiewicza, obok jest zdjęcie S. Banacha.*

*Oczywiście nie możemy tak zakończyć tego felietonu. Poprzedni redaktor, oprócz bezliku innych, miał wybitny talent popularyzatorski. Pewnego razu jechał autobusem z moją małoletnia córką i uczył ją tabliczki mnożenia. Uczył ją w sposób następujący. Ile to jest 3 razy 4? Odpowiedź 34. A ile 5 razy 8? Odpowiedź 58. Już po dwóch przystankach nawet obecna przy tym doktor socjologii zrozumiała urzekająca prostotę takiej tabliczki mnożenia i czasami odpowiadała szybciej niż moja córka. Czyż liczb z takim działaniem nie należałoby jakoś nazwać. Mikołajany? Maciejewszczany? Nie, ładniej będzie* ***toruniany****.*

*Andrzej J. Maciejewski*

---

[1] A.S. Householder, The Theory of Matrices in Numerical Analysis, Dover Pub.Inc., New York 1975, p. 142.

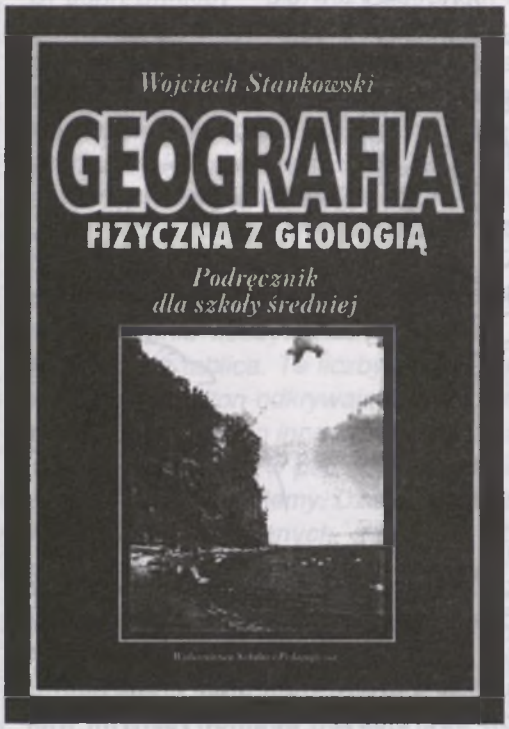
[2] Zainteresowanym odkryciami naukowymi profesora Banachiewicza polecam pracę A. Schwarzenberg–Czerny, 1995, A&A Supp., 110(2), p.405.

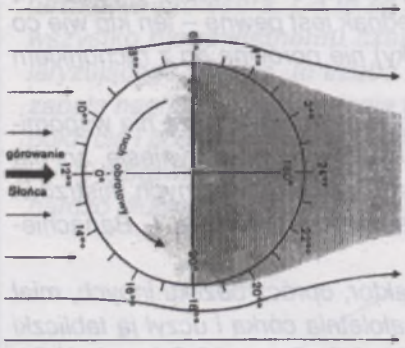
[3] J. Witkowski, S. Piotrowski i K. Kordylewski we wstępie do T. Banachiewicza *„Rachunek krakowianowy"*, PWN, W-wa 1959r.

Astronomia
w
szkole

Zamiast recenzji

# „Humor" w dydaktyce astronomii




Rys. 19. C
górowania
dzącym pr.
południka

**Zadania**

**1. Co jest przyczyną i jak się układa zmiana wysokości Słońca nad horyzontem równika, zwrotników, kół podbiegunowych i biegunów w ciągu roku?**

**2. Co to jest czas uniwersalny i jakie jest jego praktyczne znaczenie?**

**3. Zapoznaj się z mapą stref czasu w atlasie. Zwróć uwagę na układ linii zmiany daty. Dlaczego jest to linia łamana? Dlaczego prosto przebiega wyłącznie na oceanach?**

**4. Zakładając, że 1 godzinie odpowiada 15° kątowych (odpowiednio 1 minucie – 15' kątowe), korzystając z atlasu oblicz dla południków Dakki, Akry i Manaus czas słoneczny**

Pismo „Przekrój" publikuje na ostatniej stronie rubrykę pt. „Humor zeszytów", którą pewnie wszyscy znamy i lubimy („W tej fraszce Kochanowski ukazuje mocne przywiązanie siebie do drzewa", itp.). Ale okazuje się, że również autorów podręczników szkolnych stać czasem na błysk dowcipu i aż żal, że „Przekrój" nie prowadzi rubryki „Humor podręczników". Szczególnie godny zacytowania jest humor słowny i rysunkowy z podręcznika geografii dla pierwszej i drugiej klasy liceum („Geografia fizyczna z geologią", autorstwa W. Stankowskiego, WSiP). Podręcznik został zatwierdzony do użytku szkolnego przez Ministra Oświaty i Wychowania. Poprzednie wydanie tej książki było już „reklamowane" na łamach Postępów Astronomii (nr 1/1992, str. 30-31) przez Andrzeja Sołtana. Ale ponieważ podobno śmiech to zdrowie – namawiam do sięgnięcia po kolejne wydanie tej książki, czyli szóste, zmienione. Ot, chociażby spójrzmy na rysunek 19 ze strony 30, gdzie na serio potraktowany element dydaktyczny – przedstawienie uczniowi pojęcia czasu uniwersalnego – został doskonale spleciony z elementem humorystycznym w postaci fantazyjnych torów promieni słonecznych i wyszukanych łuków cienia Ziemi. Tak pomyślana ilustracja na pewno ułatwi uczniom przyswojenie sobie takich treści astronomicznych jak zaćmienia, cień i półcień, a nawet niektórych pojęć z zakresu Ogólnej Teorii Względności (soczewkowanie grawitacyjne).

Koncepcyjnie nie mniej zaskakujący jest też rysunek 16 ze strony 25, dotyczący orbity Ziemi. Pojawiają się na nim terminy „aphelium" i „peryhelium", co prawda nigdzie nie wprowadzone w tekście, lecz jednak sam rysunek nie pozostawia żadnych wątpliwości co mogą te pojęcia oznaczać: Słońce leży dokładnie w połowie drogi między punktami aphelium i peryhelium...

Zresztą takich nigdzie nie objaśnionych terminów jest więcej, np. często padające w tekście „koło wielkie" (str. 22 i następne), czy „koło godzinne" (str. 29).

Inne zaś pojęcia autor woli powtarzać za pomocą okrężnych określeń, np. „ślad płaszczyzny równikowej sfery niebieskiej" zamiast „równik niebieski" (str. 24), „bryła sferyczna" zamiast „kula" (str. 33) itp.

Dziwnymi, choć często pojawiającymi się skrótami myślowymi są wyrażenia typu „horyzont równika" (str. 32-33), „sfera niebieska bieguna" (str. 28), czy „większy czas" (str. 30).

Błędy i łamańce słowne są też w zadaniach (np. zadania 1,4 ze str. 30, czy 2 ze str. 31). Młodzież musi dociekać „Co poeta miał na myśli?", również na lekcjach geografii ... Dla przykładu, oto wybór co bardziej zagadkowych konstatacji ...

– na str. 25:

„(Początek astronomicznej wiosny) to równocześnie istotny moment dla pomiaru czasu, a także podstawa zdefiniowania pojęcia długości geograficznej".

– na str. 26:

„Wiązka równoległych promieni osiąga Ziemię każdego dnia, z tym, że wysokość Słońca nad horyzontem 90 stopni przesuwa się na globie ziemskim wzdłuż spirali o skoku około 18 km w ciągu doby.(...) Istotą zmian jest przebiegająca w cyklu rocznym wędrówka maksymalna pozycji Słońca nad horyzontem między zwrotnikami ..."

– na str. 28:

„(...) najwyższe pozycje gwiazd względem płaszczyzny równika niebieskiego (układającego się w tej samej płaszczyźnie co równik ziemski) określa się mianem deklinacji".

– na str. 29:

„Na równiku horyzont jest jednocześnie kołem godzinnym. Oznacza to, że nad dowolnym punktem na równiku Słońce w swym widomym średnim ruchu dobowym co 24h osiąga skrajną wysokość (górowanie)".

Nie wspominam już o błędach drukarskich, choć bywa że i one są zabawne (na przykład wyrażanie kąta w stopniach ... Celsjusza, na str. 33). Wszystkie powyższe przykłady pochodzą z krótkiego, szesnastostronicowego rozdziału IV książki, pt. „Ziemia jako planeta Układu Słonecznego". Jeśli w innych rozdziałach jest podobnie, to należy chyba „pogratulować" wydawcy, czyli mocno dzierżącym w dłoni kaganek oświaty – Wydawnictwom Szkolnym i Pedagogicznym. Co najmniej sześć wydań, a każde po sto kilkadziesiąt tysięcy sztuk nakładu, więc pewnie „podręcznik" ten trafił już do miliona polskich uczniów!

Czy aby nie szkoda papieru i pieniędzy rodziców na kolejny milion egzemplarzy?

**Ewa Kuczawska**

# FOTObserwacje

**Księżyc – częsty, przeważnie najjaśniejszy element nocnego nieba – jest z reguły pierwszym tematem samodzielnych obserwacji teleskopowych, a już z pewnością częstym i wdzięcznym obiektem zainteresowania fotoamatorów-astronomów. Za pierwsze zdjęcie naszego naturalnego satelity uważany jest dagerotyp z 1839 roku (autor nieznany, oryginał nie zachował się do naszych czasów). Do wykonania udanego zdjęcia Księżyca z widocznymi szczegółami jego powierzchni wystarcza już mała lunetka i aparat fotograficzny typu „lustrzanka", choć nie koniecznie. Metodą eksperymentów można uzyskać zadowalające rezultaty prostrzymi typami aparatów. Dzięki dużej jasności obiektu i wysokiej czułości współczesnych materiałów światłoczułych otrzymujemy wyraźne zdjęcia bez potrzeby użycia montażu paralaktycznego z prowadzeniem.**

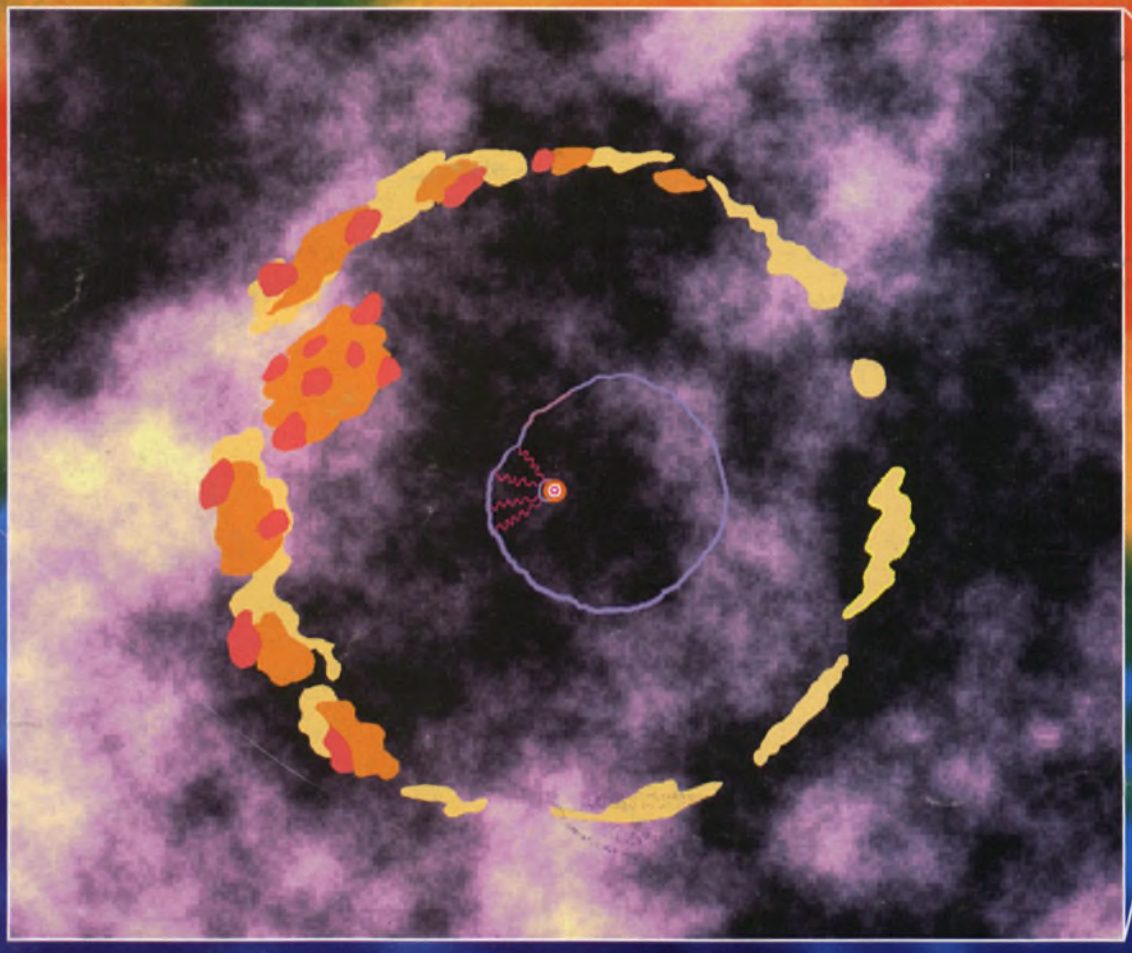
Dla przykładu proponujemy porównać zdjęcie wykonane aparatem zamocowanym do teleskopu Meniscas 15/1500 z prowadzeniem elektrycznym (po lewej) i zdjęcie wykonane tym samym aparatem zamocowanym do popularnego w naszym kraju teleobiektywu MTO 10/1000 (po prawej). W pierwszym przypadku użyta była błona FUJI G–400, w drugim: AGFA XRG 200. Czas obu ekspozycji był dobrany automatycznie przez aparat Pentax MV1 i w przypadku drugiego zdjęcia był ok. 2 razy dłuższy, stąd zauważalne lekkie rozmycie krawędzi w kierunku pozornego ruchu Księżyca. Przy okazji proponujemy następującą zabawę: należy uważnie przyjżeć się obu zdjęciom i znaleźć istotną różnicę natury nie technicznej, ale – powiedzmy – astronomicznej, oraz wyjaśnić jej przyczynę.

Różne opinie krążą na temat teleskopów produkowanych przez firmę p. Uniwersała w Żywcu. Ponieważ zdjęcia wykonane tym sprzętem mogą coś powiedzieć na temat jego jakości, chętnie zamieścimy zdjęcia wykonane przy jego pomocy. Zamieszczone obok zdjęcia wykonał Jerzy Strzeja z miejscowości Paniowy aparatem Zenit TTL sprzężonym z teleskopem firmy „Uniwersał" o średnicy lustra 150mm i ogniskowej 900 mm z użyciem soczewek Barlowa. Czasy naświetlania wynosiły odpowiednio: 1 s (zdj. lewe) i 2 s (zdj. prawe). Warto zauważyć, iż zwiększenie skali odwzorowania uzyskane wydłużeniem ogniskowej teleskopu pozwoliło uzyskać szczegóły, których nie dałoby zwykłe powiększenie z negatywu pierwszego zdjęcia. (film AGFA XRG 200)

Autorem zamieszczonych obok dwóch efektownych zdjęć Srebrnego Globu jest Janusz Płeszka z Krakowa. Obydwa zostały wykonane przy pomocy teleskopu Maksutow–Cassegrain $\phi$ 350 mm, f/10 (ognisko główne) na filmie pozytywowym AGFA 200 RS. W celu uzyskania obrazu powierzchni Księżyca w świetle popielatym potrzebny był czas ekspozycji ok. 15 sekund (przy zastosowaniu telekompresora zmieniającego efektywną światłosiłę na f/6). W tym przypadku prowadzenie teleskopu było już niezbędne. Zdjęcia wykonano zimą, gdy drgania powietrza są najmniejsze. (jd)

## Uproszczony schemat Centrum Galaktyki

Centralny obszar naszej Galaktyki jest skupiskiem olbrzymiej ilości gwiazd i materii międzygwiazdowej. Znaleziono tu duże ilości źródeł promieniowania rentgenowskiego i pozostałości po wybuchach supernowych. Sam środek jest otoczony pierścieniem chmur molekularnych i gromad kulistych. Najbliżej geometrycznego środka Galaktyki znajduje się radioźródło Sagittarius A* zatopione w małej mgławicy. Wielkość oddziaływania grawitacyjnego środka Galaktyki nasuwa myśl o obecności w nim czarnej dziury.



Na rozkładówce:

# postępy astronomii

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

3/95

tom 43

lipiec - wrzesień

W numerze:

- Paczyński o budowie Galaktyki
- Wolszczan o pozasłonecznych układach planetarnych
- Krasiński o soczewkach grawitacyjnych
- Życki o mikrokwazarach
- i inni ...

## Rekord prędkości naszej Galaktyki

## Jubileusz Profesor Iwanowskiej

# NGC 1850

Gromada gwiazd NGC 1850 sfotografowana za pomocą Szerokokątnej Kamery Planetarnej WFPC2 Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. Gromada znajduje się w Wielkim Obłoku Magellana w odległości 166 000 lat świetlnych od Słońca. Widać blisko 10 000 gwiazd powyżej 25 wielkości gwiazdowej. Zdjęcie stanowi sumę ekspozycji w trzech zakresach widma: nadfiolecie, świetle widzialnym i bliskiej podczerwieni. Żółte obrazy przedstawiają gwiazdy Ciągu Głównego o temperaturze powierzchniowej 6000 K, czerwone – chłodne olbrzymy i nadolbrzymy (~3500K). Białe – gorące, młode gwiazdy (temperatura powyżej 25 000 K), świecące głównie w nadfiolecie, należą do innej, dalszej o ok. 200 lat światła, gromady znajdującej się na tym samym kierunku widzenia (patrz „Rozmaitości " str. 114).

# Drodzy Czytelnicy

*Mimo naszych usilnych starań, poprzedni zeszyt „Postępów Astronomii" znowu opóźnił się. Tym razem winne były głównie panewki maszyny drukującej i przedłużająca się ich naprawa serwisowa. Ale za to (?) „Postępy" przyniosły Państwu niewątpliwy dowód (!) na to, że w środku Drogi Mlecznej jest czarna dziura (zdjęcie na str. 51) i poinformowały, że pierwszą planetą Układu Słonecznego jest MARKURY !* ***Bardzo przepraszamy i niezmiennie obiecujemy poprawę.*** *Na inne jeszcze błędy zwracamy uwagę w specjalnej notatce na str. 98. Ten zeszyt jest drukowany na lepszym papierze, więc ośmielamy się raz jeszcze zaprezentować niektóre zdjęcia.*

*Badania Galaktyki przy pomocy zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego (projekt OGLE) i poszukiwanie pozasłonecznych układów planetarnych to tematy uroczystych wykładów złożonych w* ***hołdzie Profesor Wilhelminie Iwanowskiej*** *z okazji 90-tej rocznicy Jej urodzin. Napisali je i osobiście przedstawili na specjalnej Sesji Jubileuszowej w Toruniu najsławniejsi współcześni polscy astronomowie:* ***Bohdan Paczyński*** *i* ***Aleksander Wolszczan,*** *obaj pracujący obecnie w USA. O samym Jubileuszu i Jubilatce oraz o wyrazach uznania złożonych Jej przez* ***Polskie Towarzystwo Astronomiczne*** *piszemy na pierwszych stronach tego zeszytu. Dalej bieżące „Postępy Astronomii" przynoszą ciekawy artykuł* ***Piotra Życkiego*** *o zjawiskach nadświetlnych w obrębie Galaktyki i bardziej techniczne omówienie soczewkowania grawitacyjnego pióra* ***Andrzeja Krasińskiego****.*

*Teleskop Kosmiczny Hubble'a śledzi pilnie m.in. zjawiska zachodzące w Układzie Słonecznym. W obecnym zeszycie przedstawiamy odkrycia dokonane ostatnio przez HST na Saturnie i jego bezpośrednim sąsiedztwie. HST penetrował również odległe rubieże Wszechświata:* ***Andrzej Marecki*** *pisze tu o obserwacjach kwazara 3C273 i zapowiada omówienie dalszych nowości w badaniach radiogalaktyk w następnym zeszycie „Postępów". Wyniki badawcze innych astronomicznych stacji kosmicznych takich jak ASTRO-2 i ROSAT nie pozostają przez nas niezauważane. Piszemy więc o odkryciach gwiazd superciężkiej i superlekkiej, nowej gromady galaktyk i lepszym zrozumieniu znanej gromady w Obłokach Magellana dokonanych przy pomocy tych stacji kosmicznych. W innym miejscu piszemy o problemach ESO związanych z budową bardzo dużego teleskopu VLT w Chile.*

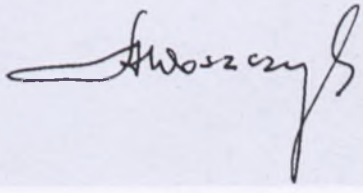
*Pani* ***Halina Kazimierczak-Połońska****, jedyny doktor astronomii Uniwersytetu Warszawskiego w okresie międzywojennym, była postacią niezwykłą i bardzo mało znaną w polskim środowisku astronomicznym. Przybliżamy Jej sylwetkę piórem* ***Konrada Rudnickiego****. Niestety musimy też mówić w czasie przeszłym o naszym Koledze* ***Janie Smolińskim****.*

*Na koniec przynosimy relację ze Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w Poznaniu i podajemy* ***skład nowego Zarządu Głównego PTA****. A nasz felieton zwraca uwagę na szalbierstwa związane z wykorzystywaniem gwiaździstego nieba, mające swój wyraz nawet w profesorskim bełkocie.*

*Mam nadzieję, że uznacie Państwo ten zeszyt za interesujący. Zapewne zauważyliście, że nasze łamy są coraz obficiej wypełniane merytorycznymi treściami astronomicznymi. Byłoby nam miło, gdybyście Państwo zechcieli współdziałać przy tworzeniu tego pisma i podzielić się z nami swymi uwagami na ten temat.*

*Życzę wszystkim przyjemnej lektury*

*Toruń, w październiku 1995 r.*



BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu

Chochlik drukarski (?) sprawił, że pomimo naszych starań pojawiło się w poprzednim zeszycie „Postepów Astronomii" szereg błędów drukarskich, a nie najlepsza jakość papieru uczyniła nieczytelnymi niektóre zdjęcia. Bardzo przepraszamy, wskazujemy na niektóre błędy i prosimy o ich poprawienie:

str. 51 – zdjęcie Drogi Mlecznej wykonane przez Pana J. Płeszkę nie jest dowodem na istnienie CZARNEJ DZIURY. Widać to na ponownie wydrukowanym zdjęciu na 3 stronie okładki.

str. 53, Fot. 2 - Profesor Paczyński przedstawia swoje zdanie na temat rozbłysków gamma (a nie razbłysków).

str. 53, koniec drugiego akapitu w drugiej kolumnie – Pani D.Dobrzycka odsyłała zainteresowanych Debatą w sprawie pochodzenia rozbłysków gamma do sieci internetowej na WWW. Oto adres, którego zabrakło: http://antwrp. gsfc. nasa. gov/diamond-jubilee/debate.html.

str. 59, Tab. 1 . w trzeciej kolumnie, na drugiej pozycji od dołu powinno być **silne** zamiast słabe.

str. 60, w trzeciej kolumnie, w trzecim wierszu od góry chodzi o rząd wielkości $\mathbf{10^{40}}$ a nie liczbę 1040.

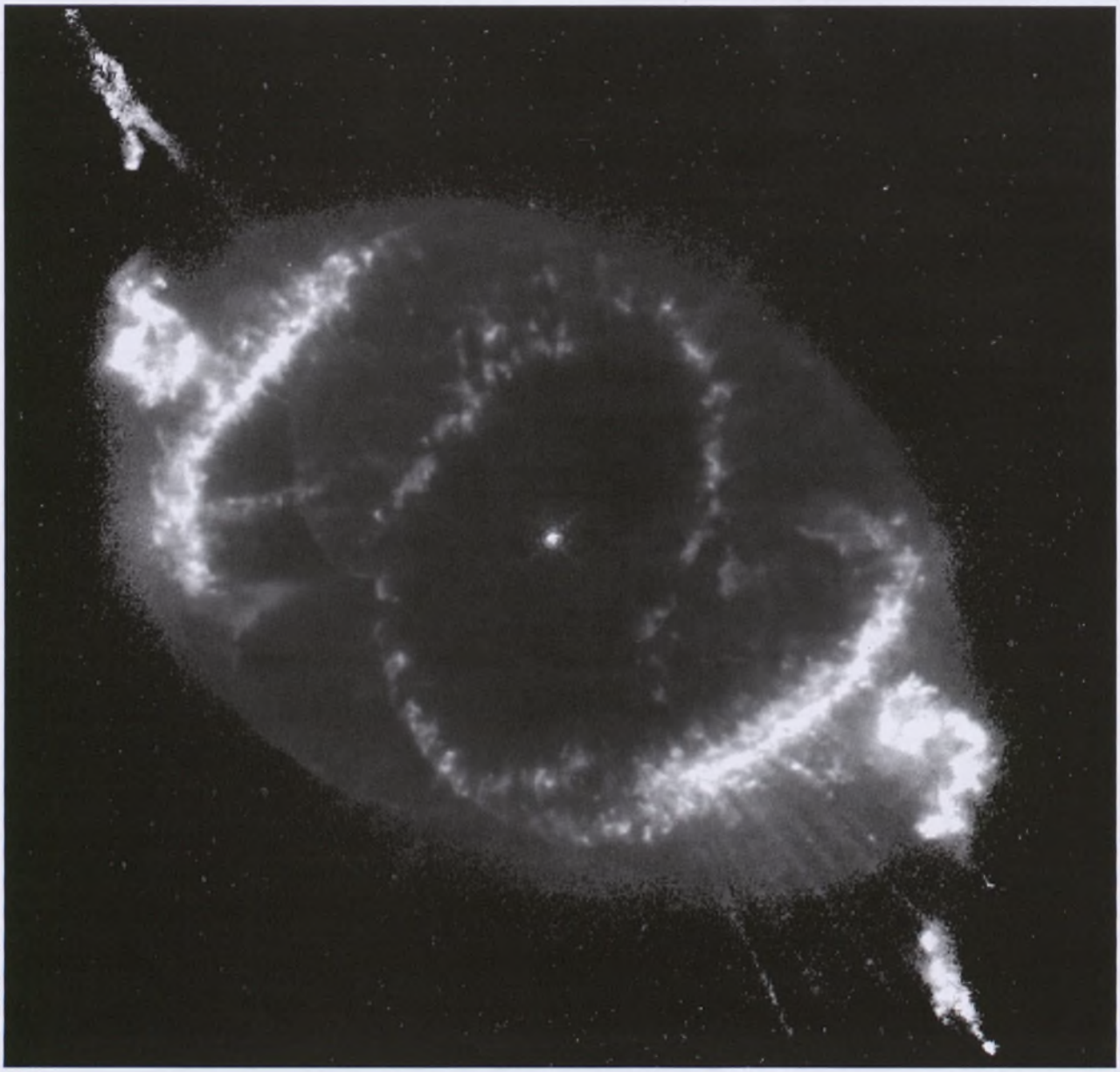
Na kolorowej wkładce środkowej na dole, na str. 4 znajduje się obraz rozkładu chmur molekularnych CO w Galaktyce. Oczywiście górna (a nie dolna) składowa tej ilustracji pokazuje rozkład prędkości radialnych (a nie radnialnych) tych chmur.

str. 81, podpis pod rys.1 – oczywiście chodzi o Titiusa (a nie Tytusa)

str. 85, Tab.2 – chodzi o jedną regułę, a nie dwie

str. 87, rys. 3 - zamiast MARKURY, ma być **MERKURY**

str. 90, Fot. 9 „Kocie oko". Zdjęcie mgławicy NGC 6543 tam prezentowane miało wyglądać jak poniżej. Ostatnio uzyskaliśmy zdjęcie tego obiektu w całej okazałości jego barw. Prezentujemy je na 4 stronie okładki. Przy okazji proponujemy porównać oba zdjęcia i zobaczyć jak różnie wyglądają szczegóły struktury mgławicy na zdjęciu czarno-białym i w kolorze. Oba zdjęcia zostały uzyskane 18 września 1994r. przez panów J. H. Harringtona i K. J. Borkowskiego z Uniwersytetu Stanu Maryland w College Park i NASA przy pomocy Teleskopu Kosmicznego.



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. Warunki nabywania i warunki prenumeraty – wewnątrz numeru.

**Redaktor naczelny:**
Andrzej Woszczyk (IA UMK Toruń)

**Kolegium Redakcyjne:**
Roman Schreiber (CAMK Toruń)
Andrzej Sołtan (CAMK Warszawa)

**Redakcja techniczna i opracowanie graficzne:**
Jacek Drążkowski

**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

**Projekt winiety:**
Tadeusz Jodłowski

**Korekta:**
Małgorzata Śróbka-Kubiak

**Skład komputerowy, druk oraz dystrybucja:**
Firma Mizar, Sławomir Kruczkowski,
86-300 Grudziądz, ul. Kulerskiego 11
tel. (0-51) 335-49 w. 38

- **Oddano do składu 30 września1995r.**
- **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 Dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

© Postępy Astronomii 1995

# W NUMERZE:

**104 Budowa Galaktyki w oparciu o obserwacje OGLE.**

*Bohdan Paczyński*

*W ciągu ostatnich kilku lat, dość niespodzianie, budowa naszej Galaktyki stała się jednym z najważniejszych tematów prac obserwacyjnych prowadzonych przez zespół pracowników Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego. Zespół ten znany jest w całym świecie astronomicznym jako OGLE, co jest skrótem od: „Optical Gravitational Lensing Experiment".*

**108 Poszukiwanie pozasłonecznych układów planetarnych**

*Aleksander Wolszczan*

*Odkrycie układów planetarnych wokół innych gwiazd, podobnych do naszego Słońca pozostaje jednym z najważniejszych zadań współczesnej astrofizyki obserwacyjnej. Znaczenie takiego odkrycia, a mamy nadzieję, że prędzej czy później do niego dojdzie, byłoby prawdziwie fundamentalne.*

**Kronika Wydarzeń** ***ESO –Bardzo Duży Teleskop VLT pozostaje w Chile(112), Superciężka gwiazda (114), Historia dwóch gromad gwiazd (114), Nowa gromada galaktyk (115)***

**117 Rekord prędkości naszej Galaktyki czyli o galaktycznych mikrokwazarach.**

*Piotr Życki*

*Ostatnio odkryto w naszej Galaktyce kilka źródeł mających – na podobieństwo kwazarów – dżety.W dwóch z nich stwierdzono, że obserwowana prędkość dżetów jest większa od prędkości światła. Nie ma tu sprzeczności z teorią względności, jest za to pewny wniosek, że rzeczywiste prędkości tych dżetów są bliskie prędkości światła.*

**124 Jeszcze o soczewkach grawitacyjnych**

Andrzej Krasiński

*Odkrycie soczewek grawitacyjnych otworzyło przed astronomią nowe możliwości badania Wszechświata, wywołują one więc duże zainteresowanie wśród astronomów. Astronomowie koncentrują się głównie na możliwościach wykorzystania tych obiektów do badania różnych parametrów rozkładu materii we Wszechświecie, same soczewki są dla nich jedynie narzędziem. Niektóre własności fizyczne soczewek grawitacyjnych są ciekawe i można je opisać całkiem prosto. Z drugiej strony, teoretyczny opis soczewek grawitacyjnych opiera się na pewnych założeniach upraszczających, które nie we wszystkich sytuacjach astronomicznych są spełnione. Te właśnie aspekty soczewek grawitacyjnych są tematem niniejszego artykułu.*

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

***Pierścienie Saturna niewidoczne (130), Nowe księżyce Saturna (132), Burza na Saturnie (134), Kwazar 3C273 – (bliskie) spotkanie po latach (135)***

98 Errata
100 Jubileusz prof. Wilhelminy Iwanowskiej
102 Sylwetka Wilhelminy Iwanowskiej
138 In memoriam: **Jan Smoliński**
139 SYLWETKI: **Helena Kazimierczak - Połońska**
142 **Esej, felieton: *Rura Randiego albo sabat profesor w***
144 PTA: XXVII Zjazd PTA

ZDJĘCIE NA OKŁADCE PRZEDSTAWIA...

*na pierwszej stronie – mapę radiową źródła GRS 1915+105, należącego do naszej Galaktyki, w którym nastąpił relatywistyczny wyrzut plazmy. W ciągu 22 dni, tj. od 18 III do 9 IV 1994r. obłok po lewej stronie oddalił się od centrum (oznaczonego plusem) o prawie 5 000 jednostek astronomicznych, co daje obserwowaną prędkość większą od prędkości światła. Materiał otrzymany od Dr Feliksa Mirabela z Centre d'Etudes de Saclay (Francja).*

ZDJĘCIE NA TRZECIEJ STRONIE WKŁADKI PRZEDSTAWIA...

*sekwencję map wykonanych techniką VLBA pokazujących zachowanie GRO J 1655-40. Z analizy tych map wynika, że w okresie czasu objętym obserwacjami, wyrzuty obłoków plazmy następowały przynajmniej czterokrotnie: ok. 10 i 18 sierpnia, 1 i 8 września. Linie pomiędzy poszczególnymi mapami służą do identyfikacji ruchu wyrzuconych obłoków. Materiał otrzymany od Dr Roberta M. Hjellminga z National Radio Astronomical Observatory (USA).*

# Jubileusz 90-lecia

## prof. dr hab. Wilhelminy IWANOWSKIEJ

W poniedziałek 25 września 1995 roku uroczyście obchodzono dziewięćdziesiąte urodziny Pani Profesor Iwanowskiej. Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Polska Akademia Nauk oraz Polskie Towarzystwo Astronomiczne zorganizowały specjalną sesję dla uczczenia dzieła naukowego i osoby Jubilatki. Najlepsze życzenia długich jeszcze lat życia, zdrowia i aktywności naukowej składali przedstawiciele wielu krajowych i zagranicznych instytucji naukowych oraz przybyli z całej Polski astronomowie. Sesję Jubileuszową prowadził Rektor U M K profesor Andrzej Jamiołkowski, który w swym przemówieniu stwierdził m.in. że „życie Pani Profesor jest i będzie wspaniałym przykładem oddania i pracy dla nauki, wzorem dla pracowników Uniwersytetu Mikołaja Kopernika". Sylwetkę naukową Profesor Iwanowskiej przedstawił Dziekan Wydziału Fizyki i Astronomii UMK prof. Józef Stanisław Kwiatkowski. Prezes Polskiej Akademii Nauk, prof. Leszek Kuźnicki w imieniu PAN złożył Jubilatce gratulacje i życzenia, a w imieniu Prezydenta Rzeczpospolitej Polskiej udekorował Ją Krzyżem Wielkim Orderu Odrodzenia Polski. Następnie gratulacje składali: Prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego prof. Jerzy Kreiner (wraz z poprzednim Prezesem PTA, prof. Robertem Głębockim wręczył Jubilatce dyplom Członka Honorowego PTA), Prezydent Miasta Torunia dr Jerzy Wieczorek, przybyły specjalnie na tę okazję Prezes Międzynarodowej Unii Astronomicznej prof. Lodewijk Woltjer i, w imieniu wychowanków Jubilatki, doc. Roman Ampel, Jej pierwszy doktorant. Nie popisało się Ministerstwo Edukacji Narodowej, które wprawdzie przysłało list gratulacyjny i nawet przyznało nagrodę, ale nie zdołało przysłać do Torunia choćby swego delegata, aby w imieniu tego Resortu złożyć wyrazy uznania i uścisnąć Jubilatce dłoń (może nie warto dożywać takiego wieku w służbie Edukacji Narodowej ?).

Po tej serii gratulacji i życzeń wyraźnie wzruszona Jubilatka skierowała słowa podzięki do Władz Uniwersytetu i Akademii Nauk, do Władz Państwowych i wszystkich zebranych. Następnie jubileuszowe wykłady wygłosili profesor Bohdan Paczyński z Princeton i profesor Aleksander Wolszczan, Jej uczeń, z Uniwersytetu Stanowego w Pensylwanii. Obaj przybyli z USA specjalnie na tę uroczystość. Oba wykłady w wersji pisanej dla „Postępów" zamieszczamy w bieżącym zeszycie. Po wspólnym obiedzie z Jubilatką, w którym wzięło udział ok. 130 osób, uczestnicy uroczystości mieli okazję spotkać się z Nią osobiście, uścisnąć Jej dłoń i powspominać „dawne, dobre czasy" w miejscu szczególnie przez Nią ukochanym, w Obserwatorium UMK w Piwnicach. Tam też odczytano niektóre adresy gratulacyjne. Powinszowania dla Jubilatki, Toruńskiego Uniwersytetu i toruńskiej astronomii nadesłali między innymi: profesorowie G. Contopoulos z Aten, R. Wielebiński z Bonn, J-C. Pecker i S. Weniger z Paryża, Yoshihide Kozai z Tokio, O. Gingerich z Cambridge, R. Booth z Onsali, J-P. Swings z Liège, R.D. Davies z Manchesteru i wielu innych, w tym astronomowie ze wszystkich ośrodków astronomicznych i planetariów polskich, którzy zresztą byli licznie reprezentowani na samej uroczystości. Obok Prezydenta MUA prof. L.Woltjera, swą obecnością szczególną przyjemność Jubilatce zrobiła prof. Virginia Trimble, wiceprezydent Międzynarodowej Unii Astronomicznej i profesor astronomii na Uniwersytecie Kalifornijskim w Irvine i Uniwersytecie stanu Maryland w College Park (USA).

**Profesor Iwanowska odbiera gratulacje od swych wychowanków. Fot. Alicja Piotrowska.**

***Dwie rzeczy napełniają serce***
***coraz to nowym i coraz to wzmagającym się podziwem***
***w miarę tego, im częściej, im ustawiczniej***
***zajmuje się nimi rozmyślanie:***
***niebo gwiaździste nade mną i prawo moralne we mnie.***

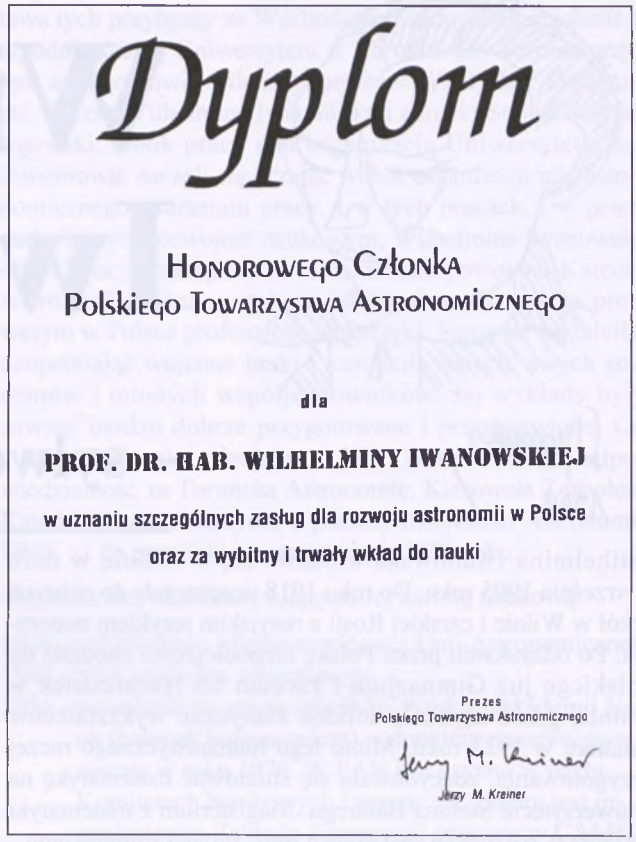
Wielce szanowna Pani Profesor,
Szanowny Panie Rektorze,
Szanowni Państwo.

Myślę, że przytoczona przeze mnie sentencja, pochodząca z dzieł Immanuela Kanta najlepiej charakteryzuje sylwetkę Dostojnej Jubilatki, której nie dające się przecenić zasługi dla nauki, a w szczególności dla polskiej astronomii zechcieli przedstawić moi przedmówcy.

W moim wystąpieniu chciałbym nawiązać do kilkudziesięcioletniej aktywnej działalności Jubilatki w Polskim Towarzystwie Astronomicznym. Po przerwie wojennej, Towarzystwo nasze zostało reaktywowane na Zjeździe Organizacyjnym, który odbył się we Wrocławiu, w październiku 1948 roku. Profesor Iwanowska weszła wówczas w skład pierwszego Zarządu Towarzystwa, przed którym stanęły szczególnie trudne prace organizacyjne i naukowe, związane z tworzeniem zrębów polskiej astronomii w pierwszych latach powojennych. W latach 1963-1965 Pani Profesor była wiceprezesem Towarzystwa, przez następne dwie kadencje była wybierana na członka Zarządu. Dla pełnego wreszcie obrazu warto przypomnieć, że w latach 1971-1977 Dostojna Jubilatka była przewodniczącą Sądu Koleżeńskiego.

Myślę jednak, że dla członków Polskiego Towarzystwa Astronomicznego Profesor Wilhelmina Iwanowska jest niedoścignym wzorem znakomitego organizatora i niezwykle aktywnego uczestnika zdecydowanej większości Walnych Zjazdów Towarzystwa (odbywanych regularnie co dwa lata, już niemal od pół wieku), a także organizowanych dawniej astronomicznych konferencji naukowych. Warto przypomieć, że Profesor Wilhelmina Iwanowska blisko dziesięciokrotnie była zapraszana do wygłoszenia wiodących wykładów przeglądowych z astrofizyki. Ich różnorodna tematyka daje pogląd na niezwykle szerokie zainteresowania naukowe Dostojnej Jubilatki. Oto pare przykładów:

Profesor Iwanowska przemawia na swej uroczystości jubileuszowej.



Dyplom

Honorowego Członka
Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

dla

**PROF. DR. HAB. WILHELMINY IWANOWSKIEJ**

w uznaniu szczególnych zasług dla rozwoju astronomii w Polsce
oraz za wybitny i trwały wkład do nauki

Prezes
Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

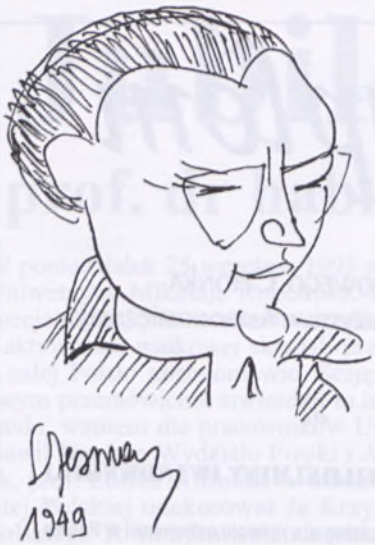
Jerzy M. Kreiner

- Toruń, 1951: *Występowanie pierwiastków chemicznych we Wszechświecie*
- Wrocław, 1953: *Ewolucja gwiazd*
- Kraków, 1957: *Widma gwiazd długookresowych*
- Toruń, 1963: *Atlas widmowy nieba*
- Olsztyn, 1965: *Wykorzystanie teleskopów Schmidta (koreferat)*
- Olsztyn, 1977: *Chemiczna i dynamiczna ewolucja Galaktyki*
- Warszawa, 1979: *Gromady kuliste*

Do tego niepełnego wykazu należy dodać kilkanaście wygłoszonych referatów i komunikatów z prac własnych. Znakomicie przygotowane wykłady Pani Profesor, przedstawione jasno, z głęboką znajomością omawianych zagadnień, cieszyły się zawsze olbrzymim zainteresowaniem wszystkich uczestników zjazdów.

Jest dla mnie niezwykle miłym obowiązkiem poinformowanie Państwa, że w uznaniu zasług Pani Profesor dla rozwoju astronomii w Polsce a także wybitnego wkładu do nauki, członkowie Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, na swym Walnym Zebraniu w Poznaniu, w dniu 14 września bieżącego roku, podjęli uchwałę o nadaniu Pani Profesor Wilhelminie Iwanowskiej godności Honorowego Członka Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Mając nadzieję, że ta najwyższa godność honorowa, jaką Towrzystwo może przyznać, zostanie przez Panią Profesor przyjęta, pozwalam sobie w imieniu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego przekazać niniejszym stosowny dokument. Uprzejmie proszę Pana Profesora Głębockiego, dotychczasowego Prezesa Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, o wspólne wręczenie dyplomu.

*(Przemówienie Prezesa PTA na sesji Jubileuszowej prof. Wilhelminy Iwanowskiej).*



# Wilhelmina Iwanowska

## – sylwetka naukowa

Wilhelmina Iwanowska urodziła się w Wilnie w dniu 2 września 1905 roku. Do roku 1918 uczęszczała do różnych szkół w Wilnie i carskiej Rosji z rosyjskim językiem nauczania. Po odzyskaniu przez Polskę niepodległości chodziła do polskiego już Gimnazjum i Liceum SS Nazaretanek w Wilnie, gdzie uzyskała solidne klasyczne wykształcenie i maturę w 1923 roku. Mimo tego humanistycznego raczej przygotowania, zdecydowała się studiować matematykę na Uniwersytecie Stefana Batorego. Magisterium z matematyki zdobyła w roku 1929 pod opieką prof. Juliana Rudnickiego.

W czasie swych studiów matematycznych interesowała się również astronomią i była pilną słuchaczką na prowadzo-nych w Wilnie wykładach prof. Władysława Dziewulskiego z astronomii. Była też bardzo czynna w studenckich kołach naukowych, którymi opiekował się właśnie profesor Dzie-wulski. To Profesor Dziewulski w roku 1926 zwrócił się nieśmiało do młodej studentki z zapytaniem, czy „mimo te-go, że nigdy nie będzie astronomem, nie zechciałaby podjąć czasowej pracy w odbudowywanym właśnie przez niego Obserwatorium Astronomicznym". Ten dzień, określa póź-niej profesor Iwanowska, jako „najszczęśliwszy dzień w jej życiu". I w ten sposób w 1927 roku Wilhelmina Iwanowska zaczęła swe astronomiczne życie, życie badacza i organizatora badań naukowych, które trwa do dzisiaj i które Uniwer-sytet Mikołaja Kopernika dumnie i uroczyście świętował w dniu 25 września 1995 r.

Kariera naukowa profesor Iwanowskiej rozpoczynała się w okresie narodzin i pierwszych sukcesów astrofizyki. Wcześniej astronomia zajmowała się głównie pomiarami kierunku przychodzącego do nas promieniowania ciał niebieskich. Stąd zainteresowanie wszystkim tym, co zmienia swoje położenie: ruchem Słońca, Księżyca i planet, zjawiskami, które z tym ruchem są związane itp. Wszystko to legło u podstaw fundamentalnych odkryć Kopernika, Galileusza i Newtona. Królowała mechanika nieba. Dziewiętnasty wiek przyniósł odkrycie falowej struktury światła i nowe metody badania fizycznej natury promieniowania elektromagnetycznego. Narodziła się fotometria i spektroskopia, a nowa wówczas fotografia ten proces przyśpieszała i potęgowała. I w tym procesie wprowadzania na grunt nauki polskiej nowych dziedzin i technik badawczych astrofizyki Wilhelmina Iwanowska uczestniczyła od samego początku swej kariery naukowej. Najpierw było to wykorzystanie fotografii do badań zmienności gwiazd. Jej praca doktorska obroniona w 1933 roku na USB dotyczyła właśnie zmienności jednej z gwiazd pulsujących (RX Aurigae), a opierała się na wykonanych w Wilnie obserwacjach fotograficznych. Prawie 15 lat później te metody badań i zainteresowanie tą klasą gwiazd wprowadza profesor Iwanowska w nowo tworzonym Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Na stażu w Obserwatorium Sztokholmskim w latach 1934/35 dr Wilhelmina Iwanowska zapoznaje się ze spektroskopią astronomiczną i w swej pracy habilitacyjnej, przedstawionej na Uniwersytecie Stefana Batorego w roku 1937 charakteryzuje nadolbrzymy gwiazdowe w oparciu o analizę ich cech widmowych. Razem z profesorem Dziewulskim wyposaża Obserwatorium Wileńskie w teleskop i spektrograf do widmowych obserwacji gwiazd i tuż przed wojną efektywnie rozpoczyna takie obserwacje. Jest Wilhelmina Iwanowska pionierem spektroskopii astronomicznej w Polsce i taki też kierunek badań wyznacza w Obserwatorium Astronomicznym UMK. Już w Toruniu dokonuje swych najważniejszych odkryć w tej dziedzinie badań: stwierdza różnice składu chemicznego pomiędzy gwiazdami należącymi do różnych populacji (1950) i dwudzielność populacyjną, uważanych za jednorodne, gwiazd zmiennych typu RR Lyrae (1952). Pierwsze z tych odkryć, dokonane równocześnie z Barbarą i Martinem Schwarzschildami, wprowadzało nowy wymiar do koncepcji „populacji gwiazdowych" i miało duże znaczenie dla rozwoju teorii ewolucji gwiazd i teorii ewolucji materii we Wszechświecie. Drugie odkrycie, niezależnie od znanych powszechnie wyników Waltera Baadego, prowadziło do rewizji punktu zerowego tzw. krzywej Shapley'a, a w konsekwencji do rewizji skali odległości we Wszechświecie.

Lata pięćdziesiąte to okres pierwszych sukcesów obserwacji radiowych ciał niebieskich, w szczególności wielki triumf obserwacyjnego stwierdzenia prawdziwości teoretycznych koncepcji o spiralnej strukturze naszej Galaktyki na podstawie obserwacji linii wodorowej o długości fali 21 cm. Istnienie takiego promieniowania neutralnego wodoru przewidział z inspiracji Jana Oorta w początku lat 40-tych Van der Hulst. I ta nowa technika nie tylko potwierdziła obecność takiej emisji, ale niejako namacalnie pokazała to, co było nieosiągalne dla oka i słuszność rozumowania prowadzącego do wniosku, że nasza Galaktyka jest galaktyką spiralną. Ponadto, na częstościach radiowych zaczęto też poznawać nowy rodzaj promieniowania ciał niebieskich - pro-

mieniowania synchrotronowego. W dziedzinie optycznej, promieniowanie ciał niebieskich ma naturę termiczną i podlega znanym w fizyce prawom termodynamiki. W dziedzinie radiowej mieliśmy do czynienia nie tylko z nowym oknem, przez które mieliśmy nowe „spojrzenie" na otaczający nas świat, ale również z nową naturą promieniowania i, co też ważne, z promieniowaniem, które nie było czułe na kapryśne warunki pogody. To ostatnie wcale nie jest sprawą błahą, zwłaszcza w naszym klimacie, bo często wręcz uniemożliwia przeprowadzenie obserwacji. Czuła na bieżący rozwój nauk astronomicznych profesor Iwanowska dostrzegła nowe wyzwanie i potrzebę zorganizowania tego rodzaju badań w Polsce. Była więc inicjatorką i orędowniczką rozwoju radioastronomii toruńskiej, której ukoronowaniem jest 32-metrowy radioteleskop w Piwnicach. I ciągle jeszcze czuwa nad dalszym rozwojem tych badań.

Na Zjeździe Astronomów Polskich w Toruniu w 1923 roku, obok utworzenia Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, powołano Narodowy Instytut Astronomiczny. Miała to być „ponadośrodkowa" instytucja astronomiczna, która pozwoliłaby na uprawianie i rozwój astronomii polskiej na ówczesnym, światowym poziomie. Do II Wojny Światowej zabrakło czasu na wdrożenie tych koncepcji, a po wojnie sytuacja zmieniła się znacznie. Wraz z powstaniem Polskiej Akademi Nauk w 1953 roku, Wilhelmina Iwanowska, wówczas już pierwszy w Polsce profesor astrofizyki, doprowadziła do wskrzeszenia idei ponadośrodkowej placówki astronomicznej i powołania PAN-owskiego Zespołu d/s Centralnego Obserwatorium Astronomicznego. W kilka lat później (w roku 1956) powstał Zakład Astronomii PAN z Pracowniami Astrofizyki I w Toruniu i Astrofizyki II w Warszawie. Miał to być zalążek przyszłego COA wyposażonego m.in. w 2-metrowy teleskop paraboliczny i 60/90 cm kamerę Schmidta. Zdołano zakupić tylko mniejszy z tych instrumentów i oddać go w opiekę prof. Iwanowskiej ustawiając w Obserwatorium Toruńskim („do czasu zbudowania COA" - tak określała Uchwała Komitetu Astronomii PAN). Wobec zerwania w 1969 roku kontraktu z Zeissem na 2-metrowy teleskop, idea COA ewoluowała do postaci Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN. Jest to dzisiaj ważny ośrodek na astronomicznej mapie Polski i świata. Toruńską Pracownią Astrofizyki CAMK prof. Iwanowska kierowała od chwili jej powstania aż do swego przejścia na emeryturę.

Obok badań astrofizycznych przedmiotem szczególnego zainteresowania Profesor Iwanowskiej jest postać Mikołaja Kopernika. Kopernika obdarza Ona specjalnym kultem. Uważa m.in., że to imię Kopernika było największym magnesem, który ściągnął wypędzonych z Wilna pracowników Uniwersytetu Stefana Batorego do Torunia i doprowadził do powołania w tym mieście uniwersytetu nazwanego Jego imieniem. Spektakularnym osiągnięciem Wilhelminy Iwanowskiej w tym aspekcie było przekonanie władz Międzynarodowej Unii Astronomicznej do odbycia w Polsce w roku 1973, Międzynarodowym Roku Kopernikowskim, Nadzwyczajnego (Kopernikowskiego) Kongresu tej Unii. Odbyło się wtedy w Polsce szereg sympozjów MUA w których wzięło udział prawie 2000 astronomów z całego świata. Oczywiście imię Kopernika nadała też Profesor Iwanowska toruńskiemu 32-metrowemu radioteleskopowi.

Wilhelmina Iwanowska przybyła do Torunia wraz z głównym przeszło 200-tu osobowym transportem przesiedlanych pracowników USB w dniu 14 lipca 1945 roku. Postawa tych przybyszy ze Wschodu spowodowała powołanie 6 tygodni później Uniwersytetu w Toruniu. Do Torunia przybyli astronomowie wileńscy: profesor Władysław Dziewulski, docent Wilhelmina Iwanowska i adiunkt Stanisław Szeligowski. Obok pracy nad organizacją Uniwersytetu, astronomowie zaczęli się krzątać wokół organizacji ich, astronomicznego, warsztatu pracy. I w tych pracach, i w pracy nad własnym rozwojem naukowym, Wilhelmina Iwanowska ofiarnie uczestniczyła. Dla Niej została powołana Katedra Astrofizyki i Ona została w 1946 roku mianowana pierwszym w Polsce profesorem astrofizyki. Sama się kształciła, uzupełniając wojenne braki i kształciła innych: swych studentów i młodych współpracowników. Jej wykłady były zawsze bardzo dobrze przygotowane i przedstawione. Od końca 1952 roku przejęła od prof. Dziewulskiego odpowiedzialność za Toruńską Astronomię. Kierowała Zespołem Katedr Astronomicznych, a później Instytutem Astronomii UMK aż do przejścia na emeryturę w 1976 roku.

Oto kilka dat, charakteryzujących Jej karierę naukową:

1938 - członkostwo Międzynarodowej Unii Astronomicznej
1948 - tytuł profesora zwyczajnego
1956 - powołanie do grona członków Polskiej Akademii Nauk (członek korespondent), członkiem rzeczywistym została w roku 1976. W PAN jest czynna w wielu Komitetach Naukowych i przede wszystkim jest organizatorem Zakładu Astronomii (dzisiejszy CAMK)
1957 - powołanie do grona Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego w Londynie
1973 - członkostwo honorowe Kanadyjskiego Królewskiego Towarzystwa Astronomicznego
1973 - 3 doktoraty honorowe: uniwersytetów w Winnipeg (Kanada), Leicester (Anglia) i Toruniu, członkostwo innych zagranicznych Towarzystw Astronomicznych i Naukowych (np. w Belgii, we Włoszech ), honorowe obywatelstwo miasta Winnipeg (Kanada) i honorowe członkostwo w Towarzystwie Naukowym w Toruniu
1973 - 1979 Wiceprzewodnicząca (Vice-President) Międzynarodowej Unii Astronomicznej
1976 - przejście na emeryturę
1989- honorowe członkostwo Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii
od 14.IX.95 honorowe członkostwo Polskiego Towarzystwa Astronomicznego.

Generalnie, zainteresowania naukowe profesor Iwanowskiej koncentrują się w następujących dziedzinach astronomii: fotometria i spektroskopia gwiazdowa, budowa Galaktyki i problem populacji gwiazdowych, głównie w aspekcie chemicznej struktury i ewolucji naszej Galaktyki. Zaproponowała stosowanie „statystycznych indeksów populacji". Ostatnio pasjonują Ją kwazary i kosmologia. Jej bibliografia naukowa liczy około 150 pozycji. Ciągle jest aktywna naukowo.

Profesor Iwanowska wychowała liczne grono astrofizyków polskich: w czasie Jej pracy w Toruniu 80 osób uzyskało dyplom magistra astronomii, promowała 19 doktorów i doprowadziła 5 osób do stopnia doktora habilitowanego. Kilkunastu jej uczniów jest profesorami lub docentami na polskich i zagranicznych uczelniach. (asw)

*Badanie budowy i historii naszej Galaktyki w oparciu o wiele różnych danych obserwacyjnych było i jest jednym z głównych tematów badawczych Profesor Wilhelminy Iwanowskiej. Pracę tę rozpoczęła Ona jeszcze w Wilnie, pod kierunkiem Profesora Władysława Dziewulskiego, a następnie kontynuowała w stworzonym przez Siebie Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Badanie struktury Galaktyki w oparciu o wybrane pola stało się tematem prac magisterskich i doktorskich wielu uczniów Pani Profesor: m.in. Cecylii i Henryka Iwaniszewskich, Romana Ampela, Stefanii Grudzińskiej, Andrzeja Lisickiego.*

*W ośrodku warszawskim pracę nad budową naszej Galaktyki prowadził przed laty Profesor Włodzimierz Zonn, kolega z Wilna Profesor Wilhelminy Iwanowskiej. Niestety, prace te nie były kontynuowane po Jego śmierci. Tylko nieliczne prace młodszego pokolenia warszawskich astronomów związane były z tą tematyką. Między innymi pare takich prac napisał autor niniejszego referatu.*

# Budowa Galaktyki w oparciu o obserwacje OGLE

Bohdan Paczyński

***Profesor Wilhelminie Iwanowskiej w 90. rocznicę urodzin***

W ciągu ostatnich kilku lat, dość niespodzianie, budowa naszej Galaktyki stała się jednym z najważniejszych tematów prac obserwacyjnych prowadzonych przez zespół pracowników Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego. Zespół ten znany jest w całym świecie astronomicznym jako OGLE, co jest skrótem od: „Optical Gravitational Lensing Experiment". Należą do niego Andrzej Udalski, Michał Szymański, Marcin Kubiak i Janusz Kałużny. Już czwarty rok prowadzą oni obserwacje przy pomocy 1-metrowego teleskopu w Obserwatorium Las Campanas w Chile. Obserwatorium należy do Carnegie Institution of Washington. We wspólnych obserwacjach biorą też udział: Wojciech Krzemiński, pracownik Carnegie, oraz Mario Mateo, pracownik Uniwersytetu Michigan. Autor tego referatu ma przyjemność współpracować z zespołem OGLE oraz używać wyniki obserwacji do badań budowy naszej Galaktyki, korzystając z pomocy Krzysztofa Stanka, który jest doktorantem Uniwersytetu w Princeton.

Przedsięwzięcie OGLE jest jednym z kilku podobnych programów obserwacyjnych na świecie.Obserwacje podobnego typu prowadzi z Australii amerykańsko - australijski zespół MACHO, zaś dwa zespoły francuskie, EROS i DUO, prowadzą podobne obserwacje z Chile. Wspólne dla wszystkich czterech programów jest wykonywanie masowej fotometrii milionów gwiazd w celu znalezienia niezmiernie rzadkich zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Poszukiwania tego typu zaproponował kilka lat temu autor tego referatu w celu ewentualnego wykrycia, czym jest ciemna materia. Wszystkie zespoły wykonały zadanie, to znaczy ogłosiły wykrycie szeregu przypadków mikrosoczewkowania (o tym za chwilę), ale zarazem zebrały ogromny materiał obserwacyjny, który stał się kopalnią danych dla najróżniejszych badań. Najciekawsze wyniki i niespodzianki związane są z budową naszej Galaktyki. Zanim zajmę się tymi wynikami przedstawię zarys problemów mikrosoczewkowania, typ aparatury używanej przez zespół OGLE oraz szereg ciekawych wyników nie związanych z budową Galaktyki. Pod koniec zajmę się planami OGLE na najbliższą przyszłość.

Jednym z pierwszych testów obserwacyjnych ogólnej teorii względności było stwierdzenie, że światło biegnie po nieco zakrzywionym torze w pobliżu dużej masy jaką jest nasze Słońce. Innymi słowy: masa Słońca zakrzywia nieco przestrzeń w swoim otoczeniu. Z bardzo dobrym przybliżeniem można powiedzieć, że kierunek promieni świetlnych zmienia się o kąt dwukrotnie większy niż stosunek promienia grawitacyjnego Słońca (około 3 kilometry) do najmniejszej odległości między torem fotonu i centrum Słońca. W oparciu o ten efekt przewidziano, że dalekie źródła światła, na przykład kwazary, mogą być widoczne w postaci dwu obrazów utworzonych przez galaktykę znajdującą się pomiędzy źródłem i obserwatorem. Pierwszy przypadek takiego zjawiska został odkryty szesnaście lat temu przez Walsha, Carswella i Weymanna. W ciągu następnych lat odkryto kilkadziesiąt przypadków grawitacyjnego soczewkowania obrazów dalekich kwazarów i galaktyk przez galaktyki lub ich gromady znajdujące się na drodze promieni świetlnych. Ocenia się, że dzięki temu zja-

wisku mniej więcej jeden kwazar na tysiąc widoczny jest w postaci podwójnego lub poczwórnego obrazu.

Podobne zjawisko powinno występować w naszej Galaktyce: obrazy dalekich gwiazd powinny być soczewkowane grawitacyjnie przez gwiazdy znajdujące się po drodze i obrazy te powinny być podwójne. Kłopot polega na tym, że prawdopodobieństwo tak precyzyjnego ustawienia się gwiazdy – soczewki na drodze między obserwatorem a daleką gwiazdą – źródłem jest bardzo małe. Średnio, obraz nie więcej niż jednej gwiazdy na milion, może być w istotny sposób zaburzony efektem soczewki grawitacyjnej. Dodatkowym kłopotem jest to, że typowa odległość między dwoma obrazami dalekiej gwiazdy jest rzędu milisekundy łuku, gdy tymczasem obrazy gwiazd są rozmyte przez atmosferę ziemską do rozmiarów rzędu sekundy łuku. Tak więc nie ma mowy, aby można było stwierdzić, czy obraz niektórych dalekich gwiazd jest rozdwojony poprzez soczewkę grawitacyjną. Na szczęście, wszystkie gwiazdy w naszej Galaktyce są w ciągłym ruchu, typowe prędkości są rzędu 200 km/sek. Tymczasem jasność obu obrazów zależy od tego, jak blisko linii prostej ułożone są dwie gwiazdy (źródło światła i soczewka) oraz obserwator. Im te trzy obiekty są bliższe linii prostej – tym większa jasność obu obrazów. Można więc oczekiwać, że dzięki ruchowi gwiazd i zmianie geometrii względnego położenia źródła, soczewki i obserwatora, obserwowana jasność źródła będzie się zmieniać.Typowa skala czasowa zmian jasności jest rzędu miesiąca. Amplituda zmian jest tym większa im mniejszy jest „parametr zderzenia", czyli minimalna odległość kątowa między źródłem i soczewką, i może sięgać wielu wielkości gwiazdowych. Ponieważ tor promieni niebieskich i czerwonych jest taki sam, więc jaśniejąc gwiazda nie zmienia swej barwy – jest to cecha wyróżniająca zjawisko soczewkowania grawitacyjnego od innych zjawisk związanych ze zmiennością jasności gwiazd.

Jedną z większych zagadek współczesnej astronomii jest natura tak zwanej ciemnej materii. Analiza dynamiki gwiazd w naszej Galaktyce, w innych galaktykach i w gromadach galaktyk wykazała, że około 90% masy, która decyduje o polu grawitacyjnym nie świeci. Ponad sto lat temu podobna w gruncie rzeczy analiza ruchu planet doprowadziła do teoretycznego wniosku, że musi istnieć jeszcze jedna planeta, której masa zaburza bieg znanych wówczas planet. W miejscu przewidzianym przez obliczenia teoretyczne odkryta została nowa planeta, Neptun. Odkrycie to było jednym z największych sukcesów nauki dziewiętnastego wieku. Niestety, wszelkie próby wykrycia, czym jest ciemna materia w galaktykach dotąd nie powiodły się. Autor tego referatu zaproponował w roku 1986, że jeżeli ciemna materia występuje w postaci zwartych obiektów, takich jak gwiazdy, brązowe karły, planety, czy czarne dziury, to jej obecność mogłaby być wykryta dzięki zjawisku mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Ponieważ ciemna materia ma występować w tak zwanym halo galaktycznym, optymalnym kierunkiem poszukiwań byłyby obserwacje milionów gwiazd w obłokach Magellana. Większość astronomów była zdania, że taka analiza obserwacji przekracza współczesne możliwości techniczne i że nie da się wyłapać rzadkich zjawisk mikrosoczewkowania w morzu gwiazd zmiennych różnych typów. Dlatego celowe było wybranie innego kierunku obserwacji: możliwie blisko centrum naszej Galaktyki. Patrząc w tym kierunku mamy po drodze w dysku naszej Galaktyki ogromną ilość zwykłych gwiazd. Gwiazdy te muszą powodować zjawisko mikrosoczewkowania i odpowiedniej zmienności gwiazd znajdujących się w pobliżu centrum Galaktyki. Wykrycie tych gwarantowanych zjawisk byłoby dowodem, że poprawna analiza obserwacji jest możliwa. Dlatego też zespół OGLE postanowił w pierwszej kolejności zbadać zmienność gwiazd w kierunku bliskim centrum Galaktyki, w tak zwanym „oknie Baadego", w którym ekstynkcja wywołana pyłem międzygwiazdowym jest stosunkowo niewielka.

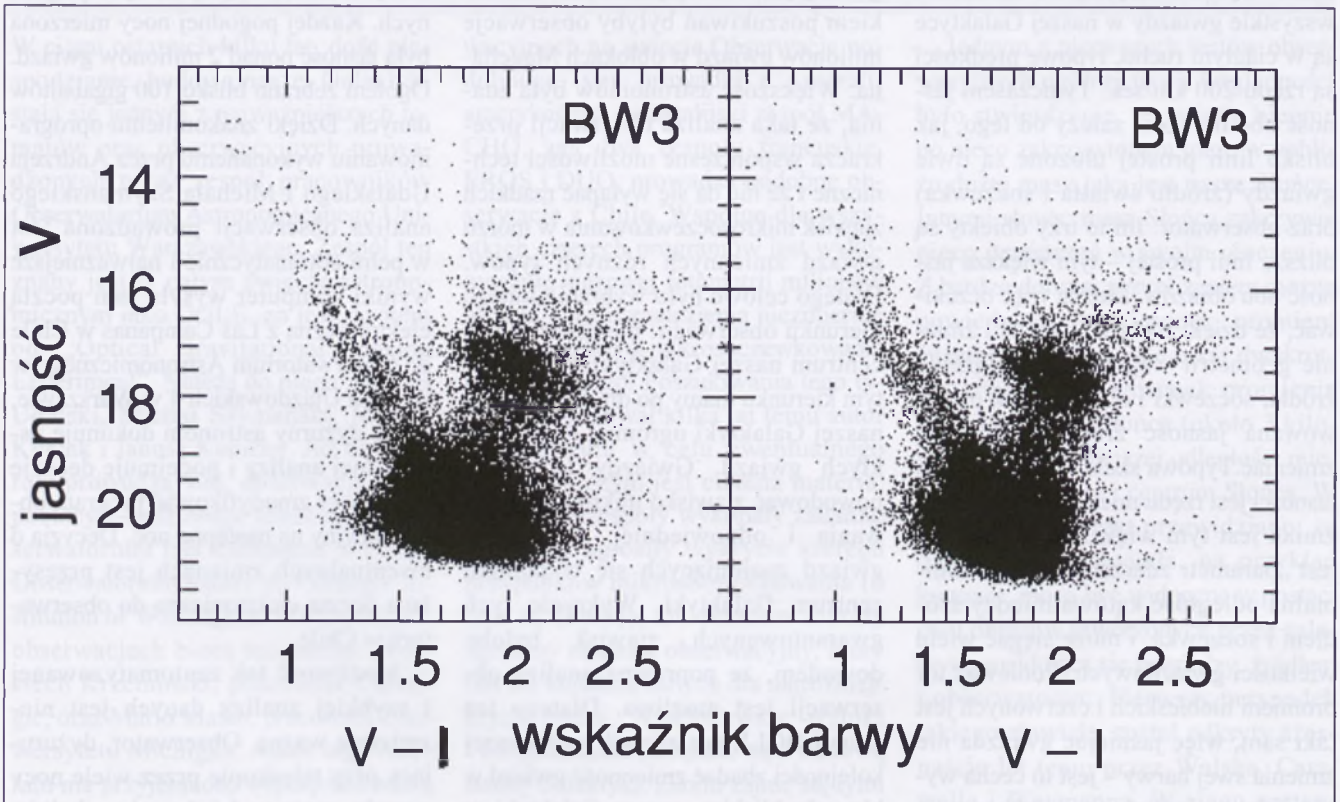
Tak więc, aby wykryć zjawisko soczewkowania obrazów dalekich gwiazd należy mierzyć przez wiele miesięcy jasność kilku milionów gwiazd w każdą pogodną noc. Jeszcze kilka lat temu taki program obserwacyjny wydawał się niemożliwy do realizacji. Obecnie, dzięki istnieniu kamer CCD z ogromną ilością elementów światłoczułych (tak zwanych „pikseli") można równocześnie mierzyć jasność kilkuset gwiazd podczas ekspozycji trwającej zaledwie kilka minut. Przy pomocy teleskopu o metrowej średnicy można sięgnąć do gwiazd 21 a nawet 22 wielkości gwiazdowej. Wyniki pomiarów są bezpośrednio przesyłane z kamery CCD do komputera, gdzie są analizowane przy pomocy specjalnego programu. Zespół OGLE używał do swych obserwacji kamery CCD zawierającej ponad 4 miliony pikseli i wykonywał od 30 do 50 ekspozycji w każdą pogodną noc. W latach 1992-95, a więc przez 4 sezony obserwacyjne, OGLE uzyskiwało dostęp do 1– metrowego teleskopu w obserwatorium na Las Campanas w ciągu około 70 nocy, z których mniej więcej 50 było pogodnych. Każdej pogodnej nocy mierzona była jasność ponad 2 milionów gwiazd. Ogółem zebrano blisko 100 gigabajtów danych. Dzięki znakomitemu oprogramowaniu wykonanemu przez Andrzeja Udalskiego i Michała Szymańskiego analiza obserwacji prowadzona jest w pełni automatycznie i najważniejsze wyniki komputer wysyła sam pocztą elektroniczną z Las Campanas w Chile do Obserwatorium Astronomicznego w Alejach Ujazdowskich 4 w Warszawie, gdzie dyżurny astronom dokonuje ostatecznej analizy i podejmuje decyzję czy należy zmodyfikować program obserwacyjny na następną noc. Decyzja o ewentualnych zmianach jest przesyłana pocztą elektroniczną do obserwatora w Chile.

Możliwość tak zautomatyzowanej i szybkiej analizy danych jest niezmiernie ważna. Obserwator, dyżurujący przy teleskopie przez wiele nocy z rzędu, może w dzień spać spokojnie. Komputer i dyżurny astronom w dalekiej Warszawie czuwają nad przebiegiem obserwacji. Jeżeli uchwycony zostanie początek nowego zjawiska soczewkowania grawitacyjnego którejś z 2 milionów gwiazd, to już następnej

nocy można zwiększyć częstość obserwacji pola, w którym znajduje się owa gwiazda, oraz można zawiadomić innych obserwatorów o przebiegu zjawiska. Tak zaawansowane oprogramowanie działa dla OGLE od początku wiosny 1994, a więc już przez dwa sezony obserwacyjne.

Strona techniczna programu OGLE została opisana w licznych pracach. Główny cel programu – wykrycie zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego został uwieńczony pełnym sukcesem, dane dla pierwszych 12 zjawisk zostały już opublikowane w roku 1993, stając się jednym z większych wydarzeń astronomicznych ostatnich lat. Wstępna analiza wyników przeprowadzona w 1994 roku wykazała, że obserwowane zjawiska są prawie napewno związane z mikrosoczewkowaniem grawitacyjnym. W granicach dokładności pomiarów barwy gwiazd nie zmieniały się, mimo że rekordowa zmiana jasności była o czynnik 11. Gwiazdy o charakterystycznej dla mikrosoczewkowania krzywej zmian blasku były rozrzucone po całym diagramie barwa – jasność, czyli zmienność nie mogła być wywołana jakąś szczególną własnością tych gwiazd. Wreszcie, rozkład amplitud był zgodny z rozkładem przewidywanym teoretycznie dla zjawisk mikrosoczewkowania. To co było dużym zaskoczeniem, to ilość zjawisk – było ich kilkakrotnie więcej niż przewidywały pierwotne oceny teoretyczne.

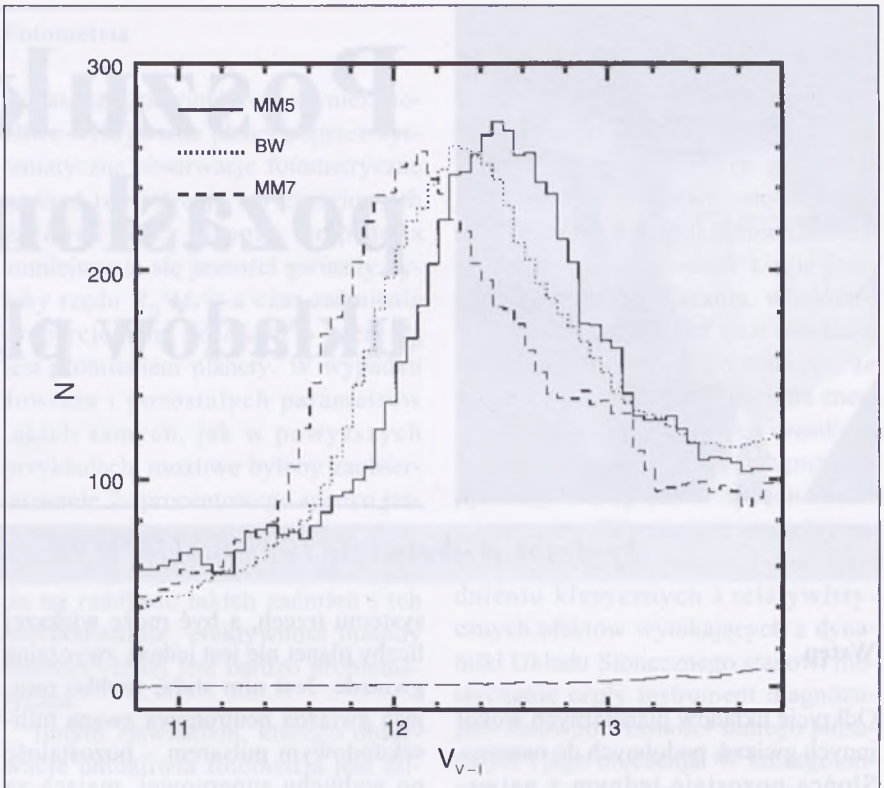
Wyjaśnienie obserwowanego „nadmiaru" soczewek obserwowanych przez OGLE (i potwierdzonych następnie przez zespół MACHO) w kierunku bliskim centrum Galaktyki nastąpiło w dwu etapach. Pierwotne oceny dotyczyły tylko ilości zjawisk wywołanych przez gwiazdy znajdujące się w dysku Galaktyki. Doktorant z Obserwatorium Warszawskiego, Marcin Kiraga, zwrócił uwagę, że wkład gwiazd znajdujących się w tak zwanym „galactic bulge" powinien być większy – szczegółowe obliczenia potwierdziły, że miał on rację. Następnie okazało się, że ocena Kiragi była też zaniżona, ponieważ opierała się na upraszczającym założeniu (dość powszechnym w literaturze) że „galactic bulge" jest osiowo symetryczny. Tymczasem, wśród badaczy naszej Galaktyki panuje obecnie zgoda, że nasza Galaktyka ma poprzeczkę i że „galactic bulge" jest to naprawdę „galactic bar", którego długa oś tworzy kąt zaledwie 15 stopni z kierunkiem ku nam. Ciekawe, że pierwsze poprawne argumenty, że tak właśnie jest, podał ponad 30 lat temu G. de Vaucoulers, lecz dopiero mniej więcej 5 lat temu pogląd ten stał się powszechny wśród badaczy Galaktyki, ale nie dotarł on jeszcze do podręczników. Dlatego też pierwotne oceny częstości zjawisk mikrosoczewkowania nie uwzględniły tego stosunkowo nowego poglądu. Uwzględnienie istnienia poprzeczki pozwoliło na wstępne wyjaśnienie wyników OGLE. Wkrótce potem szczegółowe rachunki modelowe w pełni potwierdziły te przybliżone oceny.




Rys.1. Diagramy barwa-jasność dla jednego z pól obserwowanych przez OGLE w oknie Baadego. Po lewej stronie jest diagram oparty o same obserwacje. Po prawej: poprawiony na różnicową ekstynkcję przez Przemysława Woźniaka i Krzysztofa Stanka. Zwraca uwagę zmniejszenie rozrzutu gwiazd „red clump" po poprawieniu na ekstynkcję. Są to gwiazdy o barwie V-I=2, oraz jasności V=17. Leżą w pobliżu Centrum Galaktyki i palą hel w jądrze. Są one odpowiednikiem gwiazd tak zwanej gałęzi horyzontalnej, lecz są skupione w obszarze czerwonym ze względu na znaczną zawartość ciężkich pierwiastków. Gwiazdy te mają na tyle mały rozrzut jasności, że świetnie nadają się do badania rozmieszczenia przestrzennego.

W przyszłości, gdy ilość wykrytych zjawisk mikrosoczewkowania wzrośnie do kilkuset, a następnie do wielu tysięcy, analiza statystyczna wyników stanie się nowym narzędziem do szczegółowego badania rozkładu materii w naszej Galaktyce. To co uzyskano dotąd dowodzi, że współczesna technika pozwala na wykrywanie tych niezmiernie rzadkich zjawisk. Główny cel, który postawiły sobie zespoły DUO, EROS, MACHO i OGLE, czyli wykrycie ciemnej materii, nie został jeszcze osiągnięty. Obserwacje prowadzone przez grupę MACHO w kierunku na obłoki Magellana doprowadziły do wykrycia zaledwie 4 przypadków w ogromnym materiale obserwacyjnym. Należy jednak pamiętać, że wszystkie dotychczasowe obserwacje prowadzone są w taki sposób, że pozwalają na wykrywanie zjawisk o skali czasowej zawartej między mniej więcej 10 dni i 100 dni. Tymczasem metodą optycznych poszukiwań mikrosoczewek można w zasadzie wykryć zjawiska o skali czasowej pomiędzy 1 godziną a 300 lat. Tak więc, zakres skal czasowych wykrywalnych dotąd stanowi zaledwie małą część tego, co można będzie wykryć już w ciągu najbliższych lat, modyfikując sposób prowadzenia obserwacji. Dopiero po zwiększeniu zakresu wykrywalnych zjawisk mikrosoczewkowania i objęciu nim całego przedziału od 1 godziny do 300 lat, będzie można powiedzieć coś definitywnego o tym, czym jest lub nie jest ciemna materia. Na razie najważniejszym wynikiem naukowym wynikającym z wykrycia dotychczasowych zjawisk jest nowe potwierdzenie tego, że nasza Galaktyka ma poprzeczkę.

Ogromny materiał obserwacyjny zebrany przez OGLE pozwala na prowadzenie bardzo wielu różnych prac astronomicznych. W szczególności, dotychczasowe katalogi gwiazd zmiennych zawierają ponad tysiąc zmiennych periodycznych, głównie gwiazd zaćmieniowych, pulsujących, oraz gwiazd z plamami. Ocenia się, że ogólna ilość gwiazd zmiennych w całym dotąd zebranym materiale przekracza 4 tysiące. Diagramy barwa – jasność otrzymane przez OGLE dla kilkuset tysięcy gwiazd pozwoliły na niezależne potwierdzenie istnienia galaktycznej poprzeczki i na wykrycie ogromnej dziury w wewnętrznym dysku Galaktyki. Wreszcie niedawno odkryta galaktyka w gwiazdozbiorze Strzelca, tak zwana „Saggitarius dwarf", znacznie bliższa nam niż Obłoki Magellana, została zaobserwowana niejako na marginesie prac OGLE. Dzięki tym obserwacjom udało się dokładniej ocenić odległość, wiek i skład chemiczny tej najbliższej nam galaktyki.




Rys.2. Rozkład ilości gwiazd tak zwanego „red clump" jako funkcja wskaźnika: $V_{V-I}$ = V-2.6 (V-I), będącego niezależną od ekstynkcji kombinacją jasności w pasmach V i I. Pola MM są położone w długości galaktycznej *l*~ 5 stopni, zaś pole BW (Baade's Window) w długości galaktycznej *l*=0. Różnica w położeniu maksimum diagramów wywołana jest różnicą odległości: gwiazdy w polu MM7 są najbliżej nas, zaś w polu MM5 położone są najdalej, co wskazuje na brak osiowej symetrii w rozkładzie gwiazd w pobliżu Centrum Galaktyki. Jest to jeden z dowodów na istnienie poprzeczki, nachylonej do kierunku, w którym patrzymy.

Jednym z najważniejszych odkryć OGLE jest odkrycie dwu gwiazd zaćmieniowych rozdzielonych w gromadzie kulistej Omega Centauri. Są to pierwsze obiekty tego typu odkryte w gromadzie kulistej. Dzięki temu będzie możliwe wyznaczenie, po raz pierwszy w historii astronomii, mas normalnych gwiazd w gromadzie. Znajomość mas jest niezbędna dla poprawnej oceny wieku gromad kulistych, najstarszych znanych nam obiektów w Galaktyce.

W najbliższych latach można spodziewać się dalszych sukcesów obserwacyjnych zespołu OGLE. W tej chwili budowany jest w obserwatorium Las Campanas w Chile polski teleskop o średnicy 1.3 metra i polu widzenia o średnicy 1.5 stopnia. Teleskop ten, finansowany przez Komitet Badań Naukowych, będzie w pełni zautomatyzowany. Andrzej Udalski buduje obecnie pierwszą kamerę CCD dla tego teleskopu. Spodziewamy się, że teleskop wraz z kamerą umożliwi prowadzenie obserwacji już w roku 1996. W dalszej perspektywie Andrzej Udalski zbuduje znacznie większą kamerę CCD, co sprawi, że będzie to najlepszy w tej kategorii instrument na świecie, pozwalający na prowadzenie bardzo różnych programów obserwacyjnych w oparciu o masową fotometrię gwiazd. Można się spodziewać wielu ciekawych wyników z bardzo wielu dziedzin astronomii, a w szczególności w zakresie badania budowy naszej Galaktyki i różnych populacji gwiazdowych.

*Sylwetkę Bohdana Paczyńskiego, profesora Wydziału Nauk Astrofizycznych Uniwersytetu w Princeton (USA) przybliżyliśmy w PA 1/92.*

# Poszukiwania pozasłonecznych układów planetarnych

Aleksander Wolszczan

*Profesor Wilhelminie Iwanowskiej w 90. rocznicę urodzin*

## Wstęp

Odkrycie układów planetarnych wokół innych gwiazd, podobnych do naszego Słońca pozostaje jednym z najważniejszych zadań współczesnej astrofizyki obserwacyjnej. Znaczenie takiego odkrycia, a mamy nadzieję, że prędzej czy później do niego dojdzie, byłoby prawdziwie fundamentalne. Przede wszystkim oznaczałoby ono kolejną detronizację rodzaju ludzkiego: nie tylko, jak to już doskonale wiemy, bylibyśmy mieszkańcami jednej z niezliczonych galaktyk naszego Wszechświata, ale też nasz Układ Słoneczny przestałby być jedynym znanym nam systemem tego rodzaju. Następnym logicznym krokiem w eksploracji Wszechświata będzie, rzecz jasna, poszukiwanie życia na nowo odkrytych planetach! Łatwo jest zrozumieć, jaką rewolucję światopoglądową, w najszerszym tego słowa znaczeniu, spowodowałyby takie odkrycia. Można też przewidywać, że znalezienie niezbitego dowodu na to, iż układy planetarne są rzadkością, a być może nawet, że Układ Słoneczny jest unikalny, doprowadziłoby do równie drastycznych przeobrażeń w naszym sposobie myślenia o miejscu rodzaju ludzkiego we Wszechświecie.

Pierwsze planety krążące wokół obiektu innego niż Słońce odkryte zostały w 1992 roku (Wolszczan 1994a), 62 lata po znalezieniu Plutona – ostatniej, dziewiątej planety naszej rodzimej gwiazdy. Centralnym ciałem tego systemu trzech, a być może większej liczby planet nie jest jednak zwyczajna gwiazda. Jest nim stara, szybko rotująca gwiazda neutronowa zwana milisekundowym pulsarem – pozostałość po wybuchu supernowej, mająca za sobą około miliarda lat skomplikowanej ewolucji, najprawdopodobniej w podwójnym układzie gwiazd.

Interpretacja tego odkrycia nie jest oczywista. Może ono oznaczać, że skoro możliwe są planety wokół pulsarów, to nie ma żadnych przeszkód, aby tworzyły się one z łatwością jako naturalny produkt procesu powstawania zwykłych gwiazd. Powszechność dysków akrecyjnych otaczających młode, tworzące się gwiazdy i dysków pyłowych wokół gwiazd starszych (Sargent i Beckwith 1993) zdaje się potwierdzać tę optymistyczną hipotezę. Z drugiej strony, wobec niedostatecznego zrozumienia procesów prowadzących do powstawania planet, nie można jeszcze wykluczyć możliwości, że tworzą się one łatwiej w trakcie ewolucji gwiazd neutronowych, aniżeli w wyniku narodzin zwykłych gwiazd i że Układ Słoneczny jest faktycznie kosmicznym wyjątkiem.

Tego rodzaju fundamentalne wątpliwości mogą zostać rozstrzygnięte tylko na drodze obserwacji. Odkrycia dysków materii wokółgwiazdowej, a w szczególności, odkrycie planet krążących wokół pulsara, dostarczają motywacji dla dalszych badań w tym kierunku. Celem tej pracy jest omówienie podstawowych metod poszukiwań planet wokół innych gwiazd i ich dotychczasowych wyników.Ponieważ wydaje się, że w najbliższej przyszłości powodzenie poszukiwań innych układów planetarnych będzie zależało od rozwoju metod pośrednich, praca ta ogranicza się do przedstawienia tych właśnie metod. Ponieważ jasność gwiazd centralnych przewyższa jasność planet o conajmniej kilka rzędów wielkości, zależnie od typu gwiazdy, rozmiarów planet i długości fali obserwacji, metoda detekcji bezpośredniej, aczkolwiek bardzo atrakcyjna, nie jest uważana za najpewniejszy sposób na odkrycie planet poza Układem Słonecznym.

## Astrometria, spektroskopia dopplerowska i fotometria

Najbardziej oczywiste, tradycyjne metody poszukiwań planet poza naszym Układem Słonecznym to astrometria i spektroskopia. Polegają one na wykrywaniu ruchu gwiazdy centralnej wokół środka masy systemu, wynikającego z obecności jednej lub większej ilości planet. W wypadku astrometrii mierzy się przesunięcie obrazu gwiazdy powstałe w wyniku jej ruchu orbitalnego. W pomiarach spektroskopowych, wykrywa się przesunięcie Dopplera linii widma gwiazdy spowodowane zmianami składowej radialnej jej prędkości orbitalnej. W obu wypadkach dokonuje się pośredniej obserwacji planet, poprzez detekcję ich oddziaływań grawitacyjnych z gwiazdą centralną.

Jeżeli wokół gwiazdy o masie $M_*$, po orbicie o wielkiej półosi $a$, krąży planeta o masie $M_p$, w płaszczyźnie nieba gwiazda ta zakreśla elipsę o wielkiej półosi $x$:

$$x = aM_pM_*^{-1}r^{-1}, \quad (1)$$

gdzie $r$ jest odległością gwiazdy w parsekach, $a$ jest wyrażone w jednostkach astronomicznych, a $x$ w sekundach łuku. Z tego samego powodu, długości fal linii w widmie gwiazdy ulegają okresowym przesunięciom Dopplera o amplitudzie $\Delta\lambda/\lambda = (V/c)\sin i$, gdzie $\lambda$ jest długością fali, $c$ jest prędkością światła, $i$ jest nachyleniem płaszczyzny orbity do płaszczyzny nieba, a prędkość radialna $V$ dana jest wyrażeniem:

$$V = G^{1/2}M_p(M_* \cdot a)^{-1/2}, \quad (2)$$

gdzie $G$ jest stałą grawitacji. Z pomiaru okresu $P$ przesunięć kątowych gwiazdy, czy też przesunięć linii w jej widmie, określając masę gwiazdy z jej typu widmowego i dzielności promieniowania, otrzymujemy natychmiast wielką półoś orbity planety:

$$a = (M_* + M_p)^{1/3}P^{2/3}, \quad (3)$$

gdzie $P$ wyrażone jest w latach, $a$ w jednostkach astronomicznych, a masy w jednostkach masy Słońca, $M_\odot$.

Aby zorientować się w rzeczywistych możliwościach tych metod, zauważmy, że planeta o masie Jowisza krążąca wokół gwiazdy o masie 0.3 $M_\odot$, po orbicie o wielkiej półosi 5 AU w odległości 10 ps, powoduje maksymalne przesunięcie tej gwiazdy na niebie o 1.7 milisekund łuku i amplitudę zmian prędkości radialnej 24 m/s. W wypadku planety o masie Urana poruszającej się po orbicie o wielkiej półosi 1 AU, wartości te wynoszą odpowiednio 15 mikrosekund łuku i 2 m/s! Współczesne instrumenty (np. teleskop Kecka) pozwalają osiągać kątową zdolność rozdzielczą rzędu 0.1 milisekundy i precyzję pomiaru prędkości radialnej około 10 m/s, co umożliwia wykrycie planet „Jowiszowych" wokół gwiazd o małych masach, ale jest marginalnie wystarczające w wypadku gwiazd o masach rzędu masy Słońca. Oczywiście, detekcja planet takich jak Uran czy Neptun, nie mówiąc już o planetach o masach charakterystycznych dla wewnętrznych planet Układu Słonecznego wymaga nieporównanie większej precyzji pomiaru.

**Fotometria**

W zasadzie, powinno być również możliwe wykrywanie planet poprzez systematyczne obserwacje fotometryczne gwiazd i rejestrację ich częściowych zaćmień przez planety. Amplituda zmniejszenia się jasności gwiazdy byłaby rzędu $R_p^2M_*^{-1.6}$ a czas zaćmienia proporcjonalny do $M_*^{0.3}a^{1/2}$, gdzie $R_p$ jest promieniem planety. W wypadku Jowisza i pozostałych parametrów takich samych, jak w powyższych przykładach, możliwe byłoby zaobserwowanie 7– procentowego spadku jasności gwiazdy o maksymalnym okresie trwania około 20 godzin. Ze względu na rzadkość takich zaćmień i ich krótkotrwałość, efektywność metody fotometrycznej jest bardzo problematyczna.

Innym zjawiskiem, którego obserwacje umożliwia fotometria jest mikrosoczewkowanie grawitacyjne (por. Mao i Paczyński 1991). Zjawisko to zachodzi, gdy światło odległej gwiazdy w drodze do obserwatora przechodzi dostatecznie blisko innej, mniej odległej masy punktowej (gwiazdy, a także obiektu o masie planetarnej), aby ulec grawitacyjnemu ogniskowaniu. W praktyce rejestruje się pojaśnienie soczewkowanej gwiazdy, którego skala czasowa zależy od masy gwiazdy odpowiedzialnej za to zjawisko (około miesiąca w wypadku masy rzędu masy Słońca). Obecność planet wokół soczewkującej gwiazdy objawiłaby się w postaci deformacji krzywej blasku gwiazdy soczewkowanej, lub jako dodatkowe, krótkotrwałe maksima. Aczkolwiek ta metoda wykrywania planet ma podstawową wadę polegającą na tym, że daje ona tylko jednorazową możliwość detekcji, jej atrakcyjność jest zupełnie oczywista. Mianowicie, pozwoli ona dokonać wiarygodnej, statystycznej oceny częstości występowania planet i układów planetarnych, co na obecnym etapie poszukiwań takich układów będzie stanowić informację o krytycznym znaczeniu.

**Chronometraż pulsarów**

Odkrycie planet krążących wokół pulsara, obok jego zaskakujących aspektów astrofizycznych, stanowi również dramatyczny przykład precyzji wykrywania obiektów o masach planetarnych, a nawet asteroidalnych, przy pomocy chronometrażu tych zadziwiająco dokładnych „kosmicznych zegarów". Chociaż zagadka mechanizmu promieniowania pulsarów ciągle jeszcze oczekuje rozwiązania, wiadomo, że globalna energetyka tych obiektów jest określona przez ich rotację i że proces zamiany energii rotacji na energię zawartą w emitowanych cząstkach i promieniowaniu elektromagnetycznym daje się opisać w sposób deterministyczny. Wynikający stąd chronometrażowy model pulsara, po uwzględnieniu klasycznych i relatywistycznych efektów wynikających z dynamiki Układu Słonecznego stanowi niesłychanie czuły instrument diagnozujący zarówno własności samego pulsara, jak i jego otoczenia. W szczególności, precyzyjny chronometraż pulsarów umożliwia wykrycie obecności ich gwiazdowych i planetarnych towarzyszy, a także dokładne badania subtelnych własności dynamicznych, takich jak perturbacje planetarne (Peale 1993; Wolszczan 1994a), czy relatywistyczne efekty grawitacyjne w podwójnych gwiazdach neutronowych (Taylor i Weisberg 1989; Wolszczan 1994b).

Pomiar dopplerowskich zmian obserwowanego okresu pojawiania się impulsów pulsara wywołanych przez ruch orbitalny stanowi niemal dokładny odpowiednik spektroskopii dopplerowskiej gwiazd. Znacznie większej precyzji dostarcza jednak pomiar momentów pojawienia się impulsów, czyli chronometraż. Amplituda zmian tych momentów w wyniku ruchu orbitalnego planetarnego towarzysza wynosi:

$$\Delta t = c^{-1}aM_pM_*^{-1}, \quad (4)$$

gdzie $c$ jest prędkością światła. Choć metoda ta jest w sposób oczywisty związana z astrometrią (por. równanie (1)), jest ona znacznie bardziej dokładna, ponieważ w chronometrażu dokonuje się *kumulacyjnego* pomiaru fazy impulsów poprzez ich dokładne zliczanie. W procesie analizy danych chronometrażowych, liczba impulsów $N_i$ zarejestrowanych w przedziale czasu $t_i=t_B-t_o$ pomiędzy momentem po-

czątkowym $t_o$ a momentem przybycia danego impulsu do barycentrum Układu Słonecznego $t_B$ jest kumulacyjną miarą fazy, która daje się modelować przy pomocy ciągłej zmiennej:

$$\phi_i = \int_{t_o}^{t_B} \nu(t)\, dt, \qquad (5)$$

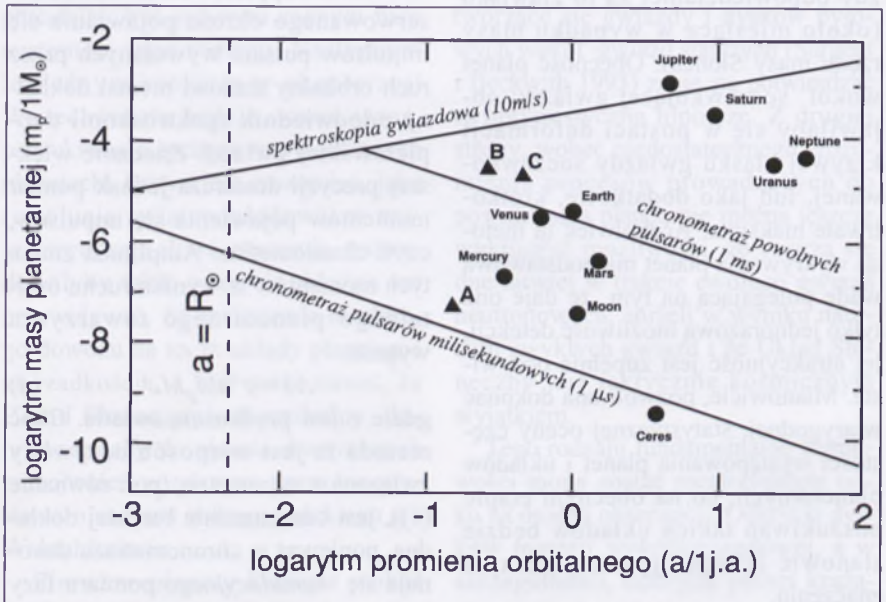
gdzie $\nu(t) = 1/P_{rot}(t)$ jest częstością rotacji pulsara w momencie $t$. Poprzez porównanie faz mierzonych obserwacyjnie z fazami przewidywanymi przez modele chronometrażowe możliwe jest wykrycie efektów tak małych, że dopiero po dłuższej kumulacji błędu fazy wynikającego z ich zaniedbania (np. przez kilka miesięcy, a nawet lat) osiągają one poziom wystarczająco wyższy od błędu pomiaru.

Możliwości detekcji planet przy pomocy chronometrażu porównane są ze spektroskopią dopplerowską na rys. 1 w wypadku „zwykłych" pulsarów, dla których typowa dokładność chronometrażu wynosi ~ 1 ms, oraz dla pulsarów milisekundowych, które pozwalają na osiągnięcie precyzji rzędu mikrosekund. Rysunek ten pokazuje w sposób dramatyczny, że podczas gdy współczesna spektroskopia (a także astrometria) pozwala na wykrycie planet o masach rzędu masy Jowisza i większych, chronometraż zwykłych pulsarów umożliwia detekcję planet o masach podobnych do masy Ziemi, a w wypadku pulsarów milisekundowych możliwe jest w zasadzie wykrywanie masywnych planetoid!

## Wyniki poszukiwań innych układów planetarnych

Astrometryczne i spektroskopowe poszukiwania planet wokół innych gwiazd prowadzone są od wielu lat. Dobrze znane, choć już historyczne są wyniki wieloletnich badań astrometrycznych gwiazdy Barnarda przez van de Kampa. Jego powtarzające się sugestie, że ta pobliska gwiazda ma jednego lub więcej masywnych towarzyszy planetarnych okazały się być rezultatem niestabilności instrumentalnych. Bardziej współczesne i dokładniejsze obserwacje astrometryczne pobliskich gwiazd (Gatewood 1987) nie doprowadziły do pozytywnych wyników.

Pomiary prędkości radialnych prowadzone w różnych ośrodkach (np. Cochran i Hatzes 1993) nie doprowadziły do żadnych odkryć, pomimo iż osiągnięta została dokładność około 10 m/s, wystarczają do wykrycia planet o masie Jowisza. Wyniki te zdają się dowodzić, że tego rodzaju planety są rzadkością. Do podobnej konkluzji skłaniają wyniki obserwacji spektroskopowych dysków gazowych wokół młodych gwiazd (Zuckerman i in. 1995), które wskazują, że czas życia tych dysków jest zbyt krótki na to, aby utworzyć gazowe olbrzymy typu Jowisza. Oczywiście, wyniki te nie zawierają żadnych informacji o planetach o masach typu ziemskiego, ponieważ czułości zastosowanych metod są do tego celu zupełnie niewystarczające (rys. 1).

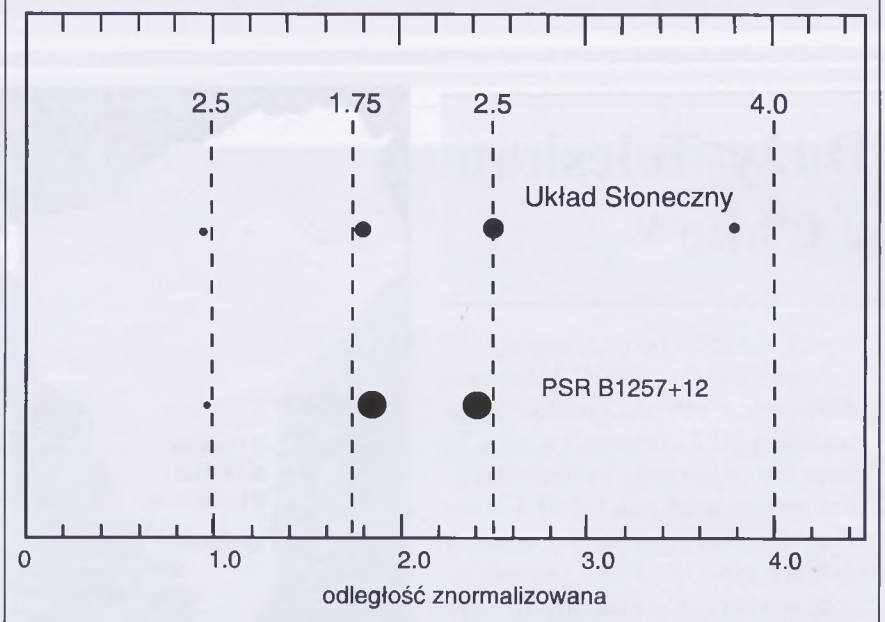



Rys. 1. Porównanie możliwości detekcji planet przy pomocy technik spektroskopii gwiazdowej i chronometrażu pulsarów. Założone masy gwiazdy centralnej i pulsara wynoszą odpowiednio 1 $M_\odot$ i 1.4 $M_\odot$. Kółka i trójkąty oznaczają odpowiednie pozycje planet Układu Słonecznego i planet pulsara PSR B1257+12 w przyjętym układzie współrzędnych. Pionowa linia przerywana oznacza dolną granicę rozmiarów orbity planetarnej określaną przez promień Słońca.

Konfrontacja tych negatywnych wyników z obfitością dowodów obserwacyjnych na istnienie dysków wokół gwiazd w rozmaitych fazach ewolucji (por. Sargent i Beckwith 1993), z najbardziej spektakularnym przykładem takiego dysku otaczającego gwiazdę $\beta$ Pictoris[1] (Smith i Terrile 1984), prowadzi do niejasnego i trudnego do zinterpretowania obrazu – dowody na to , że nasz Układ Planetarny powstał z dysku wokółsłonecznego wydają się być zupełnie wystarczające (np. Levy 1993), dyski, z których mogłyby powstać planety są obserwowane, a jednak bezpośrednie usiłowania wykrycia planet wokół innych gwiazd podobnych do Słońca pozostają jak dotychczas bez rezultatu.

Trzy planety krążące wokół 6.2 – milisekundowego pulsara PSR B1257+12 (Wolszczan 1994a) są w chwili obecnej jedynym przykładem systemu planetarnego innego niż Układ Słoneczny. W myśl interpretacji tego odkrycia, która najlepiej przystaje do optymistycznego obrazu wytworzonego na podstawie obserwacji dysków okołogwiazdowych, świadczy ono o powszechności planet we Wszechświecie i o uniwersalności procesów prowadzących do ich powstawania. O tym, jak atrakcyjny jest taki obraz świadczy na przykład zainteresowanie dynamicznym podobieństwem układu planetarnego pulsara do wewnętrznego Układu Słonecznego (Mazeh i Goldman 1995). Oczywiście, to zadziwiające podobieństwo (rys. 2) nie jest żadnym dowodem na to, że prawo Titiusa–Bodego jest uniwersalne i obowiązuje we wszelkich możliwych realizacjach układów planetarnych. Jeżeli jednak rozmaite układy planetarne są

[1] *Por. PA 4/91 str. 172 i PA 3-4/92 str. 177*




Rys. 2. Porównanie względnych odległości wewnętrznych planet Układu Słonecznego i planet pulsara PSR B1257+12 od ich odpowiednich ciał centralnych z przewidywaniami prawa Titiusa-Bodego. Znormalizowane przewidywane odległości oznaczone są pionowymi liniami przerywanymi. Rozmiary symboli planet są proporcjonalne do ich mas, zakładając, że posiadają one identyczne gęstości.

rzeczywiście dynamicznie podobne, na przykład w wyniku podobieństwa procesów fizycznych odpowiedzialnych za ich powstawanie, dalsze odkrycia planet wokół pulsarów mogą odegrać bardzo istotną rolę w globalnym programie poszukiwań planetarnych. Mianowicie, ze względu na wyjątkową precyzję chronometrażu pulsarów, dynamika ich układów planetarnych może być badana w szczegółach zupełnie niedostępnych innym metodom, a wyniki tych badań mogą dopomóc w zrozumieniu mechanizmu tworzenia się planet nie tylko wokół pulsarów, ale także wokół zwykłych gwiazd.

**Perspektywy**

Dotychczasowe wyniki poszukiwań układów planetarnych świadczą w sposób oczywisty, że dalsze badania gwiazd podobnych do Słońca muszą być prowadzone ze znacznie większą precyzją niż do tej pory, a także, że planet należy również oczekiwać wokół bardziej egzotycznych obiektów, czego przykładem są pulsary. Tak więc, dalsze poszukiwania planet powinny być prowadzone udoskonalonymi i bardziej precyzyjnymi metodami klasycznymi, a także przy wykorzystaniu nowych, nie stosowanych dotychczas w praktyce pomysłów.

Budowa nowej generacji wielkich teleskopów optycznych, takich jak teleskopy Kecka, rozwój interferometrii optycznej, a także plany budowy kolejnych instrumentów w przestrzeni pozwalają mieć nadzieję, że w niedalekiej przyszłości otrzymamy wiarygodną odpowiedź na pytanie, czy wokół innych gwiazd także krążą planety.

Jak wspomniano wyżej, dalsze odkrycia planet wokół pulsarów mogą mieć istotne znaczenie dla zrozumienia procesu powstawania i ewolucji układów planetarnych. Jest więc ważne, aby programy chronometrażu pulsarów uwzględniały możliwość wykrycia planet w toku analizy danych. Istniejące programy koncentrują się jednak na obserwacjach najbardziej interesujących pulsarów o milisekundowych okresach rotacji. Tak zwanym „zwykłym", znacznie wolniej wirującym pulsarom, których znamy obecnie ponad 700, poświęca się znacznie mniej uwagi.

Program obserwacyjny, którego celem jest wypełnienie tej luki, będzie realizowany przy pomocy niedawno zbudowanego, 32–metrowego radioteleskopu w Piwnicach k/Torunia. Instrument ten stanowi ukoronowanie czterdziestoletniej historii radioastronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, zapoczątkowanej z inicjatywy prof. Wilhelminy Iwanowskiej (Iwanowska 1956).

Aby umożliwić obserwacje pulsarów toruńskim instrumentem, budowany jest odpowiedni 64-kanałowy odbiornik, przy pomocy którego będzie można prowadzić systematyczny chronometraż ponad dwustu najsilniejszych pulsarów. Urządzenie to jest konstruowane na Uniwersytecie Stanowym Pensylwanii w USA z funduszy Komitetu Badań Naukowych. Jednym z najważniejszych zadań naukowych tego długofalowego programu będzie poszukiwanie planet wokół pulsarów.

**Literatura**

Cochran, W. D. i Hatzes, A. P. (1993) in *Planets around Pulsars*, ed. J. A. Phillips, S. E. Thorsett, S. R. Kulkarni, ASP Conf. Ser. **36**, 267.

Gatewood, G. D. (1987)*Astron.J.*, **94**, 213.

Iwanowska, W. (1957) *Radioastronomia* PWN, Warszawa.

Levy, E. H. (1993) *in Planets around Pulsars*, ed. J. A. Phillips, S. E. Thorsett, S. R. Kulkarni, ASP Conf. Ser. **36**, 181.

Mao, S. i Paczyński, B. (1991) *Astorphys. J. (Letters)* **347**, L37.

Mazeh, T. i Goldman, I. (1995) *Publ. Astron. Soc. Pacific* **107**, 250.

Peale, S. J. (1993) *Astron. J.* **105**, 1562.

Sargent, A. I. i Beckwith, S. V. W. (1993) Phys. Today **46**, 22.

Smith, B. A. i Terrile, R. J. (1984) *Science* **226**, 1421.

Taylor, J. H. i Weisberg, J. M. (1989) *Astrophys. J.* **345**, 434.

Wolszczan, A. (1994a) *Science* **264**, 538.

Wolszczan, A. (1994b) Class. Quantum Grav. **11**, A227.

Zuckerman, B., Forveille, T. i Kastner, J. H. (1995) *Nature* **373**, 494.

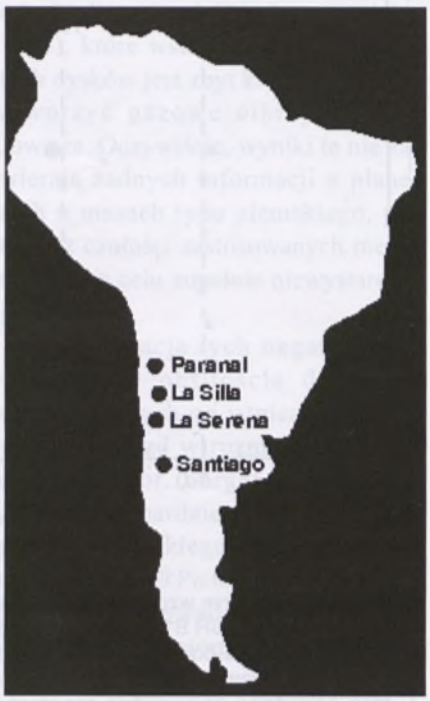
*Aleksander Wolszczan jest wychowankiem toruńskiej astronomii, a obecnie profesorem Uniwersytetu Stanowego Pensylwanii (USA). W 1992 roku prof. Wolszczan odkrył planety krążące wokół innego obiektu naszej Galaktyki niż Słońce (zob. PA 1 i 2 /92).*

# ESO - Bardzo Duży Teleskop VLT pozostaje w Chile [1)]

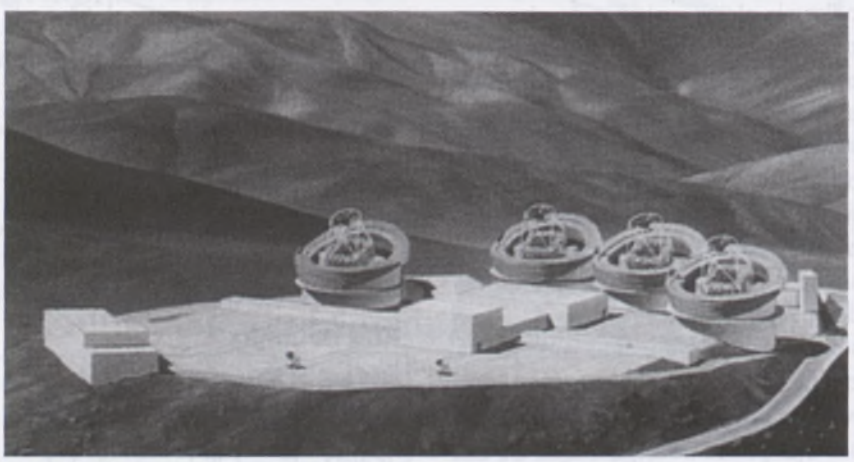
Po wielu miesiącach trudnych negocjacji sprawa statusu prawnego Europejskiego Obserwatorium Południowego i jego „Bardzo Dużego Teleskopu" VLT w Chile znalazła szczęśliwe rozwiązanie. W kwietniu 1995 roku wstępnie uzgodniono, a w lecie 95 ratyfikowano umowę uzupełniającą („Interpretative, Supplementary and Amending Agreement") do Konwencji podpisanej w 1963 roku między rządem chilijskim a Europejskim Obserwatorium Południowym. Nowy dokument uściślający podstawy formalno-prawne istnienia ESO w Chile zapewnia chilijskim astronomom dostęp do wszystkich instalacji naukowych ESO aż do 10% czasu obserwacyjnego i ich uczestnictwo w rozwoju nowych technik obserwacyjnych, w komitetach naukowych i technicznych ESO oraz w ochronie lokalnego środowiska obserwacyjnego. Ponadto, niektóre zasady chilijskiego prawa pracy zostały włączone do wewnętrznych zasad postępowania ESO i będą obowiązywały w stosunku do chilijskich pracowników tej międzynarodowej instytucji.

Rząd chilijski wyraził publicznie ubolewanie z powodu zgwałcenia immunitetu ESO i wtargnięcia w dniu 30 marca 95r. policji wraz z przedstawicielami sądu na teren budowy VLT w celu wymuszenia przerwania prowadzonych tam robót. Zapewnił ponadto, że zrobi wszystko, aby podobny incydent nie powtórzył się. Pretensje rodziny Latorre do własności części terytorium przyznanego ESO przez rząd chilijski są wyjaśniane w bezpośrednich kontaktach między rządem chilijskim, a przedstawicielami rodziny i nie będą rzutowały na sprawy ESO. Rozwiązane zostały również kłopotliwe problemy celne i nie ma już być przetrzymywania aparatury i sprzętu naukowego w komorach celnych i wymuszania opłat celnych, jak dla towarów handlowych. Prace na szczycie Paranal postępują obecnie z pełną, technicznie możliwą, szybkością. Osiągnięcie omawianego porozumienia było możliwe dzięki zdecydowanemu i cierpliwemu zaangażowaniu ambasadorów i Ministerstw Spraw Zagranicznych zainteresowanych państw członków ESO, oraz wielu dyplomatów, naukowców i urzędników wysokiego szczebla zarówno państw europejskich jak i Chile. Już samo zaangażowanie tak wielu instytucji i osobistości wysokiej rangi świadczy o powadze zaistniałej sytuacji. Wszyscy astronomowie, a zwłaszcza ci, którzy dla rozwiązania swych problemów badawczych liczyli na wykorzystanie VLT mogą teraz z ulgą odetchnąć i realistycznie spodziewać się, że teleskop ten zostanie uruchomiony niemal w planowanym terminie.

Stan zaawansowania robót na Cerro Paranal w kwietniu 1995r. pokazuje fotografia 2. Dla zwrócenia uwagi na skalę tego zdjęcia i wielkość przedstawionych tam prac budowlanych powiem tylko, że te małe „wałeczki" w prawym dolnym rogu to samochody osobowe na parkingu. Zwierciadło nr 1 (średnica 8.2 m) jest już wypolerowane i prawie gotowe do transportu do Chile (fot. 3). Zwierciadło nr 2 zostało odla-




W niedzielę 3 lipca 1995 roku zdarzyło się w okolicach Antofagasta w Chile trzęsienie ziemi o sile 7.8 stopni w skali Richtera. Trzęsieniem tym było dotknięte również budujące się obserwatorium ESO na Mt Paranal. Mimo znaczącej siły, wstrząsy nie wyrządziły żadnych szkód na wznoszonych konstrukcjach Bardzo Dużego Teleskopu VLT.



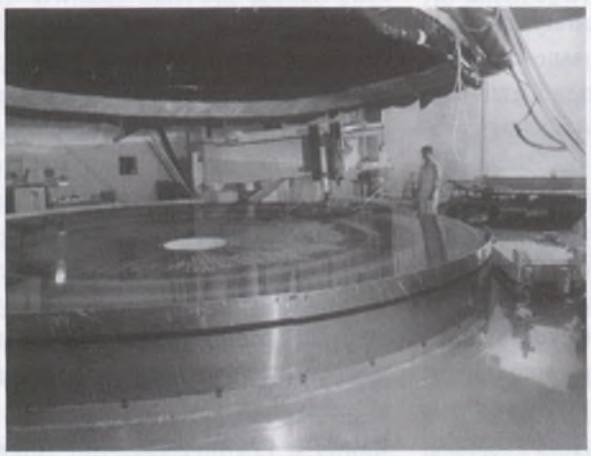
Fot. 1. Makieta – wizja Bardzo Dużego Teleskopu VLT na Cerro Paranal w/g realizowanego projektu.

[1)] O kłopotach związanych z sytuacją prawną ESO w Chile pisaliśmy w „Postępach Astronomii" nr 1/95 str. 36

Fot 2. Cerro Paranal w kwietniu 1995r. - widać znaczne zaawansowanie robót.

ne nieomal równocześnie z pierwszym w Zakładach Schotta w Niemczech i jest obecnie szlifowane w zakładach REOSC we Francji. Zwierciadła nr 3 i 4 będą odlewane w końcu lata – początku jesieni 95r. Główna struktura mechaniczna dla teleskopu nr 1 jest w końcowej fazie budowy i w grudniu 95r. zostanie przekazana przez Zakłady Mechaniczne w Mediolanie inwestorowi. Struktury dla pozostałych teleskopów są już znacznie zaawansowane i ich budowa postępuje zgodnie z pierwotnymi planami. Fundamenty dla wszystkich czterech teleskopów są już gotowe. Roboty budowlane dla teleskopu nr 1 (Fot. 4) zostały zakończone w maju 95r. i natychmiast przystąpiono do montowania na nim „kopuły". Teleskopy VLT nie będą miały klasycznych kopuł – będzie to raczej ruchoma, zwarta konstrukcja (jak na teleskopie NTT na La Silla) osłaniająca teleskop głównie od wiatru i kurzu, bo deszcz jest tam bardzo rzadkim zjawiskiem (Fot.1). Podobne zaawansowanie prac jest dla innych elementów konstrukcyjnych tego wielkiego instrumentu oraz dla wielu różnorakich urządzeń mających odbierać i analizować zebrane przez tego niezwykłego kolosa promieniowanie ciał niebieskich. Równolegle z pracami budowlanymi i konstrukcyjnymi postępują prace naukowe mające na celu wypracowanie głównych celów i priorytetów badawczych dla tego teleskopu. Co roku odbywa się kilka konferencji i sympozjów, na których rodzą się nowe idee badawcze i żarliwie dyskutuje się te problemy .

**(aw)**



Fot 3. Zwierciadło nr 1 w końcowym stadium polerowania.

Fot 4. Budynek teleskopu nr 1 VLT. Stan w sierpniu 1995r. Fundamenty i nieruchome części konstrukcji stalowej są na swym miejscu.

## Superciężka gwiazda

Tempo życia gwiazdy zależy silnie od jej masy. Gwiazdy o masach porównywalnych do masy Słońca po „ usadowicniu się" na ciągu głównym spędzają tam miliardy lat. W centralnych obszarach tych obiektów zachodzą reakcje termojądrowe, które zmieniają skład chemiczny, co z kolei prowadzi do zmian w strukturze gwiazdy. Dzieje się to jednak niezmiernie powoli. Co więcej, przeobrażenia dotyczą praktycznie jedynie wewnętrznych obszarów gwiazdy i odległy obserwator nie dostrzeże na jej powierzchni żadnych efektów starzenia. W przypadku Słońca ten etap ewolucji zabierze mniej więcej 10 miliardów lat. Zupełnie inaczej zachowuje się gwiazda kilkadziesiąt razy cięższa od Słońca. Jej tempo ewolucji jest wielokrotnie szybsze niż gwiazd małomasywnych, a zjawiska określające przyszłe koleje losu takiej gwiazdy zachodzą nie tylko głęboko pod powierzchnią, ale również w warstwach zewnętrznych.

Zjawiska specyficzne dla gwiazd masywnych od dawna przyciągały uwagę astronomów. Zrozumiałe jest, że im gwiazda jest cięższa, tym większym cieszy się zainteresowaniem obserwatorów. Przyjrzyjmy się zatem gwieździe – rekordzistce pod względem wagi. Obecnie pierwsze miejsce zajmuje gwiazda HDE 269810 w Dużym Obłoku Magellana. Szacuje się, że jej masa sięga 190 mas Słońca, ale trzeba pamiętać, że w tak skrajnych przypadkach jak ten, ocena masy jest bardzo niepewna. Nie ulega jednak wątpliwości, że mamy w tym przypadku do czynienia z „wagą superciężką".

Czas, w którym gwiazda zużywa swoje paliwo jądrowe zależy oczywiście od dwu czynników: od ilości dostępnego paliwa, czyli po prostu od masy gwiazdy oraz od szybkości zużywania tego paliwa w reakcjach jądrowych, w których produkowana energia jest następnie wyświecana z powierzchni gwiazdy. Obserwacje gwiazd o różnych masach wsparte teorią budowy i ewolucji gwiazd wskazują jednoznacznie, że długość życia gwiazdy jest określona głównie przez drugi czynnik – tempo reakcji jądrowych. Wynika to z bardzo silnej zależności jasności $L$ gwiazdy od jej masy $M$. Jeżeli przybliżyć ten związek prawem potęgowym, $L \sim M^{\alpha}$,to wykładnik potęgi $\alpha$ przyjmuje wartości od około 1 dla gwiazd najbardziej masywnych, przez 3-4 dla gwiazd o masach kilku, kilkunastu mas Słońca do blisko 5 dla gwiazd mniejszych od Słońca. Naturalnie, zapas paliwa jakim gwiazda dysponuje jest proporcjonalny do jej masy ściśle w pierwszej potędze. Na przykład, gwiazda 10 razy cięższa od Słońca świeci blisko 10 000 razy jaśniej, czyli jej czas życia będzie kilkaset do tysiąca razy krótszy od czasu życia naszego Słońca. Trudno dokładnie powiedzieć, ile czasu ma przed sobą HDE 269810. Z pewnością jednak nie więcej niż pare milionów lat, a być może nawet poniżej jednego miliona. Tym bardziej, że masywne gwiazdy dodatkowo pomniejszają własne zasoby paliwowe wyrzucając swoje zewnętrzne warstwy w postaci wiatru gwiazdowego. Tempo tej utraty masy zależy bardzo silnie od jasności, masy, oraz składu chemicznego gwiazdy. Wypływ wiatru z powierzchni gwiazdy spowodowany jest ciśnieniem promieniowania, które oczywiście odgrywa tym większą rolę im gwiazda jest jaśniejsza. Dla HDE 269810, szybkość wydmuchiwanej materii ocenia się na 3700 km $s^{-1}$. W przypadku obiektów najbardziej masywnych, sumaryczna masa wydmuchana jako wiatr w czasie życia gwiazdy staje się porównywalna z jej całkowitą masą. Jasną jest rzeczą, że efekt ten ma istotne znaczenie dla drogi ewolucyjnej gwiazdy.

W czasie misji ASTRO-2 w marcu 1995r. na gwiazdę HDE 269810 skierowano teleskop ultrafioletowy, którego zakres czułości obejmuje fale krótsze od rejestrowanych przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a. Oba instrumenty pokrywają łącznie szerokie pasmo widma elektromagnetycznego, co pozwoli dokładnie określić parametry fizyczne na powierzchni HDE 269810. Można zatem oczekiwać, że szczegółowa analiza obserwacji dostarczy wielu interesujących danych na temat tej gwiazdy. Obecnie wiemy, że w jej warstwach powierzchniowych panują ekstremalnie wysokie temperatury. Świadczy o tym obecność w atmosferze gwiazdy aż pięciokrotnie zjonizowanego tlenu. Linie widmowe tego jonu zostały wykryte w widmie HDE 269810 właśnie za pomocą teleskopu ultrafioletowego na pokładzie promu kosmicznego.

**(as)**

## Historia dwóch gromad gwiazd

Na jednym ze zdjęć Wielkiego Obłoku Magellana wykonanych przez Kosmiczny Teleskop Hubble'a (HST) widać dobrze znaną astronomom gromadę otwartą gwiazd NGC 1850 (patrz 2 strona okładki). Wysoka kątowa zdolność rozdzielcza HST pozwoliła lepiej przyjrzeć się szczegółom budowy gromady. Na zdjęciu można doliczyć się około 10000 gwiazd, natomiast fotografie wykonane z powierzchni Ziemi ukazują nie więcej niż 1000 obrazów poszczególnych gwiazd, gdyż cała reszta zlewa się w jedną jasną rozmytą poświatę. Mniej więcej 6000 gwiazd wchodzi w skład stosunkowo zwartej gromady, której wiek ocenia się na 50 milionów lat. W astronomicznej skali czasu to niewiele. Mamy zatem do czynienia z młodą gromadą. Z wymienionych wyżej 10000 gwiazd, około

2000 gwiazd, tworzy „tło" dla gromady – są to gwiazdy z Obłoku Magellana nie związane z gromadą. Pozostałe 2000 obiektów sprawiło astronomom największą niespodziankę. Okazało się bowiem, że jest to luźne zgrupowanie masywnych i bardzo młodych gwiazd, liczących sobie zaledwie 4 miliony lat. Wyraźna separacja wieku obu grup oznacza, że w przypadku NGC 1850 mamy do czynienia nie z jedną, a z dwiema gromadami położonymi jedna za drugą. Młodsza gromada, zawiera praktycznie gwiezdne „noworodki" zanurzone w gazowo-pyłowej mgławicy. Znajduje się ona jakieś 200 lat świetlnych poza właściwą NGC 1850. Prawdopodobnie, gdyby młodsza gromada znalazła się bliżej na linii widzenia, to duża ilość pyłu występująca w tej gromadzie zasłoniłaby starszą.

Co sprawiło, że dwie gromady gwiazd znalazły się tak blisko siebie ? Raczej nie jest to zwykły przypadek. Bardziej prawdopodobne jest przypuszczenie, że starsza gromada wpłynęła w jakiś sposób na powstanie młodszej. Nasuwa się następujący scenariusz. Zaraz po swoich narodzinach gromada NGC 1850 zawierała ponad 1000 bardzo masywnych gwiazd, czyli więcej niż dotychczas przypuszczano. Były to zatem gwiazdy podobne do tych, jakie obecnie widzimy w młodszej gromadzie. Gwiazdy masywne szybko ewoluują i większość z nich w ciągu paru milionów lat zakończyła swoje życie wybuchając jako supernowe. Łączna siła niemal jednoczesnych eksplozji tak dużej liczby supernowych wyrzuciła w przestrzeń znaczne ilości gazu. Gaz ten utworzył obłok rozszerzający się dzięki początkowej prędkości wybuchu. Gdy po około 45 milionach lat ekspandująca materia napotkała na swej drodze obłok pyłu i gazu doszło do zderzenia, które spowodowało powstanie fali uderzeniowej w chłodnym dotychczas ośrodku i gwałtowną fragmentację obłoku. W krótkim czasie doprowadziło to do powstania paru tysięcy gwiazd, które utworzyły widoczną dziś młodszą gromadę.

Opisana ewolucja gromady NGC 1850, a właściwie dwu gromad, mieści się w schemacie współczesnych teorii ewolucji materii we Wszechświecie z jednym zastrzeżeniem. Jak wspomieliśmy wyżej, młodsza gromada składa się głównie z gwiazd masywnych. Podobnie, starsza gromada – zaraz po swych narodzinach – również zawiera nadwyżkę takich gwiazd. Obłoki Magellana są stosunkowo mało obfite w pierwiastki cięższe niż hel – ich skład chemiczny jest zbliżony do materii pierwotnej. Pierwsze pokolenie gwiazd, które powstawały miliardy lat temu w galaktykach zbudowanych również z materii pierwotnej musiały być zatem podobne do gwiazd w NGC 1850. Oznacza to, że początkowo cały Wszechświat został zasiedlony gwiazdami masywnymi, które w krótkim czasie doprowadziły do wzbogacenia materii w pierwiastki ciężkie. Wygląda na to, że chemiczna ewolucja materii we Wszechświecie przebiegała bardzo szybko w ciągu pierwszych kilku miliardów lat, a później proces zamiany wodoru w hel i cięższe pierwiastki został spowolniony. Obecnie bowiem powstaje stosunkowo więcej gwiazd małomasywnych, które ewoluują w znacznie dłuższych skalach czasowych i mniej efektywnie wzbogacają materię międzygwiazdową w pierwiastki ciężkie.

**(as)**

## Nowa gromada galaktyk

Gromady galaktyk można odkrywać na dwa sposoby. Pierwszy, tradycyjny, polega na szukaniu na zdjęciach nieba zagęszczeń w rozkładzie galaktyk. Jeżeli w jakimś miejscu na niebie zauważymy wyraźnie więcej galaktyk niż wynika to z rozmieszczenia przypadkowego, to mamy w oczywisty sposób do czynienia z nową gromadą. Drugi sposób odkrywania gromad wykorzystuje ich świecenie w rentgenowskim zakresie widma. Gromady galaktyk są bowiem z reguły silnymi źródłami tego promieniowania. Często zdarza się, że najpierw badania wskazują na istnienie w danym miejscu obiektu rentgenowskiego, a następnie głębokie zdjęcie ujawnia, iż dokładnie w tym samym miejscu znajduje się dotychczas nieznana gromada.

Choć światło widzialne i promieniowanie rentgenowskie są produkowane przez całkiem różne „części składowe" gromad, to w obu przypadkach mamy do czynienia z promieniowaniem cieplnym, a różne dwa zakresy widma wynikają z dużej różnicy temperatur świecącej materii.

Świecenie optyczne galaktyk jest oczywiście sumą świecenia miliardów gwiazd, z których te galaktyki są zbudowane. Rozkład widmowy promieniowania widzialnego stanowi zatem średnią rozkładów widmowych ogromnej liczby gwiazd. Temperatury powierzchniowe gwiazd różnią się znacznie między sobą: najgorętsze sięgają niemal 200 000 K, a najchłodniejsze mogą nie przekraczać 2000 K. Dlatego widma galaktyk i całych gromad galaktyk nie dają się opisać jedną temperaturą.

Świecenie rentgenowskie gromad galaktyk – jak powiedzieliśmy wyżej – ma charakter termiczny, w ogromnej jednak większości nie jest wytwarzane przez gwiazdy, ani nawet przez indywidualne galaktyki, a produkowane jest przez rozrzedzony gaz wypełniający przestrzeń między galaktykami. Mimo, że gęstość plazmy (możemy tak powiedzieć, gdyż gaz ten jest całkowicie zjonizowany) zmienia się istotnie wewnątrz gromady, to jej temperatura nie wykazuje na ogół dużych wahań. W bogatych gromadach temperatura plazmy sięga typowo 60 milionów K. Oczywiście nie wszystkie

gromady mają taką właśnie temperaturę. Do rzadkości jednak należą gromady różniące się o czynnik 3 od podanej wyżej wartości średniej. Bardzo wysoka temperatura plazmy powoduje, że emisja termiczna wypada w zakresie rentgenowskim, z reguły poniżej 10 keV. Pamiętając o wielkiej różnorodności obiektów występujących we Wszechświecie, można powiedzieć, że gromady galaktyk stanowią stosunkowo jednorodną klasę źródeł rentgenowskich.

Niedawno teleskop rentgenowski umieszczony na pokładzie satelity ROSAT zarejestrował w gwiazdozbiorze Panny źródło, które otrzymało numer RXJ 1347.5-1145. Obiekt ten został wkrótce zidentyfikowany z nową gromadą galaktyk, co – w świetle uwag powyżej – nie powinno wzbudzać szczególnego zainteresowania. Pod pewnymi względami jest on jednak bardzo nietypowy i warto mu się przyjrzeć bliżej. Czym zatem ta nowa gromada tak się wyróżnia ? Przede wszystkim rentgenowską mocą promieniowania. W zakresie miękkich promieni X, między 0.1 a 2.4 keV gromada świeci z mocą 6 x $10^{43}$ erg $s^{-1}$, co oznacza, że jest ona 10 razy jaśniejsza od najjaśniejszych gromad znanych do tej pory. Co więcej, gromada RXJ 1347.5-1145 znajduje się w znacznej odległości: przesunięcie jej widma ku czerwieni $z$ = 0.45. Pomiary jasności rentgenowskiej gromad wskazują wyraźnie, że gromady galaktyk podlegają tzw. ewolucji jasności i że w przeszłości gromady były średnio słabsze niż obecnie. Ponieważ – co wynika z przesunięcia ku czerwieni – naszą gromadę „rekordzistkę" oglądamy, gdy była młodsza o mniej więcej 5 miliardów lat niż bliskie gromady, można było oczekiwać, że jej jasność będzie znacznie mniejsza od rejestrowanych jasności gromad. Mamy zatem do czynienia rzeczywiście z zaskakującą sytuacją.

Autor niniejszej notki nie wyklucza, że doszło do przecenienia jasności gromady wskutek nałożenia na siebie dwu źródeł rentgenowskich. Mimo, że a priori wydaje się to mało prawdopodobne, być może obserwowany strumień produkowany jest nie tylko przez gorący gaz w gromadzie, ale również przez inny obiekt np. AGN, czyli aktywne jądro galaktyki znajdującej się w gromadzie lub poza nią. Ponieważ jasność absolutna AGN-a na poziomie $10^{45\text{-}46}$ erg $s^{-1}$ nie jest niczym niezwykłym, to problem nadzwyczajnej jasności gromady zostałby rozwiązany. Jednak w tej chwili jest to przypuszczenie nie poparte przez obserwacje i należy je traktować jedynie jako spekulacje.

Powróćmy do gromady RXJ1347.5-1145, gdyż jej oryginalność nie ogranicza się do jasności rentgenowskiej. W numerze 2/95 PA pisaliśmy o gigantycznej soczewce grawitacyjnej utworzonej przez gromadę galaktyk Abell 2218. Przypomnijmy, że soczewką grawitacyjną nazywamy obiekt, który dzięki wytworzonemu przez siebie polu grawitacyjnemu ugina bieg promieni świetlnych. Gdy zakrzywienie promieni prowadzi do zauważalnych zmian w położeniu i jasności ciał niebieskich znajdujących się w tle, uzyskujemy informacje o masie soczewki. Szczególnie istotny jest fakt, że efekt soczewkowania grawitacyjnego jest proporcjonalny do całkowitej masy. Pozwala to wyznaczyć tzw. masę ciemną, to jest taką, która nie jest skupiona w gwiazdach. Podobnie do zwykłej, szklanej soczewki oraz obiektu obserwowanego przez soczewkę grawitacyjną jest często silnie zdeformowany. Rodzaj uzyskanego obrazu zależy od wzajemnego położenia przedmiotu, soczewki i obserwatora. Obraz odległej galaktyki przyjmuje najczęściej formę świecącego łuku będącego fragmentem okręgu o środku pokrywającym się w przybliżeniu z położeniem soczewki. I właśnie na tle RXJ 1347.5-1145 są wyraźnie widoczne dwa świecące łuki o długości 5-6 sekund, rozmieszczone symetrycznie po obu stronach gromady w odległości około 35 sekund od jej centrum. Świecące łuki były już wielokrotnie obserwowane wokół innych gromad galaktyk, jednakże te dwa należą do najjaśniejszych. Zostały zarejestrowane za pomocą teleskopu o średnicy 2.2m na zdjęciu o czasie naświetlania zaledwie 3 minut.

Jest prawdopodobne, że oba łuki widoczne w RXJ 1347.5-1145 są obrazami jednej galaktyki leżącej w dużej odległości dokładnie za gromadą. Jeżeli tak jest w istocie i uda się wyznaczyć odległość tej galaktyki, będzie można stosunkowo łatwo i precyzyjnie zmierzyć masę soczewkującej gromady. Dotychczas obserwowane świecące łuki są zwykle bardzo słabe. Dlatego niezmiernie trudno jest otrzymać ich widmo. W omawianym przypadku, ze względu na dużą jasność obu obrazów, nie powinno być z tym większego kłopotu. Zatem nadzieja na wyznaczenie odległości poprzez pomiar przesunięcia ku czerwieni jest w pełni uzasadniona. Niezależnie od tej metody, masa gromady zostanie oceniona na podstawie obserwacji rentgenowskich. Jeżeli założymy – co nie budzi większych zastrzeżeń – że gorący, świecący rentgenowsko gaz jest związany w gromadzie przez jej pole grawitacyjne, to z pomiarów jasności i temperatury tego gazu natychmiast daje się określić natężenie pola grawitacyjnego i całkowitą masę generującą to pole. Oczywiście oba wyznaczenia masy gromady powinny być jednakowe, a ewentualne różnice wskazywać będą, iż w rachunkach zostały poczynione błędne założenia dotyczące np. rozkładu masy wewnątrz gromady.

Nasze zainteresowanie RXJ 1347.5-1145 można podsumować następująco: z tego co wiemy w tej chwili, wydaje się, że jak na gromadę galaktyk jest to obiekt o wyjątkowo dużej masie. Już to samo stanowi gwarancję, że zapewne jeszcze nie raz o gromadzie tej usłyszymy w doniesieniach naukowych.

**(as)**

*Ostatnio odkryto w naszej Galaktyce kilka źródeł mających – na podobieństwo kwazarów – dżety. W dwóch z nich stwierdzono, że obserwowana prędkość dżetów jest większa od prędkości światła. Nie ma tu sprzeczności z teorią względności, jest za to pewny wniosek, że rzeczywiste prędkości tych dżetów są bliskie prędkości światła.*

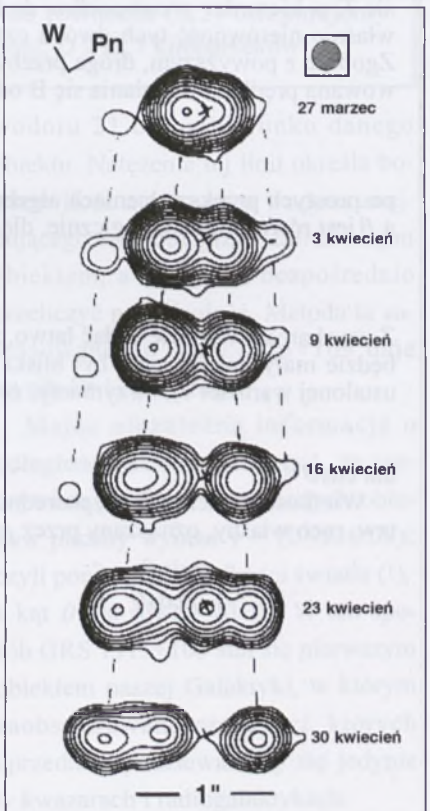
# Rekord prędkości naszej Galaktyki, czyli o galaktycznych mikrokwazarach

Piotr Życki

Na coroczne sympozjum w Instytucie Teleskopu Kosmicznego (Space Telescope Science Institute) w Baltimore (USA) w roku 1992, a poświęcone dżetom w astrofizyce, Dr Felix Mirabel z Saclay (Francja) przygotował jedynie plakat na temat odkrycia dżetów radiowych w galaktycznym źródle o nazwie 1E1740.7-2942. Organizatorzy zaproponowali mu jednak przedstawienie wyników w formie krótkiego wystąpienia w ramach sesji. W ten sposób doceniono wagę tego odkrycia. Nie był to, co prawda, pierwszy odkryty w naszej Galaktyce obiekt z dżetami, tym niemniej do tajemnic 1E1740.7-2942 dodany został nowy element. Wszystko razem, a więc zmienność w zakresie rentgenowskim, podejrzenie o emitowanie promieniowania z anihilacji par elektron-pozytron i wreszcie dżety radiowe, uzasadnia nazwę „mikro-kwazar", którą zaproponowano dla tego obiektu. Dalsze obserwacje różnych źródeł, szczególnie w kierunku na centrum naszej Galaktyki, pokazały, że znajduje się tam wiele źródeł *przejściowych* (ang. *transient* ), a więc świecących (w zakresie rentgenowskim) tylko od czasu do czasu. Przykład 1E1740.7-2942 wskazywał, że mogą to być obiekty, którym warto przyglądać się dokładnie.

Jednym z takich źródeł jest GRS 1915+105 (Gamma-Ray Source). Znajduje się ono w gwiazdozbiorze Orła i zostało odkryte 15 sierpnia 1992 roku przez detektor WATCH na pokładzie rosyjsko–francuskiego satelity GRANAT. Eksperyment WATCH został zaprojektowany właśnie z myślą o źródłach przejściowych, emitujących w zakresie rentgenowskim. Za pomocą innego teleskopu rentgenowskiego znajdującego się na tym samym satelicie, SIGMA, określono wkrótce pozycję tego obiektu na niebie z dokładnością do kilku minut łuku. Jednocześnie obserwacje SIGMY pozwoliły stwierdzić, że obiekt ten emituje „twarde"promieniowanie rentgenowskie (E>150 keV) a jego całkowita jasność w zakresie rentgenowskim przekracza jasność krytyczną (Eddingtona) dla gwiazdy neutronowej. Takie cechy są charakterystyczne dla układów zawierających *czarną dziurę*. Od początku było więc jasne, że mamy do czynienia z ciekawym obiektem. Niestety, nie znaleziono odpowiednika optycznego GRS 1915+105, co oznacza, że jest on ukryty za grubą warstwą gazu i pyłu. Obiekt widoczny jest w podczerwieni jako zmienne źródło o jasności 13 – 14 magnitudo.

Zainteresowanie astronomów GRS 1915+105 wzrosło jeszcze bardziej, gdy okazało się, że jest to silnie zmienne źródło radiowe – zmienia się pozycja zwartego źródła radiowego. Obserwacje techniką VLA [1] pozwoliły stwierdzić istnienie *dżetów* , zmieniających się w skali kilku dni, co sugerowało zachodzenie w tym układzie wyrzutów materii. Systematyczne obserwacje prowadzone w marcu i kwietniu 1994 r. przyniosły oczekiwany rezultat: udało się zaobserwować właśnie taki wyrzut materii a następnie śledzić jego ewolucję. Sekwencja obrazów VLA na rysunku 1 pokazuje, co wtedy nastąpiło: od centralnego obiektu oderwały się dwa obłoki plazmy, oddalając się w przeciwne strony. Na pierwszych czterech mapach




Rys 1. Obłoki plazmy oddalające się od centrum GRS 1915+105. Oprócz dwóch głównych obłoków, na czterech pierwszych mapach widoczne są słabsze pozostałości po poprzednim wybuchu. Na ostatniej mapie, z 30 kwietnia, pojawił się nowy obłok po południowej stronie. Krzyżykiem oznaczono pozycję centralnego źródła.

[1] **ang.** *Very Large Array*

# Asymetria położenia obłoków i pozorne prędkości większe od prędkości światła

Sytuacja, którą rozważamy, przedstawiona jest na rysunku. Ze źródła A spoczywającego względem obserwatora O wyrzucony zostaje obłok plazmy (źródło B). Pokażemy, że *obserwowana* prędkość oddalania się obłoku B od A zależy od kąta $\theta$ (nawet wtedy, gdy rzeczywista prędkość obłoku v, jest taka sama dla wszystkich kątów). Będzie to oznaczać w szczególności, że dwa obłoki wyemitowane pod różnymi kątami, będą miały *różne* obserwowane prędkości, a więc, że symetryczny wybuch będzie widziany jako niesymetryczny (będziemy rozważać jedynie asymetrię obserwowanego położenia obłoków). Pokażemy również, że obserwowana prędkość oddalania się obłoku B od A może być większa od prędkości światła w próżni.

Załóżmy, że w chwili początkowej ze źródła A następuje wyrzut obłoku plazmy z prędkością v w kierunku tworzącym kąt $\theta$ z linią widzenia, oraz jednocześnie emisja fotonu ku obserwatorowi O. Po czasie $\Delta t$ źródło A emituje następny foton, który dotrze do O po czasie również $\Delta t$. Ponieważ źródło B znajduje się w tym momencie bliżej O niż źródło A, to foton wysłany z B w tej samej chwili nie przybyłby do O równocześnie z fotonem z A. Obserwator natomiast przeprowadza drugą obserwację po czasie $\Delta t$, a więc rejestruje fotony przychodzące równocześnie z A i B. Musimy się więc zapytać: kiedy został wysłany z B foton, który przybędzie do O równocześnie z drugim fotonem z A? Odpowiedź można uzyskać np. w następujący sposób: drugi foton z A musi dogonić rzut B poruszający się po linii widzenia. Ma on do „nadrobienia'' drogę równą $v \cos\theta\, \Delta t$, poruszając się ze względną prędkością $c$-$v\cos\theta$ ($c$ jest prędkością światła w próżni). Czas pogoni wynosi więc

$$T_{pog} = \frac{v \cos\theta}{c - v \cos\theta}$$

a sumaryczny czas od momentu wyrzutu do momentu znalezienia się fotonu z A i źródła B w tej samej odległości od O wynosi

$$T = \Delta t + T_{pog}$$

Musimy teraz zauważyć, że obserwowana prędkość oddalania się B od A, jest równa drodze przebytej przez B w czasie $T$, w kierunku *prostopadłym* do linii widzenia, podzielonej przez czas między dwiema obserwacjami, czyli $\Delta t$. To właśnie nierówność tych dwóch czasów stanowi o tym, że obserwowana prędkość *nie* jest po prostu równa $v\sin\theta$. Zgodnie z powyższym, droga przebyta przez B w kierunku prostopadłym do linii widzenia równa się $T \times v \sin\theta$. Obserwowana prędkość oddalania się B od A wyniesie więc

$$v_p = \frac{T v \sin\theta}{\Delta t} = v \frac{\sin\theta}{1 - \beta \cos\theta}$$

po prostych przekształceniach algebraicznych, gdzie przez $v_p$ oznaczona została prędkość przybliżającego się obłoku, a $\beta$ jest równa $v/c$. Analogicznie, dla obłoku oddalającego się otrzymalibyśmy

$$v_o = v \frac{\sin\theta}{1 + \beta \cos\theta}$$

Z uzyskanych wzorów widać łatwo, że $v_p$ może być większe niż $c$. Będzie tak wtedy, gdy $\beta$ będzie bliskie 1, zaś kąt $\theta$ będzie mały, tak by $\cos\theta$ był bliski 1. Znajdując metodami rachunku różniczkowego maksimum funkcji $v_p(\theta)$ (przy ustalonej wartości v), otrzymamy, że maksymalna wartość $v_p$ wynosi

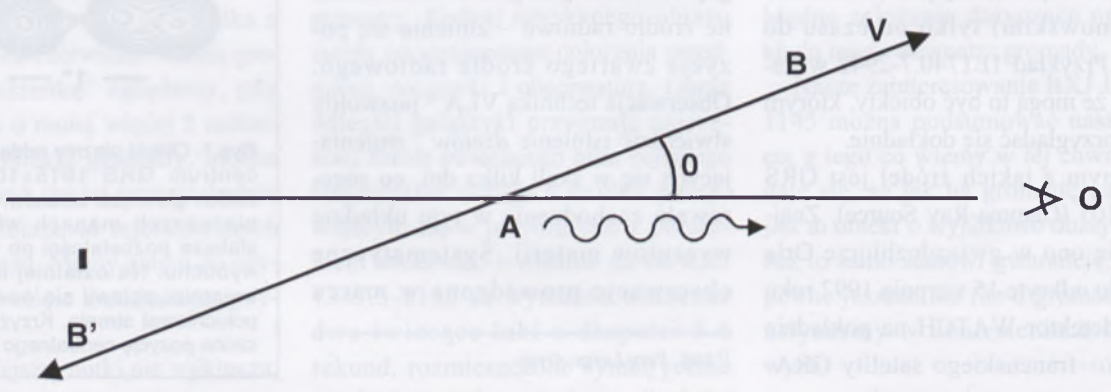
$$v_{p,max} = \frac{v}{(1-\beta^2)^{1/2}}$$

dla $\cos\theta = \beta$

Wielkością mierzoną bezpośrednio przez obserwatora na Ziemi jest nie prędkość liniowa $v_{p,o}$ lecz prędkość kątowa, tzw. ruch własny, oznaczany przez $\mu$. Oczywiście zachodzi $\mu = v/D$, gdzie D jest odległością do źródła. Ostatecznie,

$$\mu_p = \frac{\beta \sin\theta}{1 - \beta\cos\theta} \frac{c}{D} \qquad (1.1)$$

$$\mu_o = \frac{\beta \sin\theta}{1 + \beta\cos\theta} \frac{c}{D} \qquad (1.2)$$



## Efekty relatywistyczne w „nadświetlnych" źródłach Galaktycznych

Rysunek przedstawia obserwowane położenie obu obłoków wyrzuconych z GRS 1915+105 w funkcji czasu. Dokładniej, na osi Y odłożone jest przesunięcie kątowe od centrum emisji (oznaczonego krzyżykiem na rysunku 1). Ruch własny obłoków, $\mu_{p,o}$ czyli zmianę odległości kątowej w jednosce czasu, znajdujemy, dopasowując zależność liniową do punktów obserwacyjnych. W wyniku otrzymujemy, że $\mu_p$ = 17.6±0.4 mas $d^{-1}$ (milisekund łuku na dzień) oraz $\mu_o$ = 9.0±0.1 mas $d^{-1}$. Fakt, że obie proste przechodzą przez ten sam punkt na osi czasu, potwierdza jednoczesność wyrzutu obu obłoków.

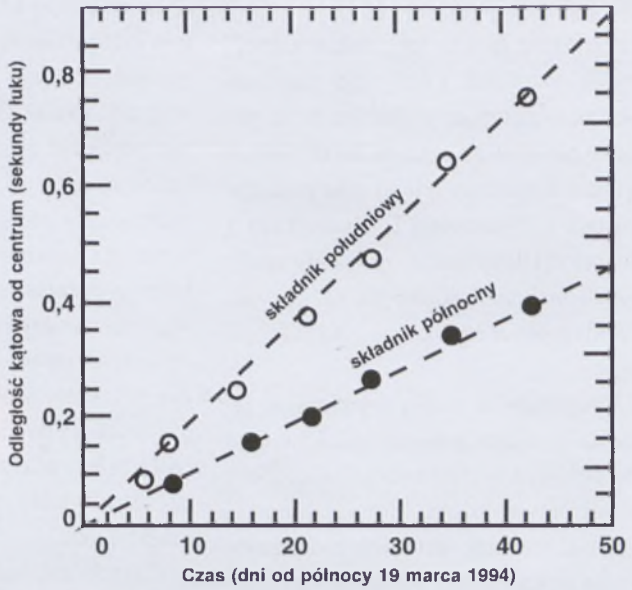
Znając $\mu_p$ i $\mu_o$ możemy przekształcić równania (1.1) i (1.2) z ramki na str.118 do następującej postaci:

$$\beta \cos\theta = \frac{\mu_p - \mu_o}{\mu_p + \mu_o} \qquad (2.1)$$

$$D = \frac{c \operatorname{tg} \theta}{2} \frac{\mu_p - \mu_o}{\mu_p + \mu_o} \qquad (2.2)$$

Podstawiając wartości $\mu_p$ i $\mu_o$, dostajemy

$\beta \cos \theta = 0.323 \pm 0.016$.




Ponieważ zarówno $\beta$ jak i cos $\theta$ nie mogą być większe od 1, mamy stąd wniosek, że cos $\theta \geq 0.323$, czyli $\theta \leq 71°$, oraz że $\beta \geq 0.323$. Podstawiając z kolei powyższe ograniczenie na kąt do równania (2.2) otrzymujemy ograniczenie na odległość, D ≤ 13,7 kiloparseków.

widoczne są również słabsze obłoki z wcześniejszego wyrzutu, zaś na ostatniej mapie, z 30 kwietnia, pojawił się po południowo-wschodniej stronie nowy obłok. Takie wyrzuty nastąpiły więc wielokrotnie.

Niewątpliwie najciekawszym aspektem zaobserwowanego wyrzutu jest jego niesymetryczność: obłoki po stronie SE oddalają się szybciej i są jaśniejsze, jeżeli strumień promieniowania mierzymy w takiej samej odległości kątowej od centrum po obu jego stronach. Taka asymetria może mieć dwie przyczyny: albo wyrzut był faktycznie niesymetryczny, albo w grę wchodzą

**efekty relatywistyczne**

(oczywiście, możliwa jest też kombinacja obu czynników). Jeżeli założymy, że wyrzut był niesymetryczny, to... właściwie nic więcej nie jesteśmy w stanie powiedzieć. Spróbujmy więc założyć, że sam wyrzut był symetryczny, a obserwowana asymetria wynika ze Szczególnej Teorii Względności (STW;na str 118). Takie założenie pozwala natychmiast, używając jedynie wielkości obserwowanych, znaleźć minimalną wartość prędkości wyrzuconych obłoków v i maksymalny kąt między kierunkiem ruchu a linią do obserwatora, $\theta$ (patrz ramka powyżej). Okazuje się mianowicie, że v>0.323c oraz $\theta \leq 71°$. A więc obłoki poruszają się z prędkością większą niż 1/3 prędkości światła! Powyższe wyniki umożliwiają również obliczenie górnej granicy odległości GRS 1915+105 od nas (ramka powyżej). Okazuje się mianowicie, że ta odległość musi być mniejsza niż 13.7kpc (kiloparsek), co potwierdza, że GRS 1915+105 należy do naszej Galaktyki.

Powyższe nierówności niewątpliwie chcielibyśmy zamienić na znaki równości (choćby przybliżonej). Do tego niezbędne jest np: niezależne oszacowanie odległości do GRS 1915+105. Metodą pomiaru odległości stosowaną powszechnie do obiektów Galaktyki jest pomiar natężenia linii wodoru 21 cm w kierunku danego obiektu. Natężenie tej linii określa bowiem ilość atomowego wodoru znajdującego się pomiędzy nami a danym obiektem, a tę można bezpośrednio przeliczyć na odległość. Metoda ta zastosowana do GRS 1915+105 daje wynik $D$=12.5 ±1.5kpc.

Mając niezależną informację o odległości możemy obliczyć, że rzeczywista prędkość wyrzuconych obłoków plazmy wynosi v = (0.92±0.08)c czyli ponad 90% prędkości światła (!), a kąt $\theta$ jest równy 70±2°. W ten sposób GRS 1915+105 stał się pierwszym obiektem naszej Galaktyki, w którym zaobserwowano prędkości, których uprzednio spodziewaliśmy się jedynie w kwazarach i radiogalaktykach.

Niewątpliwie spektakularny wynik otrzymujemy obliczając *obserwowaną* prędkość oddalania się wyrzuconych obłoków od centrum (ramka, str 118). Wynosi ona 1.25±0.15 i 0.65±0.08 prędkości światła, odpowiednio dla obłoku przybliżającego się i oddalającego. Tak więc

**obserwowana prędkość jednego z obłoków jest większa od prędkości światła.**

To właśnie dzięki tej „nadświetlnej" prędkości GRS 1915+105 trafił na okładkę czasopisma *Nature* (i na okładkę niniejszego zeszytu *Postępów*), a artykuł donoszący o jego odkryciu, autorstwa F. Mirabela i L. Rodrigueza z Socorro (USA) został opatrzony osobnym komentarzem, tak jak każde ważne odkrycie opisywane w tym czasopiśmie.

Wspomniana wyżej asymetria w jasności powierzchniowej obłoków daje się również wytłumaczyć w modelu dwustronnego dżetu. Mówiąc zupełnie ogólnie: mierząc strumień promieniowania, rejestrujemy fotony docierające w danej chwili czasu do detektora. Dla rozciągłego źródła oznacza to, że fotony te zostały wyemitowane w *różnych* chwilach czasu, co możemy wyobrażać sobie jako zmianę objętości emitującego obszaru i kąta bryłowego rozpiętego przezeń dla obserwatora. Ponadto, efekt Dopplera powoduje zmianę częstości promieniowania. Jest więc zrozumiałe, na poziomie jakościowym, że obserwując dwa jednakowe źródła poruszające się w przeciwne strony, będziemy widzieli je jako różne (mające różną jasność). Na poziomie ilościowym sytuacja nieco się komplikuje:do tej pory zaproponowano dwa przepisy, tłumaczące obserwowany stosunek jasności. Musimy bowiem zauważyć, że *a priori* prędkość wyrzuconego obłoku (dżetu) *nie* musi być równa prędkości źródła promieniowania. Różnica może wystąpić wtedy, gdy źródłem jest np.fala uderzeniowa (szok) poruszająca się wzdłuż dżetu. Tak więc, w cytowanym już artykule w *Nature*, Mirabel i Rodriguez zakładają równość obu prędkości. W takim przypadku, dla parametrów GRS 1915+105 przewidywany stosunek jasności wynosi 6 (w przypadku ciągłego dżetu) lub 12 (w przypadku pojedynczych obłoków). Obserwowana wartość 8 mieści się pomiędzy tymi dwiema skrajnościami, co można interpretować jako wynik pośredniej struktury wyrzucanej materii. Z kolei w późniejszym artykule zamieszczonym w *The Astrophysical Journal Letters* G. Bodo i G. Ghisellini z Włoch, zakładając wyrzut poszczególnych obłoków, otrzymują prędkość wyrzutu równą 0.73 *c*, a więc mniej niż prędkość źródła promieniowania, która musi być równa znalezionej wcześniej wartości 0.92 *c*. W tej chwili nie ma możliwości rozstrzygnięcia, który z przepisów odpowiada rzeczywistości. Istotne jest zresztą jedynie to, że można założyć wewnętrzną symetrię wyrzutu, a obserwowana asymetria jasności da się wytłumaczyć efektami relatywistycznymi. W dalszej części artykułu obie prędkości będą utożsamiane.

Czytelnicy, którzy słyszeli o „nadświetlnych'' prędkościach dżetów w kwazarach (np. artykuł o aktywnych galaktykach w PA 4/94), zauważyli zapewne różnicę w linii rozumowania między opisywanym tu przypadkiem obiektu z naszej Galaktyki a kwazarami. Odległość do kwazarów znajdujemy zakładając, że ich przesunięcia ku czerwieni są efektem ekspansji Wszechświata. Znając odległość, możemy przeliczyć obserwowaną kątową prędkość ekspansji źródła na prędkość liniową, która właśnie, w kilkudziesięciu przypadkach, okazuje się być większa od prędkości światła. Ponieważ wierzymy w poprawność STW, przywołujemy jej argumenty, aby wywnioskować, że rzeczywiste prędkości dżetów w kwazarach, jakkolwiek mniejsze od *c*, są bliskie tej wartości. W ten sposób potwierdzamy hipotezę relatywistycznych dżetów, wysuniętą w celu wytłumaczenia faktu istnienia zwartych radioźródeł. W przypadku obiektu z naszej Galaktyki wartość rzeczywistej prędkości dżetu otrzymujemy bezpośrednio z obserwacji (i niezależnej znajomości odległości). Wynika to z prostego faktu, że obserwujemy *oba* wyrzucone obłoki, a nie tylko jeden, jak to ma miejsce w przypadku kwazarów. Wartość obserwowanej, liniowej prędkości ekspansji jest „produktem ubocznym'' tych obliczeń.

GRS 1915+105 jest pierwszym obiektem w naszej Galaktyce, w którym zaobserwowano prędkość „nadświetlną", ale, jak już wspomniano, nie jest to jedyny obiekt, w którym występują dżety. Takich obiektów jest kilka. Niewątpliwie najsłynniejszym jest SS 433, w którym obecność dżetów odkryto pod koniec lat 70-tych. Zauważono mianowicie, że w widmie optycznym SS 433 występują dwie grupy „wędrujących" linii emisyjnych. Linie w każdej z grup przesuwały się przemiennie ku falom krótszym i dłuższym, przy czym wtedy, gdy linie jednej grupy przesuwały się ku falom krótszym, linie z grupy drugiej przesuwały się ku falom dłuższym i na odwrót. Szybko wymyślono kinematyczny model odtwarzający takie zachowanie, a mianowicie *precesujący*, *dwustronny* dżet. Linie każdej z grup pochodziły od jednej strony dżetu. Ponieważ plazma w dżecie porusza się z pewną prędkością, linie emitowane z jednej strony doznają przesunięcia ku falom dłuższym z drugiej zaś – ku falom krótszym. Jednocześnie, ponieważ dżet ulega precesji, te dwie strony dżetu okresowo zamieniają się rolami. Prędkość plazmy w dżecie obliczono na ok.1/4 prędkości światła.

Odkrycia następnych źródeł z dżetami radiowymi były związane z obserwacjami w zakresie... rentgenowskim. Wspomniany już teleskop SIGMA dostarczył bardzo dokładne obrazy okolic centrum naszej Galaktyki. Znajduje się na nich kilka źródeł zmieniających swoją jasność w szybki i nieregularny sposób. Najbardziej znanym z tych źródeł jest wspomniany na początku artykułu 1E1740.7-2942 (1E oznacza, że źródło to zostało odkryte przez satelitę *Einstein*, a dalsze liczby, jak zazwyczaj, oznaczają współrzędne), podejrzewane o produkcje promieniowania gamma o energii ok. 511 keV wskutek anihilacji par elektronowo-pozytronowych. Tak intrygujące obiekty obserwuje się na ogół w wielu zakresach widma, celem uzyskania jak

### *Najlżejsza i najzimniejsza gwiazda w ognisku Teleskopu Kosmicznego.*

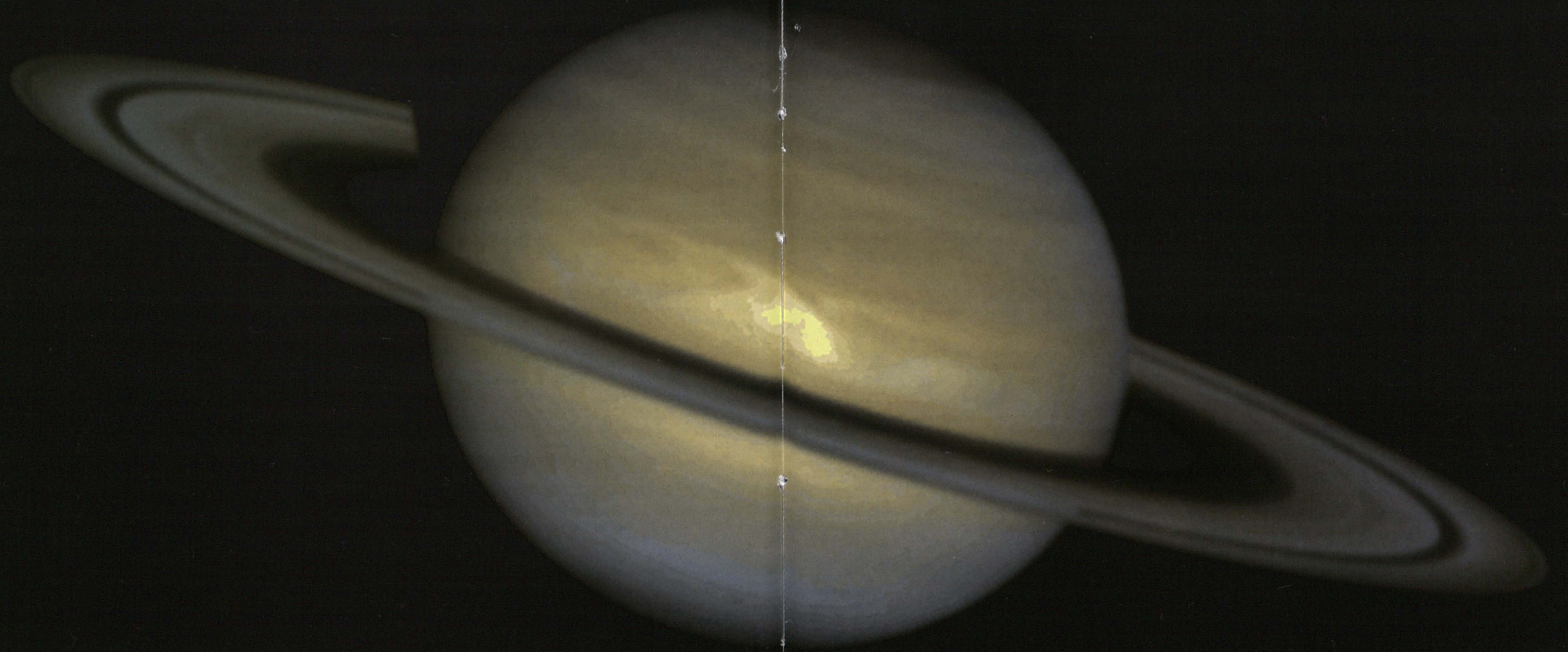
W połowie września 1995 roku NASA i ESA opublikowały zdjęcia wykonane teleskopem Hubble'a układu podwójnego HD16160 (w katalogu Glise'go 105A i 105C), który zawiera zimną i najmniej masywną ze znanych gwiazd. Jest to gwiazda G1 105C (na zdjęciu na lewo , u góry), towarzysz karła typu widmowego K, widzianego na zdjęciu w prawym dolnym rogu. Układ ten jest odległy od nas o 27 lat światła i znajduje się w gwiazdozbiorze Wieloryba. Gwiazda GL 105C w świetle widzialnym jest gwiazdą 25 tysięcy razy słabszą od swego towarzysza GL 105A. Gdyby znalazła się na miejscu Słońca, byłaby dla nas obiektem tylko 4 razy jaśniejszym od Księżyca w pełni. Widoczne na zdjęciu jasne promienie pochodzą od dyfrakcji światła na strukturach mechanicznych tubusa Teleskopu Kosmicznego, a biały pas jest efektem instrumentalnym odbiornika CCD.

Przedstawiony tu obiekt został odkryty przed rokiem przez ekipę Dawida Golimowskiego z Baltimore przy pomocy 5 – metrowego teleskopu na MtPalomar. Oceniano wtedy, że masa gwiazdy GL 105C wynosi tylko 8 – 9% masy Słońca, czyli jest to obiekt znajdujący się na dolnej granicy stabilnego spalania wodoru w reakcjach jądrowych. Obiekty o mniejszej masie, zwane „brązowymi karłami", świecą już nie na skutek zachodzących w nich przemian jądrowych, ale dzięki energii pochodzącej z ich grawitacyjnej kontrakcji, zapadania się. Temperatura powierzchniowa przezentowanej tu gwiazdy wynosi tylko 2600 K, a więc jest to również jedna z najchłodniejszych gwiazd.

Obecne obserwacje przy pomocy HST pozwolą na lepsze wyznaczenie orbity tego układu podwójnego, a przez to większą dokładność wyznaczenia masy obu składników.

Prezentowane zdjęcie zostało uzyskane w podczerwieni w dniu 5 stycznia 1995 r. Obie gwiazdy oddalone są od siebie o 3.4 sekundy łuku. (aw)

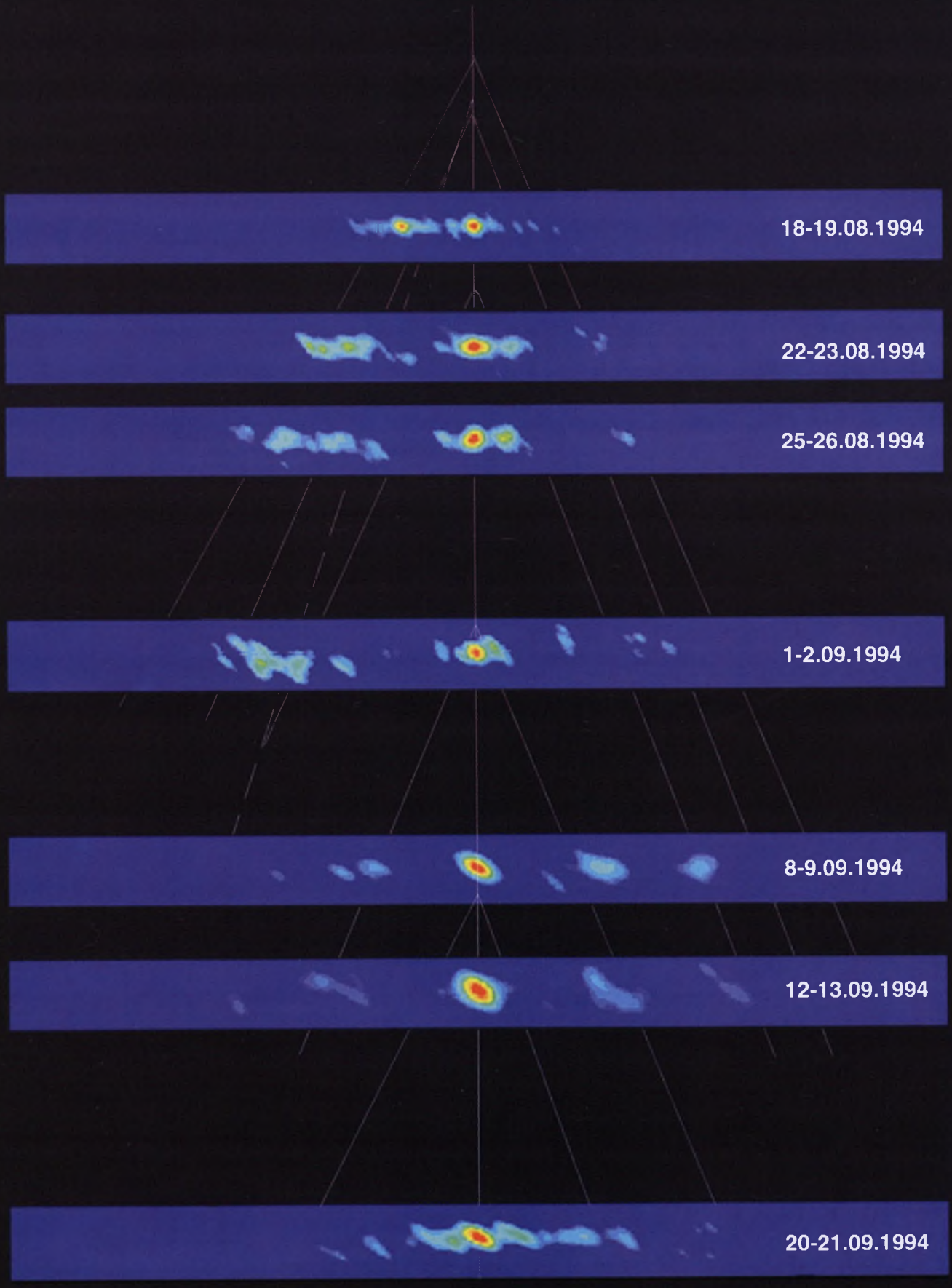
# SATURN



| | |
|---|---|
| Średnica | 120 536 km ( = 10 średnic Ziemi ) |
| Średnica pierścieni | 270 000 km ( ~ odległość Ziemia – Księżyc ) |
| Masa | $5{,}69 \cdot 10^{26}$ kg (≈ 95 mas Ziemi ) |
| Średnia odległość od Słońca | 1 427 mln km ( = 9,539 j.a.) |
| Okres obrotu wokół osi | 10 godzin 39 minut |
| Okres obiegu wokół Słońca | 29.46 lat zwrotnikowych |
| Nachylenie osi obrotu do płaszczyzny orbity | 26°,7 |
| Nachylenie płaszczyzny orbity do płszczyzny ekliptyki | 2°,49 |
| Skład atmosfery | wodór (97 % ), hel (3%), metan (0,05 %) |

postępy astronomii

# GRO J1655-40


18-19.08.1994
22-23.08.1994
25-26.08.1994
1-2.09.1994
8-9.09.1994
12-13.09.1994
20-21.09.1994

największej ilości informacji. Właśnie obserwacje radiowe techniką VLA ujawniły, że źródło to składa się ze zwartego i szybko zmiennego centrum oraz dwustronnego dżetu. Jest więc miniaturową wersją radiogalaktyk i kwazarów. Później w ten sam sposób odkryto kolejny „mikro-kwazar", GRS 1758-258.

Jak nietrudno sobie wyobrazić, dżety po obu stronach źródła są podobne, jeżeli oś dżetu jest mniej więcej prostopadła do linii widzenia. Jeżeli jest ona nachylona pod mniejszym kątem, to, jak widzieliśmy wyżej, występuje asymetria dżetów i możliwe jest zjawisko „nadświetlnej" prędkości. Można więc przypuszczać, że jeżeli w naszej Galaktyce występuje wiele takich obiektów, to na pewno są wśród nich takie, w których zjawisko „nadświetlnej'' prędkości występuje. Odkrycie GRS 1915+105, potwierdzające to przypuszczenie, sugerowało więc, że istotnie „mini-kwazary''mogą tworzyć liczną grupę obiektów.

W tym miejscu na pewno warto przytoczyć historię, którą opowiedział F. Mirabel w czasie swojego referatu na 17 Teksaskim Sympozjum Astrofizyki Relatywistycznej. Otóż we wspomnianej już pracy na temat GRS 1915+105 w *Nature*, autorzy zawarli przypuszczenie, że relatywistyczne wyrzuty plazmy mogą być powszechnym zjawiskiem w Galaktycznych źródłach wysokoenergetycznego promieniowania. Wydawca *Nature* zdecydowanie sprzeciwił się zamieszczeniu takiego przypuszczenia, jako zbyt spekulatywnego. Dopiero po długotrwałej wymianie korespondencji między autorami a wydawcą udało się tego ostatniego przekonać, że takie stwierdzenie nie jest bezpodstawne. Artykuł Mirabela i Rodrigueza ukazał się w *Nature* z 1 września 1994r, a jeszcze w lipcu tegoż roku odkryto kolejny obiekt, w którym, jak się później okazało, również mają miejsce relatywistyczne wyrzuty plazmy. Ten obiekt to

**GRO J1655-40**

Znajduje się on w gwiazdozbiorze Skorpiona i, podobnie do GRS 1915+105, został odkryty jako źródło przejściowe, tym razem przez eksperyment BATSE na pokładzie Gamma Ray Observatory (GRO; patrz PA 4/93). Obiekt ten został sklasyfikowany jako *gwiazda nowa rentgenowska*, ze względu na szybki wzrost jasności w zakresie rentgenowskim. W przeciwieństwie do GRS 1915+105 nie jest on zasłonięty grubą warstwą pyłu, co umożliwiło identyfikację w zakresie optycznym. To zaś pozwoliło uzyskać dużo ciekawych informacji, dzięki którym GRO J1655-40 stał się „przebojem" spotkania Sekcji Astrofizyki Wysokich Energii (*High Energy Astrophysics Division*) Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego, które odbyło się w Napa w Kalifornii (miasto Napa znajduje się w Napa Valley, która jest znana z produkcji wina) w listopadzie 94 roku. W chwili pisania tego artykułu (wrzesień 95) wiemy, oczywiście, jeszcze więcej. Po pierwsze, uzyskano widmo optyczne, które okazało się być podobne do widm małomasywnych układów rentgenowskich. Ze stopnia poczerwienienia widma oszacowano odległość do źródła, otrzymując ok. 3 kpc. Zaobserwowano również wyraźne zmiany prędkości składnika wtórnego z okresem ok. 2.6 dnia i amplitudą 231 km/s, co daje *funkcję masy*[2] równą 3.35±0.14 $M_\odot$, a więc nieco większą niż maksymalna masa gwiazdy neutronowej[3]. Co więcej, zaobserwowano również okresowe zmniejszanie się jasności składnika wtórnego, sugerujące zaćmienia (przez dysk akrecyjny rotujący wokół składnika pierwotnego?), co pozwala przypuszczać, że nachylenie orbity do linii widzenia musi być bliskie 90°. Zakładając rozsądny przedział masy dla składnika wtórnego, 0.4-1.3 $M_\odot$, otrzymujemy stąd możliwy zakres mas składnika pierwotnego: 4 - 5.2 $M_\odot$. GRO J1655-40 jest więc bardzo wyraźnym kandydatem na czarną dziurę (patrz też PA 1/94).

Najbardziej interesujące aspekty zachowania GRO J1655-40 wynikają jednak z obserwacji w dwóch krańcowych zakresach widma elektromagnetycznego: radiowym i rentgenowskim/gamma. W źródle tym zachodzą mianowicie epizodyczne wyrzuty materii, które można obserwować na mapach radiowych. Co więcej, wyrzuty te są skorelowane ze zmianami jasności rentgenowskiej. Popatrzmy na sekwencję obrazów VLBA[4] uzyskanych w okolicach jednego z epizodów wyrzutu, między 18 sierpnia a 21 września 1994 roku (na wkładce obok). Na pierwszy rzut oka widać, że źródło to jest znacznie mniej regularne niż GRS 1915+105, wybuchy następują tu częściej, ale poszczególne obłoki plazmy są słabiej wyodrębnione i szybciej zanikają. Szczegółową analizę tych obserwacji przeprowadzili R.M. Hjellming i M.P. Rupen z National Radio Astronomy Observatory (NRAO) w Socorro (USA), w artykule opublikowanym w *Nature* z 8 czerwca 1995 r.

Najprostszym modelem kinematycznym jest, analogicznie do GRS 1915+105, dwustronny dżet poruszający się pod pewnym kątem do obserwatora. Dopasowując liniową zależność do obserwowanego ruchu własnego wyrzuconych obłoków, otrzymuje się 54 mas $d^{-1}$ dla wyrzutu w kierunku NE i 45 mas $d^{-1}$ dla SW (mas $d^{-1}$ = milisekunda łuku na dzień). Dla przypomnienia, w poprzednim źródle było tylko 18 i 9 mas $d^{-1}$. Znaną już metodą (ramka 2, str.119) otrzy-

[2] Funkcja masy jest to pewna kombinacja mas obu składników układu podwójnego i kąta nachylenia orbity układu do linii widzenia (patrz PA 2/ 91). Jest funkcją jedynie wielkości bezpośrednio obserwowanych i określa *minimum* masy niewidocznego składnika układu.

[3] Gwiazdy neutronowe nie mogą mieć dowolnie dużej masy – powyżej pewnej masy granicznej muszą zapaść się do czarnej dziury. Wartość tej masy granicznej nie jest jednak przewidywana dokładnie przez obecne teorie materii jądrowej. Powszechnie uważa się, że wynosi ona 3 $M_\odot$.

[4] ang. *Very Large Baseline Array*

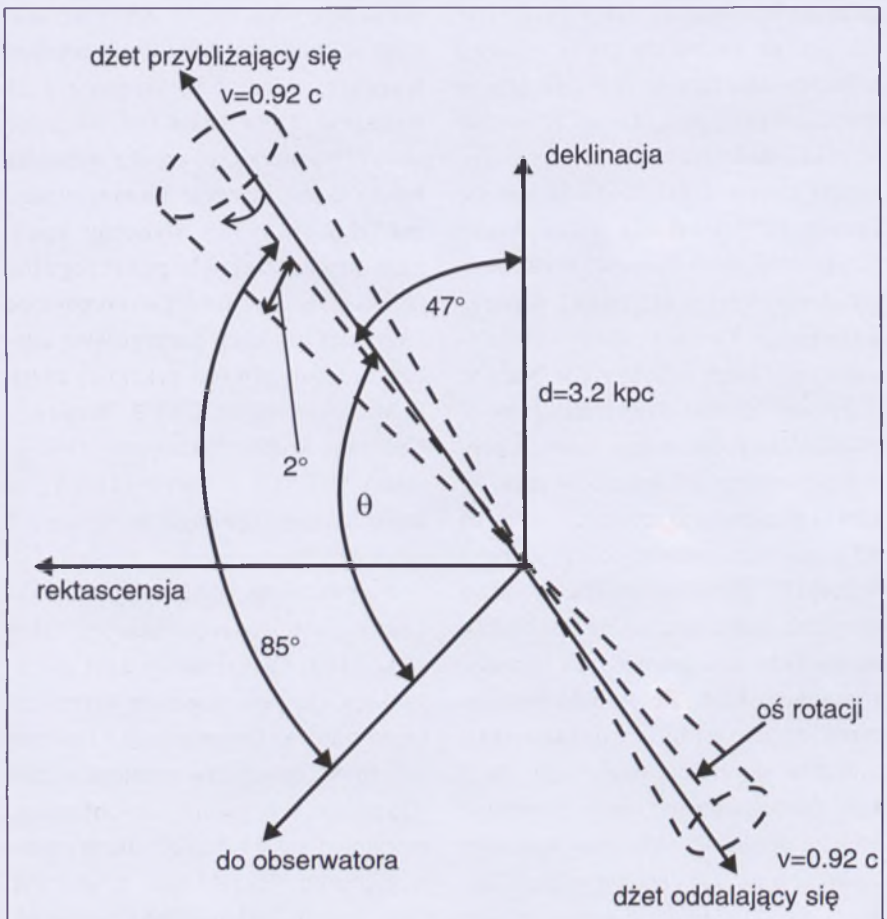
mujemy, przyjmując odległość 3.2 kpc, że v= 0.92c, zaś $\theta$ = 84°. Prędkość obłoków jest więc taka sama (!?) jak w poprzednim źródle, ale kąt nachylenia bliższy 90° oznacza m.in., że efekty relatywistyczne nie są w stanie powodować znaczącej asymetrii jasności obłoków. Najwyraźniej, wyrzucane obłoki mają różne rozmiary i jasności. Zauważyć można również, że obłoki przemieszczają się nieco na obie strony swojego średniego położenia. Takie zachowanie jest charakterystyczne dla dżetu *obracającego się* względem pewnej osi – tak jak to ma miejsce w SS 433. Hjellming i Rupen zastosowali odpowiedni model do danych GRO J1655-40 otrzymując w wyniku, że dżet powinien obracać się wokół osi odchylonej o 2° z okresem 3±0.2 dnia (zgodnym w granicach błędu z okresem orbitalnym układu podwójnego). Nachylenie osi obrotu do linii widzenia wynosi ok.85°, a prędkość dżetu obliczono na 0.92 c, przy czym obłoki po stronie NE przybliżają się do nas, a po stronie SW – oddalają. Model ten pozwolił również znaleźć odległość do tego źródła, która okazała się być zgodna z poprzednimi oszacowaniami: 3.2±0.2 kpc. Geometria źródła przedstawiona jest na rysunku 2.

Tyle opisu kinematycznego. A co można powiedzieć o

**(astro)fizyce tych obiektów?**

Na razie niewiele. Jest pewne, że źródłem ich jest akrecja na zwarty obiekt centralny. Jak widzieliśmy, funkcja masy GRO J1655-40 (oraz fakt emisji promieniowania gamma o energii do 600 keV) wskazują na czarną dziurę w roli obiektu centralnego. Szczegółowsze rozważania są w tym momencie bardzo spekulatywne. Nie ma nawet pewności, czy dżety składają się ze zwykłej plazmy elektronowo-protonowej, czy raczej elektronowo-pozytronowej i obie te możliwości należy rozważać.

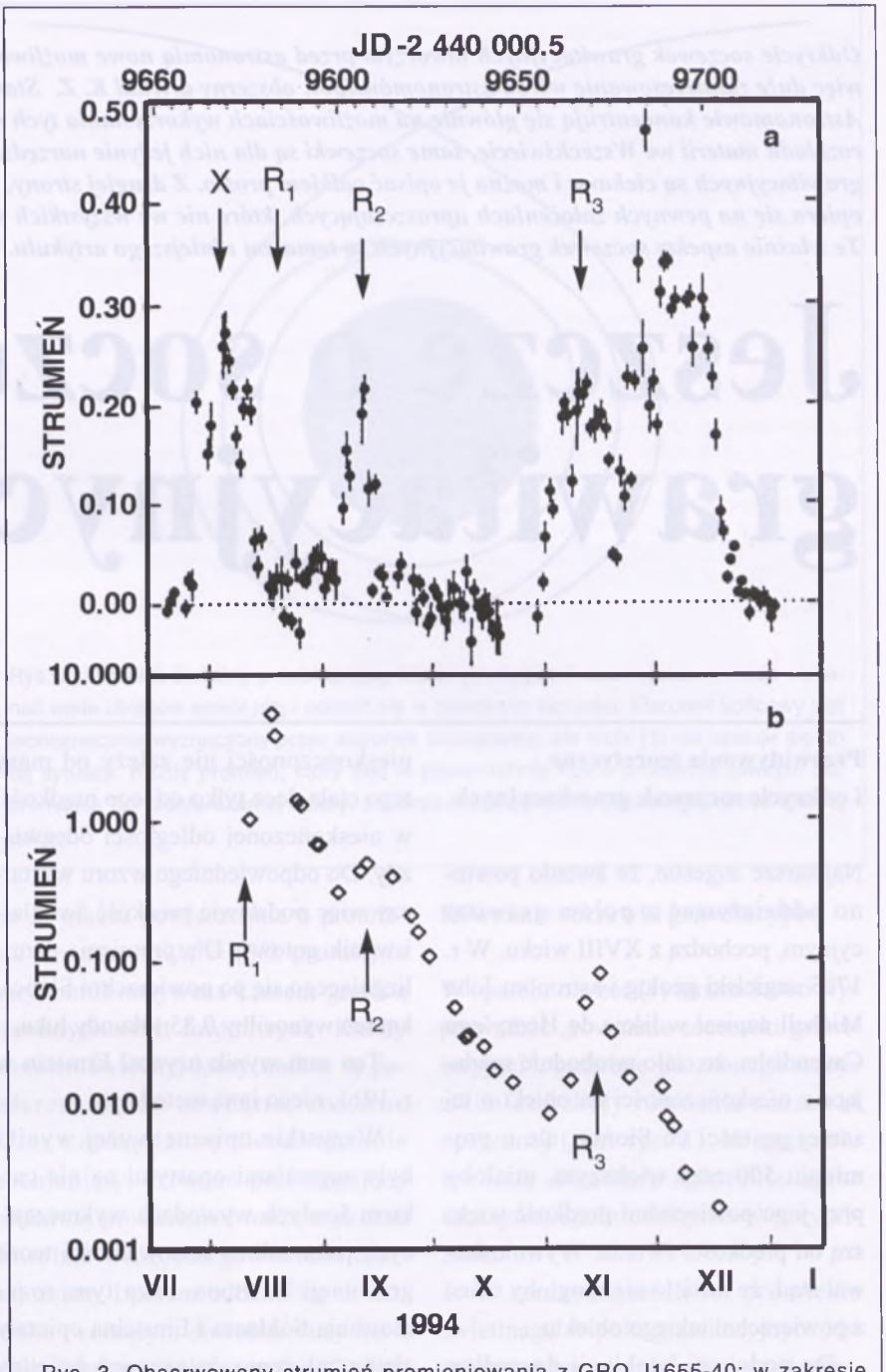
Pewną wskazówką co do mechanizmu wyrzutu jest wspomniana już korelacja między strumieniem radiowym i rentgenowskim. Rys. 3 pokazuje obserwowane zachowanie; wynika z niego, że wybuchom rentgenowskim towarzyszą pojaśnienia radiowe. Wzrost jasności radiowej (któremu odpowiada wyrzut nowego obłoku) rozpoczyna się w pobliżu maksimum rentgenowskiego, ale strumień rentgenowski zaczyna szybko spadać zaraz potem. Jeden z możliwych scenariuszy wybuchów, zaproponowany przez E. Lianga i H. Li z Rice University w Houston (USA), jest więc następujący: w stanie spokojnym energia grawitacyjna jest dyssypowana w dysku akrecyjnym i wyświecana w formie promieniowania ultrafioletowego i „miękkiego" promieniowania rentgenowskiego (por. z sytuacją w Aktywnych Jądrach Galaktyk). Duża ilość takich fotonów, podlegając odwrotnemu procesowi Comptona, daje w efekcie „twarde" (wysokoenergetyczne) promieniowanie rentgenowskie i gamma; jest to jednocześnie mechanizm chłodzenia plazmy. Jeżeli jednak, wskutek jakichś niestabilności, zmniejszy się emisja „miękkich" fotonów, to niewystarczająco chłodzona plazma może ulec rozgrzaniu do tak wysokich temperatur, że w wyniku może nastąpić generacja lawiny (kaskady) par elektron-pozytron. Te cząstki są z kolei efektywnie przyspieszane przez ciśnienie promieniowania z dysku i mogą osiągać obserwowane prędkości, pod warunkiem, że jasność źródła będzie większa od ok. 0.2 jasności krytycznej (Eddingtona). Oczywiście, scenariusz taki nie stanowi jeszcze pełnego rozwiązania problemu, brak jest np. odpowiedzi na pytanie, co może powodować




Rys. 2. Model geometryczny najlepiej odtwarzający obserwowane położenia dżetu w GRO J1655-40. Dwustronny dżet, wyrzucany z centralnego źródła, rotuje wokół osi odchylonej o 2 z okresem 3 dni. Oś rotacji tworzy kąt 85 z linią widzenia. Prędkość dżetu wynosi 0.92c. Model według artykułu Hjellming & Rupen 1995.

zmniejszenie emisji „miękkich" fotonów, tym niemniej stanowi zapewne krok w dobrą stronę.

Galaktyczne „mikro-kwazary" są oczywiście same w sobie obiektami niezwykle ciekawymi. Ich „praktyczne" zastosowanie nie ogranicza się jednak tylko do układów gwiazdowych: mamy nadzieję, że dzięki nim uda się także lepiej zrozumieć prawdziwe kwazary. Te ostatnie są co prawda średnio milion razy jaśniejsze, ale znajdują się 10 000 razy dalej, a więc strumień promieniowania od nich jest przynajmniej 100 razy mniejszy niż w przypadku obiektów Galaktycznych. Ponadto, rozmiary liniowe kwazarów są znacznie większe (promień horyzontu czarnej dziury zależy liniowo od jej masy!), co oznacza, że wszelkie zmiany zachodzą w dłuższych skalach czasowych i są przez to trudniejsze do monitorowania. Zawsze jednak, gdy o własnościach jakichś obiektów chcemy wnioskować przez analogię, powstaje pytanie o zasadność tej analogii. Podobieństwo zachowania w dziedzinie rentgenowskiej (szybka i nieregularna zmienność strumienia) aktywnych galaktyk i galaktycznych kandydatów na czarną dziurę jest w chwili obecnej chyba najlepszym argumentem za podobieństwem źródeł aktywności tych obiektów. Z drugiej jednak strony np. ciśnienie promieniowania jako mechanizm przyspieszania dżetów w radiogalaktykach zaproponowano już dosyć dawno. Okazało się jednak, że *nie* jest możliwe uzyskanie takich prędkości, jakie są obserwowane (odpowiadające czynnikowi Lorentza, $\Gamma \equiv 1/(1-\beta^2)^{1/2}$ większemu od 10), gdyż przy zbyt dużej prędkości promieniowanie hamuje ruch zamiast go przyspieszać. Prędkości w „mikro-kwazarach" są mniejsze i ten mechanizm wydaje się zadowalający, ale może to oznaczać, że analogia między kwazarami a „mikro-kwazarami" nie jest pełna.




Rys. 3. Obserwowany strumień promieniowania z GRO J1655-40: w zakresie rentgenowskim (górny rysunek) i radiowym (dolny rysunek). Strzałkami $R_1$, $R_2$ i $R_3$ zaznaczone są momenty wyrzutów plazmy, po których następował wzrost jasności radiowej. Widoczna jest korelacja zachowań w obu zakresach: wyrzuty plazmy następowały w pobliżu maksimum emisji rentgenowskiej, po czym strumień rentgenowski szybko zanikał (Harmon i in. 1995). JD oznacza datę juliańską.

**Literatura**


1. B.A. Harmon i in., „Correlations between X-ray outbursts and relativistic ejections in the X-ray transient GRO J1655-50", *Nature*, **374**, 703, (1995)

2. R.M. Hjellming & M. P. Rupen, „Episodic ejection of relativistic jets by the X-ray transient GRO J1655-40", *Nature*, **375**, 464, (1995)

3. I. F. Mirabel & L.F. Rodriguez, „A superluminal source in the Galaxy", *Nature*, **371**, 46, (1994)

4. I. F. Mirabel i in., „A double-sided radio jet from the compact galactic Centre annihilator 1E1740.7-2942", *Nature*, **358**, 215, (1992).



*Piotr Życki pracuje w CAMK-u w Warszawie. Interesuje się astronomią pozagalaktyczną. Ostatnio uzyskał doktorat – gratulujemy.*

*Odkrycie soczewek grawitacyjnych otworzyło przed astronomią nowe możliwości badania Wszechświata, wywołują one więc duże zainteresowanie wśród astronomów (por. obszerny artykuł K. Z. Stanka i B. Paczyńskiego w numerze 3/1993). Astronomowie koncentrują się głównie na możliwościach wykorzystania tych obiektów do badania różnych parametrów rozkładu materii we Wszechświecie, same soczewki są dla nich jedynie narzędziem. Niektóre własności fizyczne soczewek grawitacyjnych są ciekawe i można je opisać całkiem prosto. Z drugiej strony, teoretyczny opis soczewek grawitacyjnych opiera się na pewnych założeniach upraszczających, które nie we wszystkich sytuacjach astronomicznych są spełnione. Te właśnie aspekty soczewek grawitacyjnych są tematem niniejszego artykułu.*[1]

# Jeszcze o soczewkach grawitacyjnych

Andrzej Krasiński

**Przewidywania teoretyczne i odkrycie soczewek grawitacyjnych.**

Najstarsze sugestie, że światło powinno oddziaływać z polem grawitacyjnym, pochodzą z XVIII wieku. W r. 1783 angielski geolog i astronom John Michell napisał w liście do Henry'ego Cavendisha, że ciało swobodnie spadające z nieskończoności na obiekt o tej samej gęstości co Słońce, ale o promieniu 500 razy większym, miałoby przy jego powierzchni prędkość większą od prędkości światła. Wywnioskował stąd, że światło nie mogłoby uciec z powierzchni takiego obiektu.

Do podobnej konkluzji doszedł w r. 1796 Pierre Simon Laplace: jeśli obiekt o danej masie ma wystarczająco małe rozmiary, to prędkość ucieczki z jego powierzchni będzie większa od prędkości światła. Z perspektywy dzisiejszej wiedzy możemy powiedzieć, że Michell i Laplace przewidzieli istnienie czarnych dziur.

W r. 1801 monachijski astronom J. Soldner obliczył kąt ugięcia promienia świetlnego w polu grawitacyjnym gwiazdy. Jego obliczenie opierało się na spostrzeżeniu, że kąt ugięcia toru ciała masywnego nadlatującego z nieskończoności nie zależy od masy tego ciała, lecz tylko od jego prędkości w nieskończonej odległości od gwiazdy. Do odpowiedniego wzoru wystarczy więc podstawić prędkość światła - i wynik gotowy. Dla promienia prześlizgującego się po powierzchni Słońca, kąt ten wynosiłby 0.85 sekundy łuku.

Ten sam wynik uzyskał Einstein w r. 1911, nieco inną metodą.

Wszystkie opisane wyżej wyniki były sugestiami opartymi na nie całkiem ścisłych wywodach wykraczających poza zakres stosowalności teorii grawitacji Newtona. Poza tym, rozumowania Soldnera i Einsteina opierały się na założeniu, że promień świetlny porusza się w płaskiej czasoprzestrzeni. Kąt ugięcia promienia świetlnego ślizgającego się po powierzchni Słońca, obliczony za pomocą ogólnej teorii względności przy uwzględnieniu krzywizny czasoprzestrzeni jest dwukrotnie większy i wynosi 1.75 sekundy łuku. Ta właśnie wielkość jest równa, w granicach błędu obserwacji, kątowi zmierzonemu w r. 1919 przez A. Eddingtona. Pomiar Eddingtona był piewszym obserwacyjnym potwierdzeniem możliwości istnienia soczewek grawitacyjnych.

Pierwszego odkrycia soczewki grawitacyjnej dokonali D. Walsh, R. F. Carswell i R. J. Weymann w r. 1979. Zaobserwowali oni dwa kwazary o identycznych widmach i jednakowym przesunięciu ku czerwieni (wskazującym na tę samą odległość), oddalone od siebie o 6 sekund łuku (dalsze szczegóły - patrz artykuł Stanka i Paczyńskiego). Postawili hipotezę, że są to dwa obrazy tego samego kwazara utworzone przez soczewkę grawitacyjną. Hipoteza ta została potwierdzona rok później, gdy dwa zespoły obserwatorów wykryły galaktykę uginającą światło kwazara. Książka Schneidera, Ehlersa i Falco o soczewkach grawitacyjnych, wydana w r. 1992, wymienia 22 obiekty, co do których astronomowie nie mają wątpliwości, że są soczewkami grawitacyjnymi. Teoretyczny opis soczewek grawitacyjnych jest dziś bardzo obszernym działem astronomii, który wykształcił własne metody obliczeń, podobne do stosowanych w optyce geometrycznej.

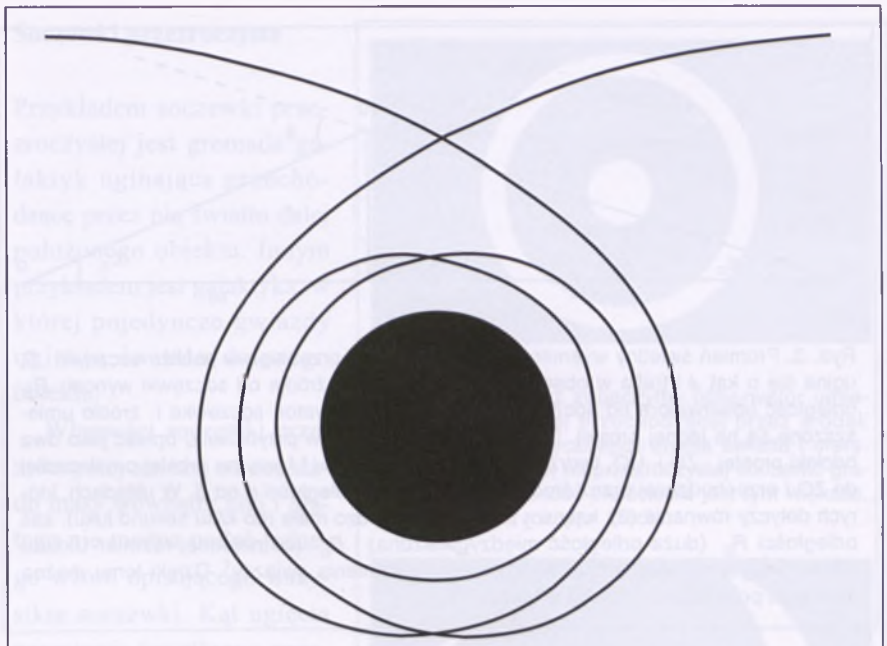
[1] Tekst niniejszego artykułu w dużej części (lecz nie w całości) pokrywa się z tekstem opublikowanym w „Delcie" nr 7/1995. „Delcie" dziękujemy za zgodę na wykorzystanie przez „Postępy" tego artykułu.

**Nieprzezroczysta soczewka kulista.**

Historycznie najstarszym modelem soczewki grawitacyjnej jest sferycznie symetryczny rozkład masy uginający promienie świetlne przechodzące w jego pobliżu. W takim przypadku, kąt ugięcia promienia wynosi:

$$\phi = 4\,GM/(c^2 d), \qquad (1)$$

gdzie G jest stałą grawitacyjną, $c$ - prędkością światła, $M$ - masą obiektu (soczewki), $d$ - najmniejszą odległością promienia od środka soczewki (Rys.1). Wzór (1) został wyprowadzony przez Einsteina z ogólnej teorii względności, ale przy kilku upraszczających założeniach, o których należy pamiętać przy posługiwaniu się nim. Najważniejszym założeniem jest, że $4GM/c^2$ jest wielokrotnie mniejsze od $d$, tzn. że obserwowany promień świetlny nie przebiega zbyt blisko środka soczewki. Dla Słońca założenie to jest spełnione automatycznie, ponieważ $4GM/c^2$ dla Słońca wynosi ok. 3 km, zaś promień Słońca jest równy ok. 700 000 km. Promień świetlny wycelowany w punkt leżący bliżej środka Słońca niż 700 000 km trafi w powierzchnię Słońca, zostanie pochłonięty i obserwacja ugięcia nie będzie możliwa. Promienie gwiazd neutronowych są jednak niewiele większe od $4GM/c^2$ , zaś promień horyzontu czarnej dziury wynosi $2\,GM/c^2$ . Promienie świetlne przebiegające blisko takich obiektów nie spełniają więc warunku, przy którym wzór (1) został wyprowadzony i nie można go w tych sytuacjach stosować. Sferycznie symetryczną czarną dziurę o masie $M$ otacza powierzchnia o promieniu równym $3GM/c^2$ (3/2 promienia horyzontu) nazywana czasem granicą stabilnych orbit fotonowych. Każdy promień świetlny, który trafi w tę powierzchnię od zewnątrz, zostanie przez czarną dziurę nieodwracalnie pochłonięty. Promień przebiegający blisko tej powierzchni może wykonać dowolnie wiele obiegów wokół czarnej dziury i potem oddalić się w kierunku tworzącym dowolnie duży kąt z kierunkiem początkowym (rys. 2). Widać stąd, że wzór (1) nie stosuje się do „masy punktowej"; samo to pojęcie nie jest w teorii względności dobrze zdefiniowane.

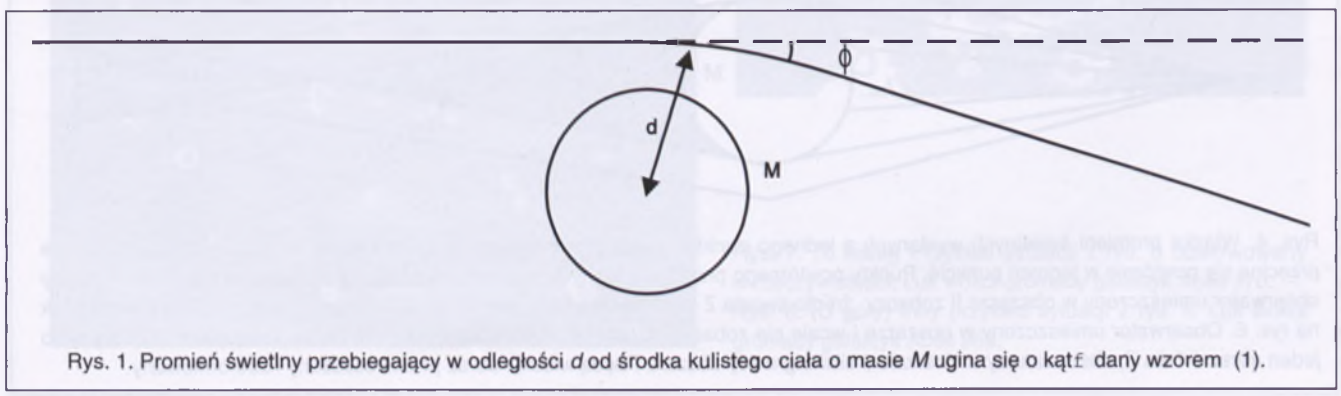


Rys. 2. Promień świetlny przebiegający blisko powierzchni czarnej dziury może wykonać wiele obiegów wokół niej i oddalić się w dowolnym kierunku. Kierunek końcowy jest jednoznacznie wyznaczony przez kierunek początkowy, ale wzór (1) nie stosuje się do tej sytuacji. Każdy promień, który trafi w powierzchnię kuli o promieniu równym 3/2 promienia horyzontu czarnej dziury, zostanie nieodwracalnie pochłonięty przez czarną dziurę.

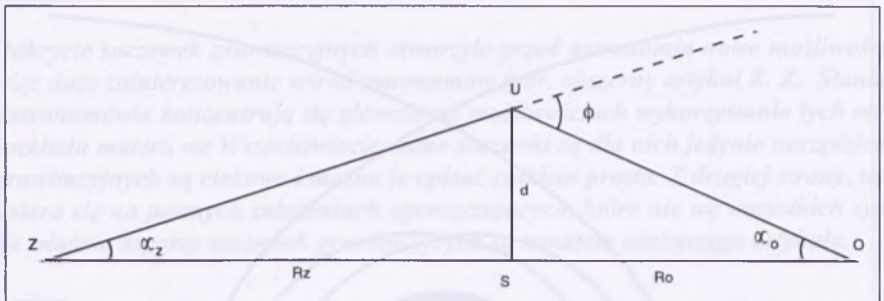
**Równanie soczewki grawitacyjnej**

W oparciu o wzór (1) można łatwo wyprowadzić „równanie soczewki grawitacyjnej", podobne do znanego wszystkim ze szkoły równania soczewki optycznej (por. rys. 3). W tym celu zrobimy dwa inne założenia upraszczające, spełnione tylko w przybliżeniu:

**1.** W rzeczywistości, tor promienia świetlnego w polu grawitacyjnym jest zakrzywiony na całej długości i przypomina kształtem hiperbolę. Poza bezpośrednim sąsiedztwem soczewki jego krzywizna jest jednak niewielka. Założymy więc, że promień biegnie od




Rys. 1. Promień świetlny przebiegający w odległości $d$ od środka kulistego ciała o masie $M$ ugina się o kąt $\varepsilon$ dany wzorem (1).




Rys. 3. Promień świetlny wyemitowany ze źródła *Z* przebiega w pobliżu soczewki *S*, ugina się o kąt $\phi$ i trafia w obserwatora O. Odległość źródła od soczewki wynosi $R_z$, odległość obserwatora od soczewki wynosi $R_0$. Obserwator, soczewka i źródło umieszczone są na jednej prostej. Drogę promienia można w przybliżeniu opisać jako dwa odcinki prostej, ZU i UO, tworzące ze sobą kąt $\phi$. Punkt U leży na prostej prostopadłej do ZO i przechodzącej przez środek soczewki S, w odległości d od S. W układach, których dotyczy równanie (2), kąty $\alpha_z$, $\alpha_o$ i $\phi$ są bardzo małe (do kilku sekund łuku), zaś odległości $R_z$ (duża odległość międzygwiezdna) i $R_0$ (co najmniej rozmiar Układu Planetarnego) są wielokrotnie większe od *d* (promienia gwiazdy). Dzięki temu można stosować przybliżenia opisane w tekście.

źródła Z po linii prostej do punktu U, po czym załamuje się i biegnie dalej do obserwatora O po innej prostej. Punkt U leży na prostej prostopadłej do ZO przechodzącej przez środek soczewki S.

**2.** Wysokość trójkąta ZUO, równa *d*, jest w przybliżeniu równa długości łuku okręgu o środku w Z zawartego pomiędzy odcinkami ZS i ZU i jest równocześnie w przybliżeniu równa długości łuku okręgu o środku w O zawartego pomiędzy odcinkami OS i OU. Te upraszczające założenia są spełnione w sytuacji, w której wzór (1) ma zastosowanie. Jeśli *d* jest odpowiednio duże, to kąt ugięcia jest niewielki (kilka sekund łuku!) i odcinki ZS oraz SO są wielokrotnie dłuższe od *d*. Z rysunku 3 mamy wtedy:

$$\alpha_z + \alpha_o = \phi = 4GM/(c^2 d),$$
$$d = R_z\,\alpha_z = R_o\,\alpha_o\,,$$

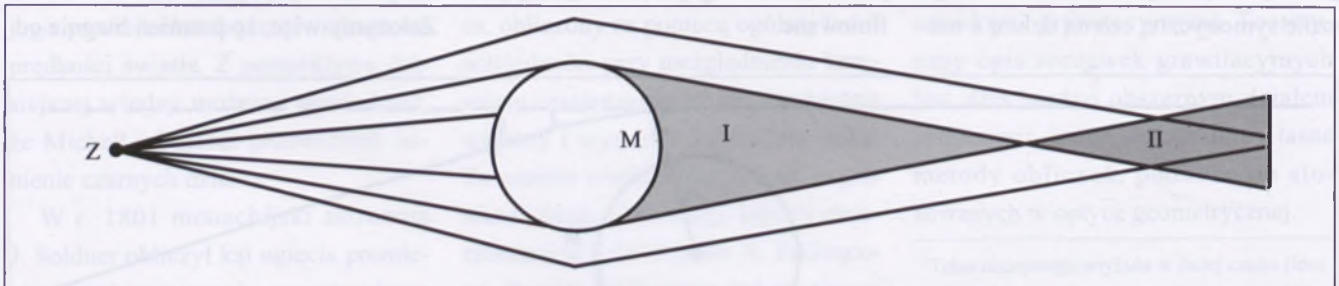
i stąd:

$$\frac{1}{R_z} + \frac{1}{R_o} = \frac{\alpha_z + \alpha_o}{d} = \frac{\phi}{d} = \frac{4GM}{c^2 d^2} \quad (2).$$

W analogicznym wzorze dla soczewki optycznej, po prawej stronie równania jest wielkość zależna tylko od kształtu soczewki ($1/f$, gdzie $f$ jest odległością ogniskową soczewki). W powyższym wzorze natomiast miejsce powtórnego przecięcia promienia z osią zależy od kierunku promienia (*d* jest inne dla każdego kierunku). Widać, że $R_0$ maleje przy wzroście $R_z$ i przy zmniejszaniu *d*. Najmniejsza możliwa wartość *d* jest równa promieniowi obiektu uginającego światło. Wartość $R_z$ może być dowolnie duża. Biorąc *d* równe promieniowi Słońca, *M* równe masie Słońca i $R_z$ nieskończenie wielkie, możemy obliczyć najmniejszą odległość obserwatora od Słońca, przy której mógłby on wykorzystać Słońce jako soczewkę grawitacyjną, tzn. mógłby zaobserwować dwa różne obrazy tej samej gwiazdy lub galaktyki po przeciwnych stronach tarczy słonecznej. Wynosi ona ok. $8.2 \cdot 10^{10}$ km (jest to długość obszaru I z rys. 4, patrz tekst poniżej). Odległość ta jest ok. 500 razy większa niż promień orbity Ziemi i ok. 12 razy większa niż promień orbity najdalszej planety, Plutona.

**Niektóre wnioski z równania (2)**

Jak już wspomniano powyżej, soczewka grawitacyjna opisywana wzorem (1), w przeciwieństwie do soczewki optycznej, nie potrafi skupić wiązki promieni świetlnych wyemitowanej z punktu z powrotem w jeden punkt (rys. 4). Zgodnie ze wzorem (1), promienie dalsze od osi optycznej uginają się o mniejszy kąt niż promienie bliskie osi – na odwrót niż w soczewce optycznej. „Obrazem" źródła punktowego utworzonym przez kulistą, nieprzezroczystą soczewkę grawitacyjną jest cały obszar II na rys. 4. Mimo to, obserwator umieszczony w obszarze II odbiera światło o większym natężeniu niż odbierałby bez udziału soczewki. Promienie, które rozbiegłyby się w dal od siebie, zostają skupione z powrotem do małego kąta. Soczewki grawitacyjne mogą więc pozwolić na obserwację dalszych obiektów, których światło docierające do Ziemi bez pośrednictwa soczewki byłoby zbyt słabe, aby je wykryć.



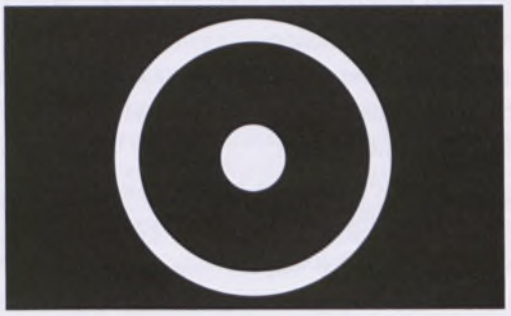

Rys. 4. Wiązka promieni świetlnych wysłanych z jednego punktu, ugięta przez sferycznie symetryczną nieprzezroczystą masę, nie przecina się powtórnie w jednym punkcie. Punkty powtórnego przecięcia różnych promieni znajdują się wszędzie w obszarze II. Każdy obserwator umieszczony w obszarze II zobaczy źródło światła Z jako pierścień taki jak na rys. 5, albo jako parę półksiężyców taką jak na rys. 6. Obserwator umieszczony w obszarze I wcale nie zobaczy źródła Z. Poza obszarami I i II, każdy obserwator zobaczy tylko jeden obraz źródła Z; obserwatorzy umieszczeni blisko granicy obszaru I będą widzieli obraz przemieszczony i zdeformowany.

Jeśli sferycznie symetryczne źródło światła i sferycznie symetryczna nieprzezroczysta soczewka są umieszczone na jednej osi z obserwatorem, to obserwator zobaczy źródło jako jasny pierścień dookoła soczewki (rys. 5). Szerokość pierścienia jest zależna od rozmiaru źródła, przy źródle punktowym pierścień byłby okręgiem (o zerowej grubości). Gdy obserwator nie znajduje się na jednej prostej ze źródłem i soczewką, ale jest blisko tej prostej, obraz rozciągłego źródła deformuje się w dwa półksiężyce (rys. 6). W obserwowanych przez astronomów soczewkach widać tylko jeden z nich, tak cienki, że wygląda jak łuk okręgu (rys. 7 i 8). W przypadku źródła punktowego, obserwator umieszczony blisko osi symetrii zobaczyłby dwa punkty po przeciwnych stronach soczewki. Obserwator umieszczony dalej od osi symetrii widziałby tylko jeden obraz, drugi obraz byłby zasłonięty przez samą soczewkę (rys. 4, poza obszarami I i II).

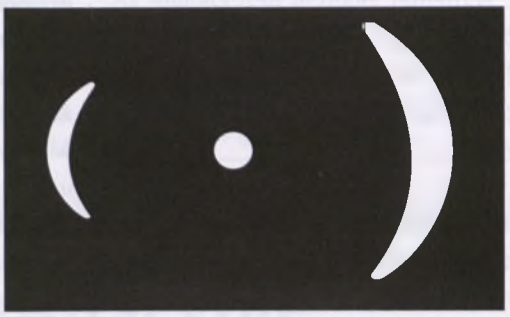
**Soczewki przezroczyste**

Przykładem soczewki przezroczystej jest gromada galaktyk uginająca przechodzące przez nią światło dalej położonego obiektu. Innym przykładem jest galaktyka, w której pojedyncze gwiazdy uginają światło dalszego obiektu.

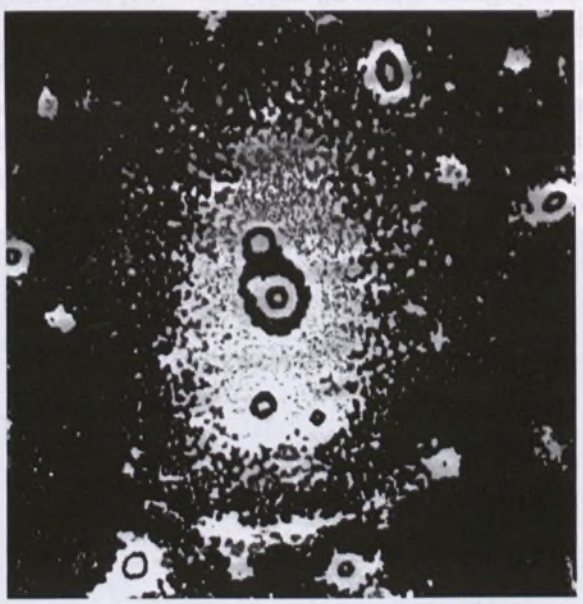
Własności soczewki przezroczystej zależą od rozkładu masy wewnątrz niej i dlatego nie można podać jednego wzoru opisującego wszystkie soczewki. Kąt ugięcia promienia świetlnego przechodzącego przez taką soczewkę oblicza się sumując kąty ugięcia spowodowane przez poszczególne małe elementy jej objętości; obliczenie takie można w większości przypadków wykonać tylko za pomocą komputera. Obliczenia te pokazują, że



Rys. 5. Taki obraz zobaczyłby obserwator umieszczony na prostej przechodzącej przez środek sferycznie symetrycznego źródła światła i sferycznie symetrycznej nieprzezroczystej soczewki grawitacyjnej. Szerokość pierścienia jest tym większa, im większy jest rozmiar źródła.



Rys.6. Taki obraz zobaczyłby obserwator umieszczony w obszarze II z rys. 4, ale w pewnej odległości od osi symetrii.



Rys. 7. (Z lewej) Przykład sytuacji z rys. 6 obserwowany w rzeczywistości. Łuk wokół gromady galaktyk Abell 370.
Rys. 8. (U góry) Inny przykład sytuacji z rys. 6. Łuk wokół gromady galaktyk Abell 963.

soczewki przezroczyste powinny mieć dwie ogólne własności:

**1.** Całkowita liczba obrazów małego (tzn. widocznego jako punkt) źródła światła jest nieparzysta.

**2.** Jeden z obrazów ma większą jasność niż miałby obraz obserwowany bez pośrednictwa soczewki

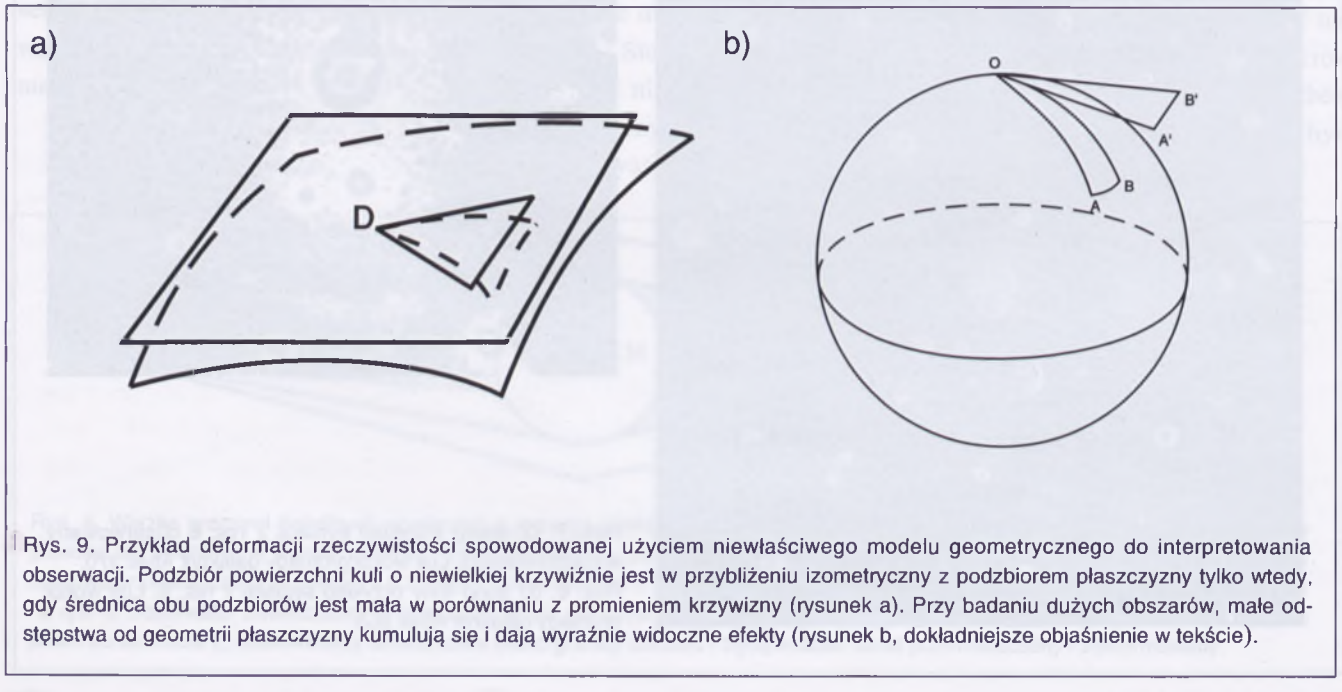
Nie wszystkie obserwacje potwierdzają pierwszą własność. Zakłada się, że w tych przypadkach, w których liczba obrazów jest parzysta, przynajmniej jeden z obrazów ma jasność mniejszą od progu wykrywalności.

Najlepiej znanym przykładem soczewki przezroczystej jest soczewka Huchry, zwana też Krzyżem Einsteina (patrz okładka Postępów Astronomii 3/1993).

**Problemy z wykorzystaniem soczewek grawitacyjnych w astronomii.**

Niektórzy astronomowie twierdzą, że odkrycie soczewek grawitacyjnych jest kolejnym potwierdzeniem obserwacyjnym teorii względności. Nie jest to ściśle zgodne z prawdą, fizycy stawiają swoim teoriom ostrzejsze wymagania niż zgodność z obserwacją na pierwszy rzut oka. Potwierdzeniem teorii względności byłaby zgodność kątów ugięcia w układzie obserwowanym z ich wartościami obliczonymi z teorii. Aby dokonać takiego porównania, musielibyśmy znać odległości źródła światła i soczewki od nas, rozkład masy w soczewce i rozkład jasności w źródle. Tego wszystkiego oczywiście nie wiemy.

Co więcej, wzór (1) jest bezceremonialnie stosowany w sytuacjach, w których nie jest spełnione inne ważne założenie, użyte przy jego wyprowadzaniu. Mianowicie zakłada się, że obiekt uginający promienie świetlne jest jedynym źródłem zakrzywienia czasoprzestrzeni: w granicy $M \to 0$ czasoprzestrzeń będąca tłem dla całego rachunku staje się ściśle płaska. Założenie to jest spełnione w przybliżeniu w obszarach, których rozmiary można uznać za małe z punktu widzenia kosmologii (np. w objętości obejmującej dwie sąsiednie galaktyki). W sytuacji, w której źródłem światła jest kwazar, założenie to jest złamane. Kwazary leżą w takich odległościach od naszej Galaktyki, które są duże w skali kosmologicznej. Przy badaniu geometrii tak dużych obszarów skutki niezerowej krzywizny czasoprzestrzeni stają się mierzalne, nawet jeśli krzywizna jest mała. Problem ten ilustruje rys. 9 na przykładzie dwuwymiarowej powierzchni kuli. Jeśli rozpatrujemy obszar o rozmiarach małych w porównaniu z promieniem krzywizny (rys. 9a), to jest on w przybliżeniu izometryczny z podzbiorem płaszczyzny o takich samych rozmiarach. Mimo to, nawet jeśli krzywizna jest bardzo mała (tzn. promień krzywizny bardzo duży), obszary o dużych (w porównaniu z promieniem krzywizny) rozmiarach mają geometrię wyraźnie inną niż płaszczyzna. Załóżmy (patrz rys. 9b), że obserwator umieszczony w punkcie O odbiera promienie świetlne wysłane z punktów A i B, przy czym promienie te poruszają się po najkrótszych możliwych drogach, tzn. po łukach kół wielkich na powierzchni kuli. Jeśli obserwator umie mierzyć odległości, ale nie wie, że żyje w zakrzywionej przestrzeni i interpretuje wyniki swoich obserwacji za pomocą geometrii euklidesowej, to wywnioskuje, że punkty A i B znajdują się w pozycjach A' i B' i że ich odległość jest równa długości odcinka prostej A'B'. Rzeczywista odległość punktów A i B jest równa długości łuku koła wielkiego AB i jest mniejsza od długości odcinka A'B'. Jeśli odległości punktów A i B od O przekraczają 1/4 obwodu kuli, to rozbieżność interpretacji z rzeczywistością staje się drastyczna: na kuli, przy wzroście odległości OA i OB, odległość AB maleje, natomiast odległość A'B' rośnie.




Rys. 9. Przykład deformacji rzeczywistości spowodowanej użyciem niewłaściwego modelu geometrycznego do interpretowania obserwacji. Podzbiór powierzchni kuli o niewielkiej krzywiźnie jest w przybliżeniu izometryczny z podzbiorem płaszczyzny tylko wtedy, gdy średnica obu podzbiorów jest mała w porównaniu z promieniem krzywizny (rysunek a). Przy badaniu dużych obszarów, małe odstępstwa od geometrii płaszczyzny kumulują się i dają wyraźnie widoczne efekty (rysunek b, dokładniejsze objaśnienie w tekście).

Rys. 9 opisuje pewien rzeczywisty problem kosmologiczny, ale tylko jakościowo i w dużym uproszczeniu. Modelem naszego Wszechświata jest czterowymiarowa czasoprzestrzeń, której krzywizna nie daje się opisać tylko jedną liczbą, jak krzywizna dwuwymiarowej powierzchni. W używanym powszechnie uproszczonym modelu, nazywanym modelem Robertsona - Walkera, krzywizna ta zależy tylko od jednej funkcji czasu i zmienia się z upływem czasu. Docierające do nas z daleka promienie świetlne poruszały się więc w przestrzeni, której krzywizna była inna w każdym punkcie ich toru. Realistyczny opis promieni świetlnych docierających do nas od kwazarów powinien uwzględniać te komplikacje: należałoby opisywać je w takim modelu czasoprzestrzeni, którego geometria po przejściu granicznym $M \to 0$ staje się, przynajmniej w przybliżeniu, geometrią Robertsona – Walkera. Autor niniejszego artykułu wie tylko o dwu pracach, w których zastosowano taki opis. Świadomość istnienia tego problemu wymaga upowszechnienia.

**Polscy autorzy piszący o soczewkach grawitacyjnych używają zwykle wyrażenia „soczewkowanie grawitacyjne" oraz czasownika „soczewkować". Istnieją w języku polskim inne czasowniki utworzone od nazwy przedmiotu, służącego do wykonywania danej czynności, np. „pedałować" albo „łyżeczkować". Robią one często wrażenie prostackich (jak w przypadku „pedałowania" albo „pałowania") albo dziwacznych („łyżeczkowanie" jest terminem medycznym). Dobrze byłoby zastąpić kojarzące się z nimi „soczewkowanie" zgrabniejszym terminem, zanim przyjmie się na dobre. „Ogniskowanie" budzi opory, ponieważ, jak wyjaśniono w artykule, soczewka grawitacyjna, w przeciwieństwie do optycznej, nie ma ogniska. Może ktoś ma dobry pomysł?**

*Andrzej Krasiński jest astrofizykiem w CAMK-u w Warszawie. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się na teoriach kosmologicznych. W PA pisał o sprawie Galileusza.*

**z ostatniej chwili**

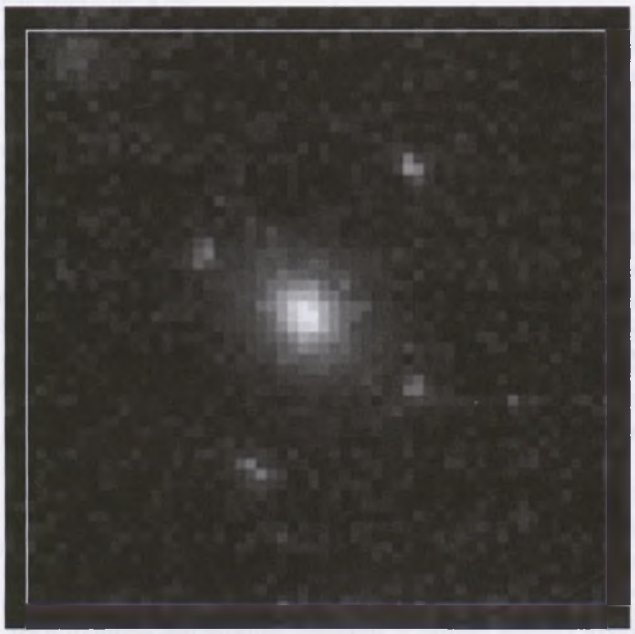
# Nowe soczewki grawitacyjne

Gdy w swych badaniach teoretycznych Albert Einstein przewidział istnienie soczewek grawitacyjnych uczynił następującą uwagę: „nie ma wielkich szans, aby zaobserwować to zjawisko". Było ono wówczas rzeczywiście poza zasięgiem możliwości ówczesnych teleskopów.Dziś sytuacja jest inna i zarówno teleskopy naziemne jak i Teleskop Kosmiczny Hubble'a są wprzęgnięte w poszukiwanie tego rodzaju zjawisk. W innym miejscu tego zeszytu „Postępów" przedstawiamy fizykę zjawiska soczewkowania grawitacyjnego i praktyczne pożytki, jakie z niego płyną dla poznania zarówno naszej Galaktyki, jak i struktury całego Wszechświata. A tu dostarczamy Czytelnikom „jeszcze ciepłe" (ogłoszone przez NASA 18 października 95) odkrycie Teleskopu Kosmicznego w tej dziedzinie. Kaven Ratnatunga ze swymi kolegami z Uniwersytetu Hopkinsa w Baltimore, posługując się kamerą WFPC2 HST, odkrył dwa nowe obiekty należące do bardzo rzadkiej klasy kwadrupolowych (krzyżowych) soczewek grawitacyjnych. Na prezentowanym tu zdjęciu widzimy jeden z nowo odkrytych obiektów: położona w środku nowa galaktyka eliptyczna otoczona jest błękitnymi rozmieszczonymi krzyżowo obiektami, które właśnie są efektem soczewkowania grawitacyjnego. Autorzy odkrycia sądzą, że takich obiektów na sklepieniu nieba jest około 0,5 miliona, ale HST pracując jak dotychczas zdolny jest odkrywać 3 takie soczewki na rok.

Soczewki grawitacyjne są obserwowane od roku 1979. Rodzaj kwadrupolowy soczewek jest niezwykle rzadko obserwowany: dotychczas znane były tylko 2 i to dość osobliwe przypadki . Pierwszy, odkryty w 1985 roku „Krzyż Einsteina" to prawdopodobnie bardzo daleki kwazar „soczewkowany" przez czarną dziurę znajdującą się w centrum pobliskiej jasnej galaktyki. Drugi, odkryty w 1988 roku to „Liść koniczynki" – kwazar „soczewkowany" przez nieznaną masę.

Przeprowadzona, z analizy nowo odkrytych dwóch kwadrupolowych soczewek grawitacyjnych, ocena gęstości materii w przestrzeni przebieganej przez światło pochodzące z nowo odkrytych obiektów wskazuje na jej małą średnią wartość. A zatem spełniony byłby warunek pozwalający na wieczne rozszerzanie się Wszechświata.

(aw)



# PIERŚCIENIE SATURNA NIEWIDOCZNE

Kosmiczny Teleskop Hubble'a wykonał 22 maja 1995 r. zdjęcie Saturna w momencie, gdy płaszczyzna pierścieni planety zwrócona była prostopadle do obiektywu teleskopu. Zjawisko to obserwować można co ok. 15 lat, gdy Ziemia przechodzi przez płaszczyznę orbity Saturna.

Dla porównania, górne zdjęcie (fot.1) wykonane przez Teleskop Kosmiczny 1 grudnia 1994 r., pokazuje pierścienie w najkorzystniejszym położeniu dla ziemskiego obserwatora. Dolne zdjęcie (fot.2) wykonano na krótko przed przejściem Ziemi przez płaszczyznę pierścieni. Pierścienie nie zniknęły zupełnie, ponieważ ich krawędź odbija światło słoneczne.

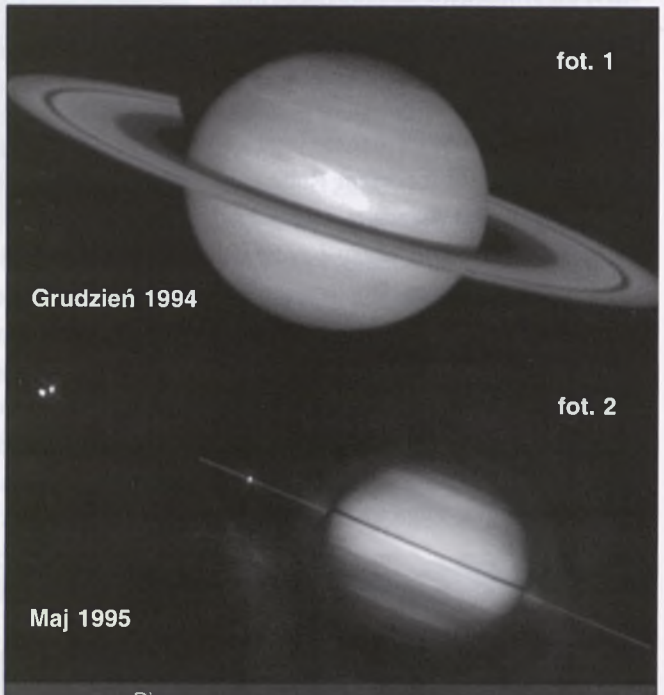
Ciemne pasmo w pobliżu środka tarczy Saturna jest cieniem pierścieni rzucanym na planetę. Słońce znajdowało się w tym momencie ok. 3° powyżej płaszczyzny pierścieni. Jaskrawy prążek bezpośrednio nad cieniem, to efekt odbijania się światła słonecznego od pierścieni w kierunku atmosfery Saturna.

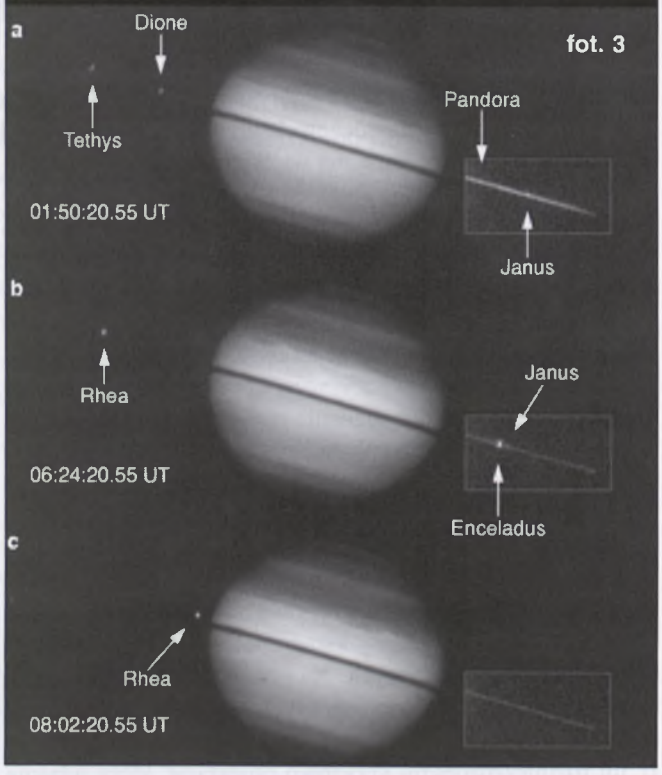
Dwa lodowe księżyce Saturna widoczne są jako małe gwiazdopodobne obiekty w pobliżu płaszczyzny pierścieni. Są to (od lewej) Tethys – trochę nad płaszczyzną pierścieni – oraz Dione.

Obserwacja może być wykorzystana do wyznaczenia momentu przejścia Ziemi przez płaszczyznę pierścieni i grubości głównych pierścieni oraz do poszukiwania nieznanych nam dotychczas księżyców planety. Znajomość dokładnego momentu przejścia Ziemi przez płaszczyznę pierścieni Saturna jest przydatna do określenia, jak bardzo Saturn „chwieje się" wokół własnej osi (precesja biegunowa). Dotychczasowe badania precesji biegunowej Saturna, oparte na danych uzyskanych z obserwacji zakryć gwiazd (łącznie z zakryciem z 1991 r., obserwowanym przy użyciu Szybkiego Fotometru HSP z pokładu Teleskopu Kosmicznego), dały szeroki zakres wartości współczynnika precesji. Obecne obserwacje stwarzają doskonałą okazję do lepszego wyznaczenia tej wielkości.

Górne zdjęcie przedstawia obraz w świetle widzialnym. Tarcza Saturna jest inna od tej na dolnym zdjęciu, ponieważ został użyty wąskopasmowy filtr (przepuszczający tylko światło, którego nie absorbuje gaz neutronowy w atmosferze Saturna) w celu zredukowania jasnego blasku planety. Pomimo, iż Saturn znajdował się w odległości ok. 1.5 mld km, Teleskop Kosmiczny umożliwił dostrzeżenie szczegółów nawet o średnicy mniejszej od 725 km.

Prezentowana obok kolejna sekwencja zdjęć (fot.3) z Kosmicznego Teleskopu Hubble'a przedstawia rzadkie ujęcia astronomiczne – wspaniały układ pierścieni Saturna obserwowany w jego płaszczyźnie. Zdjęcia te, podobnie jak i poprzednie, zostały wykonane 22 maja 1995 r. Na każdym zdjęciu ciemne pasmo w poprzek Saturna jest cieniem jego




pierścieni. W czasie wykonywania zdjęć Słońce znajdowało się 2°.7 ponad płaszczyzną pierścieni Saturna.

Ramki wokół zachodniej części pierścieni (na prawo od Saturna) oznaczają obszar, w którym słabe światło odbite od pierścieni zostało zwielokrotnione podczas obróbki zdjęcia (o czynnik 25), aby pierścienie były bardziej widoczne.

Górne zdjęcie (fot. 3a) zostało wykonane, gdy Ziemia była nad jasną płaszczyzną pierścieni. Księżyce Tethys i Dione są widoczne na wschód (na lewo) od Saturna. Janus jest jas-

ną plamą w pobliżu środkowej części pierścieni w ramce, zaś Pandora jest słabo widoczna tuż obok lewej wewnętrznej krawędzi ramki. W atmosferze Saturna zauważalne są szczegóły, takie jak np. liczne pasma na obu półkulach – północnej i południowej, subtelne struktury na północnym krańcu strefy równikowej oraz jasny obszar nad cieniem pierścieni, który jest wywołany przez światło słoneczne odbijające się od pierścieni w kierunku atmosfery. Widoczne są także słabe obłoki biegunowe nad północnym i południowym biegunem Saturna.

Zdjęcie środkowe (fot. 3b) zostało wykonane w czasie przejścia Ziemi przez płaszczyznę pierścieni Saturna. Pierścienie są o 75% słabsze niż na górnym zdjęciu, chociaż nie znikają one zupełnie, ponieważ pionowa płaszczyzna pierścieni lekko odbija światło słoneczne, gdy pierścienie są skierowane do obserwatora krawędzią. Rhea widoczna jest na wschód od Saturna, Enceladus jest jasnym księżycem wśród pierścieni w kierunku zachodnim, natomiast Janus jest słabym punkcikiem na prawo od niego. Pandora jest trochę na lewo od Enceladusa, ale nie jest widoczna, ponieważ Enceladus jest zbyt jasny. Owalny twór atmosferyczny w pobliżu wschodniej krawędzi planety, na północnym krańcu strefy równikowej jest w ciągłym ruchu.

Dolne zdjęcie (fot.3c) zostało wykonane ok. 96 minut po środkowym (czas jednego obiegu Teleskopu Hubble'a wokół Ziemi). Pierścienie są o 10% jaśniejsze niż na poprzednim zdjęciu. Rhea widoczna jest teraz dalej od wschodniej krawędzi tarczy Saturna i rzuca cień na południową półkulę planety. Podczas wykonywania tego zdjęcia Ziemia i Słońce znajdowały się po przeciwnej stronie płaszczyzny pierścieni Saturna (pozostawały w tej konfiguracji do 10 sierpnia 1995r.). Wir atmosferyczny obraca się wokół środka tarczy planety, a podążają za nim subtelniejsze struktury w jasnym pasmie obłoków, przypominające strukturę widoczną podczas burzy obserwowanej na Saturnie w 1990 r. (zob. niżej).

Każde z tych zdjęć powstało w wyniku 7-sekundowej ekspozycji w pasmie 8922 (absorpcyjne pasmo metanu). Na wszystkich zdjęciach północ jest u góry, zaś wschód – po lewej stronie.

Po raz drugi w 1995 r. Teleskop Kosmiczny obserwował pierścienie Saturna zwrócone krawędzią ku Ziemi 10 sierpnia, gdy planeta znajdowała się w odległości 1440 mln km. Teleskop Hubble'a wykonał zdjęcia w czasie, gdy Ziemia ponownie przecinała płaszczyznę pierścieni Saturna i prze-

## Jak często Ziemia przechodzi przez płaszczyznę pierścieni Saturna?

Saturn obiega Słońce w ciągu 29.5 lat. Płaszczyzna pierścieni Saturna jest nachylona do płaszczyzny orbity planety pod kątem 26°,7. Dwukrotnie podczas jednego obiegu pierścienie zwrócone są krawędzią ku Słońcu. Ponieważ Ziemia (patrząc z Saturna) znajduje się w pobliżu Słońca, zatem przecina ona płaszczyznę pierścieni praktycznie wraz ze Słońcem. Ponadto warto zauważyć, że:

- w ciągu 15 lat (połowa okresu obiegu Saturna) zdarza się jedno albo trzy przejścia Ziemi przez płaszczyznę pierścieni;
- jeśli zachodzi jedno przejście, Saturn i Ziemia muszą być w pobliżu opozycji względem Słońca i dlatego wykonanie obserwacji takiego zjawiska jest trudne;
- jeśli zachodzą trzy przejścia, to środkowe wypada w pobliżu opozycji, zaś pozostałe dwa zdarzają się, gdy Ziemia i Saturn są w kwadraturze;
- prawdopodobieństwo potrójnego przejścia wynosi ok. 53%, a pojedynczego – ok. 47%;
- bardzo rzadko zdarza się, że Ziemia znajdzie się w pobliżu płaszczyzny pierścieni Saturna i nie przetnie jej (ostatnio zdarzyło się to 28 czerwca 1936r., gdy nasza planeta przeszła w odległości 0°,0001 na północ od płaszczyzny pierścieni Saturna).

Obecne przejście, podobnie jak te z lat 1966 i 1970-80, jest potrójne. Pierwsze zaszło 21-22 maja 1995r. Planeta Saturn znalazła się w rzadkim położeniu względem obserwatora ziemskiego, które ostatnio wystąpiło przed spotkaniem sond „Voyager" ze światem tego gazowego giganta – Ziemia znalazła się na południe od płaszczyzny pierścieni. Drugie przejście (N→S) nastąpiło 10 sierpnia 1995r., a ostatnie tej serii (N→S) zajdzie 11 lutego 1996r. Słońce przetnie płaszczyznę pierścieni 19 listopada 1995r. i znajdzie się na południe od płaszczyzny pierścieni. Teleskop kosmiczny będzie uczestniczył w obserwacji wszystkich zjawisk, z wyjątkiem ostatniego przejścia Ziemi w lutym 1996 roku.

Ziemia znajduje się po drugiej stronie płaszczyzny pierścieni Saturna w interwałach 13-16 letniego. Niestety, najbliższe dwa zjawiska tego typu nie będą dostępne dla obserwatorów na Ziemi. Gdy nasza planeta przetnie płaszczyznę pierścieni 4 września 2009r., Saturn będzie się znajdował na niebie w odległości tylko 11° na wschód od Słońca, a przy następnej okazji – 24 marca 2025r. – 10° na zachód od naszej gwiazdy. Najbliższe widoczne z Ziemi zjawisko będzie potrójne:

- 15 października 2038r. – Saturn 28° na zachód od Słońca (przejście S→N),
- 1 kwietnia 2039r. – Saturn 143° na wschód od Słońca (przejście N→S),
- 9 lipca 2039r. – Saturn 66° na wschód od Słońca (przejście S→N).

Natomiast przejścia Słońca przez płaszczyznę pierścieni Saturna będą następujące:

- 10 sierpnia 2009r. (przejście S→N),
- 6 maja 2025r. (przejście N→S),
- 22 stycznia 2039r. (przejście S→N).

chodziła na ich oświetloną stronę. Kilka lodowych księżyców Saturna widać na zdjęciu jako słabe obiekty gwiazdopodobne w pobliżu płaszczyzny pierścieni. Są to (od lewej): Enceladus, Tethys, Dione i Mimas. Dane z Teleskopu Hubble'a pokazują liczne słabe satelity zamknięte wewnątrz jasnych pierścieni, ale upłynie kilka miesięcy zanim uda się je dokładnie zidentyfikować. Podczas majowych obserwacji udało się dostrzec dwa, a może nawet cztery nowe księżyce Saturna (zob. niżej). Nowe obserwacje dostarczyły lepszych obrazów słabego pierścienia E, które pomogą określić rozmiary cząstek i określić prawdopodobieństwo zderzenia w szczelinie Cassiniego. Zdjęcia, które zamieszczamy, zostały wykonane przy użyciu Szerokokątnej Kamery Planetarnej (WFPC2) i są kompozycją obrazów, powstałą ze złożenia dłuższej ekspozycji słabych pierścieni i krótszej ekspozycji tarczy Saturna, wykonaną w celu uwidocznienia szczegółów. Pierścienie obserwowane wtedy, gdy są zwrócone krawędzią do obserwatora niemal nikną, ponieważ są bardzo cienkie – prawdopodobnie mają mniej niż 2 km grubości.

# NOWE KSIĘŻYCE SATURNA

Na podstawie zdjęć Saturna wykonanych 22 maja 1995r., gdy płaszczyzna pierścieni zwrócona była krawędzią do Ziemi, dokonano odkrycia co najmniej dwóch, a prawdopodobnie aż czterech nowych księżyców obiegających tę olbrzymią planetę.

Amanda S. Bosh (Lovell Observatory, Flagstaff, Arizona) i Andrew S. Rivkin (także Lovell Observatory oraz University of Arizona, Lunar and Planetary Laboratory) ogłosili o tym odkryciu 27 lipca w telegramie Międzynarodowej Unii Astronomicznej.

Obserwatorzy byli całkowicie zaskoczeni swym odkryciem, bowiem poszukiwanie nowych satelitów Saturna nie było celem ich pracy. Dwa z nowo zaobserwowanych przez HST księżyców Saturna znajdują się na orbitach podobnych do innych dwóch księżyców – Atlasa i Prometeusza – odkrytych w 1980 r. w czasie przelotów sond kosmicznych „Voyager-1'' i „Voyager 2''.

Dodatkowe obserwacje Saturna przez Teleskop Hubble'a, wykonane gdy Ziemia ponownie przecięła płaszczyznę pierścieni 10 sierpnia, dostarczyły większej ilości zdjęć, które posłużą do wyjaśnienia, czy dwa z czterech satelitów odkrytych przez Teleskop Hubble'a są rzeczywiście nowe, czy też nie. Jeżeli wszystkie cztery księżyce są nowe, to łączna ilość znanych księżyców Saturna zwiększy się z 18 do 22.

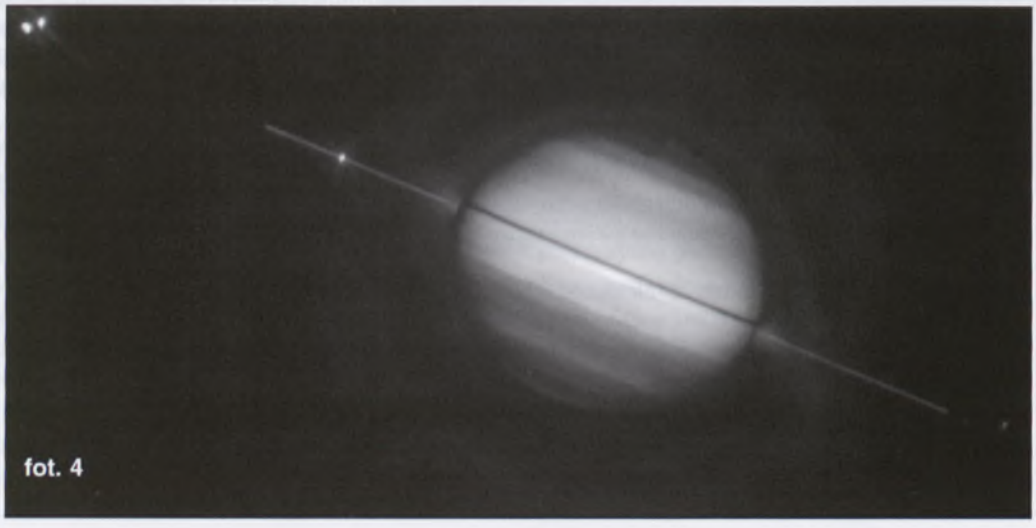
Dwa z nowych księżyców (oznaczone jako S/1995 S1 i S2) znajdują się wewnątrz cienkiego, spłaszczonego pierścienia F. Trzeci księżyc (S3) umieszczony jest nieco na zewnątrz pierścienia F. Natomiast czwarty z księżyców (S4) jest ok. 6700 km za pierścieniem F. Księżyce mają średnice nie większe niż 80 km.

Wyraźne zdjęcia z Teleskopu Hubble'a są idealne do odkrywania nowych, słabych księżyców, które dotąd nie były obserwowane. Astronomowie zidentyfikowali nowe księżyce przy pierwszej obróbce zdjęć z Teleskopu Kosmicznego, odejmując słabe światło krawędzi pierścienia i oznaczając położenia znanych satelitów Saturna. Po tych zabiegach stało się jasne, że badacze widzą cztery obiekty przemieszczające się na kolejnych zdjęciach, nie odpowiadające żadnemu ze znanych księżyców.

Za wyjątkiem S4, z którego odnalezieniem na kilku zdjęciach były kłopoty, pozostałe trzy księżyce śledzone były przez 10 godzin, aż okrążyły one planetę.

Płaszczyzna pierścieni Saturna zwraca się krawędzią w kierunku Ziemi co ok. 15 lat i historycznie rzecz biorąc – jest to okazja do odkrywania księżyców, które w innym okresie giną w jaskrawym blasku układu pierścieni planety. Astronomowie odkryli 13 księżyców Saturna podczas takich korzystnych konfiguracji w latach 1655 – 1980. Pozostałe księżyce zostały odkryte podczas przelotów amerykańskich sond kosmicznych „Voyager'' na początku lat 80-tych.

Kolejne po 10 sierpnia 1995 r. przejście Ziemi przez płaszczyznę pierścieni Saturna widoczne z Ziemi nastąpi w 2038r. Podobne konfiguracje wystąpią w latach 2009 i 2025, ale Saturn na ziemskim niebie będzie znajdować się zbyt blisko Słońca, aby móc go obserwować.



fot. 4

## Księżyce Saturna odkryte w czasie gdy Ziemia znajdowała się w pobliżu płaszczyzny pierścieni planety

| KSIĘŻYC | Pierścienie zwrócone krawędzią ku Ziemi | Rok odkrycia | Odkrywcy |
|---|---|---|---|
| Tytan | 1655-56 | 1655 | Ch. Huygens |
| Japetus | 1671-72 | 1671 | G.D. Cassini |
| Rhea | 1671-72 | 1672 | G.D. Cassini |
| Tethys | 1685 | 1684 | G.D. Cassini |
| Dione | 1685 | 1684 | G.D. Cassini |
| Enceladus | 1789-90 | 1789 | W. Herschel |
| Mimas | 1789-90 | 1789 | W. Herschel |
| Hiperion | 1848-49 | 1848 | W. Bond, G. Bond, W.Lassel |
| Janus | 1966 | 1966 | A. Dollfus |
| Epimetheus | 1966 | 1966 | J. Fountain, S. Larson, R. Walker |
| Telesto | 1979-80 | 1980 | B. Smith, S. Larson, H. Reitsema |
| Calipso | 1979-80 | 1980 | D. Pascu, P.K. Seidelmann, W. Baum, D. Currie |
| Helene | 1979-80 | 1980 | P. Laques, J. Lecacheux |

**UWAGA:** Odkrycie pięciu księżyców nie było związane z przejściami Ziemi przez płaszczyznę pierścieni Saturna. Phoebe został odnaleziony fotograficznie przez W. Pickeringa w 1897r., natomiast Pan, Atlas, Prometheus i Pandora zostały odkryte na zdjęciach z sond „Voyager" z lat 1980-81.

## Zakrycie gwiazdy przez Saturna podczas przejścia Słońca przez płaszczyznę pierścieni planety

W dniach 20-21 listopada 1995r. Saturn i jego pierścienie zakryły gwiazdę oznaczoną w katalogu gwiazd Teleskopu Kosmicznego jako GSC 5249-01240. Amanda Bosh z Lovell Obserwatory i jej współpracownik Jim Elliot z Massachussetts Institute of Technology, użyli do obserwacji tego zjawiska Spektografu do Słabych Obiektów (FOS). Zakrycie zaszło w pobliżu punktu stacjonarnego orbity Saturna, gdy jego pozorna prędkość była mała. Przypadkiem zdarzyło się to w czasie przejścia Słońca przez płaszczyznę pierścieni, a więc pierścienie wydawały się ciemniejsze niż zwykle. Wszystko to sprawia, że oczekuje się interesujących wyników obserwacji tego zjawiska.

Podczas zakrycia gwiazdy, planeta przechodzi między gwiazdą a obserwatorem. Gwiazda staje się swoistym „próbnikiem" planety, umożliwiając badaczom określenie temperatury i składu chemicznego zakrywającej gwiazdę atmosfery planety oraz zbadanie sruktury pierścieni otaczających planetę. Zjawisko tego rodzaju przyczyniło się do odkrycia pierścieni Urana w 1977r. oraz do wykrycia atmosfery Plutona w 1988r. Ponieważ zjawisko to nastąpiło w pobliżu punktu stacjonarnego, ruch Teleskopu Kosmicznego po orbicie okołoziemskiej wywołał efekt paralaksy, skutkujący kilkakrotnym przejściem gwiazdy przez atmosferę i pierścienie Saturna.

Obserwacje zjawiska umożliwiają:

•zbadanie struktury atmosfery Saturna (w obszarze o ciśnieniu 1-100 mikrobarów, który był niedostępny dla instrumentów sond „Voyager");
• określenie, jak zmienia się skład i temperatura atmosfery Saturna wraz ze zmianą szerokości planetograficznej;
• poszukiwanie w pierścieniach obszarów o małej przejrzystości optycznej (z rozdzielczością liniową lepszą niż 1 km).

## Misje sond kosmicznych do Saturna

| NAZWA SONDY | Data wystrzelenia | Data największego zbliżenia | Najmniejsza odległość od górnych warstw atmosfery |
|---|---|---|---|
| Pioneer 11 | 6 kwietnia 1973r. | 1 września 1979r. | 24 000 km |
| Voyager1 | 20 sierpnia 1977r. | 12 listopada 1980r. | 64 200 km |
| Voyager2 | 5 września 1977r. | 25 sierpnia 1981r. | 41 000 km |
| Cassini | 1997r. | czerwiec 2004r. | |

# BURZA NA SATURNIE

Zdjęcie Saturna wykonane przez HST 1 grudnia 1994 r., (fot. 1 i na rozkładówce) przedstawia rzadkie zjawisko – gigantyczną burzę w okolicach równikowych tej planety. Burza jest wywołana przez unoszenie gorących obszarów atmosfery, podobnie jak na Ziemi. Średnica tej burzy, mierzona w kierunku wschód-zachód jest równa średnicy Ziemi (ok. 12000 km). Nowe zdjęcia pokazują, że położenie burzy i jej rozmiary zmieniły się nieco od jej odkrycia we wrześniu 1994 r.

Zdjęcie jest kompozycją obrazów otrzymanych w różnych barwach w ciągu 6 minut, wykonanych w celu uzyskania zdjęcia w „prawdziwych'' barwach. Niebieska obwódka na prawej krawędzi tarczy planety jest rezultatem procesu obróbki zdjęcia, użytym do zredukowania ruchu planety podczas ekspozycji.

Zdjęcia z Teleskopu Hubble'a są wystarczająco ostre, aby stwierdzić, że występujące na Saturnie wiatry kształtują ciemny „klin'', który widać po zachodniej (lewej) stronie jasnego obłoku centralnego. Najsilniejsze są wiatry wschodnie występujące na szerokości „klina''. Z analizy zdjęć wykonanych przez sondy „Voyager'' w latach 1980-81 prędkość szacowana jest na 1600 km/h. Na północ od tego tworu w kształcie strzały, wiatry zmniejszają się na tyle, że środek burzy przesuwa się na wschód względem otoczenia. Chmury rozwijające się na północ od burzy są przemieszczane na zachód przez wiatry wiejące na wyższych szerokościach. Silne wiatry w pobliżu szerokości ciemnego „klina'' wiejące nad północną częścią burzy, powodują powstawanie wtórnych zaburzeń, generujących słabe białe chmury na wschód (na prawo) od środka burzy.

Białe chmury burzowe składają się z kryształków amoniaku, powstałych gdy wznoszące się ku górze gorące gazy napotkały na swej drodze lodowate chmury. Obecna burza jest większa niż te, które są wywoływane przez białe chmury odpowiedzialne za małe burze, odnotowywane częściej.

Teleskop Kosmiczny obserwował podobną, lecz większą burzę we wrześniu 1990 r. Była ona jedną z trzech wielkich burz na Saturnie, dostrzeżonych w ciągu ostatnich dwóch stuleci. Mimo, że zjawiska te oddalone są od siebie o ok. 57 lat (mniej więcej 2 lata saturnowe), dotąd nie wiemy dlaczego zdarzają się one cyklicznie, gdy na północnej półkuli planety panuje lato.

Dostępna obserwacjom „powierzchnia" Saturna jest pokryta obłokami złożonymi głównie z kryształów amoniaku. Słabe kolory i odcienie spowodowane są prawdopodobnie występowaniem związków siarki lub fosforu i złożonych molekuł węglowodorów.

Atmosferę Saturna tworzą głównie cząsteczkowy wodór ($H_2$) i hel (He). Są też niewielkie ilości metanu ($CH_4$), amoniaku ($NH_3$), fosforowodoru ($PH_3$), tlenku węgla (CO), germanowodoru ($GeH_4$) i arsenowodoru ($AsH_3$). Etan ($C_2H_6$), acetylen ($C_2H_2$) i inne węglowodory są obecne w atmosferze, gdzie powstają w reakcjach fotochemicznych. Pod warstwą obłoków kryją się najprawdopodobniej woda ($H_2O$) oraz siarkowodór ($H_2S$). W śladowych ilościach występuje także wiele innych gazów, jak np. azot ($N_2$), fluorowodór (HF) i chlorowodór (HCl), które dotąd nie zostały wykryte, ponieważ ich charakterystyki widmowe są słabe lub znajdują się w trudnodostępnych częściach widma Saturna.

Oprac. Paweł Sobotko

## z ostatniej chwili

Odkryte w maju 1995r. księżycopodobne obiekty są prawdopodobnie bryłami lodu – pozostałościami zniszczonych niedawno księżyców, obiegających Saturna w pobliżu zewnętrznej krawędzi pierścieni.

Sierpniowe obserwacje Saturna, jego pierścieni i księżyców, przyniosły astronomom nowe niespodzianki. Stwierdzono, że zaobserwowane obiekty są zbyt jasne, aby nie zostały wykryte podczas przelotu w pobliżu Saturna sond kosmicznych „Voyager" w latach 1980-81. Ponadto na sierpniowych zdjęciach odkryto trzy nowe obiekty, znajdujące się na innych orbitach, niż te odkryte w maju. Według Phila Nicholsona z Cornell University (Ithaca, Nowy Jork), być może są to duże chmury materii z małych satelitów, zniszczonych w wyniku zderzeń z materią kosmiczną (np. kometami), które zaszły prawdopodobnie w czasie ostatnich 14 lat, jakie upłynęły od przelotu w pobliżu Saturna sondy „Voyager". Obłok materii powstały ze zniszczenia bryły sztywnej może być jaśniejszy od samej bryły.

Odkrycie obiektów w takiej przejściowej fazie nie jest zupełną niespodzianką, ponieważ jeden ze scenariuszy powstania układu pierścieni Saturna zakłada, że układ ten tworzą liczne fragmenty „sproszkowanych" księżyców. Przemawia za tym fakt, że nowe obiekty obiegają macierzystą planetę w pobliżu pierścienia F, który jest dynamiczną strefą przejściową pomiędzy głównymi pierścieniami i dużymi księżycami. Księżyce mogą być niszczone w tym obszarze przez oddziaływanie pływowe Saturna. Obłok materii powstały po takiej katastrofie może rozciągnąć się wzdłuż orbity księżyca i utworzyć nowy pierścień.

Obserwacje Prometeusza – księżyca Saturna – także świadczą o dynamice tej strefy. Pomimo, iż trzeci obiekt, odkryty na majowych zdjęciach z Teleskopu Kosmicznego był początkowo podejrzany o to, że jest nowym księżycem, gdyż jego położenie nie zgadzało się ze spodziewanym położeniem żadnego ze znanych księżyców, to jednak wydaje się, że jest to jednak Prometeusz, który oddalił się na orbicie od spodziewanego położenia o 20°. Phil Nicholson sugeruje, że może to być konsekwencja zderzenia Prometeusza z pierścieniem F, które najprawdopodobniej nastąpiło w początkach 1993r. Księżyc ten mógł przejść w pobliżu jednego ze zgęszczonych obszarów pierścienia F, co wywołało zmianę jego orbity.

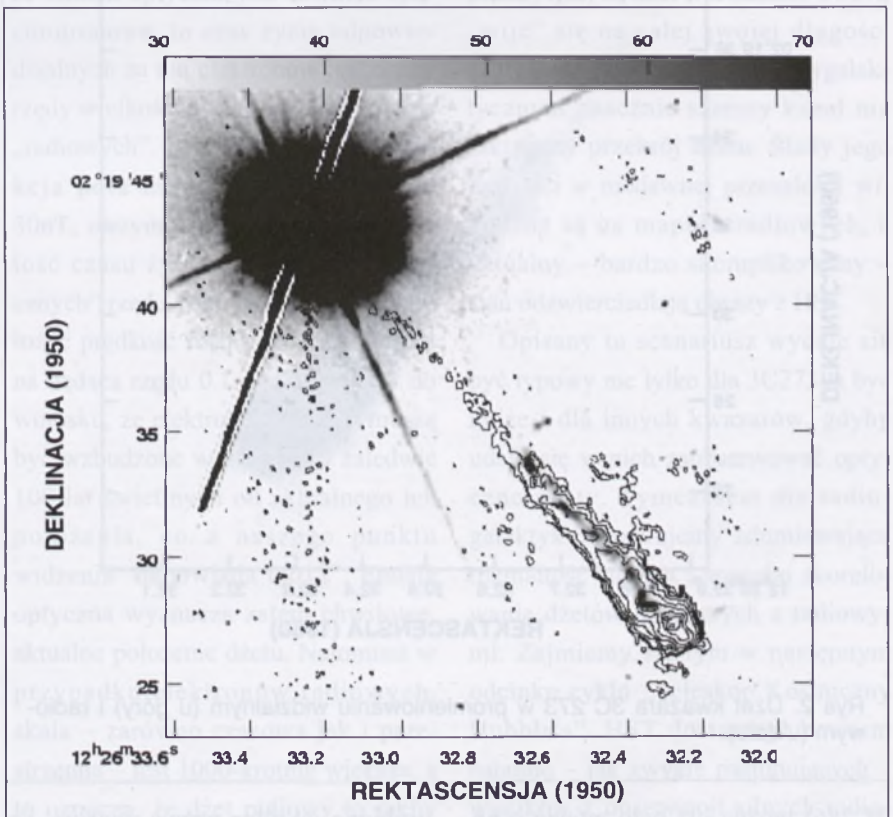
Dalsze obserwacje Saturna i jego otoczenia przez Teleskop Kosmiczny są planowane na listopad 1995r.

(aw)

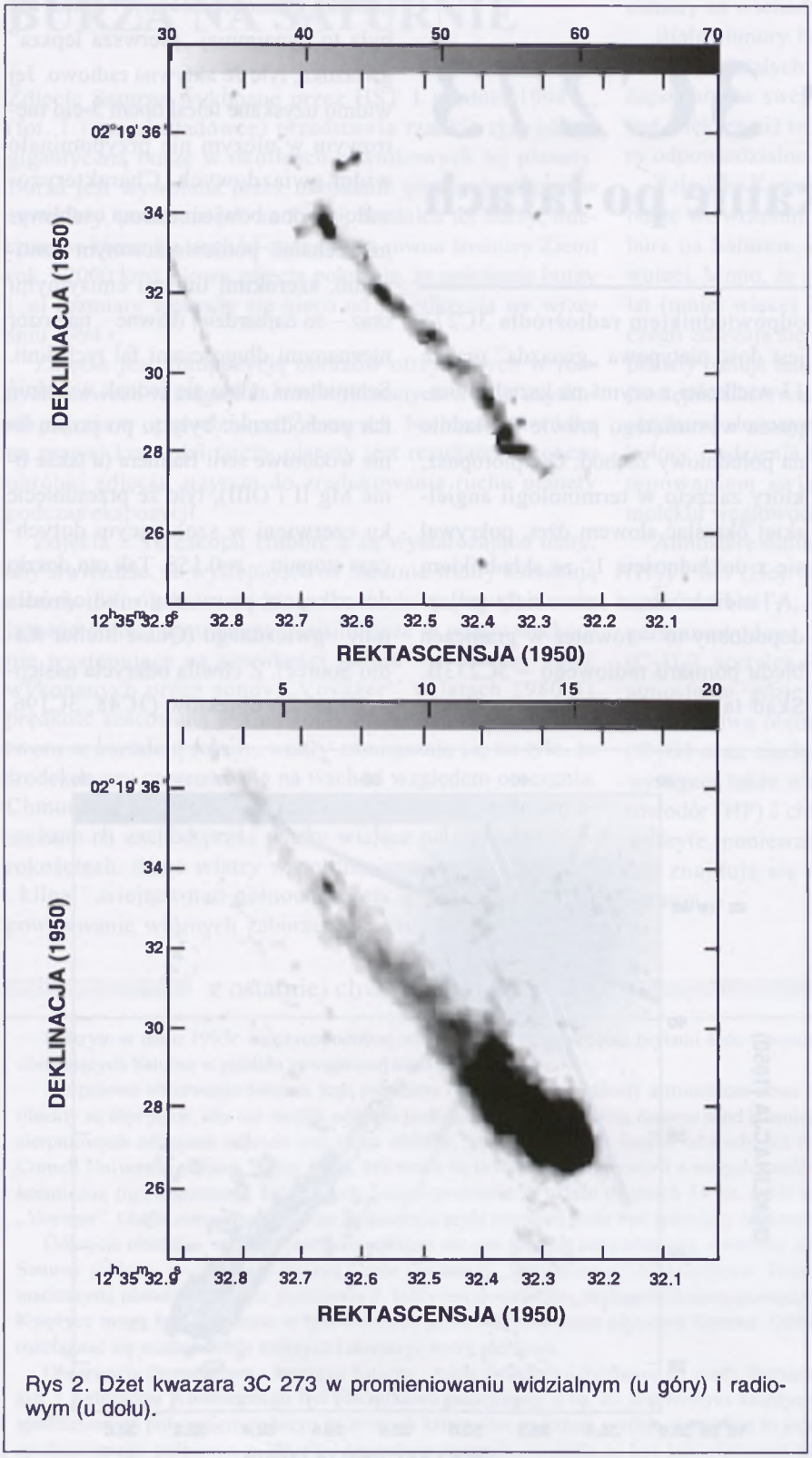
# Kwazar 3C273
## – (bliskie) spotkanie po latach

Odkrycie pierwszego kwazara, które miało miejsce 32 lata temu byłoby prawdopodobnie niemożliwe, a w każdym razie opóźniłoby się bardzo, gdyby nie skorelowanie wyników obserwacji pochodzących z dwóch różnych zakresów widma elektromagnetycznego – w tym przypadku radiowego i optycznego. W tamtych czasach był to zabieg raczej niekonwencjonalny. Trudno się zresztą temu dziwić, skoro – na pozór prosty – pomiar pozycji źródła z dokładnością do pojedynczych sekund kątowych był wtedy niesłychanie trudny ze względu na niską zdolność rozdzielczą radiowych instrumentów obserwacyjnych. Z kolei bez dysponowania taką dokładnością trudno byłoby w ogóle próbować sensownej identyfikacji obiektów radiowych z optycznymi.

Wyznaczenie dokładnej pozycji silnego radioźródła oznaczonego w katalogu 3C numerem 273 było możliwe dzięki temu, że znajduje się ono w pobliżu ekliptyki (w gwiazdozbiorze Panny), czyli że bywa zakrywane przez Księżyc. Kilka obserwacji takich okultacji teleskopem w Parkes (Australia) w 1962 r. pozwoliło stwierdzić, że 3C 273 jest źródłem podwójnym oraz wyznaczyć pozycje obu składników z dokładnością sekundową, a więc wystarczającą do identyfikacji. 16 marca 1963 roku Maarten Schmidt ogłosił w *Nature*, iż bez wątpienia optycznym odpowiednikiem radioźródła 3C273 jest dość nietypowa „gwiazda" prawie 13 wielkości z czymś na kształt pióropusza wysuniętego prawie dokładnie na południowy zachód. Ów pióropusz, który zaczęto w terminologii angielskiej określać słowem dżet, pokrywał się z dokładnością 1" ze składnikiem „A" radioźródła, a sam obiekt gwiazdopodobny to – również w granicach błędu pomiaru radiowego – 3C273B. Skąd takie asekuranckie określenie „obiekt gwiazdopodobny"? Otóż nie była to bynajmniej „pierwsza lepsza" gwiazdka, tyle że aktywna radiowo. Jej widmo uzyskane teleskopem 5-cio metrowym w niczym nie przypominało widm gwiazdowych. Charakteryzowało się ono bowiem trzema osobliwymi cechami: poniebieszczonym kontinuum, szerokimi liniami emisyjnymi oraz – co najbardziej dziwne – na pozór nieznanymi długościami fal tych linii. Schmidtowi udało się jednak wyjaśnić ich pochodzenie: były to po prostu linie wodorowe serii Balmera (a także linie Mg II i OIII), tyle że przesunięcie ku czerwieni w szokującym dotychczas stopniu – $z$=0.158. Tak oto doszło do odkrycia pierwszego radioźródła niby –gwiezdnego (Quasi Stellar Radio Source). Z chwilą odkrycia następnych takich obiektów (3C48, 3C196,




Rys 1. Nałożenia na siebie obrazu kwazara 3C 273 w promieniowaniu widzialnym (zaczernienie) i radiowym (izolinie).




Rys 2. Dżet kwazara 3C 273 w promieniowaniu widzialnym (u góry) i radiowym (u dołu).

3C286) można już było mówić o nowej klasie ciał niebieskich, a z określających ją czterech angielskich słów urobiono wkrótce nazwę *quasars*, co bez trudu udało się spolszczyć jako kwazary.

Od tamtych pionierskich obserwacji nasza wiedza i kwazarach poszerzyła się ogromnie, a wraz z nią „poszerzył się" poznawalny Wszechświat, gdyż kwazary mają największe spotykane *z*-ty. Dziś wiemy, że 3C 273 ze swoim $z$=0.158, jest w tym względzie „minimalistą" w porównaniu z odkrywanymi dziś kwazarami o $z$ w granicach 5. Jednak 3C273 jest wciąż na nowo obserwowany, w tym również przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a. Jego kamera szerokokątna (WFPC2) została skierowana w kierunku 3C273 w dniach 4 i 5 czerwca 1994r. Ponadto rok wcześniej, w maju 1993r., po raz kolejny przyjrzano się dokładnie temu obiektowi na falach radiowych. Tym razem użyto interferometrycznej sieci teleskopów MERLIN w Wiekiej Brytanii. I tak doszło do swoistego „spotkania po latach ", kiedy to ponownie porównano obserwację radiową i optyczną tego fascynującego obiektu. To, że wybrano akurat 3C273 nie wynikało jednak z jakiś pozamerytorycznych przesłanek w rodzaju „obchodów" 30 rocznicy jego odkrycia lub dlatego, że jest to prototypowy kwazar, lecz po prostu dlatego, że jest to jedyny kwazar, który posiada dżet zarówno optyczny jak i radiowy. Wyjątkowa – jak na tę klasę – jest także jego bliskość: przyjąwszy stałą Hubble'a $H_0$=75 km·s$^{-1}$·Mpc$^{-1}$ i stałą deceleracji $q_0$=0.5, jednej sekundzie kątowej na jego obrazie odpowiada 2.37 kpc.

Oczywiście charakter i jakość obserwacji sprzed 30 lat i współczesnych są niewspółmierne: wtedy chodziło o potwierdzenie tożsamości naszego bohatera, obecnie doszło do porównania ich obrazów. Na tym poziomie jakościowym nie było możliwe, ani w latach 60-tych, ani nawet w następnych

dekadach. Tym razem „wina" była po stronie optycznej, jako że przy obserwacjach z Ziemi atmosfera naszej planety degraduje rozdzielczość kątową do kilku sekund. Tymczasem dżet kwazara 3C273 ma – jak się okazało – niezwykle skomplikowaną i subtelną strukturę, dającą się odwzorować dopiero przy zdolności rozdzielczej o dwa rzędy lepszej. Paradoksalnie na falach radiowych osiągnięcie takich (a nawet większych rozdzielczości) było możliwe już wcześniej. W dziedzinie fal świetlnych dysponujemy nią dopiero obecnie dzięki Teleskopowi Kosmicznemu, a ściślej – po ostatniej naprawie jego układu optycznego. W przypadku omawianych tu obserwacji rozdzielczość ta wyniosła 0.1" na piksel. Przekrój syntetycznej wiązki MERLIN-a na poziomie połówkowym miał kształt elipsy o rozmiarach 0.18" na 0.14".

Rys. 1. przedstawia obraz z kamery WFPC2 Teleskopu Hubble'a ($\lambda$=5935 Å) nałożony na obraz radiowy (f=1658 MHz, pasmo 30 MHz). Dokładność tego nałożenia osiąga 0.02". Mapa konturowa to pomiar emisji radiowej, obszary zaczernione to obraz optyczny. Ponieważ celem obserwacji było uchwycenie złożonej struktury dżetu, długi czas ekspozycji (1100 s) spowodował prześwietlenie samego kwazara, o czym świadczy zarówno rozmyty obraz, jak i pojawienie się „krążka dyfrakcyjnego". Ponadto doszło do niekontrolowanego „przecieku" ładunku w przetworniku CCD objawiającego się rysą na obrazie.

Najbardziej uderzającą, dającą się od razu zauważyć, właściwością dżetu 3C273, jest to, iż dżet optyczny jest węższy od radiowego. Na poziomie połowy mocy dżet optyczny ma 0.3" (0.7 kpc), a radiowy 1.0". Kształt tego ostatniego (rys. 2) jest względnie prosty – jest to jakby maczuga o dość „sękatej " fakturze . Na jego tle dżet optyczny ma znacznie większą dynamikę zmian jasności. Widzimy tu składową ciągłą (jej jasność autorzy obserwacji szacują na 23 magnitudo na sekundę kwadratową) i skupione pojaśnienia sięgające do 22.3 magnitudo. Układają się one ponadto w bardzo skomplikowany wzór, wskazujący na to, że dżet optyczny jest bardzo poskręcany w przestrzeni.

Jak zinterpretować te obserwacje? Ich autorzy proponują następujący model. Wiadomo ponad wszelką wątpliwość, że dżet radiowy świeci dzięki mechanizmowi synchrotronowemu, tj. na skutek ruchu szybkich elektronów w polu magnetycznym. Jeśli przyjąć, że emisja optyczna jest również synchrotronowa, to czas życia odpowiedzialnych za nią elektronów jest o trzy rzędy wielkości krótszy niż elektronów „radiowych". Przy założeniu, że indukcja pola magnetycznego wynosi 30nT, otrzymujemy szacunkową wartość czasu życia elektronów „optycznych" rzędu 1000 lat. Jeżeli teraz założyć prędkość ruchu materii w dżecie na będącą rzędu 0.1 c, dochodzimy do wniosku, że elektrony optyczne muszą być wzbudzone w promieniu zaledwie 100 lat świetlnych od aktualnego ich położenia, co z naszego punktu widzenia odpowiada 0.012". Emisja optyczna wyznacza zatem chwilowe, aktualne położenie dżetu. Natomiast w przypadku elektronów radiowych, skala – zarówno czasowa jak i przestrzenna – jest 1000-krotnie większa, a to oznacza, że dżet radiowy to jakby zapis przebiegu faktycznego dżetu w ciągu ostatniego miliona lat.

Mamy więc do czynienia z cienkim (>1 kpc) strumieniem plazmy, przebijającym się przez ośrodek po skomplikowanym i zmieniającym się w czasie torze. Taki scenariusz wydaje się być tym bardziej prawdopodobny, jeśli się weźmie pod uwagę zachowanie dżetu w bezpośredniej bliskości kwazara, tj. w skali mili-, a zwłaszcza mikrosekund łuku. Zmiany, jakie tam zachodzą mogą być zauważone w skali czasowej rzędu miesięcy i sugerują one, że ów dżet „wewnętrzny" wykonuje albo ruch precesyjny, albo drąży ośrodek po linii (przynajmniej teoretycznie) spiralnej. Popularnie można to porównać do toru ruchu cząstek wody wypływającej z dużą prędkością z uwolnionego węża ogrodowego. Ostatnie połączone obserwacje Teleskopem Kosmicznym i MERLIN-em zdają się pokazywać, że dżet w kwazarze 3C273 „wije" się na całej swojej długości (20") żłobiąc w ośrodku międzygalaktycznym znacznie szerszy kanał niż faktyczny przekrój dżetu. Ślady jego bytności w niedawnej przeszłości widoczne są na mapach radiowych, a aktualny – bardzo skomplikowany – stan odzwierciedlają obrazy z HST.

Opisany tu scenariusz wydaje się być typowy nie tylko dla 3C273, a być może i dla innych kwazarów, gdyby udało się w nich zaobserwować optyczne dżety. Tymczasem dla radiogalaktyk obserwujemy zdumiewającą rozmaitość stopnia i sposobu skorelowania dżetów optycznych z radiowymi. Zajmiemy się tym w następnym odcinku cyklu „Teleskop Kosmiczny Hubble'a". HST dostarczył bowiem ostatnio – jak zwykle pasjonujących – wyników z obserwacji silnych radiogalaktyk.

**Andrzej Marecki**

# Jan Smoliński (1934 - 1995)

W dniu 8 lipca 1995r. zmarł nagle w Barcelonie astronom toruński prof. dr hab. Jan Smoliński, docent w Pracowni Astrofizyki I Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk w Toruniu.

Jan Smoliński urodził się w Lubawie 11 sierpnia 1934 roku. Tam też odbył swą edukację podstawową i średnią. Świadectwo dojrzałości zdobył eksternistycznie w Szkole Ogólnokształcącej stopnia Licealnego w Olsztynie w roku 1955. Wykształcenie wyższe uzyskał na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Studiował astronomię w latach 1956–1961 i na podstawie pracy p.t. *„Wskaźnik barwy gwiazdy zmiennej krótkookresowej X Arietis"* otrzymał dyplom magistra astronomii w roku 1961. Doktorat nauk fizycznych w dziedzinie astronomii uzyskał Jan Smoliński w roku 1968 na podstawie pracy *„Efekty linii absorpcyjnych w widmach gwiazdowych o małej zdolności rozdzielczej"* wykonanej pod opieką prof. W. Iwanowskiej w Toruniu. Na UMK w Toruniu odbyła się też Jego habilitacja w roku 1977. Rozprawa habilitacyjna nosiła tytuł *„Badania widmowe i radiowe wybranych gwiazd nadolbrzymów typu F i G"*. Tytuł profesora został Mu nadany w roku 1993, po odpowiedniej procedurze przeprowadzonej na Radzie Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

Bezpośrednio po skończeniu studiów astronomicznych, mgr Jan Smoliński pracował przez pół roku jako nauczyciel fizyki w Liceum Ogólnokształcącym w Starogardzie Gdańskim, a od 1 marca 1962r. został zatrudniony w Pracowni Astrofizyki I Zakładu Astronomii (po zmianie nazwy, Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika) PAN w Toruniu. W tej Pracowni odbył całą swoją karierę zawodową, od stanowiska asystenta do stanowiska docenta i kierownika tejże Pracowni.

Zainteresowania naukowe Jana Smolińskiego koncentrowały się wokół tematyki opisanej w przytoczonych tu tytułach Jego prac: magisterskiej, doktorskiej i habilitacyjnej, a więc fotometrii i spektroskopii gwiazdowej. Opublikował przeszło 40 prac naukowych, które zawierają duże ilości danych obserwacyjnych i dokumentują obserwowane zjawiska w szerokim przedziale czasu. Znaczące wyniki naukowe Jan Smoliński osiągnął w dziedzinie fizyki gwiazd niestacjonarnych. W szczególności wśród gwiazd nadolbrzymów na podstawie analizy ich cech widmowych, wyodrębnił tzw. skrajne nadolbrzymy oraz wykrył dużą zmienność ich atmosfer i duży z nich wypływ masy (ekspandujące otoczki i wiatry gwiazdowe). Jest współodkrywcą podwójności nadolbrzyma HD 4817, który sam zimny, ma gorącego towarzysza będącego gwiazdą ciągu głównego. Wysunął też hipotezę, że skrajne nadolbrzymy są dość silnymi źródłami promieniowania radiowego. Była to, niestety, nietrafna hipoteza, aczkolwiek podjęte z jego inicjatywy i z jego udziałem poszukiwania doprowadziły do wykrycia promieniowania radiowego dwóch z 29 przebadanych obiektów. W lipcu 1995r. pojechał do Hiszpanii na konferencję dotyczącą właśnie promieniowania radiowego gwiazd, a Los sprawił, że nie danym Mu już było w tej konferencji uczestniczyć.

Prof. Smoliński miał szerokie kontakty zagraniczne. W sumie spędził ok. 40 miesięcy w naukowych ośrodkach zagranicznych. Oprócz lokalnego ośrodka naukowego w Toruniu, Jego profil naukowy kształtowały pobyty stażowe w Obserwatorium Astronomicznym w Wiktorii w Kanadzie, gdzie współpracował z takimi astrofizykami jak profesorowie K. O. Wright, czy J. Climenhaga. Uczestniczył w wielu konferencjach międzynarodowych. Był członkiem Międzynarodowej Unii Astronomicznej i należał do Komisji 29 Widm Gwiazdowych tej Unii. Komisja ta powołała Go na członka swego Prezydium w latach 1988-91.

Od końca 1985 roku do roku 1992 doc. Jan Smoliński był kierownikiem Toruńskiej Pracowni CAMK. Położył duże zasługi dla doprowadzenia do szczęśliwego końca adaptacji „kamieniczki" na Starym Mieście w Toruniu na siedzibę Pracowni. 20 lat wcześniej miał też znaczący udział w uzyskaniu tzw. spektografu kanadyjskiego Richardsona dla Obserwatorium Toruńskiego.

Za swe prace był wielokrotnie nagradzany. M.in. był laureatem Nagrody Młodych Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w 1964 r. i Wydziału III Polskiej Akademii Nauk w 1977 roku. W 1995 roku Prezydent RP odznaczył Go Złotym Krzyżem Zasługi. (aw)

# Helena Kazimierczak-Połońska 1902 - 1992

Prawie każdy z polskich astronomów, jeśli się zatrzymywał na dłużej w Petersburgu, starał się odwiedzić panią Helenę.

Oczywiście nie zawsze to było możliwe. Przed rokiem 1956 pani Helena przebywała jeszcze na „przymusowym osiedleniu" po stalinowskim więzieniu, mimo iż Stalin już nie żył. A po roku 1987 straciła wzrok i odwiedzali ją już tylko najbliżsi przyjaciele. Pani Helena była postacią pełną kresowej fantazji, inicjatywy i odwagi cywilnej oraz fizycznej, była wprost sienkiewiczowskim typem. Urodziła się 21 listopada 1902 r. w ziemiańskiej rodzinie Jana i Eugenii Połońskich w dziedzicznym majątku Sielec, podówczas w guberni Włodzimiersko-Wołyńskiej Imperium Rosyjskiego. Była to typowa wołyńska posiadłość ziemska, taka, jakie opisywał również Wincenty Pol. Starsi astronomowie, Michał Kamieński, Maciej Bielicki i Ludwik Zajdler, którzy mieli tam okazję bywać, opowiadali zgodnie, że jeśli się wyszło z Sieleckiego dworu w którąkolwiek stronę pieszo na parogodzinny spacer, to stale od horyzontu do horyzontu rozciągały się pola, pastwiska, łąki lub stawy Połońskich.

Helena miała lekkie dzieciństwo, ale też umiała je wykorzystać. Wstępując do gimnazjum żeńskiego w Łucku mówiła już biegle po rosyjsku, polsku, francusku, niemiecku i angielsku. Ukończyła to gimnazjum ze złotym medalem w roku 1919, gdy na kresach szalały polityczne, narodowościowe i bratobójcze walki. Ale gimnazja żeńskie były wówczas dopasowywane poziomem „do kobiecych możliwości umysłowych". Helena chciała mieć „prawdziwą" maturę i uzyskała jako ekstern w roku 1920 atest maturalny z męskiego gimnazjum w Łucku. Musiała się w tym celu przygotować nie tylko z matematyki, ale również z łaciny i greki. Od roku 1922 do 1927 studiowała na wydziale Fizyczno-Matematycznym Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie, a ponieważ w Galicji zakwestionowano ważność obu jej matur, które były... rosyjskojęzyczne, zadowoliła się najpierw statusem wolnej słuchaczki póki nie zdała w roku 1925 jeszcze raz, znów jako ekstern, już całkowicie polskiej matury w kuratorium w Równem. Od roku 1928 pracowała jako asystentka w Katedrze Astronomii u profesora Marcina Ernsta, którego do śmierci uważała za swojego mistrza. Pozostała też na całe życie wierna jego zainteresowaniom – mechanice niebieskiej.

Śmierć profesora Ernsta i fakt, że jego następca (Eugeniusz Rybka), zmienił tematykę prac katedry, zmusił ją do poszukania nowego mistrza. Znalazła go w osobie profesora Michała Kamieńskiego w Uniwersytecie Warszawskim. Przez dwa lata 1933-1934 była tam asystentką woluntariuszką (pensja asystencka nie miała dla niej znaczenia), a w roku 1934 uzyskała stopień doktora filozofii (promotor – oczywiście Michał Kamieński) na podstawie rozprawy „O ruchu planetocentrycznym komet". Był to jedyny doktorat z zakresu astronomii w Uniwersytecie Warszawskim w okresie miedzywojennego dwudziestolecia. Helena Połońska była typową kresową ziemianką – prawosławną Polką. Korzystając ze stałych kontaktów z ośrodkiem w Paryżu (wówczas centrum światowej myśli prawosławnej) jako samouk chłonęła wiedzę teologiczną. Pracowała społecznie w kręgach młodzieży prawosławnej, a rozporządzając sporymi zasobami pieniężnymi, ufundowała w tym czasie kilka stypendiów dla polskich kleryków pragnących w Paryżu odbyć studia teologiczne. (Jednym z nich był Ojciec Eugeniusz Lachocki, później długoletni prawosławny proboszcz w Krakowie – zawsze zainteresowany również problemami kosmicznymi).

Polska nie miała dobrych obserwatoriów. Najnowocześniejsze wówczas – we Wschodnich Karpatach na Popie Iwanie – miało położenie dobrane z punktu widzenia wojskowo-politycznego. Pop Iwan miał mniej pogodnych nocy niż jego dolinne otoczenie. Profesor Kamieński marzył o innym obserwatorium lepiej ulokowanym. Pani He-

### *Wincenty Pol w „Pieśni o Ziemi Naszej" tak opisuje Wołyń*

*Pełny oddech ma tam życie*
*I wszystkiego wbród obficie*
*Ryb, i zboża, i świniny,*
*Bydła, koni i zwierzyny,*
*I konopi, pszczół i miodu*
*I niemało też narodu!*

*Ruskie kawki i gawrony*
*Gwarzą tłumnie na dzwonnicy,*
*Cerkiew z trzema kopułami,*
*W niej odprawa - a pokłony,*
*Przed carskimi stojąc drzwiami,*
*Bije lud na twardo chrzczony!*

*Bo tam kiedy dwór - to wielki!*
*Kiedy posłuch - to już wszelki!*
*Kiedy liczą - to miliony!*
*Kiedy jedzą - to łakotki!*
*Kiedy piją - to na setki!*
*Kiedy pan - to urodzony...*

lena, która właśnie wyszła za mąż za pana Leona Kazimierczaka (1936 r.) zaproponowała wzięcie pod uwagę warunków meteorologicznych swojego majątku. Profesor Kamieński, który bywał w Sielcu kilkakrotnie od roku 1935, stwierdził, że tamtejszy klimat astronomiczny jest w każdym razie lepszy niż na Popie Iwanie. Ustalono program astrometrycznych obserwacji, które miała wykonywać zarówno pani Helena jak i astronomowie dojeżdżający z Warszawy. Profesor obiecał wypożyczyć jeden z teleskopów stojących w pawilonach przy Alejach Ujazdowskich w Warszawie, a państwo Kazimierczakowie przygotowali plany budowy prywatnego obserwatorium zatwierdzone w roku 1938 przez starostwo we Włodzimierzu Wołyńskim. Zgromadzono materiały i latem 1939 r. rozpoczęto budowę, która miała być ukończona wiosną 1940 r.

Jesienią roku 1939 państwo Kazimierczakowie musieli uchodzić z życiem ze swego majątku przed wkraczającymi bolszewikami. Schronili się do Lwowa, gdzie profesor Eugeniusz Rybka umiał zapewnić bezpieczeństwo życia i jakie takie możliwości utrzymania kilkorgu astronomom, zarówno w okresie bolszewickim, jak i hitlerowskiej okupacji. Wobec zbliżającego się ponownie frontu wyjechali „na pewien czas" do Warszawy, gdzie przeżyli Powstanie.

W roku 1945 stanęła przed Heleną Kazimierczak-Połońską alternatywa powrotu na oddzielone granicą Kresy lub pozostanie w Polsce. Zadecydował fakt, że w Związku Radzieckim pojawiła się pewna swoboda religijna, zaczął odżywać Kościół Prawosławny, potrzeba było kleru i świeckich działaczy Kościoła. Złudzona wizją swobód religijnych wraz z kilkuletnim synem Sergiuszem i ze stosem książek astronomicznych i teologicznych (te ostatnie budzą zdumienie oficera NKWD, ale je przepuszcza) „repatriuje się" do Związku Radzieckiego. Z mężem rozłączyło ją Powstanie Warszawskie. Nigdy się już potem nie połączyli w stadło małżeńskie. Gdy się po latach odszukali – on w Sopocie, ona w Leningradzie – spotkali się już tylko jako starzy przyjaciele.

Po przyjeździe do Związku Radzieckiego pani Helena, wbrew uroczystym obietnicom, nie może sama wybrać miejsca zamieszkania, ani nostryfikować polskiego doktoratu. Prowadzi wprawdzie zajęcia z matematyki w wyższych szkołach Chersonia, a później i Odessy, a od roku 1948 pracuje w leningradzkim Instytucie Astronomii Teoretycznej, ale musi na nowo robić stopień kandydata nauk, który uzyskuje niedługo, bo już w roku 1951. Cały ten czas bieduje. Z braku właściwej opieki lekarskiej umiera jej jedyny syn. (W roku 1948)Prowadzi pracę mi-syjną wśród sąsiadów i znajomych. Jest śledzona, a gdy pod jej wpływem przyjmuje chrzest wraz z rodziną pe-wien pułkownik Armii Czerwonej, nie-długo po wręczeniu jej dyplomu kan-dydackiego zostaje aresztowana. Bez wyroku, rozprawy i aktu oskarżenia, a tym samym bez rehabilitacji zostaje zwolniona po długich miesiącach po-bytu i z miejsca powraca do pracy mi-syjnej w Kościele Prawosławnym, a ku swemu zdziwieniu w roku 1956 zostaje przyjęta znów do pracy przez Instytut Astronomii Teoretycznej. Gdy tam w latach sześćdziesiątych proponują jej zrobienie wielkiego radzieckiego doktoratu (w jakimś sensie odpowiednik naszej habilitacji) szepce do ucha swemu dyrektorowi „ale ja jestem członkiem rady parafialnej", na co dyrektor odpowiada jej ściszonym głosem:

*„Mieszkając w jednym z pokoików gmachu, wykonywała z tego tytułu pewne prace dla Obserwatorium. Brała mianowicie udział w obliczeniach efemeryd par Piewcowa dla dokładnych wyznaczeń szerokości geograficznych oraz w badaniach nad ruchem komety Wolf I w sferze oddziaływania Jowisza w roku 1922. Zastosowała do tego przypadku zmodyfikowaną przez siebie metodę całkowania liczbowego Numerowa. Za pomocą tej metody obliczyła perturbacje w ruchu jowicentrycznym komety za rok 1922, wywołane przez Słońce i inne planety. Zaletą tej metody jest to, iż pochłania ona zaledwie 20% tego czasu, który jest potrzebny do obliczenia perturbacji w ruchu heliocentrycznym komety dla tego samego okresu. Główne wyniki jej obliczeń podane są w Warsaw Reprint nr 30, 1935r."*

Prof. Michał Kamieński, ówczesny dyrektor Obserwatorium w „Zarysie dziejów Obserwatorium Warszawskiego 1815-1945" (Studia i Materiały z Dziejów Nauki Polskiej, Zeszyt 2, 1959).

*Helena Kazimierczak-Polońska była jeśli nie pierwszym, to z pewnością jednym z pierwszych astronomów, który stanął na ruinach Obserwatorium Astronomicznego w Alejach Ujazdowskich w Warszawie po upadku powstania. Warto przytoczyć jej słowa, którymi opisuje w swoich pamiętnikach to, co zobaczyła:*

***„Obserwatorium było kompletnie zburzone. Nie pozostało nawet śladu po kopułach astronomicznych, pracowniach, mieszkaniach, głównym wejściu. Odsłonięte zostały podziemia, gdzie poniewierały się pogruchotane i bezkształtnie powyginane części metalowe teleskopów, potłuczone i roztopione szkła obiektywów i okularów, od których rozchodziły się w najrozmaitszych kierunkach świetliste smugi, jak przy stapianiu się meteroidów przelatujących przez atmosferę ziemską podczas deszczu gwiazd spadających. To był przerażający obraz, przy którym widok własnego domu wysadzonego dynamitem wydawał się czymś***

*Helena Kazimierczak-Polońska nie zapisała się w historii astronomii jakimś błyskotliwym odkryciem. Trwalej wartości jej bogatego dorobku należy jednak upatrywać przede wszystkim w niezwykle głębokich analizach procesów numerycznych związanych z badaniem ruchu komet okresowych. Sięgać do nich powinni dziś badacze, oszołomieni nieraz współczesnymi możliwościami obliczeniowymi, aby dostrzec i zrozumieć różne subtelności i niebezpieczeństwa, które kryją w sobie tak skomplikowane zagadnienia rachunkowe, jak np. wyznaczanie orbity komety z uwzględnieniem wszystkich czynników zakłócających ten ruch. Ogromna erudycja i doświadczenie Autorki tych dociekań mogą wiele nauczyć i ustrzec przed pochopnym formułowaniem wniosków.*

Krzysztof Ziołkowski, Urania

Więcej szczegółów z życia Heleny Kazimierczak-Połońskiej znaleźć można w : Krzysztof Ziołkowski; Urania nr 10/1993, str. 274-278.

„Kola Bielajew też chodzi do cerkwi i do tego jest synem księdza, ale cóż to ma do rzeczy". Niewielu było tam wówczas takich dyrektorów.

Odtąd jej życie naukowe rozwija się bez przeszkód. Staje się miejscową pionierką rachunków komputerowych. Zostaje (lata 1976-78) przewodniczącą Grupy Roboczej Małych Ciał Układu Planetarnego Komitetu Astronomii Radzieckiej Akademii Nauk. Jej biegła znajomość języków czyni ją niezastąpioną w kontaktach międzynarodowych, w organizacjach imprez. Partia komunistyczna pozwala jej zajmować stanowiska we władzach Międzynarodowej Unii Astronomicznej (Członek Komitetu Organizacyjnego Komisji 20.) „Wielki" doktorat uzyskuje w roku 1969. Dostaje paszport zagraniczny, może wyjeżdżać. Instytut Astronomii Teoretycznej wydaje specjalny numer publikacji jej poświęcony, na jej cześć planetka 2006 dostaje nazwę „Połońska".

Jej główne prace to opracowanie obsewacji komet z okresu 190 lat, metoda opracowania masowych obserwacji ewolucji orbit kometarnych, problemy przechwytu komet przez Jowisza i Neptuna, opracowanie ciągłych, numerycznych teorii ruchu komet krótkookresowych z uwzględnieniem wszystkich perturbacji... – łącznie ponad 60 prac.

*„ W tym czasie w instytucie pojawiła się perspektywa wykorzystania współczesnej techniki obliczeniowej i Helena Iwanowna, nie zwracając uwagi na swój niemłody już wiek, w krótkim czasie opanowuje całkiem w owym czasie skomplikowaną sztukę programowania obliczeń astronomicznych na komputerze – w wewnętrznym kodzie maszyny. Jednocześnie zajmuje się systematycznie czasochłonnym przygotowaniem kart dziurkowanych, zawierających ogromny materiał pomocniczy, konieczny dla rozwiązania problemu w zamyśle Heleny Iwanownej dotyczącego zbadania ewolucji orbit wszystkich komet krótkookresowych w przeciągu 400 lat – od roku 1660 do 2060. Obliczenia miały pozwolić na pełną analizę przejść tych bardzo interesujących obiektów w pobliżu wielkich planet z uwzględnieniem zaburzeń wywołanych nie tylko przez same planety, ale i cztery galileuszowe satelity Jowisza oraz efektów niegrawitacyjnych. Helena Iwanowna spędza dnie i noce przed pulpitem komputera...Jednocześnie przygotowuje obszerne, liczące setki stron, monografie do publikacji w wydawnictwie instytutu, jak i artykuły dla innych wydawnictw naukowych. Nie zapomina przy tym ani na chwilę o swoich podopiecznych – starych i chorych samotnych ludziach mieszkających w różnych miejscach na terytorium ZSRR. Prowadzi obszerną korespondencję z kolegami, przyjaciółmi, jak i osobami potrzebującymi po prostu dobrego słowa, porady duchowej i moralnego wsparcia. Jednocześnie, na ile to możliwe, przyczynia się do pojawienia się w muzycznym życiu Leningradu takich gwiazd pierwszej wielkości jak pianista-wirtuoz Witold Małcużyński, znakomita pianistka Halina Czerny-Stefańska czy natchniony chór chłopięcy z Poznania pod dyrekcją Jerzego Kurczewskiego".*

Z przemówienia Prof. Wiktora Abałakina, dyrektora Obserwatorium Astronomicznego w Pułkowie, na Sesji poświęconej Helenie Kazimierczak-Połońskiej zorganizowanej przez Petersburską Akademię Duchowną w listopadzie 1993 roku.

Jednocześnie mieszkanie pani Heleny staje się polskim salonem w Leningradzie. Zachodzą tu nie tylko astronomowie, ale i przyjeżdżający z Polski malarze, muzycy, nieraz i polscy studenci czy stypendyści. Witold Małcużyński po swoim koncercie nawiązuje z nią trwałą przyjaźń dokumentowaną stosem listów, w których zasięga jej rady w całkiem osobistych sprawach (ciekawe czy się te listy zachowały - to przecież dokumenty polskiej kultury).

Zaczynają się lata osiemdziesiąte. Starzeje się. Trudno już się uczyć pracy na nowych generacjach komputerów. Jeszcze jakaś drobna publikacja, jeszcze jakaś praca zlecona... Słabną oczy... Coraz trudniej śledzić literaturę astronomiczną. Ale ma zasób wiedzy teologicznej. Zaczyna prowadzić regularne wykłady w Akademii Teologicznej. Ślepnie, ale pamięć ma dobrą, więc wykłada teologię bez notatek. Nie może już sama pisać... Coraz trudniej chodzić... Ostatnie listy do przyjaciół i ostatnie prace teologiczne dyktuje (publikuje je pod pseudonimem „Zakonnica Helena"). Prosi o modlitwę, o siłę ducha aż do samej śmierci. Ta śmierć przychodzi do niej 30 sierpnia 1992 roku. Nabożeństwo żałobne zostaje odprawione przy grobowcu Świętego Aleksandra Newskiego na terenie Petersburskiej Akademii Teologicznej, gdzie prowadziła ostatnie wykłady swojego życia. Ciało zostaje złożone na cmentarzu w Pułkowie wśród mogił wielu zasłużonych astronomów.

Do Polski wiadomość o jej śmierci przyszła z ogromnym opóźnieniem. Kwiatów od polskich astronomów nie było.

**Konrad Rudnicki**

Helena Kazimierczak-Połońska w okresie aktywności astronomicznej (ok. 1975 roku).

# Rura Randiego albo sabat profesorów

*Kilka lat temu jechałem ze swoim przyjacielem Rudym poprzez Bory Tucholskie, gdzieś pomiędzy Chojnicami i Starogardem Gdańskim. Po nocy upoj(o)nej piwem marki miejscowej i spędzonej nad Jeziorem Charzykowskim – pędziliśmy pełni nadziei, iż uda nam się przekonać młodokapitalistycznych księgarzy Trójmiasta, że na niczym nie zrobią takiego interesu, jak na masowej sprzedaży ... Postępów Astronomii. Kilku dało się przekonać, co na ogół doprowadzało ich do szybkiego bankructwa. Mijając Rytel, Czersk i Czarną Wodę wspominaliśmy już to tę samą trasę, którą z prędkością 250 km/h, a może i 500 pokonywał Pan Samochodzik w ucieczce przed Templariuszami, już to „korytarz" do Danzig i Königsberg, który bodaj tą właśnie drogą chciał poprowadzić pewien dyktator, już to zbaczając w gockie Odry, gdzie wprawdzie Gotów nie ma już prawie 20 stuleci, ale za to wciąż można spotkać współczesnych paraarcheologów, paraastronomów i innych para...noików... Pędząc dalej szeroką i bezpieczną drogą i snując panasamochodzikowe wspominki oczy stanęły nam w słup (i o mało nie rozbiliśmy się na tym słupie) widząc ograniczenie prędkości, żółty trójkąt z wykrzyknikiem znamionujący „inne niebezpieczeństwa" i napis: UWAGA: PROMIENIOWANIE WODNE.*

*No tak, pod Łysą Górą będą nas straszyć nisko latającymi czarownicami, jeśli tak dalej pójdzie! Życie poszło jeszcze dalej. Niemal 30 lat temu PWN wydało znakomitą książkę Martina Gardnera „Pseudonauka i pseudouczeni". Z jednej strony jest to smutna historia ludzi, którzy na własną prośbę przechlapali życie. I o takich właściwie można by zapomnieć. Z drugiej strony, może warto się zastanowić, jakiego typu psychopatia prowadzi do tak niedorzecznych teorii jak biorytmy Fliesa, światy w zderzeniu Velikovsky'ego, psychotronika, radiestezja etc. I może to wszystko nie ma większego znaczenia, gdyby nie fakt, że szaleństwo ma charyzmę. Któż jej nie uległ? Vide: polityka, religia, sztuka! Może jednak naukowe szaleństwa podobne do wymienionych powyżej nie stanowią żadnego zagrożenia i jako nieszkodliwą zabawę powinniśmy traktować tak umieszczane w prasie horoskopy, jak i zbywać znaki drogowe ostrzegające przed żyłą wodną, w odróżnieniu od przejazdów kolejowych? Są jednak teorie bezpośrednio zagrażające naszemu życiu i zdrowiu, pseudoinżynieria i pseudomedycyna. Choć dzięki Bogu niewielu dziś jest w stanie uwierzyć, że most, zamiast na stalowych przęsłach, można oprzeć na zdrowaśkach, nadal miliony ludzi wierzy wszelkiej maści uzdrowicielom o paranormalnych mocach, tak jak wierzy w szkodliwą działalność cieków wodnych.*

*A jak potraktować Pentagon, który w swoim czasie wydał 6 milionów dolarów na próby zniszczenia radzieckiego pocisku balistycznego przy pomocy spalenia jego fotografii? Może jednak warto odróżnić rzetelną pracę od urojeń, gdy chodzi o to, na co wydawane są pieniądze podatnika, nasze pieniądze. Trzeba też umieć odróżnić szalenstwo od cynicznego oszustwa. Jest jednak zawód, w którym oszustwo, szalbierstwo, zręczność i spryt cechują właśnie jak najbardziej rzetelną pracę. To zawód magika iluzjonisty. Czy ktoś uwierzy, że króliki z kapelusza są transportowane dzięki energii psychopaty..., przepraszam, psychotronicznej z innych wymiarów czasoprzestrzeni, a kolory, figury i wartości kart odgadywane są dzięki przekazowi telepatycznemu? Zawodowym magikiem jest James Randi, człowiek który swoje życie poświęcił na tropienie, demaskowanie i tępienie wszelakiej maści hochsztaplerów, oszustów i szarlatanów, mediów, różdżkarzy i maniaków. Łódzkie wydawnictwo Pandora, zdaje się że na ogół specjalizujące się w sianiu niepokoju przy pomocy różnych Trójkątów Bermudzkich, cudownych uzdrowień i UFO, wydało ostatnio – niejako z rozpędu – kilka fascynujących książek właśnie Randiego, nowszych pozycji Martina Gardnera czy Isaaka Asimova. Nie wiem czy wiedza płynąca z tej lektury nie powinna stać się przedmiotem wykładów na uniwersytetach, może nawet przede wszystkim na wydziałach humanistycznych. Czyż ludziom, którzy są przekonani o wyższości New Age nad postmodernizmem i pieczołowicie montują „ekrany" przeciw promieniowaniu wodnemu w łóżkach, nie przydałaby się odrobina wiedzy, że jeszcze żaden różdżkarz nie zarobił postawionej przez Randiego sumy 10000 dolarów tylko za to, żeby umiał prześledzić przebieg ułożonej przez niego w ogródku rury z wodą. Rurą tą zresztą może nawet nie płynąć kropla wody, czego różdżkarz rzecz jasna nie zauważy, ale za to szerokim strumieniem płynie olej w głowy wszystkich tak pełnych wiary w zginane siłą woli łyżeczki i zielone ludziki. Oczywiście przyłapanie oszusta (co czyni Randi) nie jest jeszcze dostatecznym dowodem, że oszust zawsze oszukuje, ale jest wystarczającym by mu już nigdy nie wierzyć!*

*Dokładnie nikt jeszcze nie wie czym jest postmoderna, a czym Era Wodnika (uwaga: świetny test na nowe encyklopedie i słowniki!). Kościół zwalcza oba nurty z takim samym zapałem jak przymyka oko na wycieczki AbortTuru do Kijowa, Mińska czy Popradu. Trudno się dziwić. Postmoderna chce człowieka oswoić z pluralizmem postaw, poglądów i zachowań, więc religię lekceważy. New Age chce ludzi z chaosu współczesności wyprowadzić zastępując wiarę w Boga (lub jak kto woli w człowieka) wiarą w zielone ludziki, mądrość kosmosu, UFO i inne trele-morele. Żadnemu jednak ufologowi, a tym bardziej żadnemu guru Nowej Ery nie przyszło do głowy, że zamiast od lat marnować czas na potwierdzenia bezsprzecznej autentyczności fotomontaży z latającymi talerzami, można zbudować ufologiczny ... spektrograf: mogliby badać prędkości radialne (na pewno nadświetlne!), skład chemiczny paliwa i rodzaje silników używanych przez kosmitów. Mistrzostwo świata w (komputerowym) fotomontażu, jak plakaty Ryszarda Horowitza albo filmy Zbiga Rybczyńskiego zapewne bliższe są postmodernizmowi właśnie a ufolodzy ani ich nie widzieli, ani o nich nie słyszeli.*

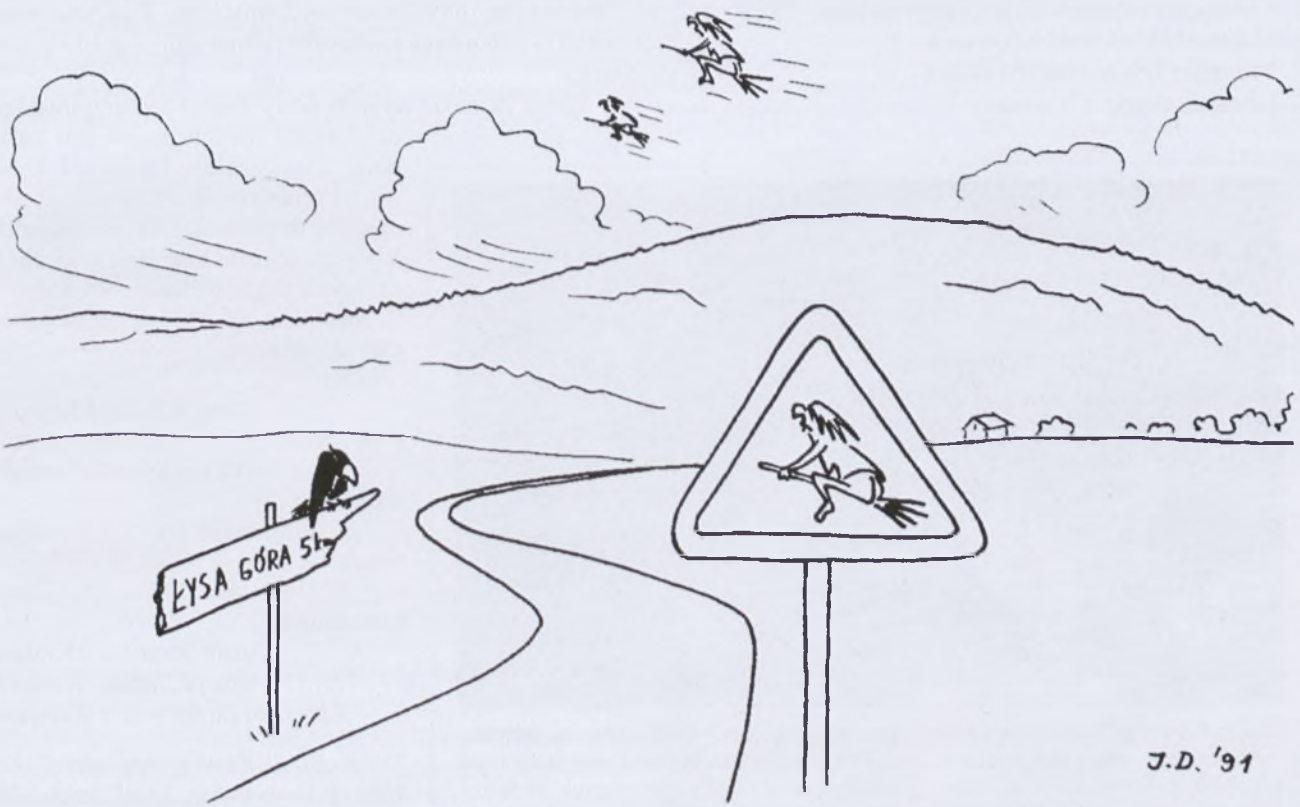
*Wróćmy jednak do szaleństw i zastanówmy się na ile coś takiego nie zalęgło się gdzieś wokół nas. Idąc za Gardnerem, maniaka można rozpoznać po tym, iż uważa się za geniusza, a wszystkich innych zaś za głupców, niesłusznie go prześladujących i dyskryminujących. W pseudonauce jak w każdej dziedzinie działalności bywają partacze i mistrzowie. Cyklofrenik lub schizofrenik o błyskotliwym umyśle jest zdolny nie tylko do niezwykle zawiłych konstrukcji swoich zwariowanych teorii, ale może zdążyć nawet coś zdziałać na polu oficjalnego obiegu nauki, czy sztuki. Bezbłędnym sposobem rozpoznawania tekstu maniackiego jest skłonność do zawiłego żargonu, przepojonego neologizmami własnego pomysłu, milionem podkreśleń i cudzysłowów (kursywy, kapitaliki, rozstrzelenia, pogrubienia, etc.). J.M. Rektorowi Śląskiej Akademii Medycznej, przed podjęciem decyzji o przedłużeniu umowy o pracę kierownikowi V Katedry Kliniki Chorób Wewnętrznych, polecam przykład następującego tekstu:*

> *„Współcześnie powstały fascynujące koncepty „d w ó j n i", czyli znaczenia „konstrukcyjnego" bliźniaczych galaktyk spiralnych Andromedy i Drogi Mlecznej, a właściwie koncept trójni, gdyż nie zapominajmy, że tuż obok, nieco dalej jest jeszcze „ta trzecia", czyli M31, zwana „Galaktyką w Trójkącie". Koncept ten uwzględnia regułę a l g o r y t m ó w k r e u j ą c y c h, które muszą składać się co najmniej z dwóch elementów i stosować tzw. „zasadę lustra". Do konceptu „t r ó j n i" wiodła długa droga znaczona intrygującymi zbiegami okoliczności i dramatycznymi wydarzeniami."*

*Być może pan profesor (a jakże!) chce nas leczyć z raka i zawałów przy pomocy „kosmo-energo-bioterapii" (co za nazwa!) pod wpływem przekonania, iż Honorowi Członkowie Polskiego Towarzystwa Astronomicznego zdają się być ... nieśmiertelni. Nazywa to to – astromedycyną. Ja wmawianie ludziom, że od gapienia się w gwiazdozbiory będą zdrowsi, nazywam zwyczajnym gangsterstwem. Wiedźmy na obrazku zniżają się do lotu koszącego. Wiara w czarownice jest jednak tylko niewinną, dziecinną igraszką w porównaniu z wiarą w profesorów. Najbliższy sabat astromedyków na świętej górze Ślęża...*

*OBSERWETYK*

*P.S. Do niedawna byłem święcie przekonany, że rodzaj uprawianej przeze mnie tu i ówdzie publicystyki, mieści się w gatunku literackim określanym mianem g r a f o m a n i i. Dopiero mój młody przyjaciel i filolog, Krzyś Jędrys, po wnikliwej i wspólnej lekturze Kabaretu Metafizycznego Manueli Gretkowskiej uświadomił mi, że to teksty – tzn. moje i Manueli – p o s t m o d e r n i s t y c z n e. Jestem mu bardzo zobowiązany.*



# XXVII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

Dwudziesty siódmy Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego odbył się w Poznaniu w dniach 12 - 15 września 1995r. Organizatorem Zjazdu było Obserwatorium Astronomiczne w Poznaniu, które zdobyło dla niego patrona w osobie rektora Uniwersytetu Adama Mickiewicza prof. J. Fedorowskiego i sponsorów: Wydawnictwo KURPISZ i browary LECH. Na Zjazd przybyło 66 członków Towarzystwa i 20 innych zainteresowanych. Wygłoszono na nim 9 zaproszonych referatów przeglądowych i przedstawiono ok. 40 plakatów. Ponadto odbyła się specjalna południowa sesja poświęcona nauczaniu astronomii, a w dniu 14 września miało miejsce Walne Zebranie Towarzystwa, połączone z wyborem nowych Władz. Oprócz tradycyjnego roboczego programu, Organizatorzy Zjazdu dali okazję Uczestnikom do nieformalnych spotkań na wspólnej kolacji po pierwszym dniu obrad, na wieczorze przy piwie w Obserwatorium Poznańskim i na wycieczce do zamku w Kórniku i obserwatorium w Borowcu. Ważnymi akcentami na Zjeździe było wręczenie „Nagrody PTA im. prof. Włodzimierza Zonna za popularyzację wiedzy o Wszechświecie" i „Nagrody Młodych PTA". Pierwszą z tych nagród, wraz z regulaminowym medalem otrzymał Jarosław Włodarczyk z Warszawy (współredaktor „Wiedzy i Życia"), a drugą, Andrzej Niedzielski z Torunia.

Zaproszone przeglądowe referaty na Zjeździe wygłosili:

– Andrzej Sołtan z Warszawy
*Fluktuacje rentgenowskiego promieniowania tła*
– Tadeusz Michałowski z Poznania
*Własności fizyczne małych planet*
– Mirosław Giersz z Warszawy
*Dynamika gromad kulistych*
– Grażyna Stasińska z Meudon
*Mgławice planetarne jako narzędzia astrofizyki*
– Kazimierz Stępień z Warszawy
*Ewolucja rotacji gwiazd typu Słońca*
– Andrzej Kus z Torunia
*Radioastronomia „32" (Raport z aktualnego stanu technicznych przygotowań 32-metrowego radioteleskopu do pracy i jego program badawczy)*
– Jarosław Włodarczyk z Warszawy
*Starożytne katalogi gwiazd*
– Konrad Rudnicki z Krakowa
*Jakie są wątpliwości w stosunku do hipotezy prawybuchu*
– Marek Abramowicz z Göteborga
*Wszystkie możliwe dyski akrecyjne*

W czasie sesji poświęconej nauczaniu astronomii (nazwanej chyba nie najszczęśliwiej „Sesją dydaktyczną") referaty wygłosili Jerzy Kreiner, Roman Schreiber i Cecylia Iwaniszewska, organizatorka Sesji.

Na Walnym Zgromadzeniu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, uchwalono większością głosów członkostwo honorowe PTA dla prof. Wilhelminy Iwanowskiej z okazji Jej 90-tej rocznicy urodzin. Ponadto dyskutowano nad działalnością Zarządu Towarzystwa w ciągu ostatniej kadencji, bieżącymi potrzebami działalności PTA, w tym potrzebami finansowymi, problemami wydawniczymi „Postępów Astronomii" i potrzebami nauczycieli astronomii w polskich szkołach.

Walne Zebranie wybrało nowy Zarząd Towarzystwa i podziękowało dotychczasowemu Zarządowi, a szczególnie Prezesowi Robertowi Głębockiemu za dotychczasową owocną działalność. W głosowaniach Walnego Zjazdu uczestniczyło ok. 65 członków naszego Towarzystwa.

Nowy Zarząd wybrano w następującym składzie:

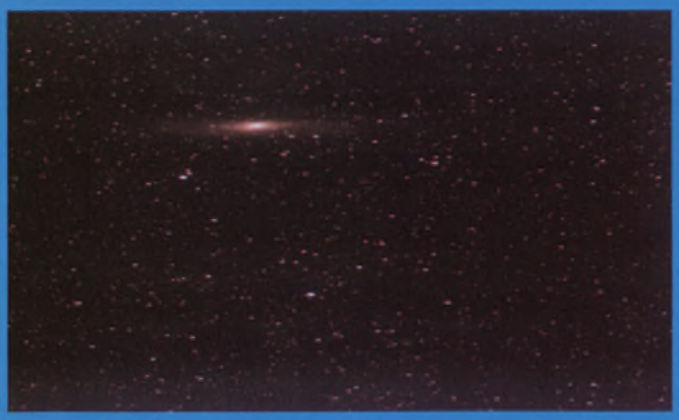
**Prezes**
– Jerzy Kreiner z Krakowa,
**Wiceprezes**
– Edwin Wnuk z Poznania,
**Sekretarz**
– Mirosław Giersz z Warszawy,
**Skarbnik**
– Andrzej Sołtan z Warszawy.
**Członkowie:**
– Adam Michalec z Krakowa
– Marek Sarna z Warszawy
– Krzysztof Ziołkowski z Warszawy.

Do Komisji Rewizyjnej weszli kol. Henryk Brancewicz, Józef Smak i Kazimierz Stępień. Sądowi Koleżeńskiemu przewodniczyć będzie kol. Janusz Ziółkowski. (aw)

Zarząd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w kadencji 1993 - 1995 na jednym z cokwartainych zebrań w Warszawie. Siedzą od lewej: dr Jan Mietelski, mgr Małgorzata Śróbka-Kubiak, dr Adam Michalec (sekretarz), prof. Andrzej Woszczyk (redaktor „Postępów Astronomii"). Stoją od lewej: dr Jan Zalewski (skarbnik), prof. Kazimierz Stępień, prof. Robert Głębocki (prezes), dr hab. Marek Sarna (wiceprezes), dr Henryk Brancewicz i prof. Edwin Wnuk. Fot. Małgorzata Śróbka - Kubiak.

# FOTObserwacje

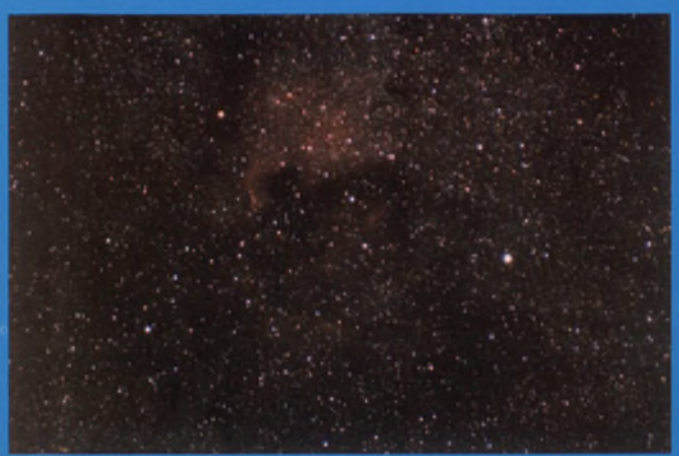
**Najwspanialszą zaletą kliszy fotograficznej w astronomicznej praktyce jest możliwość kumulowania światła. Wraz z czasem naświetlania wzrasta zaczernienie emulsji. Dzięki temu, na długo naświetlanych kliszach, możliwe staje się zobaczenie obiektów normalnie pozostających poza zasięgiem naszego wzroku – nawet jeśli uzbroimy nasze oko w teleskop. Dzięki astronomicznej fotografii możemy podziwiać niedostrzegalne okiem struktury odległych mgławic i galaktyk. Maksymalny czas ekspozycji ogranicza nam jedynie jasność tła nocnego nieba. Prezentowane poniżej zdjęcia to właśnie przykłady tego, co można zobaczyć na długo naświetlanych kliszach fotograficznych.**



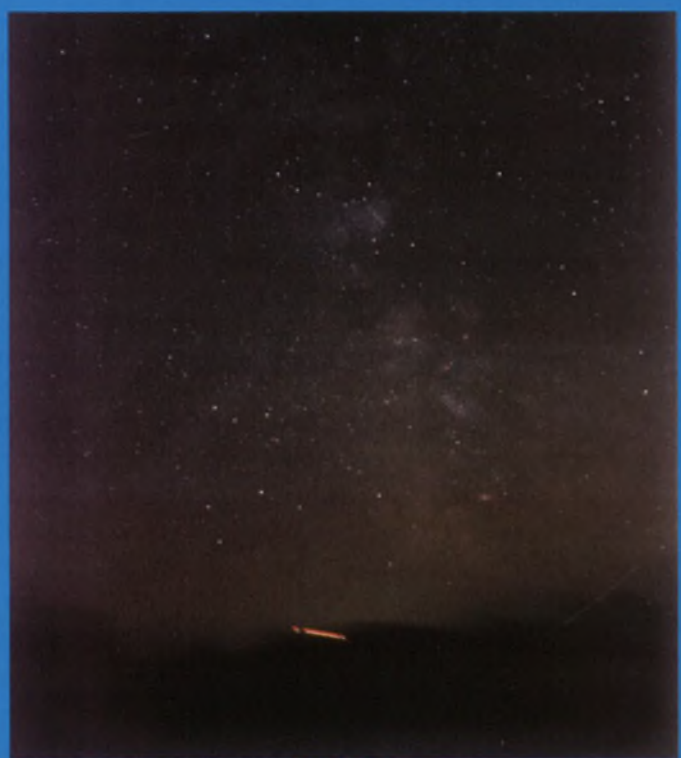
Wiesław Skórzyński, którego zdjęcia gościły już na naszych łamach, przysłał nam efekty swojej wakacyjnej pasji, jaką jest fotografowanie nocnego nieba. Zdjęcia wykonywał przy pomocy obiektywu Sonnar 200/2,8 na filmie Fuji Super–G 800 ASA z pominięciem migawki. Aparat zamocowany był na montażu paralaktycznym teleskopu i prowadzony ręcznie. Pierwsze zdjęcie przedstawia Wielką Mgławicę Andromedy[1] (M31), a drugie galaktykę w Trójkącie (M33). Oba zdjęcia naświetlane były 7 minut. Trzecie zdjęcie pokazuje nam dwie mgławice z gwiazdozbioru Łabędzia: Amerykę Północną i Pelikana (ekspozycja 6 min.).

Powtarzamy również zdjęcie, które tak niefortunnie wyszło w druku w poprzednim numerze PA – tym razem w kolorze. Jego autorem jest Janusz Płeszka z Krakowa, a przedstawia ono Drogę Mleczną przechodzącą przez gwiazdozbiory Tarczy i Strzelca. Zdjęcie wykonane było przy pomocy obiektywu szerokokątnego 35/2,4 (ekspozycja ok. 13 min.). (jd)

[1] Warto w tym miejscu przypomnieć, że zdjęcie M31 wykonane w 1923 roku przez E. Hubble'a ostatecznie rozstrzygnęło spór o naturę tej i podobnych mgławic. Na fotografii otrzymanej przy pomocy 2,5 metrowego teleskopu wyraźnie widoczne były gwiazdy tworzące spiralne ramiona mgławicy. Okazała się mgławicą pozagalaktyczną, czyli galaktyką podobną do naszej, a oddaloną o przeszło 2 miliony lat światła.



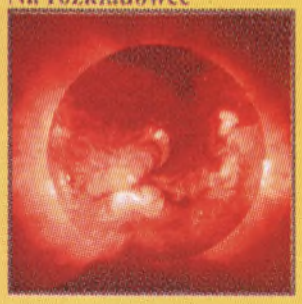
Przy wykonywaniu tego typu fotografii potrzebne czasy ekspozycji możemy oszacować stosując wzór $t_e=(fd)^2/AJ$, gdzie f – ogniskowa obiektywu w milimetrach; d – średnica obiektywu (mm); A – czułość filmu w ASA; J – moc promieniowania obiektywu (J/s) (*patrz: E. Pittich, D. Kalmančok, „Niebo na dłoni", WP 1988, str. 51*). Przykładowo, dla M31 J=0,0001, a dla większości innych galaktyk (dla Drogi Mlecznej również) jest o rząd wielkości mniejsze.



# KOCIE OKO

Położona w odległości ok. 3000 lat światła, w gwiazdozbiorze Smoka, mgławica NGC 6543 – „Kocie Oko" – jest jedną z najbardziej efektownych mgławic planetarnych. Powstała około 1000 lat temu. W jej zadziwiającej strukturze (koncentryczne otoczki gazowe, dżety, fale uderzeniowe) mamy świadectwo dynamiki i ewolucji kokonu materii otaczającej umierającą gwiazdę.

Na rozkładówce



# postępy astronomii

4/95

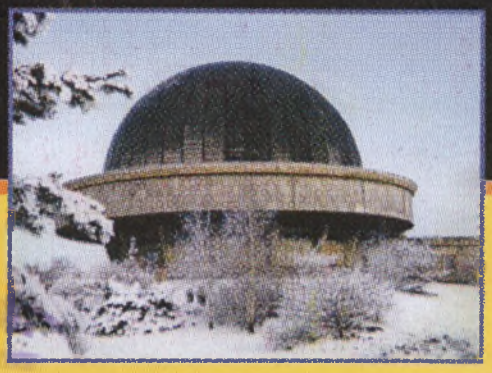
tom 43

październik - grudzień

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE

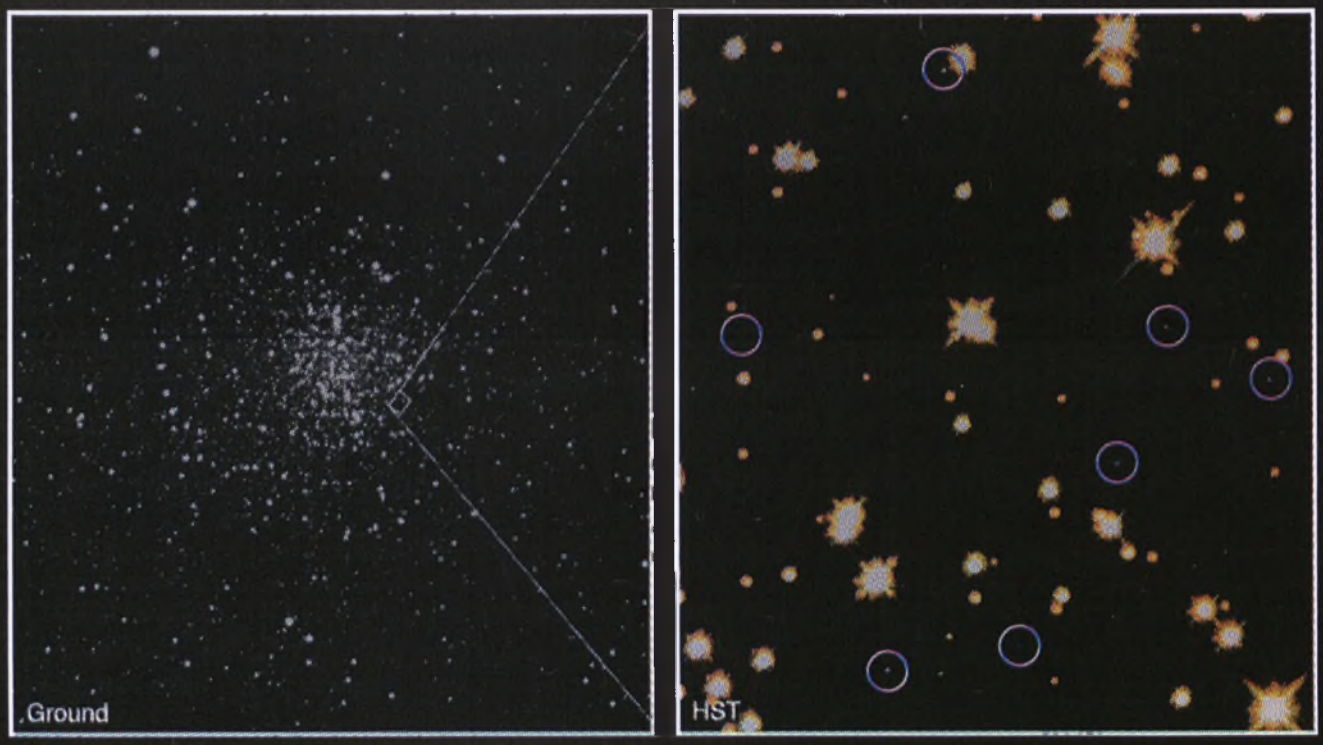
## GALILEO

- sukcesy
- porażki
- oczekiwania



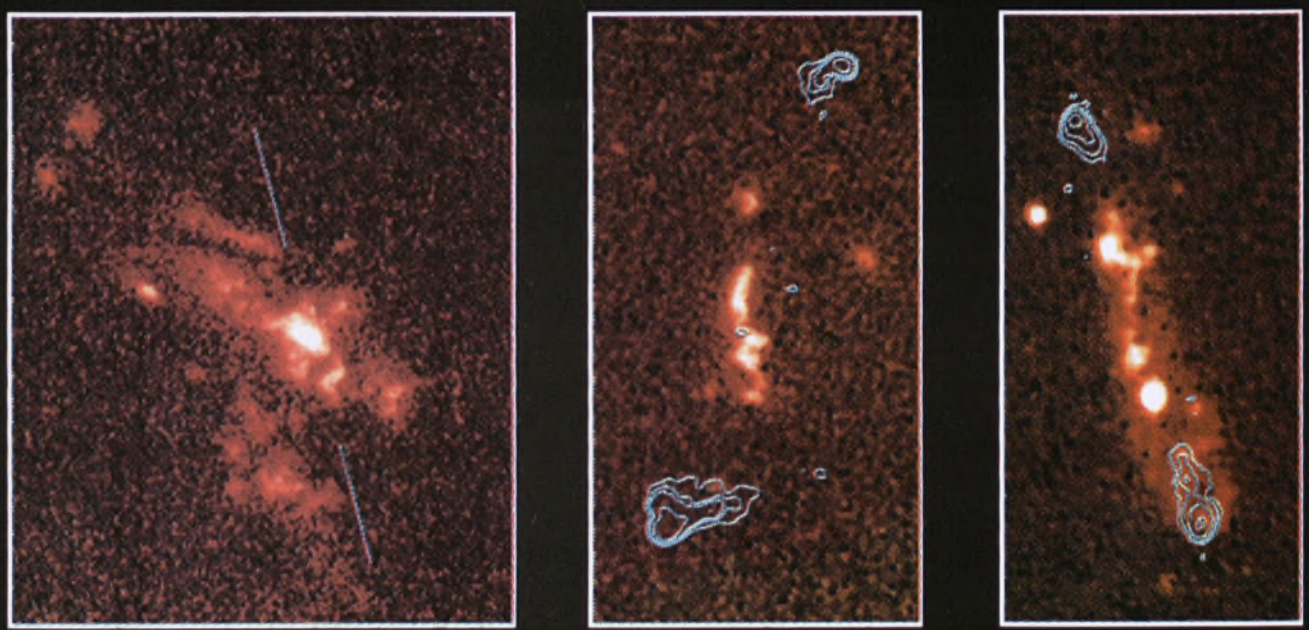
## 40 LAT PLANETARIUM ŚLĄSKIEGO

# GWIEZDNE CMENTARZYSKO




**Białe karły w gromadzie kulistej M4. Z lewej: zdjęcie z teleskopu naziemnego. Pole widzenia wynosi 47 lat świetlnych. Z prawej: zdjęcie wykonane przez kamerę szerokokątną WFPC2 Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. Pole widzenia wynosi 0.63 roku świetlnego. W kółkach zaznaczono widoczne białe karły (patrz artykuł pt. „Gwiezdne cmentarzysko" na str. 154).**

# RADIOGALAKTYKI



**Obrazy radiogalaktyk (od lewej) 3C368, 3C324, 3C265 w zakresie widzialnym uzyskane Teleskopem Hubble'a z nałożonymi izofotami radiowymi uzyskanymi z VLA (patrz str. 157).**

# Drodzy Czytelnicy,

*Naszym zamiarem było dostarczenie Państwu tego zeszytu w okresie, gdy stacja GALILEO zbliżała się do Jowisza i wprowadzała do jego atmosfery aparaturę badawczą w tzw. próbniku. Niestety nie udało się nam zdążyć na czas. Ale otwierający ten zeszyt artykuł* ***Krzysztofa ZIOŁKOWSKIEGO*** *z Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie przybliża nam sukcesy, porażki i oczekiwania związane z tą niezwykłą stacją kosmiczną. Przy okazji przypominamy najważniejsze parametry opisujące największą planetę naszego Systemu Słonecznego i jej satelity.*

*Kończący się rok przyniósł nam sensacyjne doniesienia o odkryciu nowego systemu planetarnego. Astronomowie szwajcarscy w 1994 roku rozpoczęli długofalowy program poszukiwania planet wokół około 140 gwiazd podobnych do Słońca. Posługują się metodą spektroskopową, mierząc prędkości radialne gwiazd i szukając ich cyklicznych zmian. Spodziewali się uzyskać pierwsze wiarygodne rezultaty po około kilku lub kilkunastu latach. Takie bowiem byłyby okresy zmian $V_r$, gdyby wokół obserwowanej gwiazdy znajdował się obiekt wielkości Jowisza i w podobnej odległości od swej gwiazdy, jak Jowisz jest odległy od Słońca. Z wielkim zaskoczeniem wykryli, że jedna z obserwowanych gwiazd, 51 Peg, wykazuje cykliczne zmiany w okresie zaledwie 4.2 dnia. Cóż to za planeta obiega swoje słońce w tak małej odległości? Piszemy o tym na str. 158.*

*Bardzo się cieszymy, że* ***Janusz SYLWESTER*** *z Pracowni Centrum Badań Kosmicznych PAN we Wrocławiu zechciał przedstawić Czytelnikom „Postępów Astronomii" przełomowe wyniki badań korony Słońca z pokładu japońskiego satelity YOHKOH (str. 166). Opis obserwowanych zjawisk i ich interpretacja uzupełnione są pięknymi, najnowszymi zdjęciami górnych warstw atmosfery naszej dziennej gwiazdy.*

*Burzom na Słońcu towarzyszy zwykle szereg zjawisk geofizycznych na Ziemi. Ale oprócz zjawisk naturalnych, fizycznych, może pojawić się też wiele zjawisk innej zgoła natury - pisze o nich* ***Radosław REK*** *z Centrum Badań Kosmicznych w Warszawie w artykule o pewnej burzy magnetycznej i... o tym, co z tego wynikło (str.162). O polu magnetycznym Słońca z pomiarów ULYSSES-a i wietrze słonecznym piszemy też na str. 159-160.*

*Dział „Teleskop Kosmiczny Obserwuje" jest chyba ulubionym działem naszych Czytelników. Często chwalicie Państwo prezentowane tam rezultaty badań i piękne obrazy Kosmosu. Nie brakuje ich też i w tym zeszycie. Zamieszczamy również parę ciekawych doniesień z najnowszych badań w rubryce „Rozmaitości"*

*Wiele miejsca poświęcamy naszym krajowym wydarzeniom astronomicznym. Informujemy o uruchomieniu nowego radioteleskopu w Krakowie (str. 176) i o jubileuszu 40 - lecia Planetarium Śląskiego (str. 178). Przypominamy też postać wybitnego polskiego astronoma i organizatora nauki polskiej, profesora Stefana Piotrowskiego. Sylwetkę Profesora kreśli Jego uczeń i następca „na katedrze", profesor Uniwersytetu Warszawskiego,* ***Kazimierz STĘPIEŃ.*** *O aktualnych zainteresowaniach naukowych polskich badaczy Kosmosu i programie ich badań mówi zestawienie przyznanych ostatnio „grantów" Komitetu Badań Naukowych (str. 183).*

*W nowej naszej rubryce* ***„Na półce z książkami"*** *w syntetycznej formie przypominamy o wartościowych książkach astronomicznych na polskim rynku wydawniczym. Wobec postępującej powodzi przeróżnych wydawnictw astrologicznych chcemy służyć naszym Czytelnikom informacją o tym, gdzie mogą znaleźć rzetelne treści mówiące o stanie wiedzy współczesnych nauk astronomicznych.*

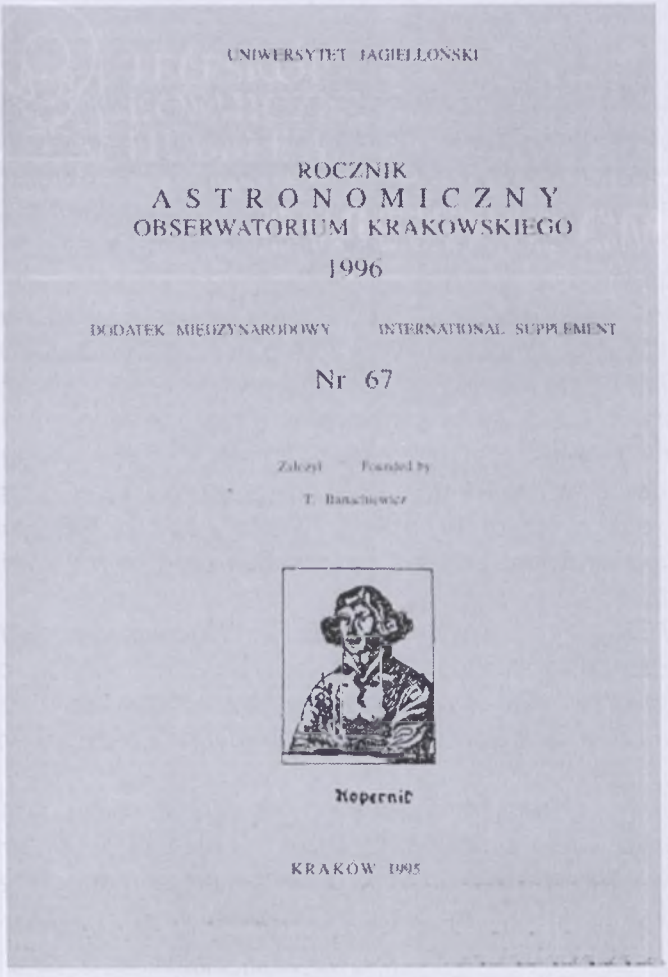
*Niestety musimy zanotować smutny fakt odejścia niektórych astronomów - przypominamy ich postacie w krótkich notatkach „In Memoriam".*

*Zeszyt zamykamy tradycyjnym felietonem.*

*Życzę Państwu przyjemnej lektury i Wszystkiego Najlepszego w Nowym 1996 Roku.*

***Andrzej Woszczyk***

*Toruń, w grudniu 1995*




## Rocznik Astronomiczny - Ankieta

.....

.....

.....

*(Imię i nazwisko, nazwa instytucji, adres, fax, e-mail)*

1. Chcę otrzymywać *Rocznik*
   a) bez efemeryd..... ☐
   b) z efemerydami przesłanymi
      1) jako e-mail..... ☐
      2) na dyskietce ..... ☐
      3) w formie wydruku ..... ☐

2. Nasza instytucja otrzymuje *Rocznik* na zasadzie wymiany, którą chcemy kontynuować..... ☐

3. Chciałbym/chcielibyśmy otrzymywać *Rocznik* bezpłatnie (uzasadnienie) ..... ☐

4. Liczba egzemplarzy ..... ☐

Podpis .....

**Prosimy o wypełnienie i wysłanie powyższej ankiety pocztą, e-mailem lub faksem na adres Redakcji.**

# Od redakcji Rocznika Astronomicznego Obserwatorium Krakowskiego

Wydany i przygotowany do dystrybucji
***Rocznik Astronomiczny***
***Obserwatorium Krakowskiego***
nr 67 na rok 1996 jest ostatnim ukazującym się w dotychczasowej postaci.
Przy powszechnym obecnie dostępie do komputerów, zamieszczane w *Roczniku* efemerydy minimów (maksimów dla gwiazd typu *RR Lyr*), liczone na każdą noc, nie są już tak przydatne obserwatorom jak uprzednio. Zdecydowano więc usunąć je z głównego wydania pozostawiając część zasadniczą, a mianowicie listy gwiazd zaćmieniowych i gwiazd typu *RR Lyr* wraz z bieżącymi elementami blasku, tzw. Annotations oraz niezbędne dane bibliograficzne. Pozwoli to w najbliższej przyszłości na poszerzenie list o dalsze gwiazdy z systematycznie kontrolowanymi elementami blasku w oparciu o bazę momentów minimów dla gwiazd zaćmieniowych znajdującą się w Krakowie i dane z Odessy dla gwiazd typu *RR Lyrae*.

Niemniej, efemerydy minimów (maksimów) liczone na dany rok:

**1.** będą dostępne w sieci komputerowej World Wide Web, pod adresem:

**http://www.oa.uj.edu.pl/ktt**

w *PostScriptcie* lub kodzie *ASCII* począwszy od 1 grudnia poprzedzającego roku. Pod tym adresem, znaleźć będzie można pełny tekst *Rocznika*, jak również informacje o krakowskiej bazie momentów minimów.

**2.** mogą zostać przesłane na wyraźną prośbę pocztą komputerową, lub za dodatkową opłatą w wysokości 2.5 zł, na dyskietce lub w postaci wydruku.

Dystrybucję *Rocznika* prowadzi redakcja. Cena numeru 67 na rok 1996 wynosi 5.8 zł + koszty wysyłki 1.2 zł = 7.0 zł. Dokonanie wpłaty możliwe jest bezpośrednio w redakcji lub przekazem pocztowym. Przewidywana cena *Rocznika* nr 68 na rok 1997 wynosi 4.8 zł+1.2 zł = 6.0 zł plus ewentualnie podany wyżej koszt efemeryd.

Zainteresowanych bardzo prosimy o wypełnienie ankiety (obok), która pomoże redakcji w przygotowaniu planu wydawniczego w roku przyszłym.

**Redakcja *Rocznika Astronomicznego***
**Obserwatorium Astronomiczne UJ**
**ul. Orla 171**
**30-244 Kraków**
**e-mail: *sac@oa.uj.edu.pl***
**fax: (+48-12) 25-13-18**

**(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 Soltan (CAMK Warszawa)

**Redakcja techniczna i opracowanie graficzne:** Jacek Drążkowski

**Korekta:** Małgorzata Sróbka - 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

**Projekt winiety:** Tadeusz Jodłowski

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

**Druk:** Drukarnia Paraflalna, ul. Ikara 6, Grudziądz

**Dystrybucja:** Barbara Gertner, Instytut Astronomii UMK, Toruń

**Numer zamknięto w grudniu 1995 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 1995

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:

148 **Galileo - sukcesy, porażki, oczekiwania**

*Krzysztof Ziołkowski*

*O sondzie kosmicznej mówi się już od wielu lat. Przeznaczona do wszechstronnych badań Jowisza, miała być wystrzelona z Ziemi za pomocą promu kosmicznego w połowie 1986 roku. Oczekiwano, że po przelocie koło planetoidy (29) Amphitrite - już w grudniu 1988 roku rozpocznie pracę jako sztuczny satelita największej planety. Tragiczna katastrofa Challengera w styczniu 1986 roku pokrzyżowała te plany. Start sondy mógł nastąpić dopiero w 1989 roku, a na osiągnięcie przez nią Jowisza trzeba było aż sześciu lat.*

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A
*Gwiezdne cmentarzysko (154)*
*Dżety optyczne w radiogalaktykach (156)*

162 **Pewna burza magnetyczna...**

*Radosław Rek*

*W październiku 1995 roku miały miejsce dwie burze magnetyczne. Nieścisłości zawarte w komunikacie NASA rozsyłanym pocztą elektroniczną zwróciły moją uwagę na jedną z nich. Celem niniejszego artykułu jest wyjaśnienie, co wtedy naprawdę miało miejsce.*

166 **Obserwacje Yohkoh...**

*Janusz Sylwester*

*Yohkoh dokonuje obserwacji Słońca wykorzystując zespół teleskopów i spektrometrów skonstruowanych w Japonii, USA i Wielkiej Brytanii. Przebieg misji kontrolowany jest przez japoński Instytut Badań Kosmicznych i Astronautycznych (ISAS).*

roznastości *Nowa planeta? (158), ULYSSES (159), Wiatr słoneczny a oscylacje Słońca (160)*

146 Od redakcji *Rocznika Astronomicznego*
175 **Ze zjazdów i konferencji:** Powstawanie i ewolucja gwiazd podwójnych...
176 **W kraju**: Nowy radioteleskop w Krakowie, 40 lat Planetarium w Chorzowie
183 **Granty KBN**
184 **Sylwetki:** Profesor Stefan Piotrowski
186 **In Memoriam:** Umierają gwiazdy, odchodzą astronomowie
188 **Recenzje:** Na półce z książkami
Astronomia. Przewodnik po Wszechświecie
190 **Felieton:** *Profesorski Kot, czyli wspomnienia Złego Kustosza*
192 **Indeks artykułów i autorów**

ZDJĘCIE NA OKŁADCE PRZEDSTAWIA:
artystyczną wersję przelotu sondy GALILEO w pobliżu jowiszowego księżyca Io, którego powierzchnia wykazuje niezwykłą wręcz aktywność geologiczną ze spektakularnymi wybuchami wulkanów włącznie.

O sondzie kosmicznej mówi się już od wielu lat. Przeznaczona do wszechstronnych badań Jowisza, miała być wystrzelona z Ziemi za pomocą promu kosmicznego w połowie 1986 roku. Oczekiwano, że po przelocie koło planetoidy (29) Amphitrite - już w grudniu 1988 roku rozpocznie pracę jako sztuczny satelita największej planety. Tragiczna katastrofa Challengera w styczniu 1986 roku pokrzyżowała te plany. Start sondy mógł nastąpić dopiero w 1989 roku, a na osiągnięcie przez nią Jowisza trzeba było aż sześciu lat.

# GALILEO

## - sukcesy, porażki, oczekiwania

Krzysztof Ziołkowski

Będąc u kresu podróży i na początku głównego etapu całej misji, GALILEO budzi obecnie coraz większe zainteresowanie. Warto więc prześledzić jego dotychczasowe sukcesy i porażki oraz wskazać na oczekiwania, które z pracą tej sondy łączą liczne zespoły badawcze.

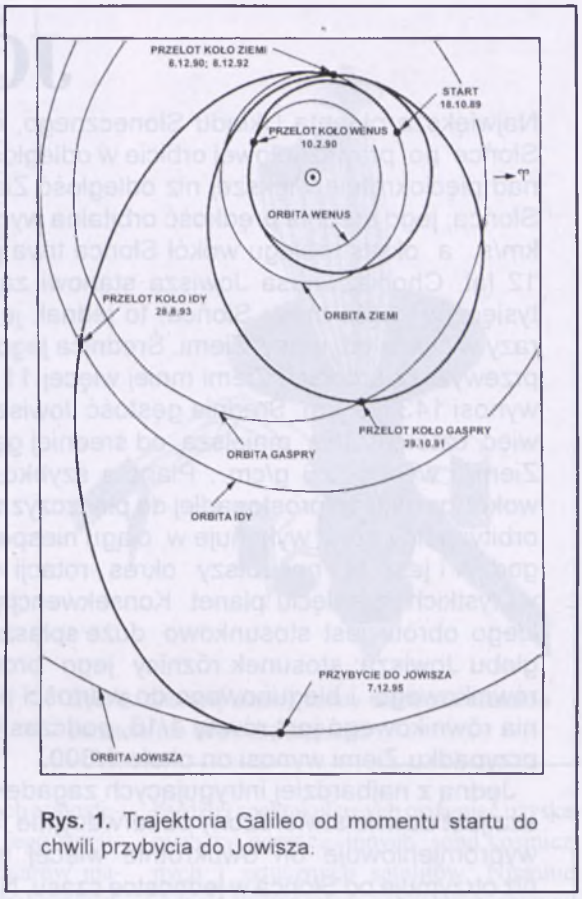
**Projekt GALILEO**

jest dziełem amerykańskiej agencji kosmicznej NASA, ale w jego przygotowaniu i realizacji mają także znaczący udział naukowcy i technicy z Francji, Kanady, Niemiec, Szwecji, Taiwanu i Wielkiej Brytanii. W przeciwieństwie do czterech sond kosmicznych, które dotychczas badały Jowisza podczas bliskich przelotów koło niego (Pioneer 10 i 11 w latach 1973 i 1974 oraz Voyager 1 i 2 w 1979 roku), GALILEO prawie dwa lata spędzi w otoczeniu planety śledząc jej atmosferę i warstwy powierzchniowe oraz magnetosferę i księżyce.

**Misja GALILEO**

rozpoczęła się 18 października 1989 roku wyniesieniem na orbitę okołoziemską - za pomocą promu kosmicznego Atlantis w jego rejsie nr STS-34 - sondy z dwustopniową rakietą przeznaczoną do skierowania statku kosmicznego z geocentrycznej orbity parkingowej ku planecie Wenus. Jego lot z Ziemi do Wenus odbywał się po heliocentrycznej orbicie eliptycznej o mimośrodzie 0.198 i wielkiej półosi 0.83 j.a. Zbliżenie sondy do Wenus w dniu 10 lutego 1990 roku na odległość około 16 tys. km od powierzchni planety, było okazją nie tylko do pierwszego uruchomienia niektórych przyrządów, ale przede wszystkim miało na celu taką zmianę trajektorii sondy, aby mogła się ona znaleźć znowu w pobliżu Ziemi. Przyspieszona oddziaływaniem grawitacyjnym Wenus, poruszała się teraz po orbicie o mimośrodzie 0.294 i wielkiej półosi 0.989 j.a. Przelot koło Ziemi nastąpił 8 grudnia 1990 roku w odległości zaledwie 960 km od powierzchni. Podobnie jak w przypadku Wenus, duże zbliżenie sondy do Ziemi miało na celu przede wszystkim jej grawitacyjne przyspieszenie. Jego wynikiem była taka zmiana trajektorii lotu, że GALILEO poruszał się teraz po orbicie heliocentrycznej o mimośrodzie 0.430 i wielkiej półosi 1.59 j.a. Po trwającym dwa lata okrążeniu Słońca sonda znowu znalazła się blisko Ziemi i 8 grudnia 1992 roku przeleciała w odległości tylko 303 km od jej powierzchni. Tym razem oddziaływanie grawitacyjne naszej planety zwiększyło prędkość sondy do 39 km/s, co spowodowało, że jej nowa orbita heliocentryczna miała mimośród 0.688 i wielką półoś 3.14 j.a. Lecąc po tej orbicie (której odległość aphelium była równa 5.31 j.a.) mogła już ona osiągnąć Jowisza (rys. 1).

Tak skomplikowany tor przelotu sondy GALILEO z Ziemi do Jowisza okazał się optymalny w warunkach startu w 1989 roku. Długotrwałość lotu była ceną za spore oszczędności energetyczne jakie uzyskano dzięki naturalnemu zwiększaniu prędkości sondy w wyniku jej zbliżeń do planet (jednego do Wenus i dwóch do Ziemi). To zaś było bardzo istotne zważywszy, że w momencie startu sonda GALILEO miała i tak ogromną masę ponad 2.5 tony, z czego na aparaturę badawczą przypadało zaledwie 148 kg i aż 925 kg na paliwo do silników rakietowych niezbędnych do jej sterowania (GALILEO ma 13 silników: jeden główny o sile ciągu 400 niutonów i 12 pomocniczych o sile ciągu 10 niutonów; cała misja wymaga trzech dużych manewrów i około 60 małych zmian kursu i orientacji aparatu).




**Rys. 1.** Trajektoria Galileo od momentu startu do chwili przybycia do Jowisza.

Szeroko zakrojony

**program badawczy**

sondy realizowany jest za pomocą 16 przyrządów, z których 6 znajduje się na pokładzie próbnika mającego zanurzyć się w atmosferę Jowisza. Do najważniejszych należy kamera (o ogniskowej 1.5 m i polu widzenia 0.5 ) umożliwiająca fotografowanie przez różne filtry powierzchni satelitów i obłoków planety z rozdzielczością rzędu 1 km. Własności fizyczne i skład chemiczny atmosfery planety oraz powierzchni satelitów galileuszowych badać będą spektrometry podczerwieni i nadfioletu. Pole magnetyczne Jowisza i jego fluktuacje będzie mierzone przez specjalny magnetometr. Do analizy składu i pomiaru energii, obfitości oraz rozkładu przestrzennego w otoczeniu planety jonów oraz wysoko- i niskoenergetycznych elektronów i protonów służą różne detektory plazmowe. Spektrometr fal plazmowych przeznaczony jest do detekcji i analizy fal elektromagnetycznych. Sonda jest też zaopatrzona w detektor pyłu do rejestracji oraz pomiarów prędkości, masy i ładunku drobin pyłu kosmicznego o rozmiarach submikronowych. Próbnik atmosferyczny został natomiast wyposażony w instrumenty do pomiaru temperatury, ciśnienia, gęstości i składu chemicznego atmosfery Jowisza w funkcji odległości od środka planety, w specjalny detektor do analizy obfitości helu, w tzw. nefelometr czyli aparat do badania rozpraszania światła słonecznego na cząsteczkach atmosfery oraz w przyrządy przeznaczone do pomiaru temperatury, natężenia i innych własności fizycznych promieniowania Słońca wnikającego w atmosferę Jowisza.

Spośród wielu skomplikowanych urządzeń oprzyrządowania pomocniczego umożliwiającego funkcjonowanie sondy największe emocje wzbudziła

**sprawa uruchomienia głównej anteny.**

Mająca służyć do przekazywania na Ziemię wszystkich danych pomiarowych antena kierunkowa dużego zysku, przypominająca kształtem i konstrukcją parasol o średnicy 4.8 m, podczas startu musiała być złożona. Było to podyktowane nie tylko jej wielkością, ale także troską o nie narażanie jej delikatnej struktury na ewentualne uszkodzenia intensywnym promieniowaniem słonecznym w czasie przebywania sondy w okolicach Wenus. Rozpostarcie anteny miało nastąpić podczas

# JOWISZ

Największa planeta Układu Słonecznego, okrąża Słońce po prawie kołowej orbicie w odległości ponad pięciokrotnie większej niż odległość Ziemi od Słońca; jego średnia prędkość orbitalna wynosi 13 km/s, a okres obiegu wokół Słońca trwa prawie 12 lat. Chociaż masa Jowisza stanowi zaledwie tysięczną część masy Słońca, to jednak jest 318 razy większa od masy Ziemi. Średnica jego globu przewyższa średnicę Ziemi mniej więcej 11 razy i wynosi 143 tys. km. Średnia gęstość Jowisza jest więc czterokrotnie mniejsza od średniej gęstości Ziemi i wynosi 1.3 g/cm . Planeta szybko rotuje wokół osi niemal prostopadłej do płaszczyzny swej orbity: pełny obrót wykonuje w ciągu niespełna 10 godzin i jest to najkrótszy okres rotacji wśród wszystkich dziewięciu planet. Konsekwencją szybkiego obrotu jest stosunkowo duże spłaszczenie globu Jowisza: stosunek różnicy jego promienia równikowego i biegunowego do wartości promienia równikowego jest równy 1/16, podczas gdy w przypadku Ziemi wynosi on około 1/300.

Jedną z najbardziej intrygujących zagadek Jowisza jest dawno stwierdzony obserwacyjnie fakt, że wypromieniowuje on dwukrotnie więcej energii, niż otrzymuje od Słońca w jednostce czasu. Nie znane jest źródło tej dodatkowej emisji. Mimo, że skład chemiczny Jowisza jest zbliżony do słonecznego, to jednak nie mogą w nim zachodzić reakcje jądrowe przemiany wodoru w hel ze względu na zbyt małe ciśnienie i za niską temperaturę w jego wnętrzu. Sądzono więc, że nadwyżka energii może być wynikiem kurczenia się planety (wystarczyłoby tempo około 1 mm rocznie), które powinno prowadzić do zamiany energii grawitacyjnej na energię cieplną. Koncepcja ta nie wytrzymała jednak próby czasu. Precyzyjna analiza zmian torów sond kosmicznych w polu grawitacyjnym Jowisza pozwoliła znaleźć rozkład gęstości wewnątrz jego globu. Okazało się, że wzrost gęstości ku środkowi jest tak wolny, iż wyklucza popularną dotąd hipotezę, że Jowisz jest kulą gazową. Najprawdopodobniej więc jest on wypełniony ciekłym wodorem metalicznym otoczonym grubą warstwą ciekłego wodoru molekularnego. Tylko w samym środku ma on przypuszczalnie niewielkie, ale skupiające około 13% masy, stałe jądro żelazowo-krzemianowe. Ściśliwość tych cieczy jest za mała, aby ich ewentualnym kurczeniem się można było wytłumaczyć obserwowaną nadwyżkę wypromieniowywanej energii. Być może więc Jowisz posiada jeszcze w swym wnętrzu zapas ciepła pochodzącego z okresu kondensacji planety z pierwotnego obłoku okołosłonecznego.

Transport energii we wnętrzu Jowisza odbywa się głównie drogą konwekcji. Ponieważ ciekły wodór metaliczny jest dobrym przewodnikiem elektryczności, więc konwekcja termiczna wzmacnia pole magnetyczne planety. Jego natężenie przy powierzchni jest kilkanaście razy większe niż pola magnetycznego Ziemi. Sprawia to, że wokół Jowisza rozciąga się ogromna magnetosfera, sięgająca w kierunku Słońca na odległość około 4 mln km. Pole magnetyczne więzi w tzw. pasach radiacyjnych wokół Jowisza znaczną liczbę cząstek naładowanych, których energia wielokrotnie przewyższa energię cząstek poruszających się wewnątrz analogicznych pasów Van Allena wokół Ziemi. Szybko wirujące wraz z planetą pole magnetyczne działa jak akcelerator przyśpieszając naładowane cząstki do prędkości bliskich prędkości światła. Są one źródłem odbieranego na Ziemi promieniowania radiowego Jowisza o decymetrowych długościach fal oraz jakby jego własnego „promieniowania kosmicznego", które także dociera do Ziemi.

Zbudowany w znacznej części z ciekłego wodoru glob Jowisza otoczony jest gazową atmosferą złożoną przede wszystkim z wodoru i helu z niewielkimi domieszkami substancji bogatych w wodór: metanu ($CH_4$ ), amoniaku ($NH_3$ ) i pary wodnej ($H_2O$), a także acetylenu ($C_2H_2$ ), cyjanowodoru (HCN) oraz tlenku węgla (CO). Wyraźnie widoczne na zdjęciach planety równoleżnikowe struktury są odzwierciedleniem wpływu szybkiej rotacji globu na obłoki w dolnych warstwach atmosfery, poruszające się wskutek konwekcji wywołanej pochodzącym z wnętrza ciepłem. Temperatura atmosfery Jowisza nad obszarem obłoków wynosi około 170 K. Najbardziej charakterystycznym tworem powierzchni Jowisza jest tzw. wielka czerwona plama, która jest prawdopodobnie gigantycznym zawirowaniem w powierzchniowej warstwie obłoków, przypominającym ziemskie cyklony. Długowieczność i wielkość plamy sprawiają, że ciągle brak jest wiarygodnego wyjaśnienia, co może być źródłem energii podtrzymującej jej istnienie.

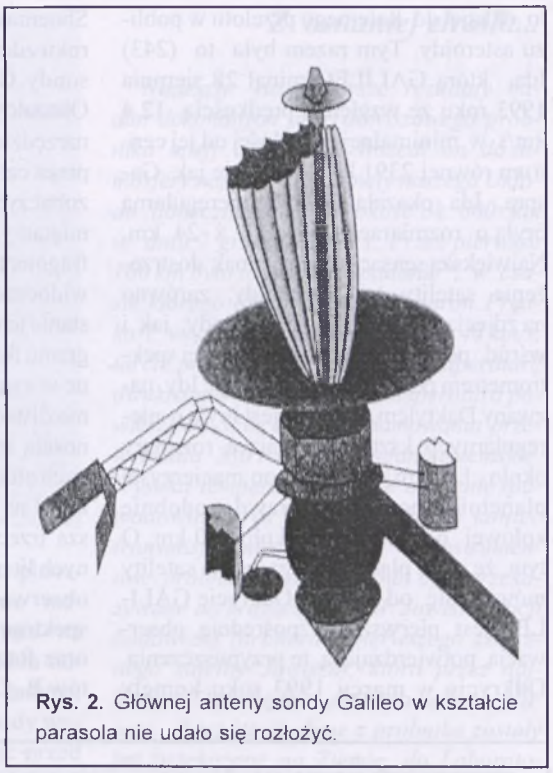
Wokół Jowisza krąży co najmniej 16 satelitów (tyle dotychczas zaobserwowano). Najbardziej znanymi są odkryte w 1610 roku przez Galileusza cztery największe księżyce: Io, Europa, Ganimedes i Kallisto. Dwa pierwsze mają rozmiary i gęstości porównywalne do ziemskiego Księżyca, podczas gdy dwa pozostałe są wielkości Merkurego, a ich gęstość jest mniejsza od gęstości wody. Na powierzchni Io odkryto czynne wulkany, a wzdłuż jego orbity (odległej od środka planety o prawie 6 jej promieni) stwierdzono obecność pierścienia plazmowego złożonego głównie ze zjonizowanych cząsteczek siarki. Jowisz otoczony jest ponadto słabym pierścieniem pyłowym położonym w płaszczyźnie równikowej, którego wyraźnie zarysowana krawędź zewnętrzna jest oddalona od środka planety o 1.8 jej promienia.

pierwszego przelotu w pobliżu Ziemi w grudniu 1990 roku. Niestety pierwsza próba otworzenia parasola anteny wykonana 13 grudnia 1990 roku nie powiodła się. Dalsze usiłowania, prowadzone intensywnie do kwietnia następnego roku, też nie przyniosły oczekiwanego rezultatu. Stwierdzono jedynie, że prawdopodobnie 3 spośród 18 żeber anteny zakleszczyły się uniemożliwiając pełne jej rozłożenie (rys. 2).

Przed następnym zbliżeniem do Ziemi w grudniu 1992 roku, dającym szanse ponowienia prób otworzenia anteny, intensywnie poszukiwano sposobów usunięcia uszkodzenia. Proponowano np. cykliczne zmiany orientacji sondy w taki sposób, aby maszt anteny na przemian ogrzewał się i ochładzał, co prowadziłoby do jego rozszerzania się i kurczenia. Zaplanowano też cykliczne uruchamianie i wyłączanie silniczka otwierania anteny, co powinno spowodować efekt uderzania zakleszczonych żeber. Testy wykonane na odpowiednim symulatorze pokazały, że 1000 „uderzeń" silniczka dwukrotnie zwiększy siłę urządzenia otwierającego. Wszystkie tego typu działania nie doprowadziły niestety do rozłożenia anteny. Prób rozwiązania problemu zaprzestano na wiosnę 1993 roku, gdy GALILEO oddalił się od Ziemi i wiadomo było, że dalsze działania są już bezskuteczne. Ostatecznie podejrzewa się, że przyczyną zakleszczenia żeber anteny był wyciek smaru z mechanizmu otwierającego, który nastąpił prawdopodobnie podczas przewozu sondy samochodem z Kalifornii, gdzie była budowana, na Florydę, skąd była wystrzeliwana.

Strata anteny dużego zysku nie może oczywiście pozostać bez wpływu na wyniki pracy sondy. Wszystkie informacje zebrane przez jej przyrządy są przekazywane na Ziemię za pomocą działającej normalnie anteny małego zysku, przewidzianej pierwotnie jedynie do sterowania pracą sondy. Jej szybkość przekazu danych wynosi jednak tylko 10 bitów na sekundę, podczas gdy główna antena była w stanie przesyłać aż 134 tys. bitów w ciągu sekundy. Przeprogramowanie systemu transmisji danych oraz włączenie do ich odbioru trzech, a nie jednej jak pierwotnie planowano, stacji naziemnych (w Kalifornii, Australii i Hiszpanii), doprowadziło do zwiększenia szybkości przekazu danych do 100-140 bitów na sekundę. Dzięki temu uda się prawdopodobnie sprowadzić na Ziemię około 80% danych pomiarowych dotyczących atmosfery Jowisza, 70% informacji o jego satelitach i mniej więcej 60% pomiarów magnetosferycznych. Liczba przekazanych zdjęć zmniejszy się natomiast z planowanych około 50 tys. do zaledwie 1500.

Mimo ograniczeń spowodowanych brakiem głównej anteny, sonda GALILEO, jeszcze przed rozpoczęciem realizacji swego głównego zadania, może się poszczycić wieloma sukcesami. Pomiary i obserwacje Wenus, Ziemi i Księżyca, wykonane podczas jej rozpędzania przez te planety, pozostają być może w cieniu bardziej spektakularnych osiągnięć uzyskanych za pomocą innych sond kosmicznych i sztucznych satelitów. Niemniej jednak w znaczący sposób przyczyniają się do poszerzenia rożnych aspektów wiedzy o tych obiektach. Świadczą o tym np. często obecnie spotykane w rożnych publikacjach naukowych odwołania do wyników badań uzyskanych za pomocą sondy GALILEO. Pomijając szczegóły dotyczące tej fazy misji przypomnijmy natomiast



**Rys. 2.** Głównej anteny sondy Galileo w kształcie parasola nie udało się rozłożyć.

**sensacyjne poniekąd rezultaty**

dalszego wykorzystania sondy.

Między pierwszym i drugim przelotem koło Ziemi GALILEO sięgnął w aphelium swej ówczesnej orbity (odległym od Słońca o 2.27 j.a.) aż do pierścienia małych planet gdzie zbliżył się do planetoidy (951) Gaspra mijając ją 29 października 1991 roku ze względną prędkością 8 km/s w minimalnej odległości od jej centrum wynoszącej 1601 km. Przekazane na Ziemię zdjęcia, ukazujące po raz pierwszy obraz planetoidy „z bliska", potwierdziły dotychczasowe przypuszczenia, że asteroidy są bryłami o nieregularnych kształtach, których powierzchnie pokryte są licznymi kraterami uderzeniowymi. Rozmiary Gaspry oceniono na 36 x 22 x 20 km. Jednym z najciekawszych odkryć było stwierdzenie istnienia pola magnetycznego Gaspry.

Drugie przejście przez pierścień planetoid, które nastąpiło podczas ostatniego już etapu lotu sondy do Jowisza, stworzy-

**Tab. 1. Księżyce Jowisza**

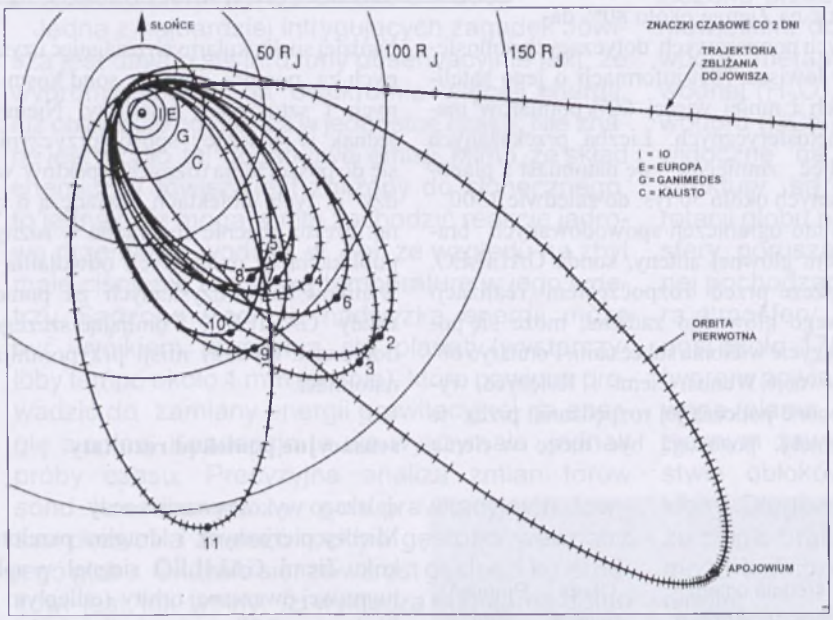
| Nazwa | Odkrywca | Rok odkrycia | średnia odległość od Jowisza [km] | Okres orbitalny [dni] | Promień [km] |
|---|---|---|---|---|---|
| Metis | Voyager | 1979 | 127.960 | 0,3 | (20)* |
| Adrasthea | Voyager | 1979 | 128.980 | 0,3 | 12x8 |
| Amalthea | Barnard | 1892 | 181.300 | 0,5 | 135x75 |
| Thebe | Voyager | 1979 | 221.900 | 0,7 | (50) |
| Io | Galileusz | 1610 | 421.660 | 1,8 | 1.815 |
| Europa | Galileusz | 1610 | 670.900 | 3,5 | 1.569 |
| Ganimedes | Galileusz | 1610 | 1.070.000 | 7,2 | 2.631 |
| Kallisto | Galileusz | 1610 | 1.883.000 | 16,7 | 2.400 |
| Leda | Kowal | 1974 | 11.094.000 | 239 | (8) |
| Himalia | Perrine | 1904 | 11.480.000 | 250 | (90) |
| Lysithea | Nicholson | 1938 | 11.720.000 | 259 | (20) |
| Elara | Perrine | 1905 | 11.737.000 | 260 | (40) |
| Ananke | Nicholson | 1951 | 21.200.000 | 631 | (15) |
| Carme | Nicholson | 1938 | 22.600.000 | 692 | (22) |
| Pasiphae | Melotte | 1908 | 23.500.000 | 735 | (35) |
| Sinope | Nicholson | 1914 | 23.700.000 | 758 | (20) |

*Wartości znane z dokładnością mniejszą niż 10%

ło okazję do kolejnego przelotu w pobliżu asteroidy. Tym razem była to (243) Ida, którą GALILEO minął 28 sierpnia 1993 roku ze względną prędkością 12.4 km/s w minimalnej odległości od jej centrum równej 2391 km. Podobnie jak Gaspra, Ida okazała się także nieregularną bryłą o rozmiarach 55 x 20 x 24 km. Największą sensacją było jednak dostrzeżenie satelity tej planetoidy, zarówno na zdjęciach wykonanych z sondy, jak i wśród pomiarów wykonanych jej spektrometrem podczerwieni. Księżyc Idy, nazwany Daktylem, również jest bryłą o nieregularnych kształtach mającą rozmiary około 1.5 km. Okrąża on macierzystą planetoidę po orbicie prawdopodobnie kołowej o promieniu około 100 km. O tym, że małe planety mogą mieć satelity mówiło się od dawna. Odkrycie GALILEO jest pierwszą bezpośrednią obserwacją potwierdzającą te przypuszczenia. Odkrycie w marcu 1993 roku komety Shoemaker-Levy 9, która w lipcu 1994 roku zderzyła się z Jowiszem, stało się dla sondy GALILEO nie lada wyzwaniem. Okazało się bowiem, że jest ona jedynym narzędziem obserwacyjnym zbudowanym przez człowieka, które może bezpośrednio zobaczyć niecodzienne zjawisko. Jak pamiętamy, uderzenia wszystkich około 20 fragmentów komety następowało po niewidocznej z Ziemi stronie planety. Sprostanie temu zadaniu wymagało zmiany programu funkcjonowania sondy. Było to trudne w sytuacji braku głównej anteny i niemożliwości przewidzenia z dużą dokładnością momentów zderzeń i spodziewanych efektów. Ostatecznie GALILEO przekazał na Ziemię obrazy uderzeń w Jowisza trzech fragmentów komety oznaczonych literami K, N i W, a także rezultaty obserwacji - wykonanych za pomocą spektrometrów podczerwieni i nadfioletu oraz fotopolarymetru - uderzeń fragmentów B, C, G, H, L, Q1, R i S. Podkreślmy, że jedynie informacje uzyskane dzięki sondzie GALILEO dostarczyły wiadomości o przebiegu pierwszej minuty zjawiska wtargnięcia fragmentu komety z prędkością 60 km/s w atmosferę i warstwy powierzchniowe Jowisza. Trudno więc przecenić ich znaczenie i wartość naukową dla opisu i zrozumienia całego wydarzenia. Transmisję danych dotyczących zderzenia komety z Jowiszem trzeba było zakończyć w styczniu 1995 roku, gdyż wtedy właśnie należało już rozpocząć przygotowania sondy do wszystkich operacji jowiszowych. Sądząc po dotychczas uzyskanych rezultatach trudno nie uznać przygody z kometą Shoemaker-Levy 9 za kolejny sukces GALILEO.

W połowie 1995 roku sonda GALILEO poddana została manewrom decydującym poniekąd o

**dalszym losie misji**.




**Rys.3.** Taniec Galileo wokół Jowisza.

Zaczęło się 12 kwietnia od drobnej korekty trajektorii lotu; chodziło o to, aby mogła ona doprowadzić sondę już bezpośrednio do powierzchni Jowisza. Od lecącej po takim torze sondy odłączono w dniu 13 lipca próbnik atmosferyczny (o masie 339 kg, z czego 30 kg przypada na przyrządy naukowe), który - poruszając się dalej samodzielnie - osiągnął Jowisza 7 grudnia 1995 roku. Lecąc z prędkością 47 km/s wtargnął w atmosferę planety i po 2 minutach aerodynamicznego hamowania rozwinął spadochron, który umożliwił mu zanurzanie się w głąb atmosfery i obłoków powierzchniowych aż do warstwy o ciśnieniu przewyższającym ciśnienie przy powierzchni Ziemi mniej więcej 25 razy. Trwało to około 75 minut; przez cały ten czas pracowały wszystkie przyrządy znajdujące się na pokładzie próbnika.

Dwa tygodnie po odłączeniu próbnika atmosferycznego, 27 lipca 1995 roku, po raz pierwszy od momentu startu włączono na kilka minut główny silnik sondy, aby skierować ją na tor umożliwiający wykonanie w dniu 7 grudnia 1995 roku manewru czyniącego z niej satelitę Jowisza. W tym krytycznym dla powodzenia całej misji dniu 7 grudnia w ciągu zaledwie 7 godzin GALILEO wszedł na orbitę wokółjowiszową, minął w odległości około 1 000 km księżyc Io (było to jedyne zbliżenie do tego najbardziej chyba intrygującego satelity Jowisza) oraz przeleciał nad powierzchnią Jowisza w odległości 214 tys. km, odbierając dane pomiarowe przyrządów zanurzającego się w tym czasie w atmosferę planety próbnika. W ten sposób rozpoczęła się ostatnia, zasadnicza faza misji GALILEO. Oczekuje się, że w

**Tab. 2.** Zbliżenia sondy GALILEO z księżycami Jowisza

| Nr orbity | Księżyc | Data | Odległość [km] |
|---|---|---|---|
| 1 | Ganimedes | 1996.07.04 | 500 |
| 2 | Ganimedes | 1996.09.06 | 259 |
| 3 | Kallisto | 1996.11.04 | 1.102 |
| 4 | Europa | 1996.12.19 | 693 |
| 5 | (bez bliskiego przelotu) | | |
| 6 | Europa | 1997.02.20 | 587 |
| 7 | Ganimedes | 1997.04.05 | 3.056 |
| 8 | Ganimedes | 1997.05.07 | 1.580 |
| 9 | Kallisto | 1997.06.25 | 416 |
| 10 | Kallisto | 1997.10.17 | 524 |
| 11 | Europa | 1997.11.06 | 1.124 |

Tab. 3. Podstawowe dane techniczne

| | Orbiter GALILEO | Próbnik atmosferyczny |
|---|---|---|
| Masa urządzenia [kg] | 2.223 | 339 |
| Masa ładunku użytecznego [kg] | 148 | 30 |
| Masa paliwa [kg] | 925 | — |
| Długość [cm] | 615 | 86 |
| Źródło energii elektrycznej | generator termo-elektryczny wykorzystujący energię rozpadu izotopów promieniotwórczych | bateria litowo-siarkowa (730 watogodzin) |

ciągu następnych 23 miesięcy sonda 11 razy okrąży Jowisza po różnych orbitach umożliwiających obserwację planety, badania *in situ* magnetosfery oraz zbliżenia do największych satelitów (w tym po trzy do Europy i Kallisto oraz cztery do Ganimedesa). Dodajmy, że bliskie przeloty koło księżyców galileuszowych będą także wykorzystywane do naturalnej modyfikacji trajektorii sondy (podobnie jak początkowe zbliżenia do Wenus i Ziemi).

**Ostatnia faza lotu**

do Jowisza przyniosła też różne niespodzianki. W sierpniu 1995 roku GALILEO nieoczekiwanie przeszedł przez stosunkowo gęstą chmurę pyłu międzyplanetarnego. Detektor pyłowy sondy przez około trzy tygodnie rejestrował do 20 tys. drobin na dobę, podczas gdy poza tym okresem średnio jedną cząstkę na trzy dni. Przypuszcza się, że pył ten pochodzi z otoczenia Jowisza (jest być może wynikiem erupcji wulkanicznych na Io) lub też stanowi pozostałość po komecie Shoemaker-Levy 9.

Również w sierpniu 1995 roku zauważono, że jeden z dwóch wentyli zbiornika helu w głównym silniku sondy pozostaje otwarty. Wywołało to zrozumiały niepokój o wpływ tej usterki na dalsze funkcjonowanie całego urządzenia. Stwierdzono jednak, że rygorystyczne przestrzeganie pewnych ograniczeń temperatury i ciśnienia podczas pracy wszystkich przyrządów, powinno skutecznie zabezpieczyć sondę przed niebezpiecznymi konsekwencjami tego uszkodzenia.

**Niepomyślne wieści**

o funkcjonowaniu sondy zostały ponadto odebrane 11 października 1995 roku. Wkrótce po wykonaniu zdjęć Jowisza i jego satelitów z odległości około 35 mln km, jaka wtedy dzieliła sondę od planety, stwierdzono wadliwe działanie magnetofonu pokładowego polegające na nie zatrzymaniu się taśmy po zapisaniu odpowiednich danych (pojemność jedynej tego typu pamięci na pokładzie sondy wynosi 109 megabajtów). Na miesiąc przed osiągnięciem Jowisza nie udało się jeszcze w pełni zdiagnozować i usunąć tej usterki. Wiadomo jedynie, że może ona bardzo poważnie ograniczyć - i tak już znacznie zredukowane brakiem anteny dużego zysku - informacje, które sonda zdoła przekazać na Ziemię. Trwają więc gorączkowe próby, zarówno naprawienia magnetofonu, jak i takiego przeprogramowania sondy, aby jak najmniej stracić danych pomiarowych gdyby nie udało się usunąć uszkodzenia. Jeśli chodzi o program naukowy to najbardziej na razie zagrożone likwidacją są zdjęcia satelity Io, które miały być wykonane podczas jedynego niestety zbliżenia sondy do tego księżyca w dniu 7 grudnia 1995 roku.

Obfitujący w sukcesy i porażki dotychczasowy przebieg misji GALILEO wydaje się potwierdzać coraz powszechniejszą opinię, że tak wielkie i skomplikowane (a tym samym kosztowne) przedsięwzięcia nie prowadzą do optymalnego wykorzystania środków przeznaczonych na badania kosmiczne. Budowa małych oraz prostszych sond i satelitów zdominuje zapewne działania w tym zakresie w najbliższej przyszłości. Po GALILEO jeszcze tylko misja CASSINI, której celem jest Saturn, ma szansę już wkrótce dostarczyć podobnych emocji. Oby były to same sukcesy.

*Krzysztof Ziołkowski jest specjalistą mechaniki nieba, głównie dynamiki małych ciał Układu Słonecznego (komet i planetoid), pracującym w Centrum Badań Kosmicznych PAN.*

*Od wielu lat w Warszawie redaguje bratnie pismo astronomiczne pt. „Urania".*

## *Z ostatniej chwili....*

*Nadeszły już pierwsze rezultaty badań dokonanych przez Jowiszowego próbnika misji GALILEO. Wszedł on do atmosfery największej planety naszego Układu Słonecznego na głębokość ok. 600 km w dniu 7 grudnia 1995 r. Przez pierwsze 160 km było to „wolne spadanie", w czasie którego otworzył się spadochron. Prędkość wejściowa wynosiła ponad 40 km/s, tarcie powodowało lokalną temperaturę dwukrotnie wyższą niż temperatura powierzchni Słońca, a siła hamowania przewyższała 230 razy przyciąganie ziemskie. Wysoka temperatura i duże ciśnienie spowodowały kres życia próbnika i koniec transmisji danych. Dane z 6 instrumentów próbnika przez 57 minut były przekazywane do krążącej wokół Jowisza stacji badawczej (orbitera - pierwszego sztucznego satelity Jowisza), która przez najbliższe 2 lata będzie obserwowała tę planetę. Z tej stacji, dane z próbnika zostały już przekazane na Ziemię, do Laboratorium Napędów Odrzutowych (JPL) w Pasadenie. Ich jakość przewyższa oczekiwania, a one same zmuszają do przemyślenia na nowo teorii tworzenia się i ewolucji planet, a w szczególności Jowisza.*

*Cóż znalazł próbnik Galileo? Odkrył, że wody jest na Jowiszu znacznie mniej niż się spodziewano, a helu jest zaledwie połowa tego co przyjmowano dla budowy modeli tej planety. Podobnie jest z innymi lekkimi pierwiastkami. Generalnie zakładano bowiem, że Jowisz razem ze Słońcem i innymi planetami powstał z tej samej, a więc i o takim samym składzie chemicznym, materii pierwotnej mgławicy. Próbnik nie potwierdził istnienia 3 warstw chmur postulowanych we wszystkich modelach Jowisza. Stwierdził występowanie znacznie silniejszych wiatrów (aż do 500 km/godz. wobec spodziewanych najwyżej 300 km/godz.) i turbulencji atmosferycznych. Wiatry wydają się nie zmieniać z głębokością, co sugeruje, że nie powstają one na skutek różnej ilości energii słonecznej odbieranej przez obszary równikowe i polarne planety. Odkrył, że burze z piorunami występują na Jowiszu 10 razy rzadziej niż na Ziemi, a to znacznie redukuje szansę odkrycia w jego atmosferze złożonych molekuł organicznych. Wyładowania elektryczne pomagają bowiem istotnie w formowaniu się takich związków.*

*Przedstawione powyżej w telegraficznym skrócie pierwsze rezultaty uzyskane z próbnika Galileo są oczywiście wynikami wstępnymi i muszą być poddane dalszym analizom.*

**(aw)**

# Gwiezdne cmentarzysko

**Kosmiczny Teleskop Hubble'a bez wytchnienia dostarcza fascynujących obrazów Wszechświata. Po dokonanej korekcie jego systemu optycznego jest w stanie spoglądać dalej, na obiekty słabsze, innymi słowy potrafi obrazować bardziej zamierzchłe dzieje kosmosu.**

**Wykorzystując potężne możliwości tego orbitalnego obserwatorium, grupa astronomów kanadyjskich i amerykańskich, prowadzona przez Harveya B. Richera, przyjrzała się bacznie gromadzie kulistej M4. Chcąc ubrać istotę odkrycia w dramatyczne słowa, można by powiedzieć, że znaleźli oni *gwiezdne cmentarzysko.***

### Co zaobserwowano ?

Gromada kulista to setki tysięcy gwiazd skupionych w obszarze o promieniu 20 – 50 pc. Pośród tego mrowia gwiazd uczeni wypatrywali pewnych szczególnych obiektów, dla których astronomia ukuła nazwę białych karłów. Te końcowe stadia ewolucji niezbyt masywnych gwiazd ( nasze Słońce też tak „skończy" za około 5 miliardów lat ) pełnią doniosłą rolę kosmicznych zegarów. Zegarów szczególnych, bo wskazujących dolną granicę wieku Wszechświata.

Biały karzeł to powolutku stygnące, wypalone jądro gwiazdy. Ponieważ spora masa jest skupiona w niewielkiej bryle (wielkości rzędu Ziemi), czyli gęstość materii jest znaczna, proces chłodzenia trwa niezmiernie długo. Dość powiedzieć, że Wszechświat jest jeszcze za młody na to, by jakikolwiek biały karzeł zdołał ostygnąć, znikając z pola widzenia jako czarny karzeł.

Pomimo, że obecność białych karłów w gromadach kulistych została przewidziana teoretycznie, próby ich zaobserwowania napotykały na zasadnicze trudności — duże odległości oraz małe jasności nawet tych najgorętszych białych karłów. Natomiast zaobserwowanie populacji takich gwiazd dostarczyłoby istotnych danych na temat tempa tworzenia się białych karłów z gwiazd gałęzi olbrzymów, tempa utraty masy tych ostatnich, a co za tym idzie stopnia wzbogacenia chemicznego Galaktyki przez małomasywne gwiazdy.

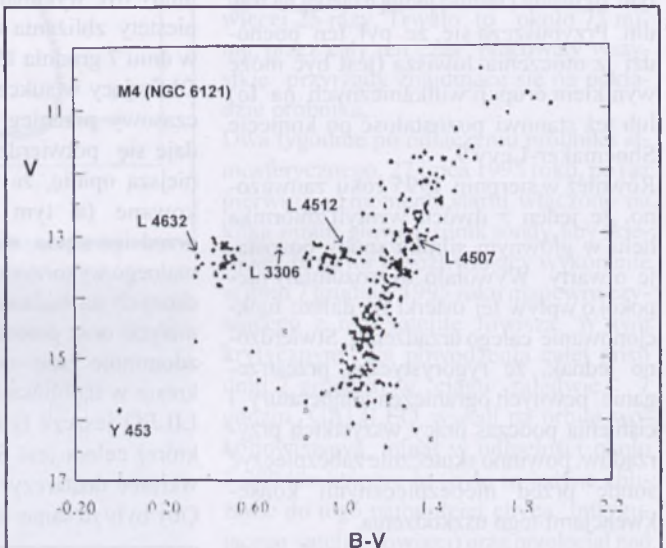
Przy pomocy kamery szerokokątnej (WFPC2) zarejestrowano ponad 75 białych karłów w jednym tylko obszarze M4 (patrz zdjęcie na drugiej stronie okładki). Żeby uzmysłowić sobie czułość aparatury niezbędnej do zaobserwowania tak słabych obiektów wystarczy wyobrazić sobie, że jest to równoważne z oglądaniem 100–watowej żarówki, znajdującej się na Księżycu!

### M4 z perspektywy lat

Wszystkie pojedyncze gwiazdy tworzące gromadę kulistą, które kończą spalanie jądrowe w swych wnętrzach, powinny przekształcić się w białe karły. Mając na uwadze fakt, że gromady te są obiektami bardzo starymi (wiek M4 szacuje się na około 14 miliardów lat), powinny one zawierać wiele białych karłów. Stosunek jasności do masy dla gromad kulistych jest tego rzędu co dla Słońca, co oznacza, że typowy jej członek to chłodna gwiazda o masie ~ 1 $M_\odot$. Całkowita jasność M4, wynosząca $5\times10^4$ $L_\odot$ skłania do przypuszczenia, że zawiera ona około $2\times10^4$ interesujących nas gwiazd. Szacunki dokonywane na bazie obserwacji naziemnych z końca lat 80–tych wskazywały jedynie na populację ~240 białych karłów jaśniejszych niż $M_V \approx 11$ mag.

Jedna cecha M4 wyróżnia ją spośród innych gromad kulistych. Jest najbliższa. Różni badacze podają, że odległość do niej należy do przedziału $1.7 \pm 0.1 \div 2.0 \pm 0.2$ kpc. Nietrudno więc zrozumieć, że jest ona chętnie obserwowana - potencjalnie jest w stanie dostarczyć więcej informacji niż inne, dalsze gromady kuliste.

Patrząc na diagram H – R, sporządzony dla M4 na podstawie obserwacji obejmujących okres kilkudziesięciu lat (rys. 1), możemy wyróżnić kilka rzeczy. Mianowicie górna część gałęzi czerwonych olbrzymów składa się z niewielu gwiazd, która dodatkowo jest niezbyt dobrze oddzielona od gałęzi asymptotycznej. Bogata jest natomiast gałąź horyzontalna,




**Rys. 1.** Diagram kolor - jasność dla prawdopodobnych członków M4. Wypełnione kółka oznaczają gwiazdy o prawdopodobieństwie należenia do gromady P≥90% , a puste - 30% ≤ P < 90%, (K. M. Cudworth i R. Rees, *Astron. J.*, **99** (5), 1491 (1990)).

posiadająca mniej więcej równą ilość gwiazd po obu stronach obszaru, w którym występują gwiazdy zmienne typu *RR Lyrae*.

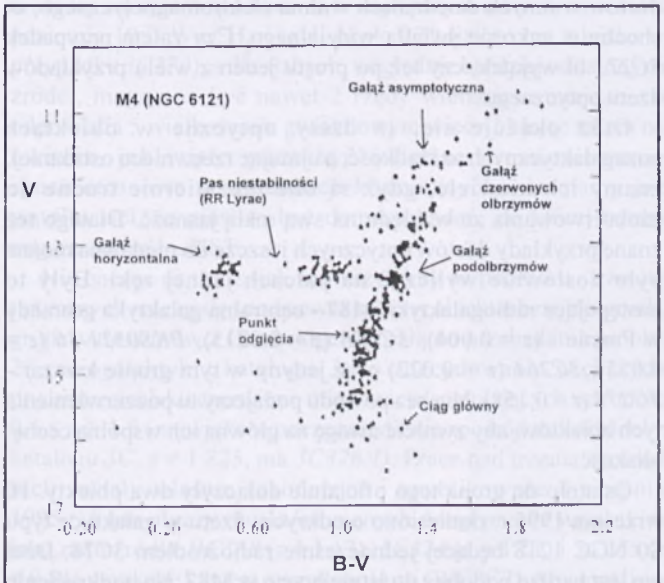
Wielkość średniego poczerwienienia gromady możemy określić poprzez analizę kolorów krawędzi pasa niestabilności. Dzięki temu możemy znaleźć, że nadwyżka barwy $E(B - V)$, równa różnicy absorpcji w dwóch pasmach, wynosi $0.40 \pm 0.04$.

Jeśli teraz przyjmiemy, że jasność absolutna gałęzi horyzontalnej $M_V(HB) = 0.70 \pm 0.15$, stosunek absorpcji całkowitej do selektywnej $R = A_V/E(B - V) = 3.2$, jasność wizualna gałęzi horyzontalnej $V(HB) = 13.45$, to otrzymamy moduł odległości $(m - M)_O = 11.47 \pm 0.2$. Co ostatecznie wskazuje na odległość $2.0 \pm 0.2$ kpc.

Fakt, że M4 jest położona za kompleksem pyłowym *Sco–Oph*, zdaje się tłumaczyć wskazywany już od dawna efekt określany mianem *poczerwienienia różnicowego*. Objawia się on tym, że szerokość gałęzi podolbrzymów jest większa, niż można by się spodziewać oraz gwiazdy z tej gałęzi leżące na zachodniej stronie gromady są czerwieńsze w $B - V_O \sim 0.05 \pm 0.015$ mag w stosunku do tych ze wschodniego jej krańca. Ponadto, zjawisko to mogłoby tłumaczyć słabe rozdzielenie pomiędzy gałęzią czerwonych olbrzymów a gałęzią asymptotyczną.

I rzeczywiście, obierając odpowiedni model opisujący owo poczerwienienie różnicowe i usuwając jego wpływ na rys. 1, otrzymujemy diagram kolor–jasność, ukazany na rys. 2. Gałąź podolbrzymów jest już tam wyraźnie węższa, a gałęzie asymptotyczna i czerwonych olbrzymów lepiej rozdzielone. Nieco mniejszy jest również rozrzut gwiazd na gałęzi horyzontalnej, choć jest on prawdopodobnie wywołany w większym stopniu przez efekty ewolucyjne niż ekstynkcję różnicową.

Stosując nieco bardziej wyrafinowane techniki, możemy z diagramu kolor – jasność odzyskać informację o metaliczności gromady. I tak na przykład nachylenie gałęzi czerwonych




**Rys. 2.** Diagram kolor–jasność dla gwiazd o P ≥ 90% , ale poprawiony na efekt poczerwienienia różnicowego.
(K. M. Cudworth i R. Rees, *Astron. J.*, **99** (5), 1491 (1990)).

| | S | ΔV | $(B-V)_{0,g}$ |
|---|---|---|---|
| M5 | 4.4 | 2.6 | 0.80 |
| M4 | 4.3 ± 0.2 | 2.28 | 0.87 |
| 47 Tuc | 3.4 | 2.1 | 0.95 |

**Tab. 1.** Wskaźniki metaliczności dla M4 w porównaniu do M5 i 47 Tuc.

olbrzymów $S$, zdefiniowane jako współczynnik kierunkowy tej gałęzi pomiędzy poziomem gałęzi horyzontalnej a punktem jaśniejszym o 2.5 mag, wynosi $S = 4.3 \pm 0.2$. Ponadto możemy z wykresu odczytać wartość $\Delta V$ , czyli wysokość gałęzi czerwonych olbrzymów ponad horyzontalną dla $(B - V)_O = 1.4$ lub też $(B - V)_{O,g}$ - kolor gałęzi czerwonych olbrzymów na poziomie gałęzi horyzontalnej. Wszystkie te parametry lokują M4 pomiędzy gromadą M5, a 47 Tuc ( która jest obfitsza w metale).

Dla sporej próbki członków gromady pomierzono względne ruchy własne. Dokonując odpowiednich przeliczeń, posiłkując się znajomością paralaks (czyli odległości) i prędkości radialnej ($71 \pm 1$ km · s$^{-1}$), na składowe prędkości otrzymujemy następujące wartości :

$$(U,V,W) = (-53 \pm 4, -187 \pm 20{,}3 \pm 8) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

(w układzie lewoskrętnym, w którym oś $U$ jest w kierunku $l = 180^0$, $V - l = 90^0$, a oś $W - b = +90^0$ ).

Nie wdając się zbytnio w szczegóły, zadziwiająco mała wartość prędkości $W$, jak dla umiarkowanie ubogiej w metale gromady, będącej na małej szerokości galaktycznej ($b = +16^o$), zdaje się wskazywać na to, że orbita M4 jest ograniczona do dysku Galaktyki. Obecna odległość powyżej płaszczyzny tego dysku, $z$ = 550 pc, musi być zatem w pobliżu maksimum osiąganego przez gromadę.

Po zapoznaniu się z parametrami opisującymi M4 jako całość, warto przyjrzeć się bliżej jej ciekawszym składnikom.

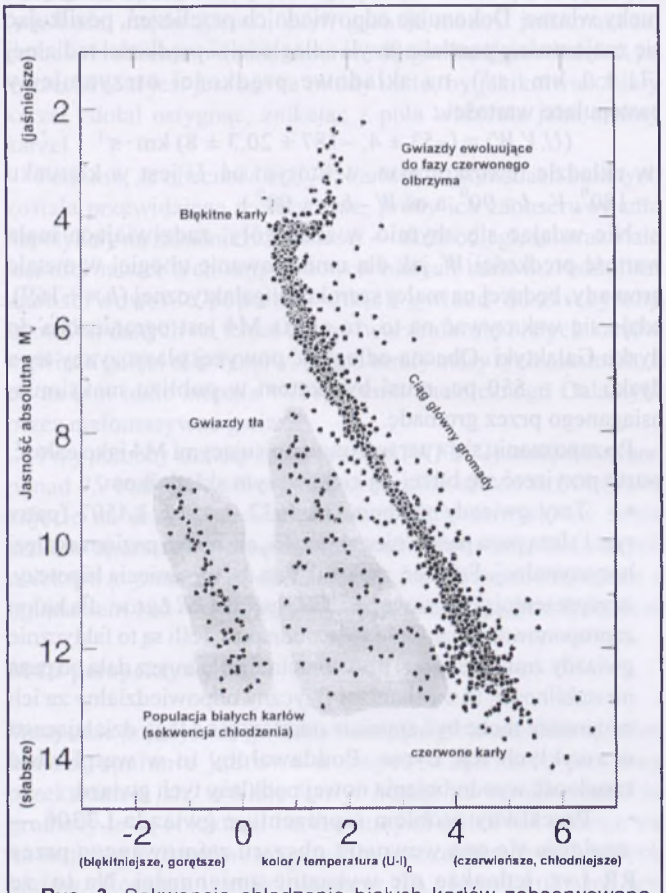
- Trzy gwiazdy zmienne - L4632, L4512, L4507 (patrz rys. 1) leżą poza pasem niestabilności, ale blisko poziomu gałęzi horyzontalnej. Fakt ten zachęcił Yao do wysunięcia hipotezy, że reprezentują one nową podklasę gwiazd *RR Lyrae*, dla której zaproponował oznaczenie RRe. Jednakże, jeśli są to faktycznie gwiazdy zmienne gałęzi horyzontalnej położone z dala od pasa niestabilności, to mechanizm fizyczny odpowiedzialny za ich zmienność może być zupełnie odmienny od tego działającego w zwykłych RR Lyrae. Poddawałoby to w wątpliwość zasadność wyodrębniania nowej podklasy tych gwiazd.
- Przeciwny problem reprezentuje gwiazda L3306 — znajduje się ona wewnątrz obszaru zajmowanego przez RR Lyr, jednakże nie wykazuje zmienności. Na to, że nie jest to raczej gwiazda tła wskazuje jej prędkość radialna, zgodna z tą dla gromady. Jeśli L3306 nie byłaby

gwiazdą zmienną, to mógłby to być układ podwójny, bo jej fotometria jest taka sama jak dla układu złożonego ze słabej, niebieskiej gwiazdy gałęzi horyzontalnej oraz podolbrzyma.

- Znaleziono kilka kandydatów na tzw. *błękitnych maruderów* czyli gwiazdy, które choć należą do gromady, na diagramie H–R leżą na przedłużeniu ciągu głównego powyżej punktu odejścia, a więc tam, gdzie nie powinno już być żadnych gwiazd gromady. Prawdopodobnie są to obiekty rzeczywiście młode, powstałe z połączenia gwiazd o mniejszych masach.
- Y453 — słaba, bardzo niebieska ( $V = 15.86$, $B - V = 0.00$ ) gwiazda, położona daleko od innych członków gromady. Przypuszczalnie znajduje się ona w krótkotrwałym stadium ewolucyjnym tuż przed przekształceniem się w białego karła. Nie jest to raczej gwiazda tła, gdyż rzadko są one spotykane z taką jasnością i takim kolorem.

**Populacja białych karłów w M4**

Ponieważ zaobserwowane białe karły powstały z gwiazd o zbliżonych masach, ich położenie na diagramie kolor–jasność będzie odpowiadać linii zasadniczo stałej masy, nazywanej *sekwencją chłodzenia*. Na rys. 3 widać, że jest ona wyraźna i dobrze oddzielona od ciągu głównego i gwiazd tła z wybrzuszenia Galaktyki (widzianych jako rozproszenie gwiazd wokół ciągu głównego). Białe karły przypadają na zakres jasności $M_V = 9$ (błędy wyznaczenia jasności i koloru ± 0.05 ) do $M_V = 13$ (± 0.3).




**Rys. 3.** Sekwencja chłodzenia białych karłów zobserwowana przez *HST* w M4 (H. B. Richer i in. *Astrophys. J.*, **451**, L17 (1995)).

Przyjmując moduł odległości $(m - M)_V$ i poczerwienienie $E(B-V)$ okazuje się, że sekwencja ta jest złożona z białych karłów o masie $0.5 \pm 0.05\ M_\odot$. Zgadza się to z teoretycznym modelem dla białych karłów typu DA ( węglowe jądro, warstwy helu zawierające 1 % masy i grube warstwy wodorowe, mające 0.01 % masy gwiazdy ).

Omówione tutaj najnowsze obserwacje M4 nie stanowią jeszcze granic możliwości *HST*. Dlatego uzasadnionym jest przypuszczać, że niebawem pojawią się kolejne wyniki, zwiększające ilość zaobserwowanych białych karłów i zwiększających dolną granicę wieku Wszechświata.

**Marek Gołębiewski**

# Dżety optyczne w radiogalaktykach

W poprzednim numerze PA w rubryce „Teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje" prezentowaliśmy radiowe (MERLIN) i optyczne (HST) obrazy dżetów w pobliskim kwazarze *3C273*. To, że dżety są bardzo powszechną cechą morfologiczną radioźródeł pozagalaktycznych, wiadomo od dawna, a na podstawie współczesnych obserwacji radiowych można wręcz powiedzieć, iż trudno jest w ogóle znaleźć pozagalaktyczne źródło nie posiadające - przynajmniej śladów - dżetu. Skoro tak, to jak najbardziej na miejscu byłoby pytanie o częstość występowania dżetów w innych dziedzinach widma elektromagnetycznego, ot choćby w zakresie światła widzialnego. Czy zatem przypadek *3C273* to wyjątek, czy też po prostu jeden z wielu przykładów dżetu optycznego?

Otóż okazuje się, iż dżety optyczne w obiektach pozagalaktycznych to rzadkość, a ujmując rzecz nieco ostrożniej, znamy ich niewiele, gdyż są one niezmiernie trudne do zaobserwowania ze względu na swą małą jasność. Dlatego też znane przykłady dżetów optycznych jeszcze do niedawna można było dosłownie wyliczyć na palcach jednej ręki. Były to następujące radiogalaktyki: M87 - centralna galaktyka gromady w Pannie - ($z = 0.004$), *3C66B* ($z = 0.0215$), *PKS0521-36* ($z = 0.055$), *3C264* ($z = 0.022$) oraz jedyny w tym gronie kwazar - *3C273* ($z = 0.158$). Nie bez powodu podajemy tu poczerwienienia tych obiektów, aby zwrócić uwagę na główną ich wspólną cechę: bliskość.

Ostatnio do grona tego oficjalnie dołączyły dwa obiekty. 10 września 1995 r. doniesiono o odkryciu dżetu w galaktyce typu S0 NGC 1218 będącej jednocześnie radioźródłem 3C78. Dżet ten jest bardzo podobny do istniejącego w M87. Na podkreślenie zasługuje to, iż żadna obserwacja dokonywana z powierzchni Ziemi nie wskazywała na jego istnienie i dopiero kamera WFPC2 Teleskopu Kosmicznego była w stanie przekazać jego obraz. Odnotujmy też, że *3C78* jest również obiektem stosunkowo

bliskim ($z = 0.029$). Drugim wspomnianym obiektem jest znana i także pobliska ($z = 0.033$) radiogalaktyka *3C120*. Była ona celem wielokrotnych obserwacji radiowych właśnie ze względu na „wzorcowy" dżet. Jako obiekt optyczny, *3C120* jest klasyfikowana jako galaktyka Seyferta typu 1, a odkrycie w niej dżetu optycznego (data publikacji: 10 października 1995 r.) jest zasługą grupy duńskich astronomów i ich teleskopu *Nordic Optical Telescope* (NOT).

Zastanówmy się teraz nad kwestią, dlaczego dżety optyczne w galaktykach i kwazarach są tak trudne do obserwacji i wobec tego, dlaczego do ich odkrywania uciekać się trzeba do najlepszych teleskopów na czele z HST i wreszcie, gdy takie odkrycie nastąpi, dlaczego jest to wciąż wydarzenie godne odnotowania. Jak już wspomnieliśmy w poprzednim artykule na temat dżetu w *3C273*, dżet świeci dzięki mechanizmowi synchrotronowemu, tj. na skutek ruchu szybkich elektronów w polu magnetycznym. Zależność pomiędzy strumieniem promieniowania, a częstotliwością opisuje formuła:

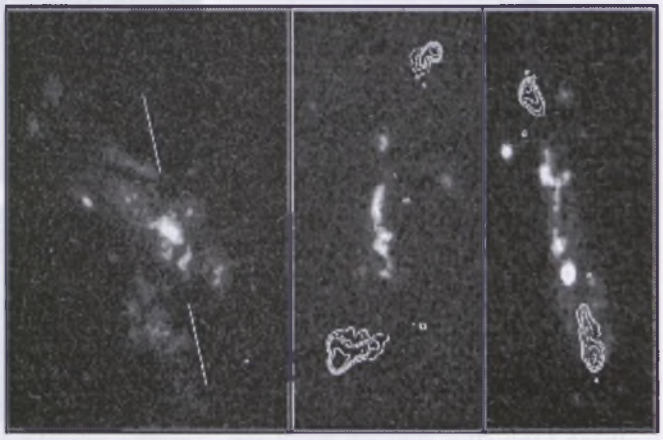
$$F \sim \nu^{-\alpha};$$

gdzie $\alpha$ nazywamy wskaźnikiem widmowym. A zatem dla dwóch częstotliwości: $\nu_1$ i $\nu_2$

$$\log(F_2/F_1) = -\alpha_{1-2} \log(\nu_2/\nu_1).$$

Dla mechanizmu synchrotronowego $\alpha$ wyznaczane pomiędzy częstotliwościami wybranymi z pasma radiowego i optycznego wynosi typowo 0.6. Widmo takiej emisji opada zatem w stronę wyższych częstotliwości, co oznacza, że obiekty świecące na drodze tego mechanizmu są najlepiej obserwowalne jako radioźródła. Stąd właśnie bierze się wzmiankowana na początku powszechność dżetów radiowych. Jeżeli teraz za $\nu_2/\nu_1$ podstawimy $10^6$ (czyli stosunek częstotliwości światła widzialnego do częstotliwości fal decymetrowych) otrzymujemy za $F_2/F_1$ liczbę rzędu $10^{-3}$-$10^{-4}$. Typowe wartości strumienia radiowego dżetów (np. na falach decymetrowych) to nie więcej niż $10^{-26}$ $Wm^{-2}Hz^{-2}$ a częstokroć o rząd lub dwa mniej. Dla światła możemy się zatem spodziewać w najlepszym razie strumieni na poziomie $10^{-29}$ $Wm^{-2}Hz^{-2}$ czyli około $22^m$ (jak to ma miejsce w przypadku *3C273*), a dla słabych, względnie bardziej oddalonych źródeł, mogą one być nawet 2 rzędy wielkości mniejsze, co odpowiada 5 wielkościom gwiazdowym więcej! Mając zatem na uwadze, jak wątłe może być świetlne promieniowanie synchrotronowe w warunkach kosmicznych, nie mamy już wątpliwości, że musi to być domena badań, do której trzeba angażować m.in. HST.

Nie bacząc na to, iż -jak zauważyliśmy na początku - dżetów optycznych należy się spodziewać tylko w obiektach najbliższych, grupa astronomów z Cambridge wybrała do przebadania próbkę 28 radiogalaktyk z katalogu *3C* o zdecydowanie większych przesunięciach ku czerwieni, mianowicie spełniających warunek: $0.6 \leq z \leq 1.8$ (największe poczerwienienie spośród radioźródeł z katalogu 3C, $z = 1.825$, ma *3C326.1)*. Prace nad trzema spośród nich zostały właśnie zakończone i opublikowane 1 sierpnia 1995 r. Są to obrazy obiektów znanych dotąd przede wszystkim jako radioźródła: *3C368* ($z = 1.13$), *3C324* ($z = 1.21$) i *3C265* ($z = 0.81$) uzyskane kamerą szerokopolową (WFPC2). Aby możliwe było wnikliwe porównanie tych wyników z danymi radiowymi, dokonano także nowych obserwacji przy użyciu VLA (*Very Large Array*). Każdy z tych 3 obiektów był obserwowany po pół godziny przez Teleskop Kosmiczny w dwóch przedziałach widma o



**Obrazy radiogalaktyk *3C368*, *3C324* i *3C265* w zakresie widzialnym uzyskane Teleskopem Hubble'a z nałożonymi izofotami radiowymi uzyskanymi z VLA.**

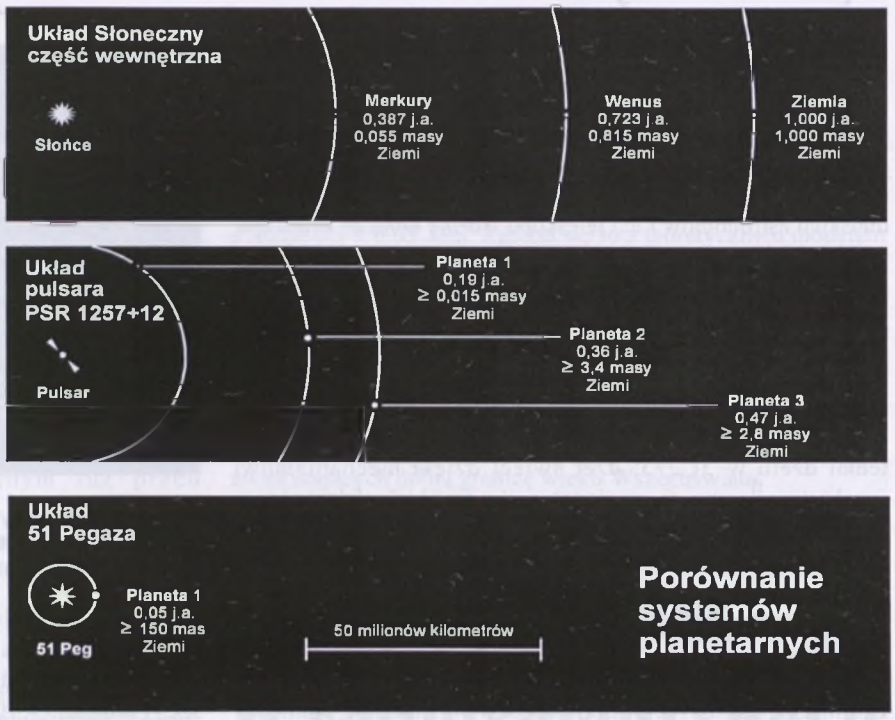
szerokości 120 nm lub 136 nm i po 22 minuty przez VLA (w tzw. konfiguracji „A") na częstotliwości 8.4 GHz, co daje rozdzielczość kątową 0.15 sekundy łuku, a więc prawie taką samą jak HST (0.1 sek.) i czułość $5 \times 10^{-31}$ $Wm^{-2}Hz^{-2}$. Precyzyjne nałożenie obrazów optycznych i radiowych okazało się nader trudne i na razie poprzestano na dokładności od 0.5 do 1 sek. łuku.

We wszystkich tych trzech obiektach obserwujemy ogólną zgodność położenia struktur radiowych i optycznych, natomiast różnią się one stosunkiem rozmiarów tychże struktur: dla *3C368* rozciągłość emisji radiowej i świetlnej są bardzo zbliżone, w *3C324* dżet optyczny jest znacznie bardziej skoncentrowany wokół jądra obiektu, a „płaty" promieniowania radiowego wyznaczają jego zewnętrzne granice, zaś w przypadku *3C265* emisja radiowa zajmuje obszar o rząd wielkości przewyższający strefę aktywną optycznie.

Jeszcze w połowie lat 80-tych, gdy zaczęto wyposażać teleskopy w pierwsze kamery CCD, dokonano przeglądu galaktyk będących radioźródłami *3C* przy pomocy teleskopu na *Kitt Peak* i francusko-kanadyjskiego teleskopu na Hawajach. Chociaż obrazy były nieporównywalnie gorsze od tych z Teleskopu Kosmicznego i potencjalne dżety optyczne dawały o sobie znać jedynie jako wydłużenia struktur galaktyk, już wtedy zauważono zgodność tych kierunków z położeniami dżetów radiowych. Powstała wtedy teoria mówiąca, że dżety stymulują formację gwiazd. Świadczyć mogłaby o tym zgodność szacowanego wieku dżetów radiowych - $10^{-7}$ - $10^{-8}$ lat z dominującym typem widmowym gwiazd O i B, a więc o podobnym wieku. Autorzy ostatnich obserwacji trzech radiogalaktyk za pomocą HST nie odrzucają ani nie potwierdzają na ich podstawie owej teorii. Wydaje się natomiast, że można by już pozwolić sobie na tezę następującą: dżety optyczne w pobliskich galaktykach są „czysto" synchrotronowe. To sprawia, że są one słabe i dlatego właśnie mała odległość jest tu czynnikiem nieprzypadkowym. W galaktykach bardziej odległych ($z > 0.6$) mamy najprawdopodobniej do czynienia także z innymi zjawiskami wspomagającymi emisję synchrotronową. Miejmy nadzieję, że ich dokładniejsze objaśnienie będzie możliwe po zakończeniu programu obserwacyjnego rzeczonej grupy 28 radiogalaktyk Teleskopem Hubble'a.

**Andrzej Marecki**

# Nowa planeta




Od wielu dziesiątków lat astronomowie poszukują planet wokół gwiazd innych niż Słońce. Trzy lata temu prawdziwą sensacją stało się przypadkowe odkrycie przez Aleksandra Wolszczana i Dala A. Fraila na falach radiowych obiektów o podobnej do planet masie wokół milisekundowego pulsara *PSR 1257+12* w gwiazdozbiorze Panny. Na pewno nie są to obiekty o naturze podobnej do planet krążących wokół Słońca, ale też i centralne ciało tego układu planetarnego nie jest podobne do Słońca. To odkrycie spotęgowało poszukiwania planet wokół normalnych gwiazd. Przyszły temu z pomocą nowe techniki obserwacyjne pozwalające z coraz większą „ostrością" uzyskiwać zarówno obrazy gwiazd jak i ich widma.

Na międzynarodowej konferencji astronomicznej we Florencji w dniu 6 października 1995 Michel Mayor i Didier Queloz z Obserwatorium Astronomicznego w Genewie ogłosili o odkryciu planety krążącej wokół gwiazdy *51 Pegaza*. Gwiazda *51 Peg* ($\alpha = 22^h\ 57^m$, $\delta = +20^o\ 46'$, jasność 5.5 magnitudo) jest bardzo podobna do Słońca, leży w odległości ok. 40 lat światła od nas, nie wykazuje żadnych zmian jasności, spektroskopowo klasyfikuje się ją jako G2V i jej masę ocenia się też na równą masie Słońca. Oczywiście spowodowało to niemałe poruszenie i zainteresowanie nie tylko środowiska astronomicznego.

M.Mayor i D.Queloz obserwowali *51 Peg* nowym spektrografem „światłowodowym" w ognisku teleskopu 193 cm Obserwatorium Haute-Provence we Francji. Zaobserwowali cykliczne zmiany prędkości radialnej tej gwiazdy o amplitudzie 70 m/s w okresie 4.2 dnia. Czyli gwiazda ta cyklicznie to zbliża się to oddala od nas. Obserwowane zmiany prędkości radialnej znacznie przekraczają dokładność pomiarów i nie może być podejrzeń, że są „wynikiem" błędów pomiarów. Jeśli te zmiany są wywołane ruchem orbitalnym wokół środka masy układu „gwiazda - jakieś inne ciało", to wyjaśnia je obecność w odległości ok. 7 mln km (1/20 odległości Ziemia -Słońce) od *51 Peg* obiektu o masie co najmniej równej połowie masy Jowisza. Przypomnijmy, że w Układzie Słonecznym Merkury znajduje się w odległości 58 mln km od Słońca i obiega naszą dzienną gwiazdę raz na niespełna 88 dni, a okres obiegu Jowisza (przeszło 5 razy dalej od Słońca niż Ziemia) wynosi ~12 lat. Ocena masy i odległości planety od gwiazdy została dokonana przy założeniu, że linia naszego widzenia leży blisko płaszczyzny jej orbity ($\sin i < 0.01$). Nie można szukać wytłumaczenia obserwowanych zmian w radialnych pulsacjach gwiazdy - dla tego typu gwiazdy ewentualne pulsacje miałyby częstości na poziomie godzin lub krócej, a nie dni, jak się to obserwuje.

Zaalarmowani tym odkryciem Geoffrey Marcy i Paul Butler z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley wykorzystali swój czas na 3 m teleskopie w Obserwatorium Licka do obserwacji *51 Peg*. Generalnie potwierdzili wyniki astronomów szwajcarskich. Dodatkowo stwierdzają, że gwiazda *51 Peg* musi rotować wolno - raz na 30 dni, że nie wykazuje ani obecności plam, ani aktywności chromosferycznej, ale jej linie widmowe są rotacyjnie poszerzone. To wskazuje, że jej równik leży blisko naszej linii widzenia. A więc płaszczyzna orbity planety leży blisko płaszczyzny równikowej gwiazdy, podobnie jak w przypadku planet krążących wokół Słońca.

Znajdująca się tak blisko gwiazdy planeta musi mieć temperaturę bardzo wysoką - ok. 1000 - 1200 K, a więc stanowiąca ją materia może być częściowo lub całkowicie „stopiona". Prawdopodobnie planeta ta nie ma żadnej atmosfery i jest podobna do „rozmiękczonej" żelaznej lub skalistej kuli o średnicy 7 razy większej niż średnica Ziemi. Przyśpieszenie ciężkości jest na niej też 7 razy wieksze niż na Ziemi. Ponadto planeta ta może być jedną stroną stale zwrócona do gwiazdy, tak jak Księżyc jest zwrócony do Ziemi.

Są to oczywiście spekulacje, ale zapewne zostaną one wkrótce zweryfikowane przez liczne obserwacje.

**(aw)**

25.X.1995

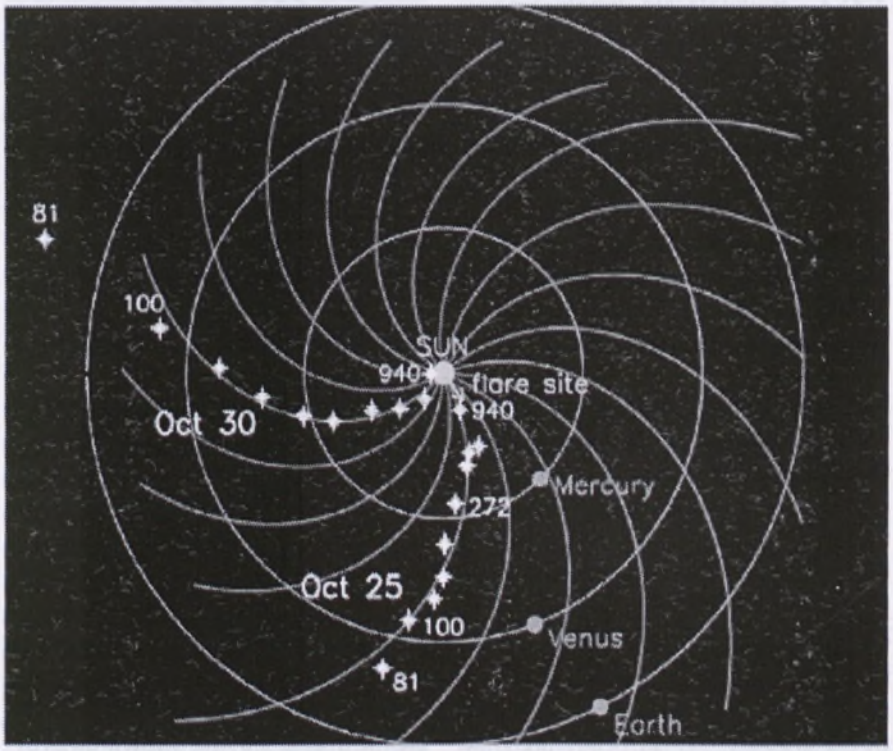
# Ulysses

Układ Słoneczny skąpany jest w strumieniach plazmy pochodzących ze Słońca i nazwanych wiatrem słonecznym. Jako bardzo dobry przewodnik prądu elektrycznego plazma wynosi poza Słońce wmrożone w nią pole magnetyczne. Ponieważ Słońce obraca się, to dla nieruchomego (np. względem gwiazd) obserwatora plazma wyrzucona na równiku słonecznym nie oddala się od Słońca po liniach prostych, lecz po spirali Archimedesa. Dla wyższych szerokości heliograficznych sytuacja się komplikuje w tym sensie, że spirala będzie zawijać się na powierzchni stożka o kącie rozwarcia równym podwojonej szerokości heliograficznej. Taki obraz daje najprostszy model wiatru słonecznego Parkera. W rzeczywistości wiatr ma bardziej skomplikowaną strukturę, ale linie sił pola zachowują wspomniany kształt spirali. Istnieją pośrednie dowody na spiralność słonecznego pola magnetycznego - w szczególności wiadomo, że w okolicach Ziemi linie sił nie są równoległe do kierunku na Słońce, lecz tworzą z nim kąt zależny m.in. od prędkości wiatru słonecznego.

Jednym z przejawów aktywności słonecznej obserwowanej również w przestrzeni międzyplanetarnej są tzw. słoneczne wybuchy radiowe III typu. Są to emisje radiowe wywołane poruszającymi się wzdłuż linii sił pola magnetycznego Słońca wiązkami elektronów. Wiązki osiągają prędkości dochodzące do 1/3 prędkości światła. Na swojej drodze pobudzają do drgań plazmę wiatru słonecznego, te drgania z kolei są zamieniane na fale radiowe docierające do obserwatora. Ponieważ częstotliwość drgań plazmy jest proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z gęstości elektronowej, to wspomniane emisje będą obserwowane na wyższych częstotliwościach w pobliżu Słońca, niż dalej od niego. Ta hipoteza wiążąca częstotliwość emisji z częstotliwością lokalnych drgań plazmy, nazwana inaczej hipotezą plazmową, została zaproponowana jeszcze w 50-tych latach naszego stulecia przez Paula Wilda z Australii. Posłużyła ona następnie do prób wyznaczania profilów gęstości korony słonecznej na podstawie obserwacji dryfów częstotliwości wybuchów III typu.

To co udało się obserwować z powierzchni Ziemi działo się blisko Słońca - dopiero wyprowadzenie odbiorników radiowych poza jej atmosferę dało możliwość obserwacji wybuchów radiowych III typu na dużych odległościach od Słońca - do orbity Ziemi a nawet dalej. Próbowano również mierzyć położenie na sferze niebieskiej obszarów promieniujących na danej częstotliwości. Zadanie nie było łatwe z conajmniej dwu powodów: - anteny elektryczne (dipole i monopole) umieszczane na pokładach satelitów są dla niższych częstotliwości antenami krótkimi i ich charakterystyka kierunkowa nie pozwala na dokładną lokalizację źródeł, nie mówiąc już o obserwacji szczegółów na ich powierzchni. Na niższych częstotliwościach istotną rolę odgrywa rozpraszanie fal radiowych na niejednorodnościach gęstości elektronowej korony słonecznej. Obraz źródła ulega rozmyciu i deformacjom. Aby zlokalizować go na sferze niebieskiej trzeba założyć coś o rozkładzie jasności na jego powierzchni.

Nawet jeśli poradzimy sobie z obydwoma wspomnianymi problemami pozostaje wciąż jeszcze do wyznaczenia geometryczna odległość źródło - obserwator. Mamy co prawda wspomnianą wyżej hipotezę plazmową wiążącą częstotliwość promieniowania z gęstością plazmy w koronie. Żeby jednak wyznaczyć odległość do źródła, musimy ten model znać. Ze względu na zmienność wiatru słonecznego trudno oczekiwać, aby można było korzystać z jednego, uniwersalnego modelu. Z drugiej strony znając np. moment pojawienia się wybuchu w pobliżu Słońca (na wysokiej częstotliwości) i moment dotarcia do stacji kosmicznej wiązki elektronów odpowie-




**Obserwacje wybuchów radiowych Słońca na tle linii sił słonecznego pola magnetycznego.**

dzialnej za jego powstanie można policzyć prędkość wiązki (musimy jednak znowu założyć, że np. nie była ona na swojej drodze hamowana). Jeszcze jedną trudność stanowi fakt, że współczynnik proporcjonalności w hipotezie plazmowej może przyjmować dwie wartości - promieniowanie może być generowane nie tylko na częstotliwości podstawowej, ale również na harmonicznej. Rozstrzygnięcie tego dylematu dla pojedynczych wybuchów obserwowanych w przestrzeni międzyplanetarnej wcale nie jest łatwe.

Najlepszym wyjściem z tak skomplikowanej sytuacji byłaby geometryczna triangulacja źródła. Podobne pomiary zostały przeprowadzone (satelity *ISEE* i *VOYAGER*-y) i w połączeniu z bardziej „ułomnymi" metodami naszkicowanymi powyżej udało się pokazać, że w szczególności elongacja źródła względem Słońca zmienia się z czasem. Sugerowało to oczekiwane „prowadzenie" wiązki przez spiralne pole magnetyczne wiatru słonecznego.

Po wystrzeleniu stacji *ULYSSES* - jest to wspólne przedsięwzięcie *ESA* i *NASA* - pojawiła się zupełnie nowa możliwość obserwacji drogi słonecznych wybuchów radiowych III typu: „z lotu ptaka", sponad biegunów Słońca. Dla wybuchów rozchodzących się w płaszczyźnie ekliptyki lub blisko niej nie musimy już wyznaczać odległości. Pozostaje pomiar położenia na sferze niebieskiej w uprzywilejowanej sytuacji, gdy składowe przesunięć źródła są prostopadłe do promienia widzenia.

Dokonano tego przy pomocy amerykańsko - francuskiego eksperymentu *URAP* (*Unified Radio And Plasma wave receiver*). Projektem kieruje R. G. Stone z *Goddard Space Flight Center*. Odbiornik rejestruje fale o częstotliwościach do 1 MHz za pośrednictwem anten elektrycznych (dipol o rozpiętości 72.5 m umieszczony w płaszczyźnie rotacji satelity oraz monopol o długości 7.5 m równoległy do wspomnianej osi), jak i dwu prostopadłych do siebie cewek odbierających składową magnetyczną fali elektromagnetycznej.

Sporządzony na podstawie obserwacji schematyczny rysunek (na str. 159) pokazuje trasy dwóch wybuchów radiowych III typu. Wyraźnie widać jak wiązka elektronów pobudzająca do drgań plazmę międzyplanetarną posuwa się wzdłuż spiralnych linii sił pola magnetycznego Słońca. Widoczne są również załamania linii. Na podstawie samego rysunku, jak i krótkiego komentarza, który był do niego załączony, trudno jednoznacznie stwierdzić, co jest przyczyną pojawienia się tych samych częstotliwości w różnych odległościach od Słońca, jak i stopniowego, w miarę oddalania się od Słońca, rozchodzenia się dróg świecącej radiowo plamy i prowadzącej ją linii sił pola.

**(rs)**

# Wiatr słoneczny a oscylacje Słońca

Od około 20 lat naukowcy zajmują się badaniem drgań Słońca, analogicznych do sejsmicznych drgań Ziemi. Dlatego ta stosunkowo młoda dziedzina astrofizyki nazywana bywa heliosejsmologią. Podobnie jak geolodzy w przypadku Ziemi, astronomowie wiążą z obserwacjami drgań Słońca nadzieje na zdobycie bezcennych informacji o warunkach panujących w jego wnętrzu.

Można mówić o dwu typach drgań Słońca - tzw. modach ciśnieniowych **p** związanych ze zmianami ciśnienia w materii słonecznej (są to stojące fale akustyczne o okresach rzędu 4 - 20 minut), oraz modach grawitacyjnych **g** penetrujących Słońce do większych głębokości - o okresach większych od ok. 40 minut. Tu siłą dążącą do przywrócenia stanu początkowego jest grawitacja. Mody grawitacyjne (nie mylić z falami grawitacyjnymi OTW) są przewidywane przez teorię, ale jak dotychczas nie udało się ich zaobserwować. Mody ciśnieniowe natomiast są od dawna intensywnie badane w dziedzinie optycznej. Dla obserwatora ziemskiego drgania Słońca objawiają się jako bardzo drobne periodyczne ruchy fragmentów fotosfery Słońca. Można je mierzyć wykorzystując efekt Dopplera. Jednocześnie bywa wzbudzanych wiele tonów. Informacje uzyskiwane z analizy drgań Słońca są bardzo cenne przede wszystkim z tego powodu, że optycznie gruba fotosfera izoluje obserwatora zewnętrznego od głębiej położonych warstw Słońca, podczas gdy fale akustyczne, jak i grawitacyjne penetrują obszary poniżej fotosfery dostarczając informacji o warunkach tam panujących. Dotychczas przyjęty był pogląd, że drgania Słońca próbujące wydostać się do korony słonecznej przez chromosferę, zostałyby szybko stłumione m.in. przez znaczące niejednorodności gęstości górnej atmosfery słonecznej. Po tym z konieczności bardzo uproszczonym wstępie czas przejść do szczegółów.

W numerze *Nature* z 13 lipca 1995 roku nieoczekiwanie pojawił się artykuł, którego autorzy (David J.Thomson, Carol G.Maclennan i Louis J.Lanzerotti) prezentują obserwacje periodycznych oscylacji strumieni jonów H i He jak i elektronów w wietrze słonecznym. Przedstawione są obserwacje z pokładu Voyagera II (ciąg obejmujący powyżej 300 dni w okolicach 1985 roku) oraz Ulyssesa (ciągi 70-245 dni w okresie 1992- 1994 roku). W wyniku dość skomplikowanej analizy statystycznej autorzy uzyskali szereg ostrych linii w widmie czasowych zmian strumieni wspomnianych cząstek. Problem polegał na znalezieniu źródła tych koherentnych drgań. Jedynym sensownym kandydatem wydawało się Słońce. Dlatego autorzy spróbowali porównać położenia nowoodkrytych linii z położeniem

znanych linii znalezionych dla drgań Słońca mierzonych w jego fotosferze. Koherentne drgania widoczne są nie tylko w zmianach strumieni cząstek, ale również w danych dotyczących międzyplanetarnego pola magnetycznego (wziętych z okresu od sierpnia 1977 do grudnia 1981 roku).

W krótkiej notce nie sposób wchodzić w szczegóły dotyczące analizy danych, chociaż jest to niewątpliwie najważniejszy fragment pracy. Istotnym elementem pracy jest porównanie wyników uzyskanych w wietrze słonecznym z danymi optycznymi, do których można mieć zaufanie - są zbierane od lat i metody ich analizy są dobrze opracowane. Wyniki tego porównania (zgodności położeń bardzo wielu linii w widmie drgań atmosfery słonecznej i strumieni cząstek obecnych w wietrze słonecznym) mogą świadczyć na korzyść tezy autorów, że obydwa zestawy linii odpowiadają temu samemu procesowi. Są jednak i pewne niejasności; w szczególności stosunki częstotliwości modów ciśnieniowych mierzonych w zakresie optycznym i w wietrze słonecznym mają stałą wartość równą 1.00078. Interpretacja nie jest jasna. Istnieją też zastrzeżenia co do samej metody analizy danych, niesprawdzonej jeszcze ani w heliosejsmologii ani w badaniach przestrzeni kosmicznej. Z drugiej strony Marcia Neugebauer z *Jet Propulsion Laboratory* twierdzi, że znacznie bardziej konwencjonalnymi metodami znalazła niektóre z mierzonych przez Thomsona i współpracowników częstotliwości w zmianach prędkości wiatru słonecznego (też mierzonych z pokładu Ulyssesa). Nie wszyscy zgadzają się również z poglądem, że to właśnie drgania normalne Słońca są źródłem drgań obserwowanych w wietrze słonecznym. Nie wiadomo bowiem, w jaki sposób energia tych drgań mogłaby przenosić się na duże odległości od Słońca.

Jest jeszcze jeden aspekt analizy przedstawionej w pracy - przyrządy Voyagera i Ulyssesa zdają się widzieć również mody grawitacyjne, te które teoria drgań Słońca przewiduje, ale których nie udało się dotychczas zaobserwować. Właśnie one mogą dostarczyć informacji o wnętrzu Słońca i rzucić być może nowe światło na niezgodność mierzonej i przewidywanej ilości neutrin dochodzących do Ziemi ze Słońca, czy szczegóły procesu mieszania helu w jądrze słonecznym. Zidentyfikowanie choćby jednego z modów **g** (wraz z częstotliwością) mogłoby, zdaniem Juri Toomre z Uniwersytetu stanu Colorado w Boulder, nałożyć istotne ograniczenia na strukturę wnętrza Słońca.

Autorzy proponują mechanizm przenoszenia drgań grawitacyjnych do wiatru; następuje ono prawdopodobnie poprzez pobudzanie do drgań linii sił pola magnetycznego - za pośrednictwem fal Alfvèna. Te z kolei modulują strumienie cząstek. Bezpośrednim przekaźnikiem drgań mogłaby być supergranulacja słoneczna. Wydawało się do tej pory, że jej ruchy są przypadkowe, ale nie jest wykluczone, że za część ruchów odpowiadają właśnie mody **g**. Nikt jednak do tej pory nie zrobił odpowiednich rachunków.

Drgania na powierzchni Słońca mogą być przedstawione za pośrednictwem *stowarzyszonych funkcji Legendre'a* (opisujących m.in. przestrzenny rozkład węzłów i strzałek poszczególnych modów), można zatem oczekiwać skoków fazy oscylacji obserwowanych przez Ulyssesa w miarę zmiany jego szerokości heliograficznej. To z kolei ma bardzo istotne znaczenie dla identyfikacji poszczególnych modów. Autorzy pracy przeprowadzili już próbę takiej analizy. Jednak i tutaj pojawia się trudność. Przyrządy Ulyssesa nie „widzą" ewentualnego źródła drgań na powierzchni Słońca w linii prostej, cząstki naładowane prowadzone są wzdłuż zakrzywionych linii sił pola magnetycznego. Struktura pola magnetycznego, szczególnie dla wyższych szerokości heliograficznych nie jest dobrze znana. Bez jej lepszego zrozumienia identyfikacja modów może okazać się bardzo trudna, jeśli nie niemożliwa. Znajdujące się obecnie na orbicie satelita *SOHO* jak i *Global Oscillation Network Group* (GONG) na powierzchni Ziemi mogą być w stanie zaobserwować mody grawitacyjne. Gdyby się to udało i częstotliwości drgań pokrywałyby się z częstotliwościami zaobserwowanymi przez Thomsona i współpracowników, to hipoteza przenoszenia drgań Słońca do wiatru słonecznego znalazłaby silniejsze podstawy niż obecnie.

Niezależnie od losu powyższej hipotezy (zakładając, że cała sprawa nie ma związku z efektami instrumentalnymi), praca wskazuje na ważny, nowy aspekt turbulencji pola magnetycznego w wietrze słonecznym. Dyskretna natura widma czasowego strumienia cząstek wskazuje na możliwość ich rozpraszania nie tylko przez ciągłe widmo fluktuacji międzyplanetarnego pola magnetycznego, ale również przez struktury dyskretne w tym widmie. Może to mieć znaczenie dla naszych pojęć dotyczących turbulencji pola magnetycznego w ośrodku międzyplanetarnym jak i ewentualnych fraktalnych czy chaotycznych modeli wspomnianego pola.

Jeden z autorów, Louis Lanzerotti, twierdzi, że nowe techniki analizy danych mogą mieć dla rozwoju fizyki kosmicznej analogiczne znaczenie jakie w ciągu ostatnich 20 lat miało rozwijanie nowych instrumentów. Coraz bardziej wyrafinowane i subtelne techniki analizy sygnałów, rzeczywiście wydobywają z danych informacje, które do tej pory nie były widoczne lub nie dawały się wykryć w ramach standardowych metod. Użycie nowych metod analizy sygnałów wymaga jednak dobrej znajomości nie tylko samej metody, ale i jej ograniczeń - użycia właściwego narzędzia do danego zadania. Będziemy zatem musieli jeszcze trochę poczekać, zanim obserwacje takie jak opisane w pracy Thomsona i jego kolegów, będą mogły być traktowane z takim zaufaniem jak np. optyczne obserwacje drgań Słońca.

**(rs)**

*W październiku 1995 roku miały miejsce dwie burze magnetyczne. Nieścisłości zawarte w komunikacie NASA rozsyłanym pocztą elektroniczną zwróciły moją uwagę na jedną z nich. Celem niniejszego artykułu jest wyjaśnienie, co wtedy naprawdę miało miejsce.*

# Pewna burza magnetyczna ...

Radosław Rek

W Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie, podobnie jak w kilku innych krajach, istnieje serwis heliogeofizyczny. W armii amerykańskiej funkcjonuje specjalna jednostka - 50 Skrzydło Kosmiczne - zajmująca się prognozowaniem aktywności Słońca i stanu ziemskiego magnetyzmu na potrzeby wojskowej łączności i nawigacji. Powodem zainteresowania jest wpływ zjawisk zachodzących w słonecznej atmosferze na ziemską magnetosferę. To co dzieje się w magnetosferze ma natomiast szczególne znaczenie dla stanu leżącej niżej jonosfery, której zaburzenia wykazują wyraźny związek ze zmianami ziemskiego pola magnetycznego. Badaczy jonosfery skupiają tzw. Regionalne Ośrodki Ostrzegawcze *(Regional Warning Centers)*,a jedno z dziesięciu w świecie mieści się w CBK.

**Czym jest burza magnetyczna?**

Jest to zaburzenie ziemskiego pola magnetycznego o charakterze globalnym, trwające zwykle kilkadziesiąt godzin. Wywołują je różne zjawiska na Słońcu, za przyczyną których prędkość i koncentracja cząstek w wietrze słonecznym ulega zmianie. Należą do nich rozbłyski, rozpady włókien protuberancji i pojawiające się okazjonalnie izolowane dziury koronalne bądź przedłużenia praktycznie stale istniejących dziur polarnych na obszary równikowe Słońca. Czasami gęstość plazmy i inne parametry wiatru wzrastają skokowo. Mamy wtedy do czynienia z obłokami plazmowymi w wietrze słonecznym, które powstają głównie w trakcie trwania rozbłysków. Charakterystyczną ich cechą jest specyficznie zorientowane - na południe w odniesieniu do osi ziemskiego dipola - pole magnetyczne. Napływająca pod postacią obłoku plazma powoduje kompresję magnetosfery po stronie dziennej, a ze względu na przeciwny ziemskiemu zwrot wektora pola magnetycznego, dochodzi do rekoneksji - otwarcia się linii sił planetarnego pola magnetycznego.

Naładowane cząstki bez przeszkód mogą wtedy wnikać do wnętrza magnetopauzy i po osiągnięciu plazmapauzy tworzą tzw. burzowy prąd pierścieniowy. W dniach spokojnego magnetyzmu większość z nich opływa magnetosferę jako prąd Chapmana - Ferraro i jedynie cząstki obdarzone największymi energiami są w stanie wedrzeć się do wnętrza.Tworzące go elektrony mijają Ziemię poruszając się w kierunku wschodnim, protony zaś w zachodnim. Natężenie tego prądu jest zmienne i zależy od aktualnych parametrów wiatru słonecznego. Prądy płyną również w ogonie magnetosfery, a także pomiędzy jonosferą i magnetosferą. Właśnie skutkiem istnienia tych ostatnich, nazywanych podłużnymi, zjawiska zachodzące w magnetosferze mogą powodować zmianę stanu jonosfery.

Po przejściu obłoku, prąd pierścieniowy istnieje jeszcze przez jakiś czas. Potem zanika za przyczyną reakcji wymiany pomiędzy tworzącymi go jonami i dopływającymi z geokorony neutralnymi atomami, w czym wydatnie pomaga rozpraszanie. Czas istnienia tego prądu zależy od tego, jak długo Ziemia przebywa wewnątrz obłoku oraz od tempa przekazywania energii plazmy słonecznej magnetosferze i generacji tzw. dynamo wiatr słoneczny - magnetosfera.

Taki „pierścień prądowy" jest źródłem pola magnetycznego, zaś każda zmiana gęstości tworzących go jonów wpływa na wielkość składowych pola ziemskiego. W szczególności dotyczy to składowej poziomej. W trakcie burzy magnetycznej, po jej dosyć nagłym wzroście odpowiadającym ściśnięciu magnetopauzy, następuje faza główna. Wymieniona składowa wykazuje często głębokie minimum a czasem ma ono charakter *plateau*, po czym zwykle następuje powrót do stanu niezaburzonego.Oczywiście burze mogą zdarzać się jedna po drugiej i każda z nich może mieć zupełnie inną przyczynę.

W rzeczywistości krążenie jonów w ziemskim polu magnetycznym jest bardziej skomplikowane. Na ruch wzdłuż linii łączącej bieguny magnetyczne, nakłada się wirowanie cyklotronowe oraz dryf. Cząstka nigdy nie dociera do samych biegunów, gdyż jej ruch odbywa się pomiędzy położonymi w pewnej odległości od nich tzw. punktami zwierciadlanymi. O tym na jaką odległość może się ona zbliżyć decyduje jej energia. Dryf jest związany z niejednorodnością pola magnetycznego i z tym, że w obszarach polarnych pole to jest silniejsze. Pojawienie się protonu w okolicy bieguna powoduje zmianę promienia *Larmore'a* i przeskok cząstki na linię „sąsiednią", położoną bardziej na zachód. Jest też dryf związany z gęstością plazmy.Zatem tak naprawdę trudno mówić o pierścieniu prądowym,jest to raczej taki jakby dodatkowy, burzowy pas van Allena.

Dla „wygody" badaczy, niektóre ze stacji geofizycznych są celowo rozmieszczane na tej samej szerokości geomagnetycznej np. Boulder i Friedericksburg. Obserwatoria położone w pobliżu ziemskiego równika magnetycznego dostarczają wartości indeksu Dst, będącego miarą prądu pierścieniowego. Dodatnie wartości, nieco tylko przekraczające zero, obserwuje się podczas względnego spokoju w magnetyzmie,zaś ujemne pojawiają się głównie w czasie burz.

Burze dzielimy na porozbłyskowe (zaczynające się nagle) i powodowane przez dziury koronalne (zaczynające się stopniowo).

**Co zatem było nadzwyczajnego w burzy,**

której początek przypadł na 18-tego października 1995 roku ?

Otóż NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration* wydaje cotygodniowy biuletyn - Preliminary Report and Forecasts of Solar Geophysical Data.

W stosownym numerze znajduje się m.in. informacja, że burzę z 18 października można wiązać z przejściem przez południk centralny Słońca dziury koronalnej. Zagadnieniem zupełnie oddzielnym jest to, czy mając tak małą powierzchnię (trzy procent słonecznej hemisfery) była ona zdolna wywołać aż tak silne zaburzenie.

Jakiś czas temu prześledziłem losy wybranej dziury koronalnej, która okazała się geoefektywna tzn. była przyczyną kilku burz. Jej powierzchnia malała z czasem i gdy sięgnęła podobnie niskiej wartości, wpływ na ziemskie pole magnetyczne okazał się znikomy. Innymi słowy, dziura nie była w stanie spowodować pojawienia się nawet poziomu aktywnego.

W każdym z numerów biuletynu NOAA zamieszczana jest prognoza. Wzmożona aktywność magnetyczna miała się wg niej pojawić dopiero 20 października. W rzeczywistości trwała wtedy burza, której początek miał miejsce dwa dni wcześniej.

Informacja rozsyłana poprzez pocztę elektroniczną zawierała już prawdziwe sensacje. Wg niej obłok około 100 mln km średnicy poruszający się z prędkością blisko 940 km/s miał zostać „odkryty" przez badającą stan wiatru słonecznego sondę WIND. Miał on również te burze spowodować. Autorzy - prawdopodobnie akredytowani przy NASA dziennikarze - podali, że czoło obłoku minęło WIND-a 18 października około 15.00 urzędowego czasu wschodnioamerykańskiego czyli 20.00 UT.

Obserwowana przez sondę prędkość wiatru słonecznego w tym czasie nie osiągnęła wymienionej wartości. Jakkolwiek nagły spadek gęstości plazmy a także nagła zmiana zwrotu pola magnetycznego na południowy około godziny 19.00 UT wskazują na wejście sondy w obszar obłoku i opuszczenie poprzedzającego go obszaru fali uderzeniowej. Wcześniej, bo o 10.40 UT zapis z sondy wykazał nagły wzrost ilości cząstek, ciśnienia i prędkości wiatru słonecznego z 300 do 400 km/s, co należy wiązać z jej wejściem w obszar szoku.

Prędkość wiatru (obłoku) przez pozostałą część dnia oraz dzień następny powoli rosła, nie przekraczając znacząco 400 km/s. Dopiero 20-tego wzrosła ponownie, chociaż nie skokowo, do około 500 km/s. Wtedy to strumienie plazmy z dziury koronalnej zaczęły docierać do magnetosfery.

O godzinie 11.22 UT obserwatorium w Chambon La Foret (Francja) odnotowało początek burzy o nagłym początku, po którym jednak nie nastąpiła faza główna. Natomiast wg Obserwatorium Geofizycznego w Bielsku burza o stopniowym początku zaczęła się dopiero o 16.50 UT. Burze takie są powodowane przez dziury koronalne.

**Kolejną zagadką**

jest wartość prędkości obłoku oszacowanej wg internetowego komunikatu na 940 km/s.

Pewną wskazówką do uporządkowania tych obserwacji może być fakt rejestracji o godzinie 11.21 UT tzw. nagłego impulsu przez obserwatorium w Boulder.

Nagłe impulsy (SI) są nieliniowymi falami magnetohydrodynamicznymi rozchodzącymi się wewnątrz obszaru ziemskiej magnetosfery, w kierunku ogona magnetycznego. Źródłem ich są fale uderzeniowe przemieszczające się w wietrze słonecznym. Impuls pojawia się wtedy, gdy czoło szoku dociera do magnetopauzy powodując jej kompresję. Może to nasuwać skojarzenia z nagłym początkiem burzy i jest to wniosek bardzo bliski prawdzie. W rzeczywistości po nagłym impulsie nie pojawia się znaczące zaburzenie ziemskiego magnetyzmu mające charakter fazy głównej. Odnotowany przez Chambon La Foret początek burzy nie był zatem niczym innym, jak nagłym impulsem obserwowanym na średniej szerokości geomagnetycznej. Zjawiska te są przeważnie rozróżnialne, głównie ze względu na bardziej stromy wzrost, skierowanej w kierunku północnego bieguna, składowej ziemskiego pola magnetycznego, podczas początku burzy.

Obserwacje nagłych impulsów przeprowadzane jednocześnie na Ziemi i z pozostającego w obrębie magnetosfery satelity, pozwoliły wyznaczyć czas transmisji sygnału od magnetopauzy do powierzchni Ziemi na około 1 minutę. Tym samym zakres prędkości propagacji tego rodzaju zaburzeń pola magnetycznego można szacować na 700 do 1000 km/s. Kłóci się to jednak z teoretycznym opisem nagłych impulsów jako szybkich fal magnetohydrodynamicznych. Prędkość tych ostatnich nie może być mniejsza niż prędkość Alfvèna, której wartość w magnetosferze zmienia się od 500 do ponad 2500 km/s. Zakres obserwowanych prędkości dla nagłych impulsów pojawia się jedynie w odległości 3 - 4.5 promieni Ziemi od powierzchni planety.

Jest prawdopodobnym, że autorzy komunikatu użyli do oszacowania rozmia-

**NAJWAŻNIEJSZE POJĘCIA**

BOW SHOCK - łukowa fala uderzeniowa, otaczająca ziemską magnetopauzę, powstająca wskutek oddziaływania wiatru słonecznego z magnetosferą.

BURZA MAGNETYCZNA - globalne zaburzenie ziemskiego pola magnetycznego, odróżnialne od regularnych zmian dobowych.

CME - materia wyrzucana ze słonecznej korony pod postacią obłoków plazmowych. Formują się one w atmosferze słonecznej podczas rozbłysków oraz rozpadów włókien protuberancji. Również plazma przyspieszana wzdłuż linii sił pola magnetycznego podczas erupcji przypominających wybuchy protuberancji (spreje i serdze).

DZIURA KORONALNA - rozciągły obszar w koronie, o wyjątkowo niskiej gęstości, związany z jednopolarnymi obszarami fotosferycznymi. Topologia pola magnetycznego dziury jest otwarta. Dziury koronalne są największe i najbardziej stabilne w okolicy słonecznych biegunów. Są źródłem wysokiej prędkości wiatru słonecznego.

HELIOSFERA - obszar ekspansji atmosfery słonecznej.

INDEKS DST - indeks geomagnetyczny opisujący zmiany w równikowym prądzie pierścieniowym. Jest wyliczany ze składowej poziomej pola geomagnetycznego dla czterech stacji w pobliżu równika. Podawany dla pełnych godzin.

JONOSFERA - obszar górnej atmosfery Ziemi zawierający elektrony i jony produkowane przez promieniowanie ultrafioletowe o długości mniejszej od 1000 Å. Wyróżnia się warstwy: D, E i F. Latem warstwa F rozszczepia się na F1 i F2. Jonosfera ma znaczący wpływ na propagacje fal radiowych o częstotliwościach niższych niż 30 MHz.

MAGNETOPAUZA - powierzchnia rozdziału między wiatrem słonecznym, a magnetosferą. Położona na wysokości 10 ziemskich promieni

ponad równikiem po stronie dziennej. Podczas zaburzeń w magnetyzmie odległość ta ulega zmniejszeniu.

NAGŁY IMPULS - nagle zaburzenie, dodatnie bądź ujemne, objawiające się zmianą składowej pola geomagnetycznego skierowanej w kierunku północnego bieguna magnetycznego o conajmniej kilka nanotesli. Zjawisko obserwuje się na niskich szerokościach geomagnetycznych.

OGON MAGNETYCZNY - rozciągnięta wskutek oddziaływania z wiatrem słonecznym część magnetosfery w kierunku odsłonecznym. Rozmiar jego sięga 1000 promieni Ziemi.

PASY RADIACYJNE - obszar w magnetosferze rozciągający się od około 1.2 do 6 promieni Ziemi powyżej równika, w którym naładowane cząstki (głównie elektrony z energiami od 0.05 do 5 MeV oraz protony z energiami od 0.1 do 500 MeV) są uwięzione w polu geomagnetycznym.

PLAZMAPAUZA - powierzchnia ograniczająca od zewnątrz plazmasferę.

PLAZMASFERA - obszar gęstej, chłodnej plazmy w magnetosferze. Może być traktowany jako „przedłużenie" jonosfery. Korotuje wraz z Ziemią.

PRĄD PIERŚCIENIOWY - skierowany na zachód prąd płynący w dyskokształtnym obszarze w pobliżu równika geomagnetycznego, silnie wzmacniany podczas burz magnetycznych poprzez gorącą plazmę wyrzucaną z obszaru ogona magnetycznego.

REAKCJA WYMIANY ŁADUNKU - oddziaływanie atomów neutralnych z plazmą, nie zmieniające energii ani pędu cząstek. Zmianie ulega jedynie rozmieszczenie ładunku.

REKONEKSJA - proces zachodzący w namagnesowanej plazmie, w którym różnie skierowane linie sił łączą się ze sobą powodując pojawienie się topologicznych zmian pola magnetycznego. Rezultatem jest zamiana energii magnetycznej na kinetyczną i termiczną energię plazmy.

rów obłoku znanej, doświadczalnie wyznaczonej górnej granicy prędkości, z jaką nagły impuls może się przemieszczać w magnetosferze. Być może sugerowali się wysoką średnią prędkością fal uderzeniowych w koronie Słońca, przy jakiej pojawiają się rozbłyski radiowe II typu. Nie jest raczej możliwym, by wykorzystali zapis z sondy GEOTAIL badającej ogon ziemskiej magnetosfery i wiedząc jak daleko jest ona od WIND-a porównali momenty pojawienia się zaburzenia. Pamiętajmy, że prędkość rozchodzenia się fali magnetohydrodynamicznej w magnetosferze jest inna od prędkości z jaką przemieszcza się w wietrze słonecznym jej przyczyna - fala uderzeniowa, a zatem i sam obłok plazmowy. W przypadku oddalonych o ponad 1 mln km od Ziemi sondy WIND i o około 200 tys. km GEOTAIL, oszacowana prędkość powinna być bliższa faktycznej prędkości obłoku, a nie prędkości z jaką propagują się nagłe impulsy. Ponadto GEOTAIL w momencie dokonywania pomiaru znajdował się poza magnetosferą i w związku z tym, próba wytłumaczenia podanej w komunikacie wartości jakimkolwiek pomiarem nagłego impulsu przemieszczającego się wewnątrz ziemskiej magnetosfery jest pozbawiona fizycznego uzasadnienia.

Rzeczywista prędkość z jaką obłok się poruszał była ponad dwukrotnie mniejsza - około 400 km/s, na co wskazuje zapis z sondy WIND. A skoro tak, to mniejsza była również jego średnica. Miałby on bowiem około 46, a nie - jak podano - ponad 100 mln km rozciągłości,co może się wydawać wartością zbyt wielką. Obłok taki gdy opuszcza słoneczną koronę bywa widoczny w świetle białym, jako tzw. tranzyt o typowej średnicy rzędu 300 000 km. Jest on zatem wtedy dużo mniejszy. Obserwacje dokonane z pozaekliptycznej sondy Ulysses potwierdzają występowanie olbrzymich obłoków plazmy wyrzucanych w obszarach polarnych z prędkością taką samą jak wiatru słonecznego, która jest tam wyższa. Np. obłok obserwowany w czerwcu 1995 roku miał średnicę około 165 mln km i przemieszczał się z prędkością 750 km/s w odległości 4 AU od Słońca. Sposób szacowania rozmiaru obłoku wykorzystujący zarówno czas przebywania sondy w jego wnętrzu oraz obserwowaną prędkość plazmy, traktować trzeba jednak jako obarczony potencjalnie dużym błędem. Nie wiadomo bowiem, czy sonda przeszła przez jego środek, czy też przebadała bardziej zewnętrzny obszar. Nawet używając do tego celu dwóch sond oddalonych o ponad milion kilometrów, przy rozmiarze obłoku rzędu odległości Ziemi od Słońca, można łatwo zaniżyć jego wymiary.

Jeśli za prawdziwą przyjąć prędkość 400 km/s okazałoby się, że słonecznego prekursora burzy należałoby szukać nie 16 października, a 14 albo nawet 13-tego, co wydaje się problem rozwiązywać.15, 16 i 17 października nie wydarzyło się na Słońcu nic, co mogłoby spowodować znaczącą zmianę ziemskiego magnetyzmu. Natomiast 14-tego nastąpił dwukrotnie wyrzut plazmy z korony słonecznej. Najpierw, bo o 8.10 UT podczas tzw. RSP uformował się obłok plazmowy,którego przejściu przez obszar korony towarzyszyły, mające charakter promieniowania synchrotronowego, rozbłyski radiowe IV typu. Wskazuje to na wyraźnie silniejsze pole magnetyczne w obszarze obłoku, niż w otaczającej go słonecznej atmosferze. W drugiej połowie dnia miał natomiast miejsce rozpad włókna protuberancji trwający 6 minut.

Dzień wcześniej w słonecznym centrum aktywnym oznaczonym kolejnym numerem 7912 zaobserwowano silny rozbłysk rentgenowski klasy M 4.8, który wydaje się być przyczyną tej październikowej burzy. Zatem nie dziura koronalna, a rozbłysk. Pojawiły się ponadto, związane z falami uderzeniowymi w koronie, emisje radiowe II typu. Strumienie plazmy z dziury koronalnej zdążyły dotrzeć do ziemskiej magnetosfery dopiero 20 października i jedynie wydłużyły czas trwania burzy magnetycznej. Stąd obserwowany stopniowy wzrost prędkości wiatru słonecznego do 500 km/s właśnie tego dnia przy stałej, sięgającej kilku cząstek na cm sześcienny gęstości. Prawdopodobnie gdyby rozbłysku nie było, nie byłoby też i samej burzy.

Można oczywiście domniemywać, iż mechanizm powstania obłoku był zupełnie inny i uformował się on, powiedzmy w sposób przypadkowy, nie w słonecznej koronie a już w samym wietrze. Wątpliwym jest, by odbyło się to wskutek rekoneksji pól magnetycznych na granicy sektorów słonecznego pola magnetycznego, zwłaszcza że szacowane rozmiary obłoku okazały się być niewiele mniejsze od samego sektora.

**Możliwym jest też inne wytłumaczenie.**

Mianowicie prędkość dźwięku w plazmie wiatru słonecznego wynosi około 100 km/s w koronie i spada wraz z oddalaniem się

od Słońca. W odległości 1 AU osiąga ona wartość jedynie 17 km/s. Wiatr słoneczny, którego prędkość w okolicy Ziemi nie spada poniżej 200 km/s, jest zdecydowanie przepływem naddźwiękowym i wszędzie tam, gdzie napotyka na jakąś przeszkodę tworzy się fala uderzeniowa.Przykładem jest łukowa fala uderzeniowa (*bow-shock*) otaczająca stale ziemską magnetopauzę. Oprócz fal biegnących od Słońca powstają również w wietrze słonecznym fale wsteczne, skierowane do powierzchni naszej dziennej gwiazdy. Same fale uderzeniowe to jedno, natomiast wzajemne oddziaływanie ich par to drugie. Niezależnie od tego, czy rozważać pary fal podążające w tym samym, czy w przeciwnych kierunkach, powstaje w efekcie fala postępująca i fala wsteczna. Gdy obłok rozpręża się podczas swojej wędrówki poprzez heliosferę, tworzy się jeden szok na jego przodzie, zaś drugi bezpośrednio za nim. Oddalające się od siebie fale uderzeniowe powstałe w wietrze słonecznym w wyniku oddziaływania pary, mogłyby taki obłok plazmowy imitować. Szczególną cechą takiego układu jest pojawienie się tzw. nieciągłości kontaktowej, która objawia się skokiem gęstości cząstek w obszarze rozdzielającym obydwa fronty. W rozważanym przypadku gęstość zmieniała się w sposób ciągły, a zatem hipotezę tłumaczącą obserwację wzajemnym oddziaływaniem fal uderzeniowych trzeba odrzucić.

Zadziwiający natomiast okazał się stopień sprężania plazmy na fali uderzeniowej obserwowanej przed obłokiem, który dla gazu doskonałego przyjmuje wartość równą cztery. W rozważanym przypadku ilość cząstek osiągnęła w pewnym momencie 70 na cm sześcienny, by krótko potem spaść do około 5-ciu w obszarze obłoku. Możliwym jest, że obszar fali został w jakiś sposób wzbogacony przez atomy, bądź jony i stąd tak wydajne sprężanie. Wysoki stopień sprężania można również uzyskać poprzez zamianę na fali uderzeniowej części energii kinetycznej plazmy w promieniowanie kosmiczne. Efektywność, z jaką energia powinna być przetwarzana, by uzyskać podobnie wysoką jak obserwowana wartość, powinna sięgać 60 procent, co może się okazać wartością zbyt wysoką. Najbardziej prawdopodobnym wytłumaczeniem tak wysokiego sprężania wydają się być duże rozmiary obłoku i silne pole magnetyczne (dochodzące do 20 nT) w jego wnętrzu.

Odnośnie samego rozbłysku, to oprócz tego, że sklasyfikowano go jako rentgenowski, był on również źródłem emisji w linii $H_\alpha$. Pełne określenie jego klasy to M4.8/1F, co oznacza iż zjawisko obserwowane w wybranej linii wodoru było niepozorne. Tej klasie tzn. 1F, Akasofu w swych numerycznych symulacjach przypisuje początkową prędkość obłoku plazmowego na około 400 km/s. Taką właśnie zarejestrowała sonda WIND. Wydaje się ona jednak zbyt mała, by w słonecznej atmosferze obserwować radioemisje odpowiadające powstaniu fali uderzeniowej. Typowa prędkość z jaką ich źródło porusza się w koronie jest rzędu 1000 km/s, zaś oszacowana w tym przypadku wyniosła 1250 km/s. Nie zmienia to w niczym faktu, że w momencie obserwacji przez sondę WIND prędkość obłoku wynosiła 400 km/s, a jeśli założyć, że była ona przez całą drogę stała, to powinien on opuścić Słońce 14 października około godziny 3 UT. Być może brakujące 22 godziny można wytłumaczyć spiralną trajektorią po jakiej się poruszał. Nie można jednak wykluczyć, iż przyczyną burzy mógł też być obłok powstały podczas RSP.

Centrum aktywne, w którym pojawił się opisywany rozbłysk, miało odwróconą polarność. Tzn. zwrot pola magnetycznego w tubie łączącej plamę przednią i tylną był przeciwny, niż obserwowany w większości obszarów aktywnych mijającego XXII cyklu. Wymienione centrum położone było w pobliżu słonecznego równika i w chwili rozbłysku miało szerokość heliograficzną równą 11 S. Pozwala to zaklasyfikować je do grup plam powstających w schyłkowej fazie cyklu słonecznego. Wtedy to, przez okres od 12 do 20 miesięcy, obszary aktywne o polarności charakterystycznej dla mijającego cyklu występują równocześnie z centrami o polarności odwróconej. Obserwuje się to od maja 1995 roku co pozwala ocenić, iż nowy XXIII cykl zacznie się pod koniec obecnego a najpóźniej na początku roku 1997. Do tego czasu i jeszcze przez kilka następnych lat, będą miały miejsce burze magnetyczne powodowane głównie przez dziury koronalne. Sytuacja zmieni się dopiero podczas zbliżania do najbliższego maksimum, gdy znacząco wzrośnie liczba plam a wraz z nią liczba obserwowanych silnych rozbłysków.

*Radosław Rek jest z wykształcenia astronomem, ale jego pasją stała się geofizyka. W Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie zajmuje się badaniami związków między aktywnoscią Słońca a zjawiskami geofizycznymi na Ziemi.*

zmy.Tłumaczy przyspieszanie plazmy obserwowanej w rozbłyskach słonecznych, burze i podburze magnetyczne, a także odrywanie warkoczy komet.

ROZBŁYSKI RADIOWE II TYPU - wąskozakresowe emisje zaczynające się w zakresie metrowym (300 MHz) i przemieszczające się powoli do zakresu dekametrowego (10 MHz). Pojawiają się przy okazji silnych rozbłysków i wskazują na fale uderzeniową przemieszczającą się poprzez słoneczną atmosferę.

ROZBŁYSKI RADIOWE IV TYPU - ciągłe, szerokie continuum rozbłysków, początkowo w zakresie metrowym (300 - 30 MHz). Zaczynają się w 10 do 20 minut po maksimum rozbłysku, mogą trwać wiele godzin. Promieniowanie ma charakter cyklotronowy.

ROZBŁYSKI $H_\alpha$ - nagłe uwolnienie energii trwające kilka minut (do kilku godzin), podczas którego emitowane są cząstki i promieniowanie. Podstawą klasyfikacji jest zajmowana powierzchnia w czasie maksimum jasności w świetle linii $H_\alpha$ . Wyróżniane klasy: 0,1,2,3,4. Klasyfikuje się także względem jasności jako: słabe (F), normalne (N) bądź jasne (B).

ROZBŁYSKI RENTGENOWSKIE - klasa rozbłysków klasyfikowana na podstawie ilości wyświecanej energii w fazie głównej zjawiska, mierzonej w okolicy Ziemi w zakresie 1-8 Å. Klasy: B,C,M,X.

RSP - zjawisko w atmosferze słonecznej klasyfikowane jako CME.

SPOKÓJ W MAGNETYZMIE - wyróżniony dowolnie długi okres, w czasie którego zmiany skierowanej w kierunku północnym składowej ziemskiego pola magnetycznego w 3 godzinnych podokresach nie przekraczają 20 nanotesli.

SZOK (FALA UDERZENIOWA) - nieciągłość ciśnienia, gęstości i prędkości cząstek, propagująca się w ściśliwej cieczy bądź plazmie.

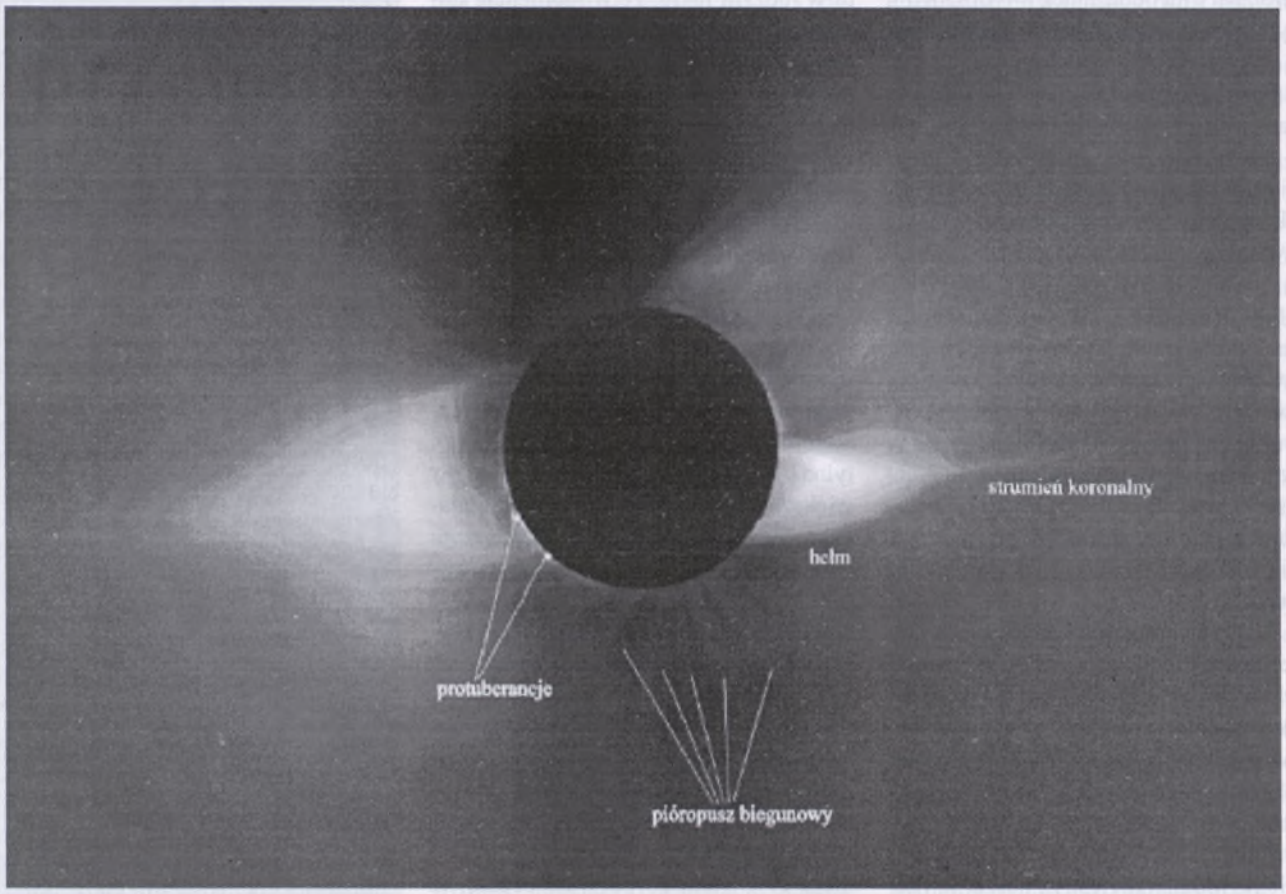
Źródło: głównie *SESC GLOSSARY OF SOLAR-TERRESTIAL TERMS.*

# Obserwacje Yohkoh - przełomowy rozdział w badaniach korony słonecznej

*Ja przed Tobą otwieram wszystkie części nieba - otwieram Słońce*

De Mono

Janusz Sylwester




**Fot. 1.** Obraz korony uzyskany 3 listopada 1994 r. w Putre (Chile) podczas całkowitego zaćmienia Słońca. Zespół badawczy z HAO i NCAR (Boulder) zastosował specjalny filtr redukujący na dużych odległościach od Słońca. Zdjęcie wykonano w zakresie czerwonym widma ($\lambda$ = 6500 Å).

Od dawien dawna, jednakże tylko w trakcie pełnych zaćmień, obserwowano struktury w koronie - nieprzysłoniętej tarczą Księżyca części atmosfery Słońca. Całkowita ich jasność nie przekracza milionowej części jasności widomej tarczy Słońca, tak więc ich obserwacje gołym okiem nie są możliwe w okresie poza zaćmieniami. Struktury w koronie przypominają często wyglądem „płomienie" lub „języki"', co prawdopodobnie dało początek powszechnemu sposobowi przedstawiania Słońca na rysunkach. W okresie minimum aktywności, kiedy obserwuje się niewiele plam, wygląd korony odzwierciedla w przybliżeniu dipolowy (N—S) charakter pola magnetycznego Słońca (pióropusze biegunowe — *polar plums*).Wyraźnie widoczne są struktury związane z poszczególnymi obszarami aktywności (Fot. 1.), hełmy, długie strumienie koronalne). W maksimum aktywności, korona staje się bardziej sferycznie symetryczna.

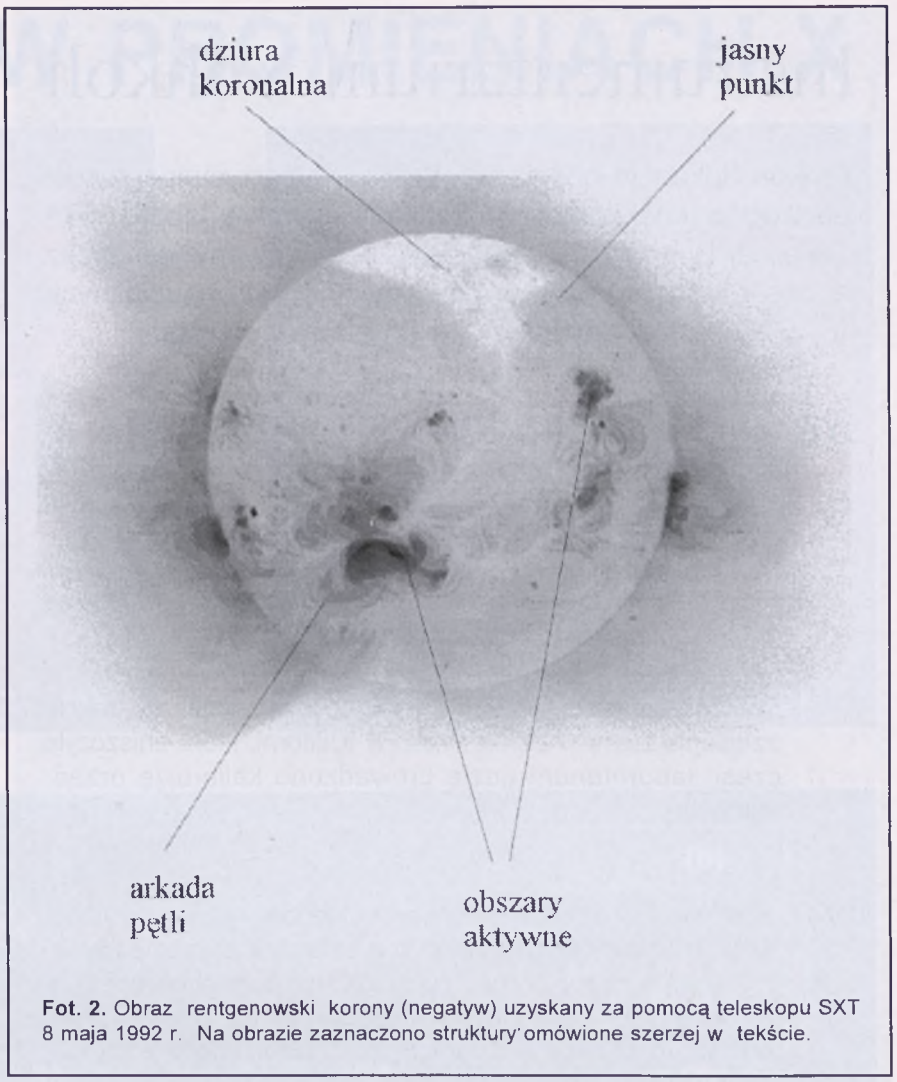
Temperatura plazmy w koronie sięga milionów K. Tak więc, promieniuje ona głównie w zakresie rentgenowskim widma - w obszarze, gdzie promieniowanie widzialne ma znikomy wkład. Obserwacje astronomiczne w zakresie rentgenowskim widma nie są niestety dostępne z powierzchni Ziemi,

gdyż górne warstwy atmosfery pochłaniają większość promieniowania w tym zakresie.

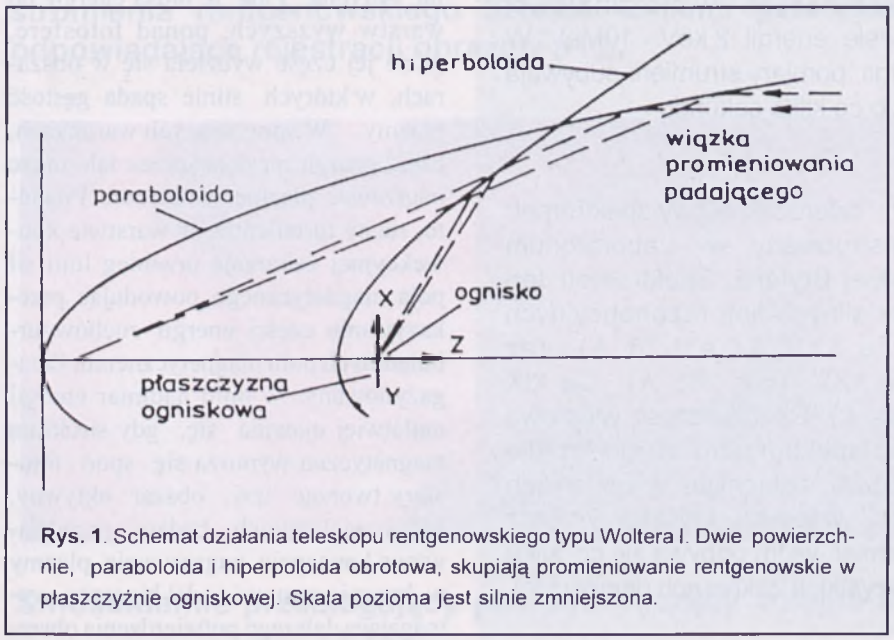
Poczynając od eksperymentów prowadzonych z pokładu rakiet (zdobycznych V-2) i sztucznych satelitów, stały się możliwe obserwacje struktur korony niezależnie od zaćmień, w szczególnie ważnym rentgenowskim zakresie widma (λ=1-100 Å).

Spośród obecnie dostępnych obserwacji Słońca, na szczególne wyróżnienie zasługują obserwacje uzyskane przez satelitę Yohkoh. Zawierają one nie tylko ważne informacje dotyczące temperatury plazmy, ale też pokazują wygląd korony typowej gwiazdy ciągu głównego w wieku dojrzałym.

Po raz pierwszy systematyczne badania struktur w koronie Słońca przeprowadzili astronauci amerykańscy podczas misji SKYLAB. Rejestracji dokonywano za pomocą teleskopów „ślizgającego padania" metodą fotograficzną. Uzyskanie zdjęć rentgenowskich wymaga zastosowania specjalnych układów optycznych. Najczęściej wykorzystuje się fakt, że promieniowanie rentgenowskie ulega odbiciu od powierzchni metali wtedy, kiedy kąt zawarty pomiędzy promieniem padającym a powierzchnią odbijającą jest bardzo mały, poniżej 1°; potocznie mówi się, że w tym wypadku promieniowanie ulega odbiciu „ślizgającemu". Na Rys. 1 przedstawiono schemat teleskopu (typu Woltera I), w którym wykorzystuje się zjawisko odbicia ślizgającego. Cechą charakterystyczną układów optyki rentgenowskiej jest precyzja ich wykonania. Powierzchnie odbijające muszą być wykonane wielokrotnie staranniej niż te, których używa się w astronomii optycznej. Zachowany być powinien, z dokładnością do części mikrona (1 mikron = 1/10000 cm) zadany kształt powierzchni, a jej lokalna „chropowatość" winna być jeszcze 10-krotnie mniejsza.




**Fot. 2.** Obraz rentgenowski korony (negatyw) uzyskany za pomocą teleskopu SXT 8 maja 1992 r. Na obrazie zaznaczono struktury omówione szerzej w tekście.




**Rys. 1**. Schemat działania teleskopu rentgenowskiego typu Woltera I. Dwie powierzchnie, paraboloida i hiperpoloida obrotowa, skupiają promieniowanie rentgenowskie w płaszczyźnie ogniskowej. Skala pozioma jest silnie zmniejszona.

Na podstawie analizy dużej ilości zdjęć korony, wykonanych z pokładu stacji orbitalnej SKYLAB, wyróżniono szereg typowych struktur dających wkład do promieniowania rentgenowskiego. Są to:

— Koronalne obszary aktywne - arkady pętli i pojedyncze pętle w obszarach korony ponad plamami słonecznymi. Podobnie jak plamy , występują one w strefie przyrównikowej (do 40° szerokości heliograficznej).

— Jasne punkty, które stanowią krótkie niskie pętle rozrzucone chaotycznie na całej powierzchni Słońca. Jednocześnie na tarczy obserwuje się kilkaset takich struktur, również w obszarach biegunowych.

—„Dziury" koronalne, czyli rozle-

# Instrumentarium Yohkoh

Yohkoh dokonuje obserwacji Słońca wykorzystując zespół teleskopów i spektrometrów skonstruowanych w Japonii, USA i Wielkiej Brytanii. Przebieg misji kontrolowany jest przez japoński Instytut Badań Kosmicznych i Astronautycznych (ISAS). W skład przyrządów badawczych wchodzą:

**SXT** *Soft X-ray Telescope* - teleskop rentgenowski (miękki zakres) skonstruowany w laboratorium Lockheeda we współpracy z japońskim Narodowym Obserwatorium Astronomicznym oraz Uniwersytetem Tokijskim. Z wykorzystaniem CCD, SXT rejestruje co 2 sekundy obrazy Słońca w zakresie energii 0.2 - 4 keV (60 - 4 Å) umożliwiając rozróżnienie struktur odległych o 2.5 sekundy łuku (≈2000 km na Słońcu). Do chwili obecnej przyrząd ten zarejestrował dziesiątki milionów obrazów korony. SXT cudem ocalał w trakcie trzęsienia ziemi *w Loma Prieta* w Kaliforni, które zniszczyło część laboratorium gdzie prowadzono kalibrację przedstartową.

**HXT** *Hard X-ray Telescope* - teleskop rentgenowski (twardy zakres) skonstruowany w ISAS.Teleskop działa na zasadzie fourierowskiej syntezy obrazu (analogicznie do syntezy apertury w radioastronomii). Do chwili obecnej zarejestrował obrazy kilkuset rozbłysków w czterech przedziałach energii z zakresu 15 - 100 keV. Rozdzielczość przestrzenna na odtworzonych numerycznie obrazach sięga kilku sekund łuku (≈5000 km na Słońcu). Obrazy mogą być rejestrowne nawet co pół sekundy.

**WBS** *Wide Band Spectrometer* - zespół detektorów szerokopasmowych dokonujących wielokanałowej „fotometrii" Słońca w zakresie energii 2 keV - 10MeV. W zależności od zakresu energii, pomiary strumieni odbywają się kilka razy na sekundę lub co kilka sekund.

**BCS** *Bragg Crystal Spectrometer* - czterozakresowy spektrometr krystaliczny Bragga skonstruowany w Laboratorium Mullarda (MSSL) w Wielkiej Brytanii. Spektrometr ten rejestruje widma w okolicy silnych linii rezonancyjnych wodoropodobnego jonu Fe XXV ($\lambda$ = 1.78 Å) oraz helopodobnych jonów Fe XXV ($\lambda$ = 1.85 Å), Ca XIX ($\lambda$ = 3.18Å) i S XV ($\lambda$ = 5.04 Å). Rozdzielczość widmowa $\lambda/\Delta\lambda$ =3000÷6000. Czułość spektrometru 10-cio krotnie przekracza wielkości dotychczas osiągnięte w badaniach Słońca. Dzięki zastosowaniu wklęsłych kryształów, oraz detektorów pozycyjnych, pomiar widm odbywa się co kilka sekund, jednocześnie we wszystkich zakresach długości fal.

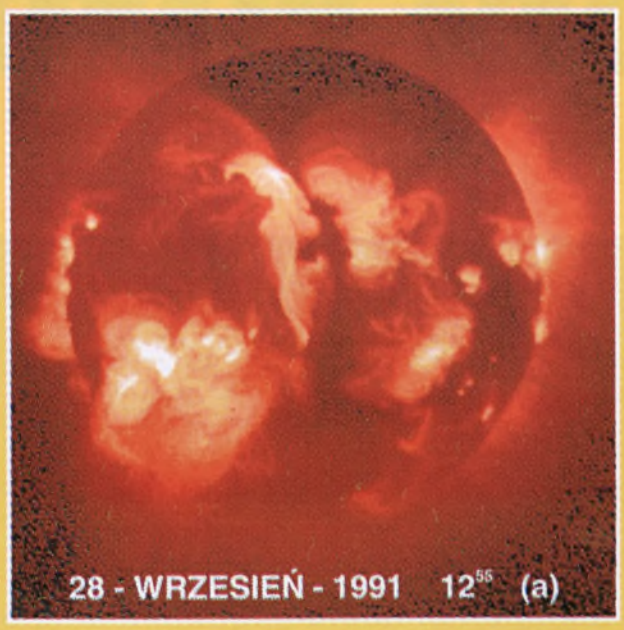
głe obszary w koronie o silnie osłabionej emisji rentgenowskiej. Obszary dziur są związane z tymi liniami sił pola magnetycznego, które wychodząc ze Słońca oddalają się od niego na duże odległości unoszone przez wiatr słoneczny. Pole magnetyczne ponad dziurami koronalnymi ma charakter otwarty.

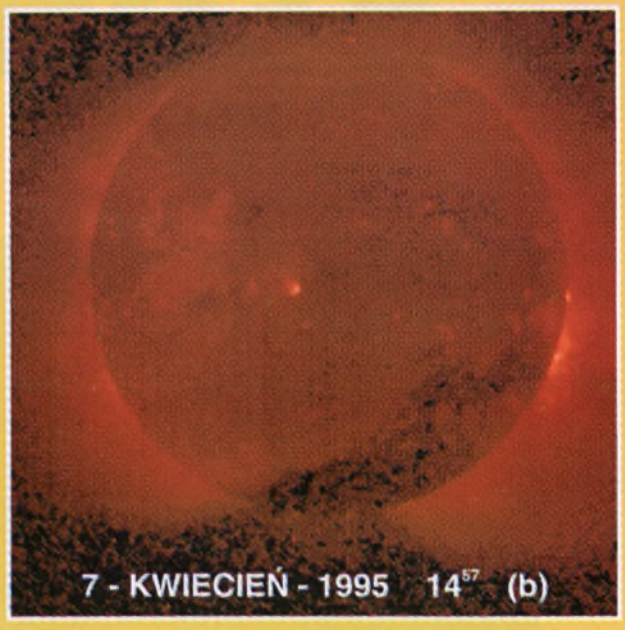
Większość promieniowania rentgenowskiego Słońca powstaje w zamkniętych strukturach magnetycznych typu pętli, rozciągających się niezbyt daleko od jego powierzchni, do wysokości około 100 000 km (1/13 średnicy Słońca). Nie we wszystkich zamkniętych strukturach pętlowych warunki fizyczne sprzyjają formowaniu się promieniowania X. W części z nich, temperatura plazmy jest zbliżona do temperatury fotosfery (6700 K). Możliwe są więc obserwacje w zakresie widzialnym. Takie chłodne struktury obserwowane są często ponad brzegiem tarczy Słońca jako protuberancje.

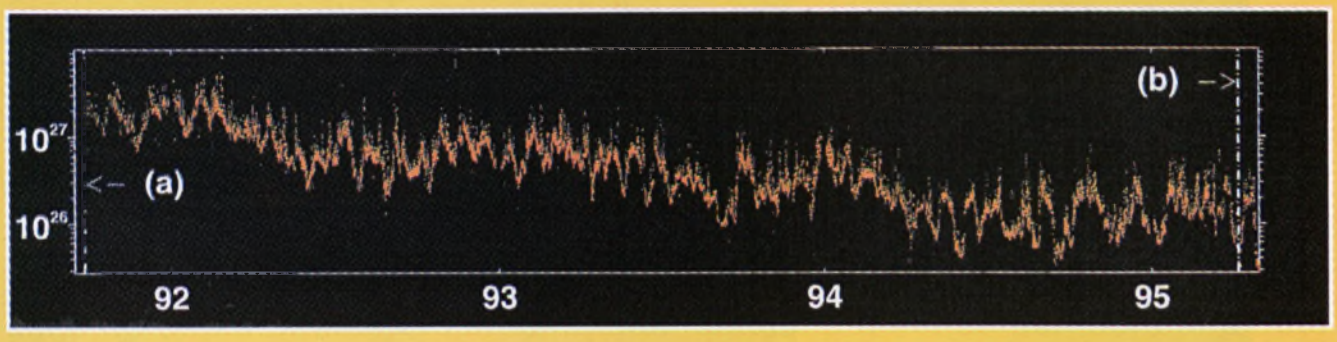
Zdjęcia rentgenowskie korony wykonane przy pomocy teleskopu SXT z pokładu satelity Yohkoh potwierdzają wcześniejsze obserwacje.

Temperaturę plazmy w danej strukturze określa tempo dostarczania (wydzielania się w niej) energii. Ogólnie akceptowany jest pogląd, że pierwotnym źrodłem tej energii są turbulentne ruchy plazmy występujące w warstwie konwekcyjnej znajdującej się na głębokości do 200 000 km pod powierzchnią Słońca. Ruchy te powodują powstawanie fal akustycznych oraz fal Alfvèna. Fale te niosą energię do warstw wyższych, ponad fotosferę, gdzie jej część wydziela się w obszarach, w których silnie spada gęstość plazmy. W sprzyjających warunkach, część energii niesionej przez fale może nagrzewać plazmę w koronie. Ponadto, ruchy turbulentne w warstwie konwekcyjnej zaburzają przebieg linii sił pola magnetycznego, powodując przekazywanie części energii ruchów turbulentnych polu magnetycznemu. Zmagazynowany w polu nadmiar energii najłatwiej ujawnia się, gdy struktura magnetyczna wynurza się spod fotosfery tworząc tzw. obszar aktywny. Mimo wieloletnich badań, przedstawiona koncepcja nagrzewania plazmy w koronie stanowi nadal hipotezę wymagającą dalszego potwierdzenia obser-

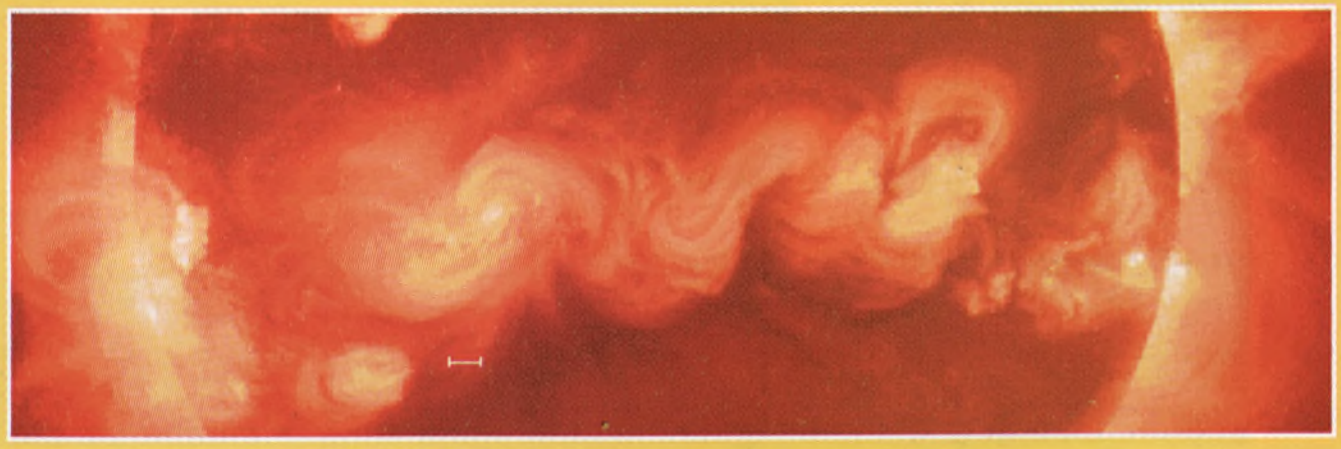
# SŁOŃCE W PROMIENIACH X



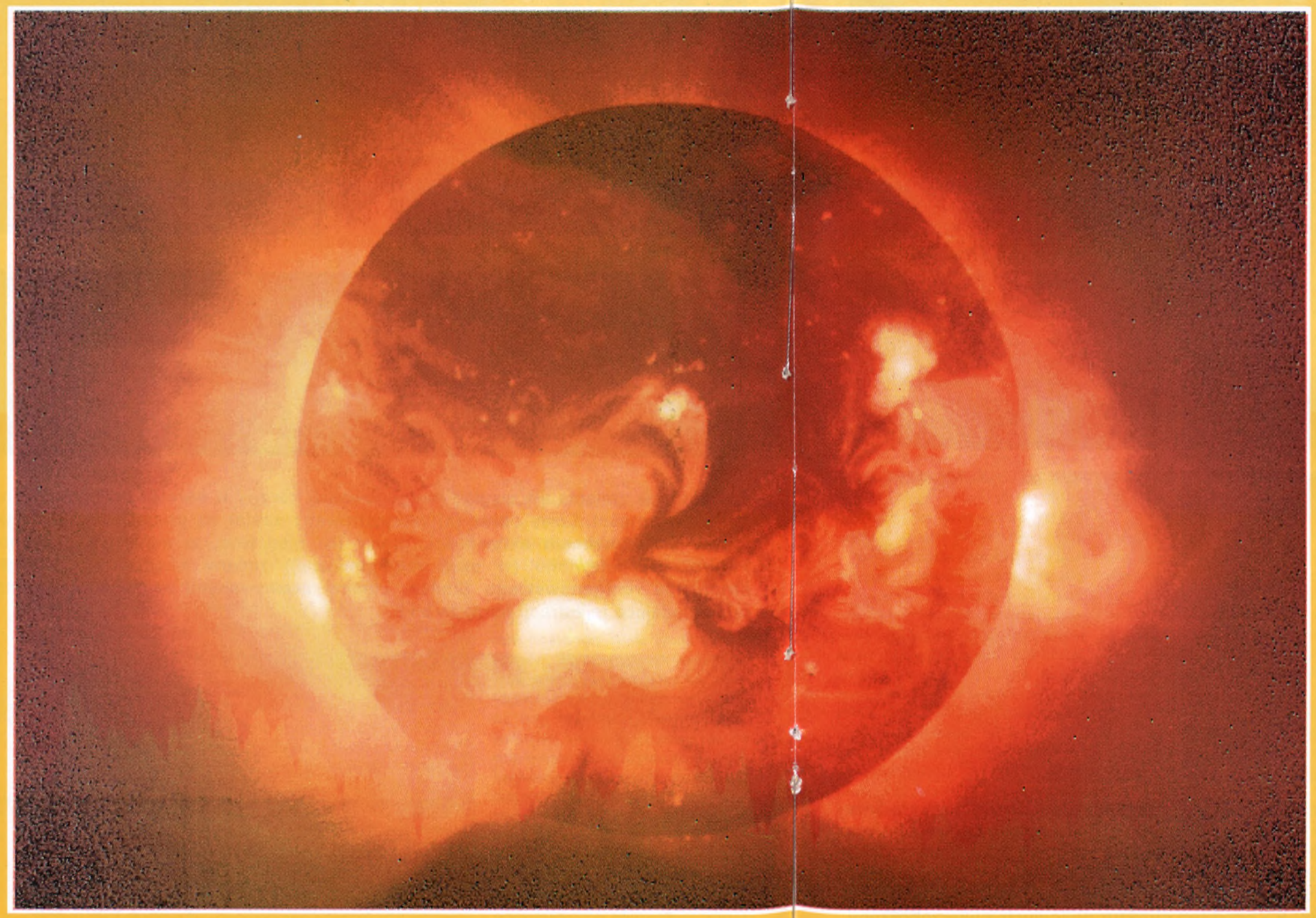




**Przykład jak zmienia się wygląd rentgenowskiej korony w okresie maksimum i minimum aktywności. Lewy obraz (a) zarejestrowany został na początku misji Yohkoh, krótko po maksimum aktywności, prawy (b) niedawno, w minimum aktywności. Poniżej przedstawiono (w skali logarytmicznej) zmiany z czasem całkowitego strumienia rentgenowskiego Słońca. Liniami przerywanymi zaznaczono momenty odpowiadające rejestracji obrazów a i b.**



**Sinusoidalnie przebiegający pas pętli łączący kolejne obszary aktywne.**

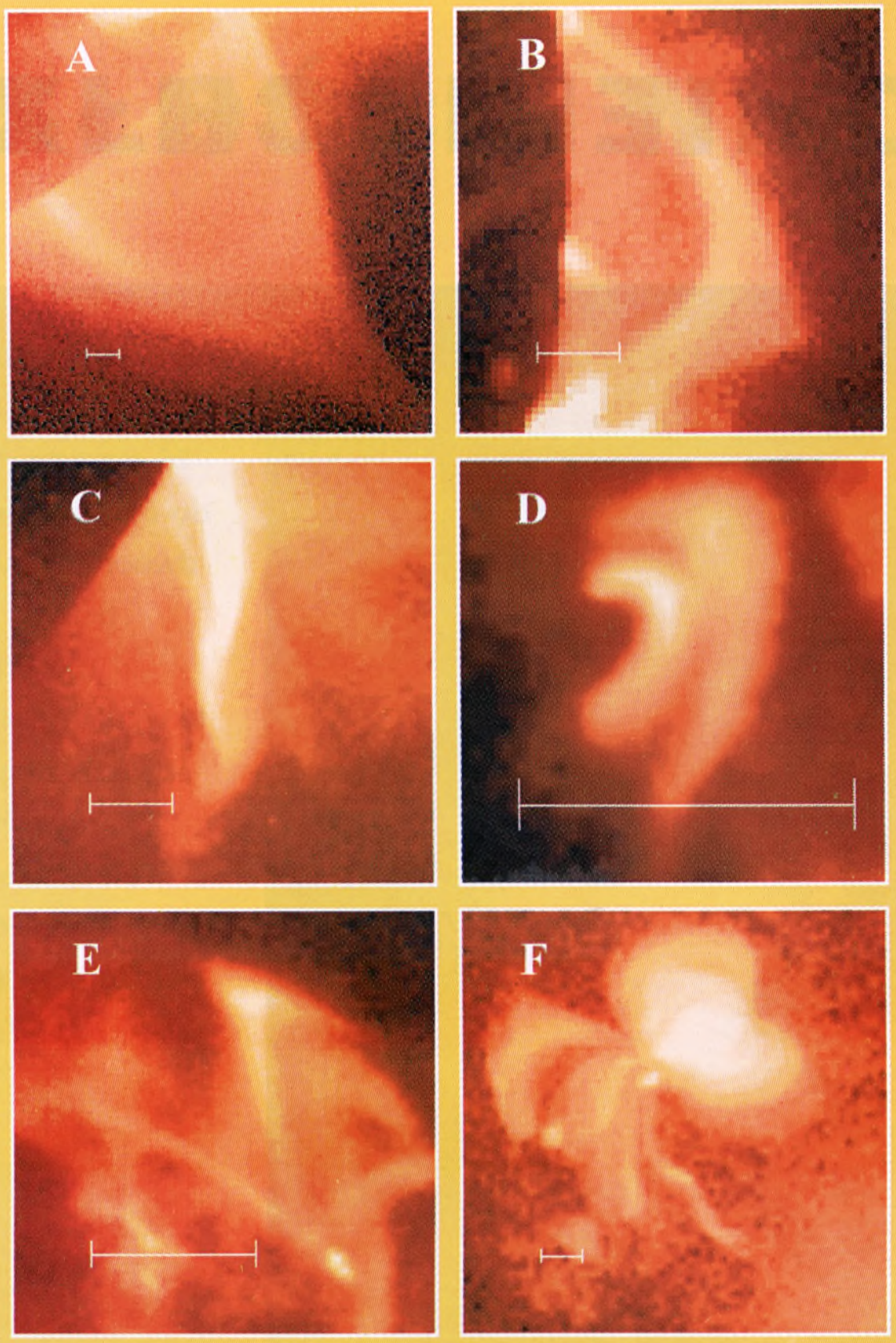
# SŁOŃCE W PROMIENIACH X



**Wygląd rentgenowskiej korony Słońca 26 sierpnia 1992 r., do odległości około dwóch promieni od brzegu tarczy. Uzyskano go w wyniku nałożenia dwóch ekspozycji wykonanych Teleskopem SXT dla różnych położeń osi satelity Yohkoh.**

postępy astronomii

# Struktury korony słonecznej




Różnorodność struktur obserwowanych w emisji rentgenowskiej. Pozioma biała linia odpowiada 1 minucie łuku (43500 km na Słońcu). A - struktura łukowa typu hełmu zbliżona do typowych „hełmów" obserwowanych podczas zaćmień; B - arkada pętli; C - dynamiczna struktura, która wzniosła się na wysokość ~200000 km z prędkością 30 km/s; D - w niższej z dwóch widocznych pętli zachodzi rozbłysk. Jądro emisji znajduje się na wysokości 10000 km; E - przykład struktur pętlowych z wierzchołkami typu szpic (cusp); F - rozbłysk zajmuje wewnętrzne struktury zwartej arkady pętli.

# Rozbłyski słoneczne a człowiek

**Rozbłyski słoneczne powodują od czasu do czasu groźne zakłócenia naszej „aktywności cywilizacyjnej". Wskutek rozbłysków z początku marca 1989 r. wystąpiły silne burze magnetyczne powodujące zaburzenia wskazań kompasów. W tym czasie uległa ekspansji górna część ziemskiej atmosfery. Spowodowało to zwiększenie się gęstości warstwy, w której krążą sztuczne satelity w wyniku czego nastąpiło znaczne obniżenie ich orbit. Miało też miejsce przerwanie komunikacji radiowej na falach krótkich. W prowincji Quebec w Kanadzie, w wyniku wzbudzenia wysokich napięć, awarii uległa rozległa sieć energetyczna, pozbawiając prądu 6 milionów osób przez 9 godzin. Mieszkańcy Meksyku oglądali stowarzyszone z rozbłyskiem zorze polarne. (Zorze polarne są zwykle dostępne obserwacjom jedynie w obszarach podbiegunowych. Niecodzienne jest ich występowanie na umiarkowanych szerokościach geograficznych, np. w Polsce, a niebywałe w pobliżu zwrotników).**
**Silne rozbłyski stanowią zagrożenie dla astronautów oraz pasażerów samolotów na transbiegunowych trasach, gdzie znikoma jest ochrona stwarzana przez ziemskie pole magnetyczne. Rozbłyski stanowią śmiertelne zagrożenie dla potencjalnych podróżników do najbliższych planet. Wielostronne związki występujące pomiędzy aktywnością Słońca a zjawiskami geofizycznymi stanowią w tej chwili oddzielną gałąź badań.**

wacyjnego. Poza rozbłyskami (patrz dalej), czyli w sytuacji kiedy warunki fizyczne zmieniają się dostatecznie wolno, zachowana jest w przybliżeniu równowaga pomiędzy tempem dostarczania i strat energii. W obszarach dziur koronalnych, dostarczana do korony energia unoszona jest efektywnie przez wiatr słoneczny (w związku z czym temperatura plazmy nie rośnie powyżej 1 500 000 K).

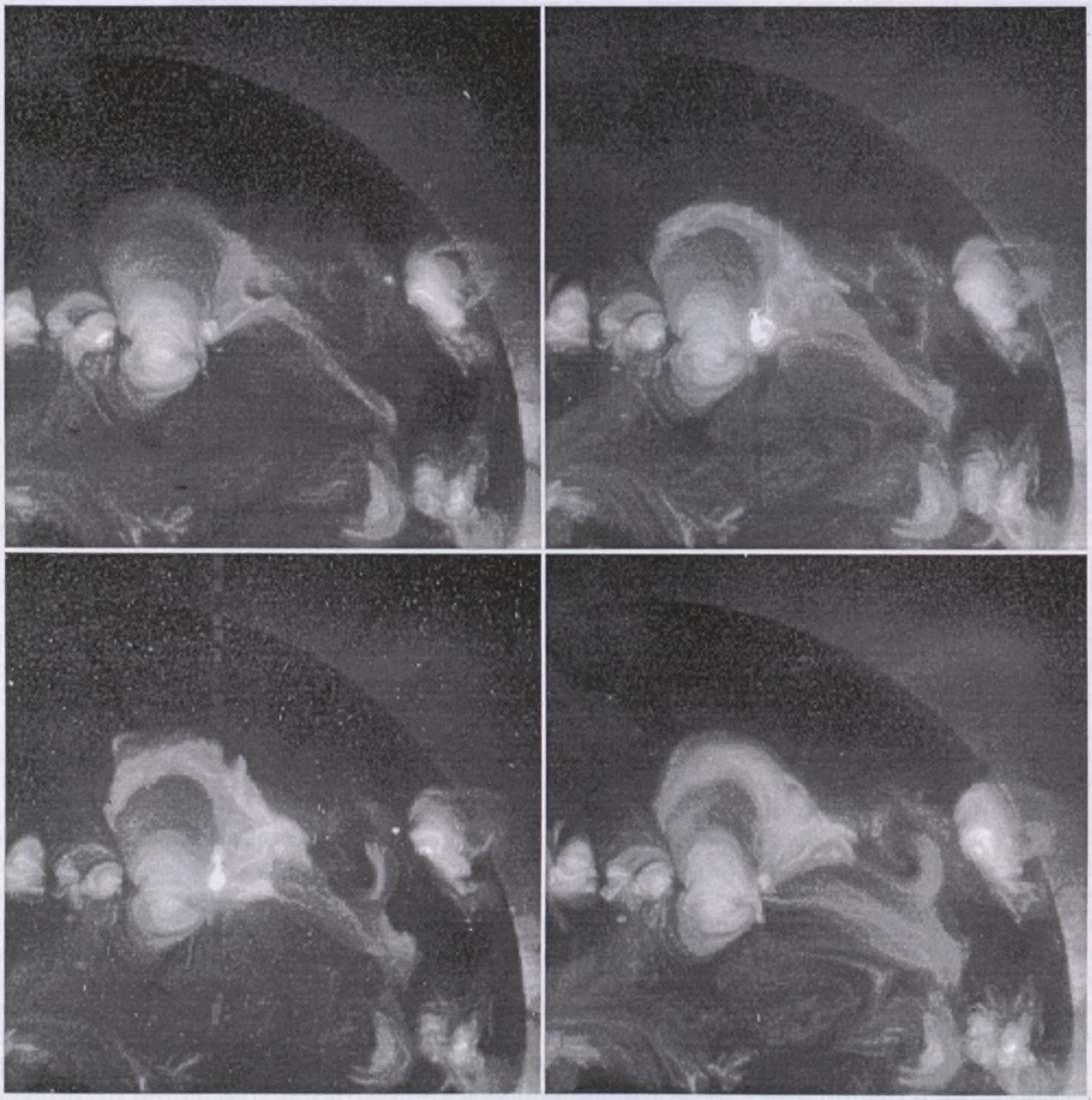
W strukturach zamkniętych zasadniczym procesem określającym straty energii jest promieniowanie i przewodnictwo. Obliczenia teoretyczne wskazują, że przy wzroście temperatury plazmy powyżej 200 000 K, zwiększenie całkowitych strat promienistych możliwe jest jedynie wtedy, gdy rośnie gęstość plazmy (straty promieniste w tym zakresie maleją ze wzrostem temperatury). Przy dwukrotnym wzroście gęstości, straty promieniste rosną czterokrotnie. W przypadku, gdy tempo wydzielanej energii wzrasta — rośnie temperatura plazmy. W wysokiej temperaturze plazma jest prawie całkowicie zjonizowana, jej przewodność elektryczna jest bardzo duża, w związku z czym plazma jest „wmrożona'' w pole magnetyczne. W takich warunkach transport energii przez przewodnictwo cieplne lub ruchy konwekcyjne jest prawie niemożliwy w kierunku prostopadłym do linii sił pola. Tak więc plazma zamknięta jest przez pole magnetyczne (jak w rurze), a kontakt zewnętrzny możliwy jest tylko poprzez „stopy" pętli umiejscowione w gęstych i chłodniejszych warstwach chromosfery. Zwiększone tempo wydzielania energii wymusza wzrost gęstości plazmy w pętli. Może to nastąpić jedynie poprzez „pobranie'' (odparowanie) plazmy z gęstszych warstw chromosferycznych. Odparowanie będzie trwało dopóty, dopóki nie ustali się równowaga pomiędzy ilością energii wydzielanej i wypromieniowywanej. Proporcjonalnie do kwadratu gęstości rośnie emisja rentgenowska i struktura staje się widoczna na zdjęciach. Rozkład temperatury wzdłuż linii sił pola regulowany jest przez przewodnictwo cieplne - bardzo efektywne w tym kierunku.

Korona słoneczna jest środowiskiem bardzo niejednorodnym, gdzie w niewielkich odległościach, być może mniejszych od 100 km, sąsiaduje ze sobą plazma, której temperatura i gęstość różnią się nawet tysiące razy. Trzeba zaznaczyć, że koncentracja plazmy w najgęstszych jądrach odpowiada warunkom najlepszej próżni w ziemskich laboratoriach.

Niewątpliwie najbardziej widowiskowymi zjawiskami obserwowanymi w koronie są rozbłyski. Zjawisko rozbłysku związane jest z gwałtownym (typu katastrofy), wydzieleniem się ogromnej ilości energii w systemie pętli magnetycznych obszaru aktywnego. W ciągu 100 do 1000 s, w stosunkowo małym obszarze korony, o objętości porównywalnej z objętością Ziemi, wydziela się energia od $10^{30}$ do $10^{32}$ ergów. Energia ta zgromadzona została uprzednio w polu magnetycznym obszaru aktywnego. W stosunku do całkowitej mocy promieniowania Słońca, moc rozbłysku stanowi ułamek procenta. Jednakże energia wydzielona podczas rozbłysku jest ogromna; mogłaby ona spowodować np. zagotowanie się całej wody zawartej w ziemskich oceanach. Początkowo, energia rozbłysku wydziela się w obszarze o małej gęstości. Duża jej część przekształca się w energię cząstek przyspieszonych (nawet do setek MeV) oraz w energię termiczną plazmy nagrzewanej do temperatury dziesiątków mln K. Ze wzrostem wydzielonej energii rośnie też gęstość pla-

zmy. Gdy tempo wydzielania energii maleje, plazma rozbłysku wychładza się w czasie dziesiątek minut, wypromieniowując energię głównie w zakresie rentgenowskim widma. Temperatura plazmy rozbłyskowej przekracza czasem kilkunastokrotnie temperaturę plazmy przed zjawiskiem. Odpowiednio, gęstości plazmy w trakcie rozbłysku mogą wzrastać tysiąckrotnie. Czas trwania fazy narastania zjawiska wynosi kilkadziesiąt - kilkaset sekund. Aby porządnie zbadać mechanizmy odpowiedzialne za tak intensywne wydzielanie energii należy obserwować zjawisko odpowiednio często. Stało się to możliwe dopiero niedawno dzięki obserwacjom prowadzonym przez zespół przyrządów wyniesionych na orbitę w sierpniu 1991 r. na pokładzie obserwatorium słonecznego Yohkoh (po japońsku *Promień Słońca* - zobacz ramka na str. 168). Zachwycające obrazy korony uzyskane teleskopem SXT umożliwiają badanie rozbłysków z rozdzielczością przestrzenną 2.5 sekundy łuku co kilka sekund.

Na wkładce przedstawiony jest obraz korony rentgenowskiej Słońca aż do odległości około dwóch promieni. Obraz ten został otrzymany przez nałożenie ekspozycji uzyskanych w sytuacji, kiedy oś satelity została odchylona od zwykłego położenia (na środek tarczy) wzdłuż kierunku E—W. Manewru takiego dokonano 26 sierpnia 1992 r. Na obrazie wyróżnić można składową kwazi—symetryczną (poza obszarami znajdującymi się ponad dziurami koro-



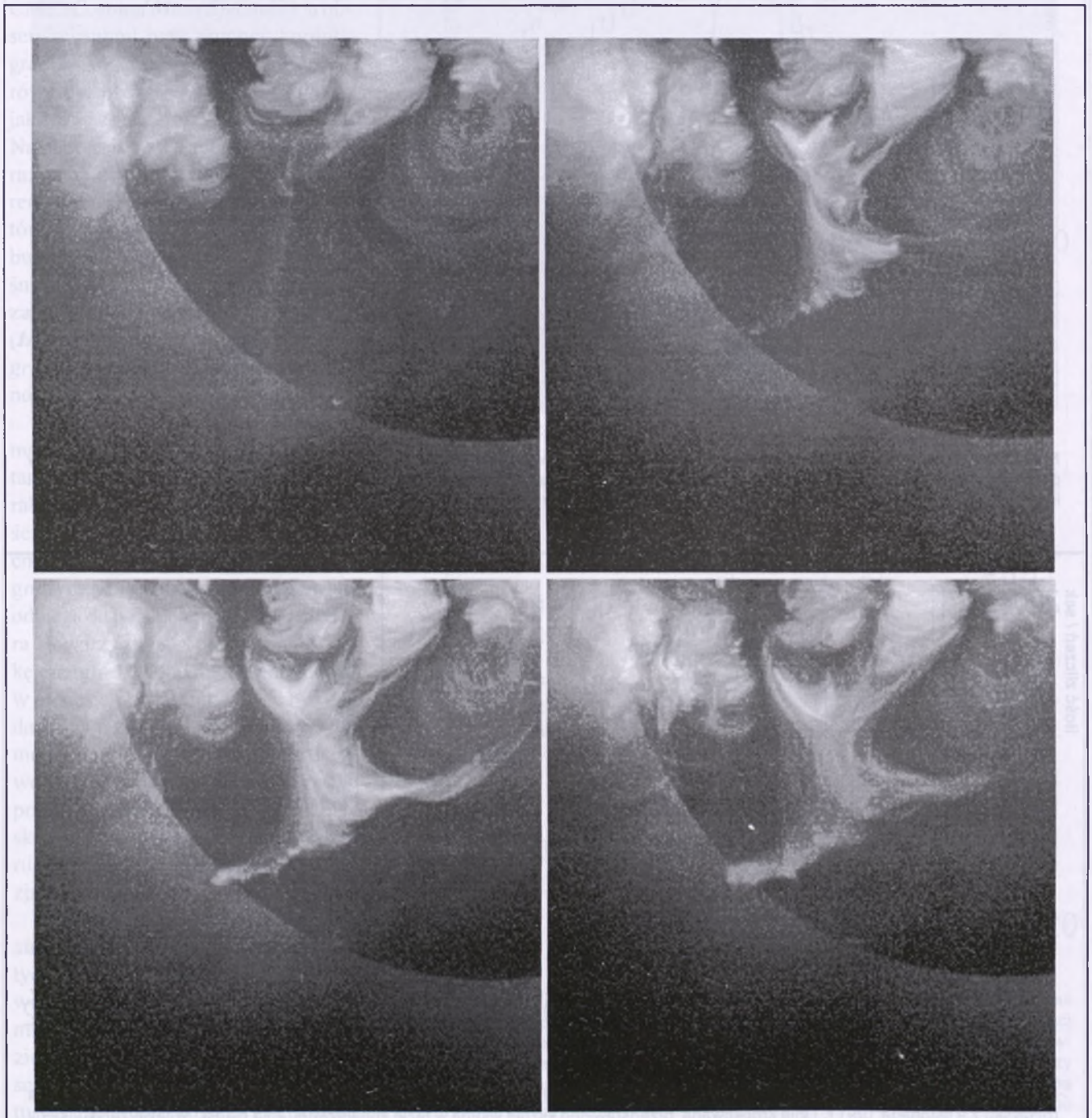
**Fot. 3.** Fragment obrazu korony uzyskany 12 lutego 1992 r. za pomocą teleskopu SXT. Wyraźnie widoczne są struktury pętlowe tworzące indywidualne obszary aktywne. Nieco słabsze są struktury łączące oddzielne obszary aktywne. Pętla na pierwszym obrazie (17:40 UT), aktywizuje się i ulega gwałtownej ekspansji, co można prześledzić na kolejnych obrazach (18:52, 19:09 i 20:32 UT). Jedna ze struktur widocznych na drugim obrazie zawiera spiralne włókna.

nalnymi) oraz wielkoskalowe struktury pętlowe ponad obszarami gromadzenia się protuberancji (szerokości heliograficzne ± ~50 - 70°. Na obrazie nie występują tzw. strumienie koronalne, charakterystyczne dla korony obserwowanej w przedziale widzialnym. Często jednak obserwuje się struktury analogiczne do hełmów.

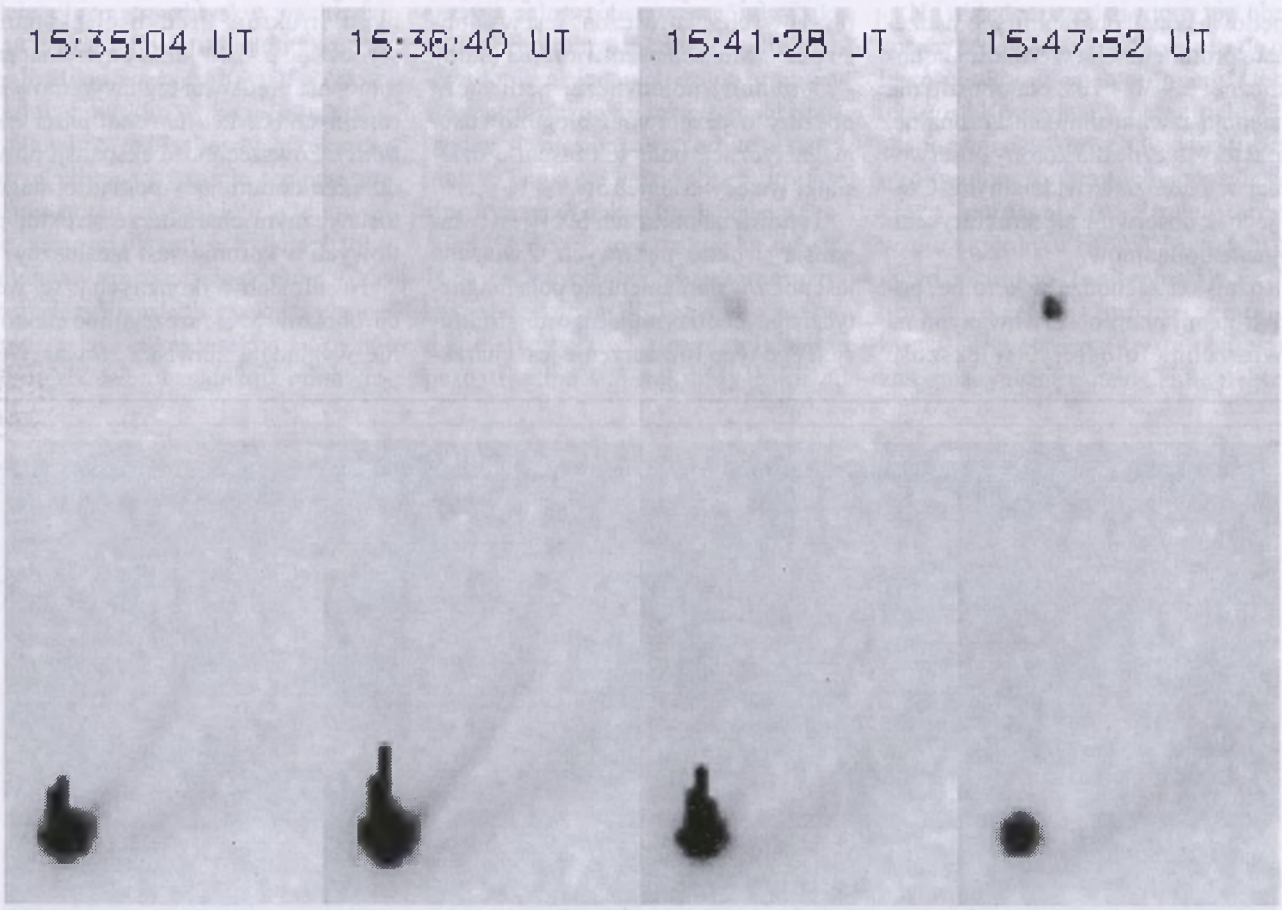
Rozbłyski zachodzą w koronie, ponad grupami plam obserwowanymi na powierzchni fotosfery. Większość struktur pętlowych tak przed, jak i rozbłyskowych zakotwiczona jest w pobliżu plam. Miejsca zakotwiczenia (stopy - *footpoints*) pojedynczej pętli łączą obszary o przeciwnej biegunowości magnetycznej, odległe czasem o dziesiątki tysięcy kilometrów.

Typowa na obrazach SXT jest ekspansja struktur pętlowych. Związana jest ona z wyłanianiem się pola magnetycznego podtrzymującego te struktury. Tego typu rozszerzenie jest charakterystyczne dla większości obserwowanych struktur. Prędkości ekspansji wynoszą 10 -100 km/s czyli znacznie mniej niż prędkości tzw. wyrzutów koronalnych (CMS - *coronal mass ejections*). Powszechność ekspansji powoduje, że dominujący pogląd o magnetostatycznym charakterze struktur pętlowych w koronie jest niesłuszny.

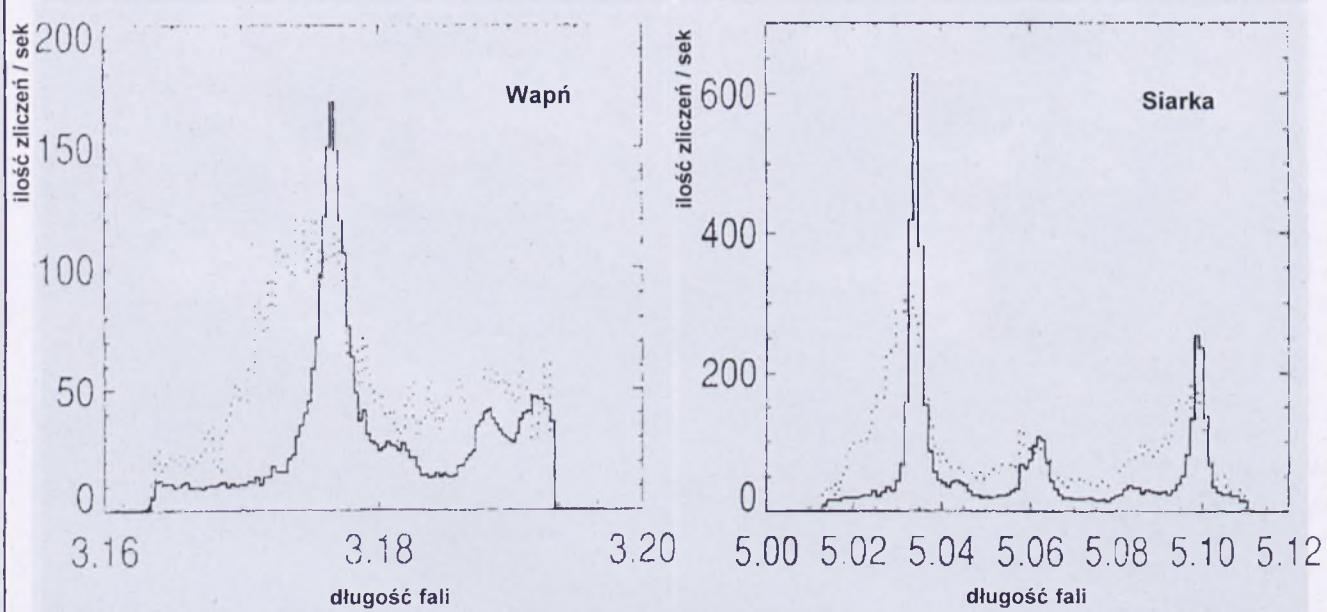
Na filmach wykonanych z sekwencji obrazów SXT, szczególnie efektownie wyglądają zjawiska stowarzyszo-



**Fot. 4.** Ewolucja arkady pętli rentgenowskich podczas procesu aktywizacji włókna Hα. Poszczególne obrazy zarejestrowano odpowiednio o 16:48, 19:33, 20:01, 20:05 UT dnia 26 lutego 1992 r.




**Fot. 5.** Powyższa sekwencja obrazów (7 grudnia 1991 r.) przedstawia rozprzestrzenianie się dżetu rentgenowskiego wzdłuż struktury pętlowej. Prędkość ekspansji wynosi 1000 km/sek, czyli jest charakterystyczna dla „klasycznych" dżetów obserwowanych w linii Hα. Po 12 minutach materia dżetu uderza w powierzchnię Słońca powodując silne miejscowe pojaśnienie.



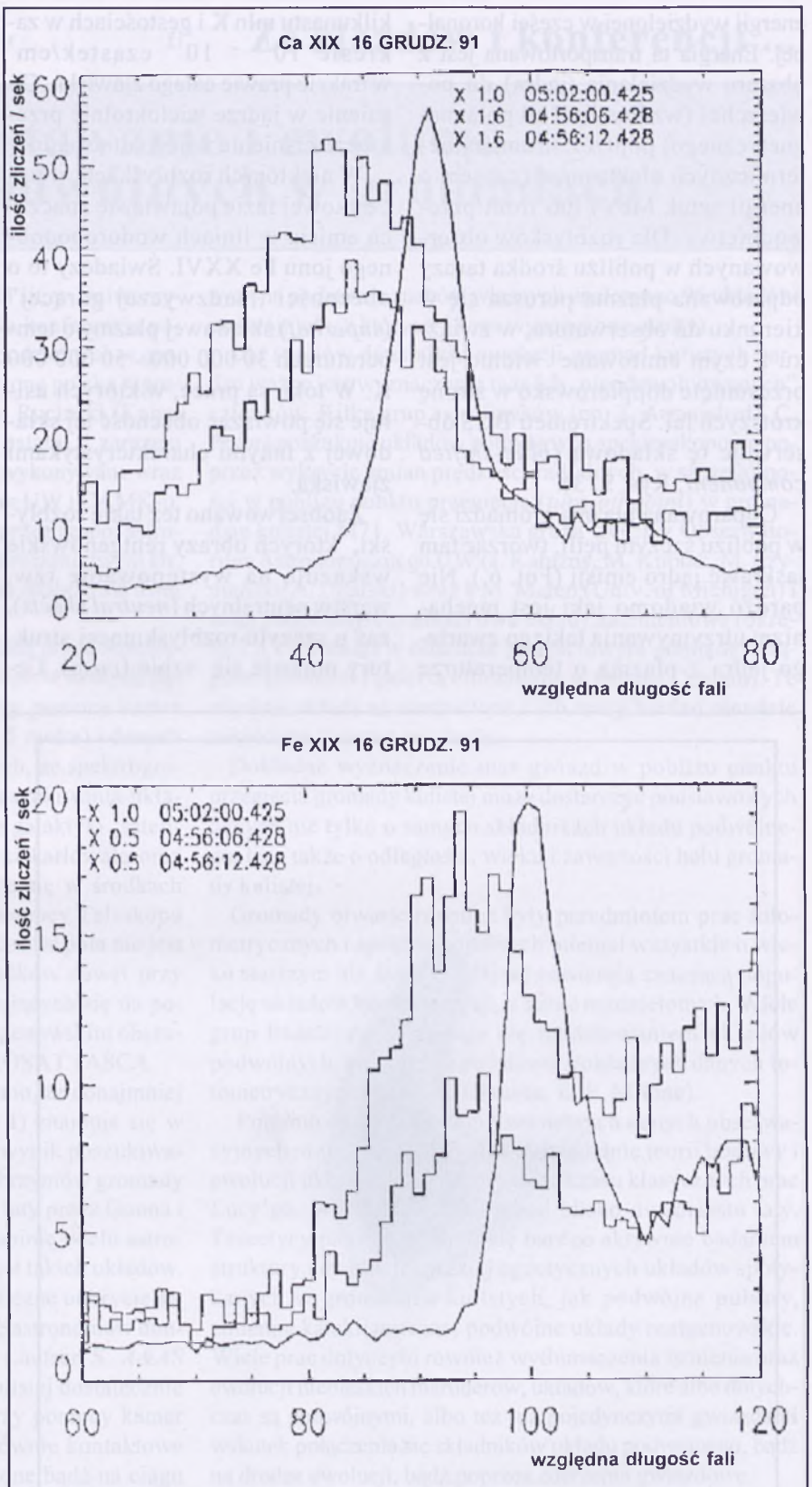

**Rys. 2.** Przykład widm zarejestrowanych za pomocą spektrometru BCS w okolicy linii rezonancyjnych jonu Ca XIX i S XV dla rozbłysku z 9 listopada 1991 r. Linią kropkowaną przedstawiono kształt widma w fazie impulsywnej, linią ciągłą, w fazie zaniku, kiedy źródło emisji jest nieruchome. Widać, że w fazie impulsywnej krótkofalowe skrzydło linii jest wyraźnie wzmocnione, a cała linia silnie poszerzona. Efekt asymetrii jest silniejszy dla linii wapnia (temperatura formowania ~ 15 000 000 K) niż dla linii siarki (~ 9 000 000 K). Za wzmocnienie krótkofalowego skrzydła linii odpowiedzialna jest poruszajaca się ku obserwatorowi plazma odparowana wcześniej z powierzchni Słońca.

ne z tzw. aktywizacją włókien. Obserwuje się stopniowy wyrzut arkady pętli zawierającej w środku włókno (protuberancję spokojną) widoczne w linii $H_\alpha$. Długości takiej arkady sięgają setek tysięcy kilometrów.

Oprócz wymienionych przykładów, przy pomocy SXT zaobserwowano wiele innych typów ekspansji gorącej plazmy niestowarzyszonej z rozbłyskami. Część tych wyrzutów stowarzyszona jest ze zjawiskami CME *(Coronal Mass Ejections)*, a obserwowanymi przy pomocy koronografów. Wyrzuty te mają miejsce zarówno w obszarze pasa aktywności, jak i w obszarach okołobiegunowych. Na obrazach SXT zaobserwowano po raz pierwszy wiele typów „dżetów" rentgenowskich. Występowanie dżetów wiąże się z tzw. „zjawiskami turbulentnymi" obserwowanymi wcześniej w liniach warstwy przejściowej za pomocą spektrometru HRTS (*High Resolution Telescope Spectrograph*). Przykład dżetu przedstawiono na fot. 5.

Dla niektórych struktur pętlowych można wydzielić tworzące je elementarne włókienka - na ogół są one spiralnie skręcone, co świadczy o obecności płynących w nich prądów. Obecność prądów powoduje, że pole magnetyczne w obszarze aktywnym odbiega od pola potencjalnego i zawiera stowarzyszoną z prądami nadwyżkę energii. Uwalnianie tej energii np. w procesie przełączania może być dodatkowym źródłem grzania. Zapewne model ten dobrze tłumaczy jakościowo zaobserwowane po raz pierwszy przez SXT pojaśnienia (mikrorozbłyski) w indywidualnych pętlach obszaru aktywnego. Skala energetyczna tych zjawisk odpowiada ich nazwie.

Jeśli chodzi o rozbłyski, wstępna analiza obserwacji wyłoniła wiele, dotychczas nieudokumentowanych zjawisk stowarzyszonych. Między innymi powszechnie obserwuje się w fazie impulsywnej pojaśnienia w miejscach kontaktu rozbłyskującej struktury (pętli) z chromosferą. Pojaśnienia te związane są najprawdopodobniej ze wznoszącą się plazmą, która została „odparowana"z powierzchni Słońca w wyniku dostarczenia ogromnej ilości




**Rys. 3.** Przykład widm zarejestrowanych za pomocą spektrometru BCS w okolicy linii rezonancyjnych jonu Fe XXV i Ca XIX dla rozbłysku z 16 grudnia1991 r. W postaci histogramów przedstawiono kształt widma dla dwóch momentów w fazie impulsywnej, linia ciągła reprezentuje widmo w fazie zaniku. W tym wypadku, w trakcie fazy impulsywnej przesunięciu ulega tak cała linia wapnia, jak i cała linia rezonancyjna żelaza formułująca się w temperaturze (~ 20 000 000 K). Dotychczas, tego typu sytuacji nie obserwowano ze względu na stosunkowo wysoki próg czułości wcześniejszych spektrometrów. Przedstawiane widma (w fazie impulsywnej) odpowiadają sytuacji, kiedy plazma została już odparowana z powierzchni Słońca, nagrzana do wysokiej temperatury i porusza się w kierunku do obserwatora z prędkościami 300 - 400 km/s, lecz nie wypełnia jeszcze całej rozbłyskującej struktury.

energii wydzielonej w części koronalnej. Energia ta transportowana jest z obszaru wydzielania (jądra) do powierzchni (wzdłuż linii sił pola magnetycznego) poprzez strumień nietermicznych elektronów (czasem o energii setek MeV) lub front przewodnictwa. Dla rozbłysków obserwowanych w pobliżu środka tarczy odparowana plazma porusza się w kierunku do obserwatora, w związku z czym emitowane widmo jest przesunięte dopplerowsko w stronę krótszych fal. Spektrometr BCS obserwuje tę składową (*blue-shifted component*; Rys. 2, 3).

Odparowana plazma gromadzi się w pobliżu szczytu pętli, tworząc tam jaskrawe jądro emisji (Fot. 6.). Nie bardzo wiadomo jaki jest mechanizm utrzymywania takiego zwartego jądra z plazmą o temperaturze kilkunastu mln K i gęstościach w zakresie $10^{11}$ - $10^{12}$ cząstek/cm$^3$ w trakcie prawie całego zjawiska. Ciśnienie w jądrze wielokrotnie przekracza ciśnienie w jego otoczeniu!

W niektórych rozbłyskach, w początkowej fazie pojawia się znacząca emisja w liniach wodoropodobnego jonu Fe XXVI. Świadczy to o obecności „nadzwyczaj gorącej" (*superhot*) składowej plazmy o temperaturach 30 000 000 - 50 000 000 K. W toku są prace, w których usiłuje się powiązać obecność tej składowej z innymi charakterystykami zjawiska.

Zaobserwowano też takie rozbłyski, których obrazy rentgenowskie wskazują na występowanie tzw. warstw neutralnych (*neutral sheets*), zaś u szczytu rozbłyskującej struktury pojawia się szpic (*cusp*). Cechą charakterystyczną dla tej klasy zjawisk jest stopniowe przesuwanie się najjaśniejszej emisji na zewnątrz szpica (w górę). Obecność i kształt takich struktur odpowiada przewidywaniom teorii postępującego przełączania linii sił jako źródła energii rozbłysku.

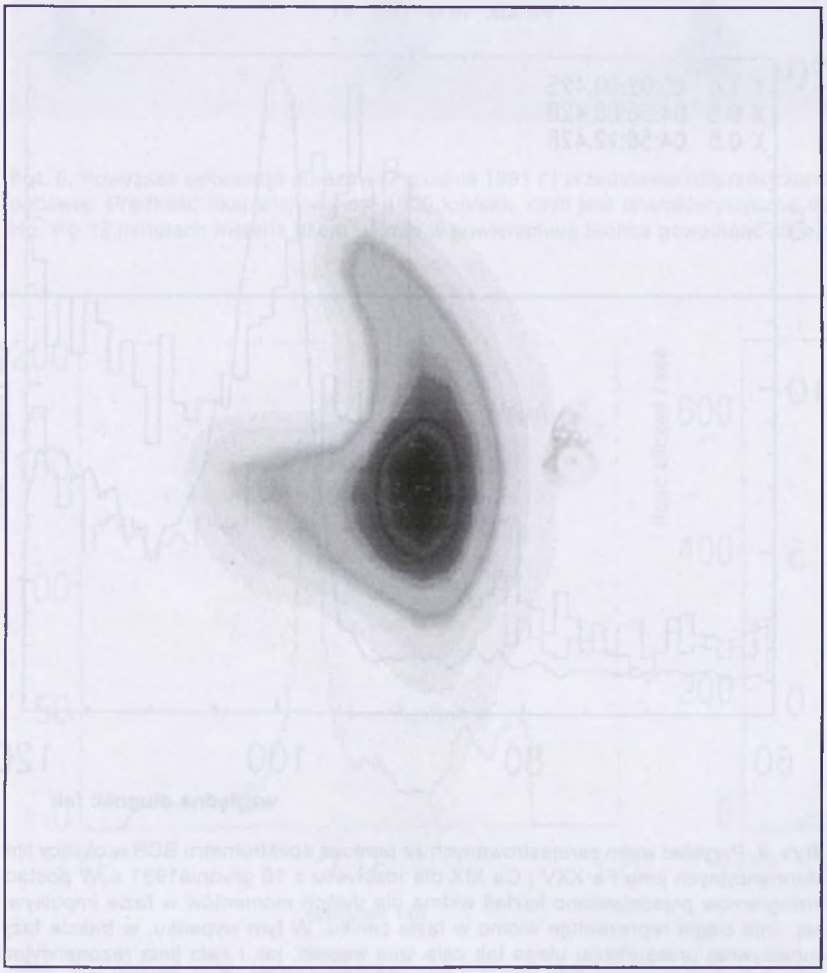
Podsumowując można stwierdzić, że obserwacje Yohkoh, a szczególnie obrazy SXT umożliwiły identyfikację szeregu nowych zjawisk w koronie. W okresie bezrozbłyskowym są to:

- Składowa emisji rentgenowskiej na dużych wysokościach (*Outer corona*)
- Rozszerzające się pętle obszarów aktywnych (*Expanding active region loops*)
- Ewoluujące struktury po aktywizacji włókien $H_\alpha$ (*Filament activaction*)
- Rentgenowskie wyrzuty koronalne (X-ray CME - *coronal mass ejections*).

Stowarzyszone z rozbłyskami są:

- Dżety rentgenowskie (*X-ray jets*)
- Mikrorozbłyski (*Microflares*)
- Impulsywne zakotwiczenia pętli (*Impulsive footpoints*)
- Jądra w szczytach pętli (*Loop-top kernels*)
- Gorące źródła emisji (*Superhot sources*)

Obserwacje Yohkoh stwarzają podstawy do testowania teorii wydzielania się energii, szczególnie co do usytuowania obszarów jej pierwotnego wydzielania. Dają one też możliwość badania zachowania się plazmy w obecności stosunkowo silnych pól magnetycznych w skalach niedostępnych w ziemskich laboratoriach. Być może wyjaśnienie procesów wydzielania energii w rozbłyskach pomoże przy konstrukcji urządzeń utrzymujących plazmę w trakcie kontrolowanej reakcji termojądrowej.



**Fot. 6.** Obraz pętli rozbłyskowej uzyskany poprzez filtr berylowy za pomocą teleskopu SXT 19 listopada 1991 r. około 09:31 UT (faza maksimum). W szczycie pętli wyróżnia się jądro obecne podczas całej fazy zaniku zjawiska. Całkowita długość pętli wynosi ~30 000 km.

*Janusz Sylwester jest heliofizykiem kierującym Pracownią Związków Słońce - Ziemia Centrum Badań Kosmicznych we Wrocławiu. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się na badaniu promieniowania rentgenowskiego Słońca.*

# Powstawanie i ewolucja gwiazd podwójnych w gromadach

W drugiej połowie czerwca 1995 r. odbyła się w Uniwersytecie w Calgary w Kanadzie pięciodniowa konferencja poświęcona powstawaniu i ewolucji gwiazd podwójnych w gromadach. Wśród około 100 uczestników stronę polską reprezentowali jedynie „emigranci": Sławomir Ruciński (Kanada) i Wojciech Krzemiński (Chile). Ten ostatni, i zarazem autor niniejszej notatki, przedstawił prace wykonywane wraz z zespołem warszawskim z Obserwatorium UW i CAMK-u. Sama konferencja została zorganizowana przez zespół astronomów z Uniwersytetu w Calgary pod przewodnictwem Dr. E. F.Milone, a w komitecie organizacyjnym znaleźli się dwaj Polacy: S. M. Ruciński i J. Kałużny.

Temat konferencji, trudnej do pomyślenia przed dziesięciu laty, narzucił się poprzez lawinowy dopływ nowych danych fotometrycznych uzyskiwanych przy pomocy kamer CCD na niewielkich teleskopach (0.6 - 1.5 metra) i danych widmowych, głównie prędkości radialnych, ze spektrografów z włóknami optycznymi. Owocne poszukiwania układów podwójnych rozciągnęły się także na galaktyki „satelitarne": LMC, SMC, sferoidalne galaktyki karłowate oraz M31. Nowe układy podwójne znajdujące się w środkach gromad kulistych zostały odkryte przy pomocy Teleskopu Hubble'a — ze względu na *seeing* i zatłoczenie pola nie jest obecnie możliwe sięgnięcie do tych środków nawet przy pomocy największych teleskopów znajdujących się na powierzchni Ziemi. Dodatkowe dane w rentgenowskim obszarze widma zostały zebrane z satelitów: ROSAT i ASCA.

O ile od kilkudziesięciu lat było wiadomo, że conajmniej połowa gwiazd pola (na ogół Populacja I) znajduje się w układach podwójnych, o tyle negatywny wynik poszukiwania zmian prędkości radialnych wśród olbrzymów gromady kulistej M3 zrobiony przed ponad 25-ciu laty przez Gunna i Griffina (*AJ 84, 752, 1979*) wpłynął na opinię wielu astronomów, że w gromadach kulistych brak jest takich układów. Historycznym przeskokiem było fotograficzne odkrycie algola NJL5 w *Omega Centauri* przez grupę astronomów duńskich w 1978 (Niss B., Jorgensen H.E., Lautsen S. *A&AS 32, 387*). Obecnie *w każdej* gromadzie kulistej dostatecznie długo obserwowanej fotometrycznie (przy pomocy kamer CCD) odkrywa się układy podwójne, głównie kontaktowe (gwiazdy typu *W Ursae Majoris*), położone bądź na ciągu głównym, bądź w obszarze niebieskich maruderów *(blue stragglers)*, tj. pomiędzy punktem przegięcia ciągu głównego gromady kulistej i jej niebieską częścią gałęzi horyzontalnej. Poszukiwania fotometryczne prowadzą do znajdywania układów krótkookresowych: od kilku godzin do kilku dni. Przeglądy spektroskopowe (głównie D. Latham, M. Mayor, R. Mathieu) wykrywają układy podwójne w przedziale okresów kilkadziesiąt dni - kilkanaście lat (np. w gromadzie otwartej M67 spośród około 400 członków zidentyfikowanych na podstawie ruchów własnych znaleziono 96 układów podwójnych, z których 53 ma wyznaczone orbity).

Dla studiów dynamiki i ewolucji gromad kulistych bardzo ważne jest wyznaczenie mas ich „nieodewoluowanych" członków. Kilka grup astrofizyków (np. T. Armandroff, C. Pryor) poszukuje układów podwójnych spektroskopowo poprzez wykrycie zmian prędkości radialnych, w szczególności w pobliżu punktu przegięcia (*turn-off point*) w gromadzie kulistej M71. Warszawska grupa OGLE z Obserwatorium Astronomicznego UW (J. Kałużny, M. Kubiak, M. Szymański, A. Udalski) wraz z M. Mateo (Univ. of Michigan) i niżej podpisanym znalazła dwa układy zaćmieniowe (okresy 1.5 i 2.5 dnia) w obszarze przejściowym pomiędzy ciągiem głównym i gałęzią olbrzymów w Omega Centauri. Te obydwa układy są rozdzielone i ich masy bardzo niewiele zakłócone poprzez ewolucję.

Dokładne wyznaczenie mas gwiazd w pobliżu punktu przegięcia gromady kulistej może dostarczyć podstawowych danych nie tylko o samych składnikach układu podwójnego, lecz także o odległości, wieku i zawartości helu gromady kulistej.

Gromady otwarte również były przedmiotem prac fotometrycznych i spektroskopowych: niemal wszystkie o wieku starszym niż *Hiady* (> 1Gyr) zawierają znaczącą populację układów kontaktowych, a także rozdzielonych. Wiele grup badawczych zajmuje się modelowaniem układów podwójnych, głównie na podstawie dokładnych danych fotometrycznych (np. J. V. Clausen, E. F. Milone).

Pomimo ogromnego dopływu nowych danych obserwacyjnych niewiele się zmieniło w dziedzinie teorii budowy i ewolucji układów kontaktowych od czasu klasycznych prac Lucy'go, Webbinka, Vilhu przed blisko dwudziestu laty. Teoretycy natomiast zajęli się bardzo aktywnie badaniem struktury i ewolucji bardziej egzotycznych układów spotykanych w gromadach kulistych, jak podwójne pulsary, zmienne kataklizmiczne, podwójne układy rentgenowskie. Wiele prac dotyczyło również wytłumaczenia istnienia oraz ewolucji niebieskich maruderów, układów, które albo dotychczas są podwójnymi, albo też już pojedynczymi gwiazdami wskutek połączenia się składników układu podwójnego, bądź na drodze ewolucji, bądź poprzez zderzenia gwiazdowe.

Powyższy przegląd pięciodniowej konferencji jest *bardzo* niekompletny. Autorzy ponad kilkudziesięciu prac złożyli już manuskrypty i w ciągu najbliższych kilku miesięcy streszczenia przedstawionych referatów ukażą się w formie książkowej w serii *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*. Zainteresowanych bardzo zachęcam do sięgnięcia po tę książkę.

**Wojciech Krzemiński**
*Las Campanas Observatory, Chile*

# Nowy radioteleskop w Krakowie

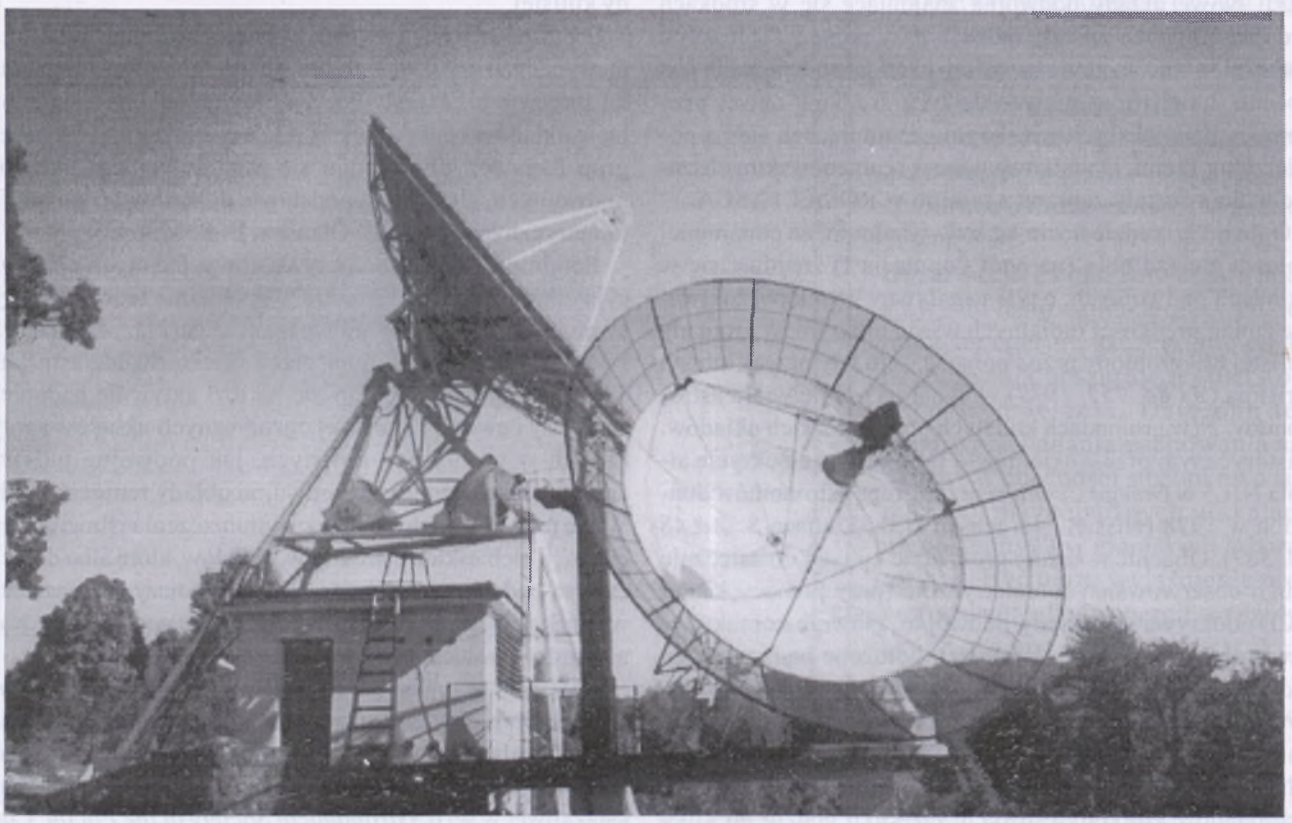
Uroczyste otwarcie 8-m radioteleskopu w Obserwatorium Astronomicznym UJ na Forcie Skała odbyło się w dniu 26 października 95r. Świadkami tej uroczystości byli licznie zaproszeni goście z całej Polski, którzy w jakikolwiek sposób przyczynili się do jego powstania.

*Słońce doceniło dzisiejszą uroczystość* - powiedział Rektor Uniwersytetu Jagiellońskiego, prof. Aleksander Koj, mając na myśli piękną jesienną pogodę, która towarzyszyła oficjalnemu oddaniu do użytku nowego radioteleskopu. Instrument zastąpił starą, 40-letnią 7-m antenę, którą praktycznie zjadła już rdza. Nowy - jest w pełni zautomatyzowany i nie wymaga ciągłej obsługi przez człowieka. Sam włącza się po wschodzie Słońca, śledzi jego ruch i notuje poziom radiopromieniowania, wyłączając się na noc. Dzięki temu czas, który pochłaniało kontrolowanie pracy dotychczasowego przyrządu, będzie można poświęcić na opracowywanie danych, które są następnie udostępniane w sieci: World Wide Web: http://www.oa.uj.edu.pl/sol

Obserwacje radiowe Słońca zostały po raz pierwszy przeprowadzone w czasie trwania II wojny światowej, a kilka lat po jej zakończeniu, w paru ośrodkach na świecie rozpoczęto systematyczną, codzienną tzw. radiową służbę Słońca.

W Krakowie służba ta rozpoczęła się 1 października 1957 r. obserwacjami na fali decymetrowej o długości 37 cm (810 MHz), do których w roku 1966 dodano obserwacje na fali ~70 cm (410 MHz). Do obserwacji wykorzystywano radioteleskop zbudowany systemem gospodarczym jeszcze w 1953 r., którego jedynym przeznaczeniem miało być przeprowadzenie radiowych obserwacji całkowitego zaćmienia Słońca w czerwcu 1954 r. Inicjatorem tego projektu był wieloletni dyrektor Obserwatorium prof. Tadeusz Banachiewicz, zaś wykonawcami pionierzy radioastronomii w naszym kraju Adam Strzałkowski i Oleg Czyżewski. Po trzech latach, które minęły od obserwacji zaćmienia, rdzewiejący, przeznaczony do jednorazowego użytku instrument został przystosowany do ciągłej pracy obserwacyjnej i rozpoczął swoją prawie czterdziestoletnią służbę. Stało się to możliwe dzięki funduszom uzyskanym z okazji Międzynarodowego Roku Geofizycznego i pełnemu zaangażowaniu Olega Czyżewskiego i Józefa Masłowskiego w budowę nowej aparatury pomiarowej.

W ostatnich latach stan techniczny radioteleskopu zaczął się gwałtownie pogarszać, grożąc w każdej chwili przerwaniem wieloletniej serii obserwacyjnej. Z inicjatywy prof. Józefa Masłowskiego, Kierownika Zakładu Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej podjęto więc przygotowania do modernizacji systemu. Opracowano kompleksowy plan niezbędnych zmian, dokonano



**Fot. 1**. Przez kilka miesięcy Obserwatorium Astronomiczne w Krakowie zdobiły dwie anteny radioteleskopów do obserwacji Słońca. „Stary" (widziany tu *en face*) 7-m teleskop pełnił swą służbę przez prawie 40 lat. Został zdemontowany 19 października 1995 r. (od 1 października 1957).

rozpoznania cenowego i wystąpiono do Komitetu Badań Naukowych o stosowne fundusze, które uzyskano w sierpniu 1993 r.

Modernizacja była gruntowna. Nowy radioteleskop jest instrumentem całkowicie zautomatyzowanym, wyposażonym w wysokiej klasy urządzenia odbiorcze najnowszej generacji, a więc przyrządem na poziomie światowym. Przeznaczeniem radioteleskopu jest pomiar strumienia promieniowania radiowego Słońca w zakresie fal decymetrowych, z możliwością wykonywania okresowej kalibracji poprzez obserwacje źródeł standardowych. Umożliwi to precyzyjne wyznaczanie codziennego widma Słońca w badanym zakresie fal.

Jego powstanie było możliwe dzięki sprawnej współpracy krakowskich radioastronomów, m.in. dr. Andrzeja Kułaka, prof. Jerzego Machalskiego, dr. Adama Michalca, dr. Stanisława Zięby i innych, działających pod kierunkiem prof. Józefa Masłowskiego, z zespołem głównego wykonawcy, tj. Zakładu Aparatury Naukowej UJ. Nowa 8-metrowa antena została wykonana w tym Zakładzie według projektu i pod nadzorem mgr. inż. Andrzeja Szula, który zastosował w konstrukcji wiele całkowicie nowych - chronionych patentami - rozwiązań, zgodnie z naszymi założeniami technicznymi.

W Wielki Czwartek, 13 kwietnia 95r. 8-metrowa antena została przetransportowana helikopterem z Zakładu Aparatury na Skałę, i na początku lipca przekazana Obserwatorium do przeprowadzenia szeregu koniecznych testów technicznych. Do dnia 19 października prowadzono obserwacje Słońca nowym (do godz. 12) i starym (od godz. 12) radioteleskopem (inaczej przeszkadzały sobie wzajemnie - patrz zdjęcie) celem nawiązania obu serii obserwacyjnych. W tym dniu rozpoczęto demontaż 7-metrowej anteny, który trwał trzy dni. Przeprowadzone niezbędne testy nowej anteny wskazały, że nowy instrument jest w pełni sprawny i powinien zapewnić wysoką jakość obserwacji. Cieszyć się należy, że dzięki wysiłkowi całego Zespołu, kierowanego przez Dyrektora OA UJ prof. Józefa Masłowskiego, zdążyliśmy ze wszystkim na czas i mogło dojść do przecięcia symbolicznej wstęgi. W czwartek 26 października o godz. 12.20 nowy radioteleskop oficjalnie ruszył do „służby", witając świadków tego zdarzenia mile dźwięczącym gongiem.

**Rys.2.** „Nowy" 8 - metrowy radioteleskop w Obserwatorium Krakowskim

Po oficjalnej uroczystości licznie zebrani Goście zostali zaproszeni na wspaniały lunch, który odbył się w dworku w Modlnicy. I my tam byliśmy, a rozmawialiśmy między innymi o Słońcu.

Słońce jest jedyną gwiazdą położoną tak blisko Ziemi, że możemy oglądać jej powierzchnię i dokładnie analizować zjawiska zachodzące w jej atmosferze. Przebieg tych zjawisk, ich intensywność i częstość występowania, czyli jak mówimy aktywność Słońca, określa jakie warunki fizyczne panują w przestrzeni międzyplanetarnej, a więc i w najbliższym otoczeniu Ziemi. Przestrzeń ta nie jest pusta. Przenika je pole magnetyczne i strumienie energetycznych cząstek, z których większość pochodzi z atmosfery Słońca. Cząstki te poruszając się wzdłuż linii magnetycznych przenikają także do naszej atmosfery, wywołując w niej szereg zjawisk takich jak: zorze polarne, burze magnetyczne, zmiany w propagacji fal radiowych. Poprzez złożone zjawiska plazmowe, wpływają one prawdopodobnie na naturalne pola elektromagnetyczne Ziemi, a tym samym - być może - na nasze zdrowie i samopoczucie. Znany jest wpływ wzmożonej aktywności Słońca na obserwowane ilości zawałów serca czy też wypadków drogowych. Mechanizmy oddziaływań nie są jeszcze znane, ale prowadzone przez nas w Obserwatorium i przez prof. Stanisława Micka w Instytucie Fizyki UJ, badania nad tzw. *Rezonansami Schumanna* wskazują na pewien model, który mógłby tłumaczyć te wzajemne powiązania.

Widzimy więc, że umiejętność określania i przewidywania stanu aktywności Słońca jest ważna. Sądzimy, że również nasze wieloletnie pomiary będą pomocne w ustalaniu i weryfikowaniu modeli rozmaitych aktywnych procesów zachodzących na Słońcu. Oczywiście im lepsze modele zostaną zbudowane, tym łatwiej będzie prognozować stan aktywności Słońca, ośrodka międzyplanetarnego, a może nawet naszego samopoczucia.

Tak więc, chyba usprawiedliwione jest twierdzenie, że badania dotyczące Słońca, są tą dziedziną astronomii, która bezpośrednio wiąże się z naszymi ziemskimi sprawami.

**A. Michalec i S. Zięba**

w Krakowie, dnia 18 listopada 1995 r.

# 40 lat Planetarium w Chorzowie

**(skrót przemówienia wygłoszonego na uroczystości jubileuszowej)**

40 lat temu, 4 grudnia 1955 r., dokonano uroczystego otwarcia Planetarium Śląskiego. Od tego czasu spotkało się pod sztucznym niebem planetarium 7 i pół miliona widzów, a to oznacza, że przez 40 lat liczba osób trafiających do planetarium utrzymuje się na niezmiennie wysokim poziomie.

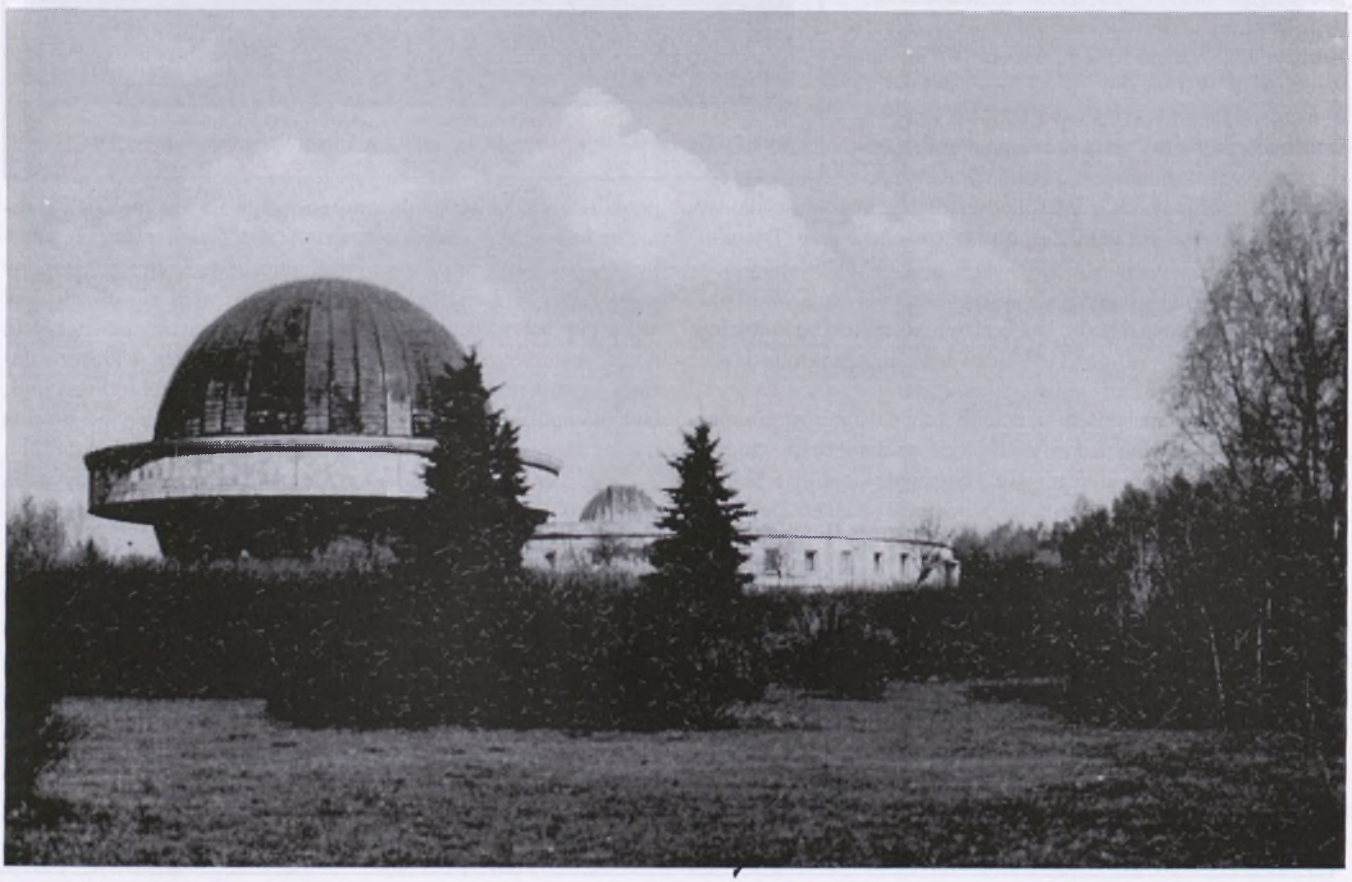
Myślę, że jest to spowodowane nie tylko atrakcyjnością samego obiektu, ale głównie jest zasługą ludzi, którzy tu pracowali i pracują oraz, w nie mniejszym stopniu, sprzyjającego klimatu wytworzonego wokół Planetarium, dzięki któremu placówka mogła się rozwijać. Mamy świadomość tego, że zawdzięczamy to wielu sympatykom i przyjaciołom Planetarium.

42 lata temu, w 1953 roku, Komitet Wykonawczy Obchodów Roku Kopernikowskiego włącza do swego programu podjętą na Śląsku inicjatywę budowy Planetarium i Obserwatorium Ludowego im. Mikołaja Kopernika. Już jesienią tego samego roku przystępuje się do jej realizacji. Ostatnie rysunki techniczne leżą jeszcze wtedy na deskach kreślarskich.

Dzieje się to w 30 lat po pierwszym w świecie pokazie sztucznego nieba planetarium. Konstruktorem aparatury był Carl Zeiss, a jej projektantem - dr Bauersfeld. On też był pierwszym prelegentem na seansie, który odbył się wtedy w muzeum monachijskim. Aparat projekcyjny dla Śląskiego Planetarium firma Carl Zeiss w Jenie dostarczyła w 1954 roku. Była to bodajże 30 z rzędu wyprodukowana przez te zakłady aparatura.

Założenia merytoryczne projektu Planetarium Śląskiego opiniowali ...*Prof. dr W. Zonn, dziekan Wydziału Astronomii Uniwersytetu Warszawskiego, Prof. J. Gadomski, docent tegoż Uniwersytetu, członek Polskiej Akademii Nauk Prof. S. Piotrowski, dyr. E. Rybka, dr Mergentaler i Antoni Opolski, profesorowie Uniwersyteckiego Obserwatorium we Wrocławiu oraz Prezes Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii inż. Władysław Kucharski z Krakowa.* (cytat z książki „Śląskie Planetarium", wydanej w 1955 r., w czasie, gdy planetarium było jeszcze w okresie budowy).

Twórcą założeń i projektu gmachu oraz jego otoczenia był inż. arch. Zbigniew Solawa z Krakowa. Jednej z Komisji analizujących wstępne założenia i projekty przewodniczył gorący propagator idei planetarium na Śląsku, ówczesny Wiceprzewodniczący Prezydium Wojewódzkiej



Rady Narodowej, późniejszy wieloletni Wojewoda Katowicki - Jerzy Ziętek. Na archiwalnych zdjęciach z okresu budowy tego intrygującego obiektu, często wśród rusztowań widać dominującą jego postać z nieodłączną laską. Do końca życia był wiernym sponsorem Planetarium.

W pierwszym rocznym sprawozdaniu z działalności Planetarium napisano: *Do realizacji swoich zadań Planetarium przystąpiło dnia 4 XII 1955 r. tj. w chwili jego otwarcia. ... Obowiązki Dyrektora pełnił w tym czasie mgr inż. Roman Janiczek. Od dnia 1 I 1956 r. obowiązki te powierzone zostały przez Wydział Oświaty w Katowicach mgr. Józefowi Salabunowi zast. prof. WSP w Katowicach.*

Dyrektor Józef Sałabun kierował Planetarium do końca swego życia. Jego zaangażowaniu i ogromowi pracy Planetarium wiele zawdzięcza. W 1959 r. powstała stacja sejsmologiczna, w 1962 obserwatorium meteorologiczno-klimatologiczne, a od roku szkolnego 1956/57 prowadzona jest olimpiada astronomiczna, której był inicjatorem i energicznym bojownikiem o uzyskanie przez nią prawa obywatelstwa wśród innych olimpiad przedmiotowych*.

Początki Planetarium pamięta pracujący w Planetarium od 1956 r. do dzisiaj - Jan Palt, znany specjalista od budowy amatorskich teleskopów. Zwierciadła pana Palta zamontowane są dziś w niezliczonej liczbie teleskopów, które powstawały w czasach, gdy nie było innej możliwości nabycia takiego instrumentu. Tysiące osób stykało się z panem Janem w obserwatorium astronomicznym, gdzie do dzisiaj z pasją opowiada o obserwatorium i pokazuje obiekty niebieskie.

Planetarium Śląskie, jako instytucja podległa resortowi Oświaty, od początku swego istnienia była swoistym ośrodkiem dydaktycznym. Początkowo oferowano szkołom jednogodzinne programy nawiązujące do tematyki astronomicznej, zawartej w programach nauczania ścisłych przedmiotów. Od 1980 roku, spełniając życzenia środowiska szkolnego, znacznie zmieniono i poszerzono tę formę działalności. W miejsce programu jednogodzinnego wprowadzono lekcje trwające od trzech do pięciu godzin, a nawet dziesięciu godzin - dla klas maturalnych liceów ogólnokształcących. W skróconej do dwóch godzin lekcyjnych i w nieco zmodyfikowanej formie, lekcje takie odbywają się do dzisiaj. Jak dawniej, wciąż brakuje miejsca dla wszystkich zgłaszających się grup szkolnych.

Taka forma wykorzystania planetarium okazała się udaną próbą upowszechnienia pewnego wcześniejszego eksperymentu. Polega on na realizacji pełnego szkolnego kursu astronomii dla wybranych klas licealnych, w czasie dwutygodniowego pobytu młodzieży w Planetarium. Zachęcające wyniki eksperymentu spowodowały, że przez wiele lat formę taką stosowano. Była ona, m. in., pomocą dydaktyczną dla nauczyciela. Większa liczba nauczycieli mogła uczestniczyć w dwutygodniowych kursach astronomii organizowanych we współpracy z ośrodkiem doskonalenia nauczycieli w Katowicach.

Chcę teraz wspomnieć o jednej z najstarszych form naszej działalności. Przedtem jednak trochę faktów z współczesnej astronomii.

Pulsary to nienaturalnie małe gwiazdy, o niewyobrażalnie dużych gęstościach, wirujące tak szybko, że śmiało można by je nazwać kosmicznymi bąkami. Składają się głównie z neutronów i mają gęstość materii jądrowej. Dochodzi ona do miliarda ton na centymetr sześcienny. Trudno to sobie wyobrazić. Taka materia zawarta w kostce o boku 1cm na Ziemi ważyłaby miliard ton!

W 1992 roku świat astronomiczny obiega sensacyjna wiadomość: wokół pulsara *PSR 1829-10* krąży planeta. Byłaby to pierwsza planeta zaobserwowana poza Układem Słonecznym. Jeszcze w tym samym roku autorzy odkrycia przyznają się do błędu w interpretacji danych pomiarowych. Szkoda. Na potwierdzenie istnienia planet poza Systemem Słonecznym trzeba będzie jeszcze poczekać, być może długo.

Tymczasem w następnym roku, w styczniowym numerze *Nature*, ukazuje się sensacyjny materiał o odkryciu kolejnego pulsara podejrzanego o to, że może posiadać układ planetarny.

Pulsar nosi oznaczenie *PSR 1257+12*, a obserwowane zmiany pulsów jego radiowego promieniowania można tłumaczyć istnieniem trzech obiegających go planet. Tych pla-

## Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika w Chorzowie 1955 - 1995

(krótkie kalendarium)

| | |
|---|---|
| **1952** | **Inicjatywa budowy planetarium** |
| **1952** | **rozpoczęcie budowy** |
| **1955** | **4 grudnia - otwarcie planetarium** |
| **1956** | **oddanie do użytku obserwatorium astronomicznego** |
| **1956** | **powstanie pracowni fotograficznej** |
| **1956** | **założenie biblioteki i czytelni** |
| **1957** | **założenie galerii portretów polskich astronomów** |
| **1959** | **powstanie stacji sejsmologicznej** |
| **1962** | **powstanie obserwatorium meteorologii i klimatologii** |
| **1967** | **uruchomienie celostatu** |
| **1983** | **powstanie pracowni komputerowej** |
| **1984** | **oddanie do użytki studia nagrań** |
| **1989** | **uruchomienie sali audiowizualnej** |

*) Praktycznie od początku istnienia Planetarium Śląskiego obowiązki wicedyrektora pełniła (najpierw magister, a później doktor) Maria Pańków. Przez wiele lat była przysłowiową „prawą ręką" Dyrektora Sałabuna, a po jego śmierci kierowała tą placówką. Metody pracy, kształt i pozycja Planetarium trwające w zasadzie w niezmienionej postaci do dzisiaj zostały wypracowane właśnie przez duet „doc. Sałabun - dr Pańków".

(red.)

## Wystawy w czterdziestoleciu

| | |
|---|---|
| 1956 | Astronautyczna |
| 1959 | Sputników |
| 1959 | Od Kopernika do Łunnika |
| 1960 | Ziemia w kosmosie (UNESCO) |
| 1962 | Pierwszy człowiek w kosmosie |
| 1962 | Pierwszy człowiek w kosmosie (filatelistyczna) |
| 1963 | Czas i jego pomiar w rozwoju dziejowym |
| 1965 | Materia meteorytowa w Układzie Słonecznym |
| 1967 | Przyrządy astronomiczne i pomoce naukowe |
| 1969 | Osiągnięcia polskiej astronomii w okresie 25-lecia PRL |
| 1970 | Księżyc dawniej i dziś |
| 1972 | Mikołaj Kopernik |
| 1976 | Planetarium Śląskie 1955 - 1975 |
| 1977 | Człowiek poznaje Wszechświat |
| 1983 | Dzieje Wszechświata |
| 1985 | Planetarium Śląskie 1955 - 1985 |
| 1987 | Jan Heweliusz |
| 1989 | Poczet polskich astronomów |
| 1991 | Oświata polska na Śląsku |
| 1992 | Kolor w kosmosie |
| 1992 | O naturze światła |
| 1995 | O obrotach |

## Planetaryjna galeria portretów

| | |
|---|---|
| Mikołaj Kopernik | (1473-1543) |
| Wojciech z Brudzewa | (1445-1497) |
| Marcin Biem z Olkusza | ( ?-1540) |
| Jan Brożek | (1585-1652) |
| Stanisław Lubieniecki | (1623-1675) |
| Jan Heweliusz | (1611-1687) |
| Józef Rogaliński | (1728-1802) |
| Marcin Poczobutt-Odlanicki | (1728-1810) |
| Jan Śniadecki | (1756-1830) |
| Franciszek Armiński | (1789-1848) |
| Wincenty Wiśniewski | (1781-1855) |
| Jan Baranowski | (1800-1879) |
| Marian Kowalski | (1821-1884) |
| Adam Prażmowski | (1821-1885) |
| Jan Jędrzejewicz | (1835-1887) |
| Jan Kowalczyk | (1833-1911) |
| Maurycy Pius Rudzki | (1862-1916) |
| Bohdan Zalewski | (1887-1927) |
| Marcin Ernst | (1869-1930) |
| Antoni Wilk | (1878-1940) |
| Lucjan Grabowski | (1871-1941) |
| Tadeusz Banachiewicz | (1882-1954) |
| Władysław Dziewulski | (1878-1962) |
| Felicjan Kępiński | (1885-1966) |
| Tadeusz Rakowiecki | (1878-1965) |
| Jan Gadomski | (1889-1966) |
| Józef Sałabun | (1902-1973) |

net towarzyszących pulsarowi nie widać - są zbyt słabe i leżą zbyt blisko gwiazdy, by dysponując współczesną techniką, można je było zaobserwować bezpośrednio.

Odkrycie miało miejsce trzy lata temu. Autorzy odkrycia niczego nie odwołali, a krytykom naukowym nie udało się zdecydowanie obalić przyjętej sensacyjnej interpretacji o istnieniu planet przy tej niesamowitej gwieździe.

Jeśli istnienie planet wokół niektórych pulsarów zostanie potwierdzone, a jest to bardzo prawdopodobne, to jesteśmy świadkami jednego z największych odkryć naszego stulecia.

Co ma wspólnego pulsar z obiegającymi go planetami z zapowiedzianą formą pracy Planetarium? Zamiast odpowiedzi znowu cytat: *Dzięki pobytowi w Planetarium, mogłem bezpośrednio zapoznać się z jego aparaturą, którą dotąd znałem tylko z opisów, mogłem też obejrzeć prawdziwe instrumenty astronomiczne, prawdziwe obserwatorium i zorientować się (chociaż niestety tylko pobieżnie) w pracy w nim. Olimpiada z pewnością przyczyniła się do rozszerzenia moich wiadomości dotyczących astronomii. Zawarłem również dzięki niej kilka interesujących znajomości, miałem możność wymiany zdań z kolegami z innych miejscowości w Polsce, z niektórymi z nich łączą mnie wspólne zainteresowania.*

Domyślamy się rozwiązania zagadki. Autorem opisanego odkrycia jest Aleksander Wolszczan. Dokonał tego na wielkim, trzystu - metrowym radioteleskopie znajdującym się w Arecibo, w Puerto Rico.

W latach 1962 -1963, trzydzieści lat wcześniej, Aleksander Wolszczan zaczynał swoją karierę astronomiczną startując w organizowanych przez Śląskie Planetarium olimpiadach astronomicznych. Cytat jest jego wypowiedzią w ankiecie. Był laureatem olimpiad szóstej i siódmej. W nagrodę otrzymał wtedy aparat fotograficzny „Fenix" i aparat radiowy „Koliber2". Jeśli jego odkrycie zostanie potwierdzone, nagroda może być dużo większa.

Chcę powrócić jeszcze raz do wypowiedzi Wolszczana sprzed prawie trzydziestu lat. Możliwość kontaktu z kolegami o wspólnych zainteresowaniach oraz, jak pisze w innym miejscu ankiety, chęć sprawdzenia swoich wiadomości i próba sił z innymi, są głównym motorem udziału w olimpiadach. Pod tym względem olimpiada astronomiczna nie stanowi żadnego wyjątku. Natomiast tematyka olimpiady jest z całą pewnością oryginalna i jest interdyscyplinarna, bo wiąże ze sobą astronomię, fizykę, matematykę i geografię.

Jest olimpiada astronomiczna jedną z najstarszych olimpiad z przedmiotów ścisłych. Wystartowała w 1957 roku. Starszymi są jedynie olimpiady: matematyczna, fizyczna i chemiczna. Od samego początku była organizowana przez Śląskie Planetarium i tak jest do dzisiaj, a zawody centralne odbywają się w Planetarium w Chorzowie. Najnowsza edycja olimpiady jest już trzydziestym dziewiątym jej wydaniem.

Na jednej z konferencji przyrównałem Planetarium do *muzeum czasu i przestrzeni*. Wieloznaczność tego stwierdzenia jest oczywista. Wyraz „muzeum" nie oznacza tutaj tego, co powszechnie się pod nim rozumie, a więc instytucją gromadzącą, przechowującą, konserwującą i udostępniającą zbiory z różnych dziedzin.

Eksponaty kosmiczne są za wielkie, za gorące, za zimne, za rzadkie, za gęste i na ogół są za daleko, by można je gromadzić. Jednak są pokazywane, a nieliczne z nich nawet gromadzone, jak na przykład meteoryty. Samo planetarium bywa w świecie postrzegane jako eksponat muzealny i często podlega organizacyjnie jakiemuś muzeum. Dwa dalsze określenia: „czas i przestrzeń" obejmują wszystko co można sobie wyobrazić, a nawet więcej. Muzeum wszystkiego przestaje być muzeum, mimo iż zawiera najstarsze do pomyślenia eksponaty sięgające absolutnego początku wszechrzeczy.

Nie. Z całą pewnością planetarium nie można nazwać instytucją do końca muzealną, chociaż w pewnym stopniu cechy takie posiada. Myślę, że jednoznaczne zakwalifikowanie planetarium do jakiejś wyraźnie określonej formy działania nie jest możliwe - planetarium jest trochę kinem, trochę sceną teatralną, trochę salą koncertową, trochę szkołą, trochę pałacem młodzieży, trochę każdą z licznych placówek wychowania pozaszkolnego, trochę pracownią dla studentów, trochę ośrodkiem metodycznym, trochę instytutem badawczym i również trochę muzeum.

Natomiast było planetarium, i jest nadal, terenem licznych ekspozycji. Niektóre z nich to typowe ekspozycje muzealne. Do takich ekspozycji zaliczyłbym stałą galerię portretów polskich astronomów, a również wystawy:
- *Czas i jego pomiar w rozwoju dziejowym (1963 -1964),*
- *Mikołaj Kopernik (1972 -1975),*
- *Materia meteorytowa w Układzie Słonecznym.*

Zakończona w tym roku wystawa nie miała cech ekspozycji muzealnej. Dotyczyła tematyki na wskroś współczesnej - promieniowania elektromagnetycznego, głównego źródła informacji astronomicznej.

Nowa wystawa, czynna od grudnia 1995 r., też nie posiada cech muzealnych.

Prezentowane w planetarium wystawy tworzone są głównie z myślą o młodzieży szkolnej, a o zapotrzebowaniu środowiska szkolnego na ten rodzaj działalności świadczy zawsze wysoka na nich frekwencja. Dlatego też planetaryjne wystawy trwają wyjątkowo długo - od roku do kilku lat. Każda wystawa jest elementem uzupełniającym program zajęć grup młodzieży szkolnej w planetarium. Taki charakter będzie też miała wystawa, którą od dziś będzie można zwiedzać. Tytuł jej nawiązuje do pierwszych czterech rozdziałów dzieła Arystotelesa *O niebie* i dzieła Kopernika *O obrotach*.

Lekcja szkolna przeprowadzona na wystawie, mimo iż często trwa krócej od czasu trwania lekcji w szkole, może dać, i wierzę że daje, dużo lepsze, bo trwalsze efekty. Do takiego wniosku skłaniają powracające echa dawnych wystaw. Wielokrotnie spotykałem osoby dorosłe, które wspominają wystawy oglądane w przeszłości w planetarium podczas szkolnej wycieczki. Głównie dotyczy to wystaw o dużej liczbie autentycznych przyrządów i przedmiotów, ciekawych, przemawiających do wyobrażani modeli i innych oryginalnych przyrządów i eksponatów. Taką jest wystawa obecna, taką z całą pewnością była wystawa dotycząca pomiaru i rachuby czasu. Dotyczyła czasu jako pojęcia fizycznego - jego definicji, a głównie sposobom pomiaru.

Dla fizyka zegarem może być każde regularne zjawisko periodyczne. Ruch wahadła, balansu, obrót Ziemi, ruch obiegowy Ziemi, drgania w krysztale, w atomie, to przykłady takich zjawisk. Ale to, co przemawia do wyobraźni, co jest przyjazne i przyjemne w bezpośrednim kontakcie, a przede wszystkim zrozumiałe, to piękny zegar kominkowy, zdumiewające zegary wodne, ogniowe, zadziwiająca konstrukcja zegara wieżowego bez wskazówek czy kolorowe i zapachowe zegary kwiatowe. Naturalna emocja w kontakcie z tą zaskakująca pomysłowością człowieka w budowaniu czasomierzy i możliwość bezpośredniego ich oglądania, na trwałe wpisywała do pamięci obraz tej pięknej i wartościowej wystawy.

Na wystawie o czasie zgromadzono typowe eksponaty muzealne. Nieziemskie pochodzenie miały już eksponaty zgromadzone na wystawie poświęconej materii meteorytowej w Układzie Słonecznym. Meteoryty to odłamki materii, którymi zaśmiecony jest cały nasz System Słoneczny. Czasami spadają one na Ziemię i stanowią ważne źródło informacji o Układzie Planetarnym. Są to mało masywne bryłki. Duże odłamy są w naszym Układzie Planetarnym mniej liczne, a katastrofalna kolizja z nimi jest mało prawdopodobna, chociaż możliwa.

Wspomniana wystawa meteorytowa prezentowała bogatą kolekcję tych kamiennych i żelaznych brył „nie z tej Ziemi". To co wydaje się tak nieuchwytne w pojęciu prze-

## MINISTATYSTYKA 1955 - 1995

| | |
|---|---|
| 7.5 mln. | widzów gościło pod niebem planetarium |
| 4.5 mln. | widzów stanowili uczniowie |
| 50 tys. | projekcji przeprowadzono łącznie dla uczestników krajowych i zagranicznych |
| 2.5 mln. | osób trafiło do obserwatorium astronomicznego |
| 2 mln. | osób obejrzało 22 wystawy |
| 350 tys. | uczniów odbyło zajęcia w stacji meteorologicznej |
| 150 tys. | osób zwiedziło stację sejsmologiczną |
| 8 tys. | uczniów uczestniczyło w 39 olimpiadach |

W Planetarium Śląskim odbyły się dwa międzynarodowe Kongresy Dyrektorów Wielkich Planetariów, dwa krajowe zjazdy Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, dwa krajowe Zjazdy Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii i kilkanaście międzynarodowych seminariów astronomicznych oraz seminariów poświęconych pracy planetariów.

Pracownicy Planetarium opublikowali kilkaset artykułów naukowych i popularnonaukowych w czasopismach krajowych i zagranicznych,w tym publikacje dotyczące ponad 900 przeprowadzonych w Chorzowie obserwacji pozycyjnych planetoid i komet.

strzeni kosmicznej, na tej wystawie można było niemal dotknąć, a wiek eksponatów, sięgający miliardów lat, budził respekt. I ta wystawa, licznie odwiedzana przez młodzież szkolną, długo pozostawała w ich pamięci.

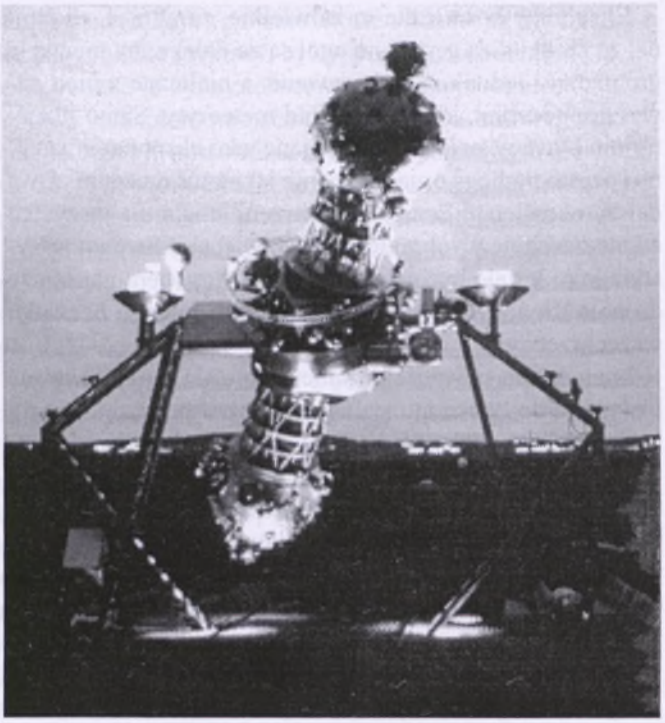
Jest wreszcie trzeci rodzaj „eksponatów i ekspozycji" wykorzystywanych w Planetarium. Nie zawsze można je oglądać, bo wymaga to bezchmurnej pogody. Oczywiście myślę o eksponatach, którymi są ciała niebieskie, a ekspozycją - całe niebo. Do tych odległych eksponatów można się zbliżyć jedynie przy pomocy silnych teleskopów. W takim oryginalnym muzeum, w obserwatorium astronomicznym, młodzież szkolna też odbywa zajęcia.

Coraz większą popularnością cieszy się wśród nauczycieli, szczególnie uczących geografii, nasze obserwatorium meteorologiczno-klimatologiczne. Możliwość odbycia zajęć szkolnych w działającej tego typu stacji, okazała się interesującą dla nauczyciela propozycją. Ostatnio nie zawsze udaje się obsłużyć wszystkich chętnych.

Kolejnym ważkim kierunkiem działalności jest praca naukowa. Prowadzone obserwacje astronomiczne, przy niekorzystnym usytuowaniu obserwatorium pod względem istniejących na Śląsku warunków atmosferycznych i przy dużym tle nieba, ograniczają się jedynie do badań astrometrycznych - głównie pozycyjnych obserwacji planetoid i komet. Spektakularnym naszym osiągnięciem na tym polu był udział w akcji międzynarodowej obserwacji komety Halley'a, która przemierzała swoją drogę w pobliżu Ziemi w latach 1984-1986.

Wąski program badań mają również stacje meteorologiczna i sejsmologiczna, które prowadzą regularną służbę obserwacyjną.

W czasie minionych 40 lat znacznie rozrosło się pierwotne wyposażenie Planetarium. W obserwatorium astronomicznym pojawiły się dodatkowe teleskopy. Przy dużym refraktorze zamontowano zeissowską astrokamerę. Uruchomiono celostat. Stworzono pracownię astrometryczną. W stacji sejsmologicznej zamontowano cyfrowy system zapisów drgań skorupy ziemskiej. W stacji meteorologicznej działa automatyczna stacja monitoringowa atmosfery, zainstalowana przez Katowicki Oddział Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. W sali projekcyjnej Planetarium zainstalowano kilka dodatkowych projektorów. W czasie jubileuszowego koncertu zainaugurowaliśmy możliwości demonstracyjne najnowszego naszego nabytku - rzutnika o zmiennej ogniskowej. Uczestnicy koncertu mieli okazję oglądać efekt jego działania. Uruchomiliśmy własne studio nagrań. Powstała sala audiowizualna. Po licznych wystawach pozostał zbiór modeli i przyrządów. Powstała galeria portretów polskich astronomów licząca 27 obrazów.



Mamy również swoje problemy. Główny projektor wykorzystujemy bardzo intensywnie od 40 lat. 50 tysięcy projekcji nieba to grubo ponad 50 tysięcy godzin jego pracy. W przeliczeniu na lata daje to 7 lat ciągłej pracy tego rzutnika. Czas myśleć o nowej aparaturze. Dla obecnej od dawna już brakuje części zamiennych. Bardzo kosztownej wymiany wymaga ekran sztucznego nieba. Coraz droższe są nowe rzutniki uatrakcjające programy. Niemal ciągłego remontu wymaga również gmach Planetarium.

Pokonywanie tych problemów jest możliwe tylko dzięki wspólnemu wysiłkowi wszystkich pracowników Planetarium, życzliwości i pomocy tych, którym podlegamy i sponsorów, na których ciągle liczymy.

**Henryk Chrupała**

**1995 rok**
**seanse premierowe**
**i ich autorzy**

1. Baby i kosiarze - Jerzy Kuczyński
2. Do krańców Wszechświata - Barbara Pawicka
3. Nocni wędrowcy - Jerzy Piwek
4. Od Kopernika do Newtona - Stefan Janta
5. Szlakami komet - Henryk Chrupała
6. Wyspy Wszechświata - Michał Greupner

---

*Z kronikarskiego obowiązku*
należy odnotować, że w programie tzw. uroczystości jubileuszowej, obok tradycyjnych przemówień różnych „oficjeli" i „życzliwych" znalazł się koncert słowno - muzyczny pod gwiazdami w wykonaniu Bernarda KRAWCZYKA i Józefa SKRZEKA oraz półdniowa sesja popularno - naukowa. W programie sesji wygłoszono następujące wykłady:

*Mikrosoczewkowanie grawitacyjne* - prof. Józef SMAK
*Zderzenie komety Shoemaker - Levy 9 z Jowiszem* - prof. Andrzej WOSZCZYK
*Czy komety zagrażają Ziemi?* - dr Krzysztof ZIOŁKOWSKI
*Hipoteza prawybuchu* - prof. Konrad RUDNICKI
*Czy warto w Polsce prowadzić obserwacje astronomiczne?* - prof. Jerzy KREINER
*Medycyna, a astronomia - moje spotkania* - prof. Andrzej BRODZIAK

**(red)**

# Granty KBN

Oto kolejna lista przyznanych grantów w dziedzinie badań astronomicznych i badań zwanych kosmicznymi. Dziękujemy kol. Januszowi Ziółkowskiemu za pomoc w uzyskaniu tych danych.

REDAKCJA

## ASTRONOMIA

| Kierownik projektu — Tytuł projektu | Kwota (zł) | Czas (mies.) |
|---|---|---|
| **VII KONKURS** | | |
| **prof. dr hab. Wojciech Dziembowski** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Gwiazdy pulsujące górnego ciągu głównego i okolic. | 360 400 | 36 |
| **prof. dr hab . Robert Głębocki** - *UG Wydział Matematyki i Fizyki* - Badania przejawów aktywności atmosferycznej oraz materii rozproszonej w gwiazdowych widmach UV. | 61 200 | 24 |
| **prof. dr hab. Paweł Haensel** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Gwiazdy neutronowe, powstawanie, struktura i ewolucja. | 451 100 | 36 |
| **mgr Michał Hanasz** - *UMK Wydział Fizyki i Astronomii* - Rola niestabilności wyporu w generacji pola magnetycznego galaktyk spiralnych. | 28 400 | 24 |
| **dr Roman Juszkiewicz** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Dynamika wielkoskalowej struktury Wszechświata. | 585 700 | 36 |
| **dr hab. Jacek Krelowski** -*UMK Wydział Fizyki i Astronomii* - Absorpcyjne struktury widmowe pochodzenia międzygwiazdowego. | 244 400 | 36 |
| **dr hab. Andrzej Kus** - *UMK Wydział Fizyki i Astronomii* -Badanie procesów fizycznych w radiowych dżetach kwazarów. | 70 000 | 24 |
| **mgr Halina Prętka** - *UAM Wydział Matematyki i Fizyki* - Statystyczne badnia perturbacji dysku galaktycznego na orbity komet z Obloku Oorta. | 3 900 | 12 |
| **dr hab . Michał Różyczka** - *UW Wydział Fizyki* - Symulacje gazodynamiczne w astrofizyce. | 317 900 | 36 |
| **prof . dr hab. Kazimierz Stępień** - *UW Wydział Fizyki* - Ewolucja momentu pędu chłodnych gwiazd. | 125 200 | 24 |
| **VIII KONKURS** | | |
| **dr hab. Henryk Cugier** - *UWr Wydział Matematyki Fizyki i Chemii* - Astronomia w ultrafiolecie. II. Spektrofotometria gwiazd zmiennych. | 100 000 | 36 |
| **dr hab. Michał Jaroszyński** - *UW Wydział Fizyki* - Niestandardowe aspekty soczewkowania grawitacyjnego. | 40 000 | 24 |
| **dr hab. Janusz Kałużny** - *UW Wydział Fizyki* - Badanie struktury Galaktyki w oparciu o diagram H-R. | 60 000 | 24 |
| **mgr Ewa Kuczawska** - *WSP Kraków Wydział Matematyczno-Fizyczno-Techniczny* - Obserwacje fotometryczne wybranych jąder mgławic planetarnych. | 5 000 | 12 |
| **dr Paweł Moskalik** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Obserwacje pulsujących białych karłów Teleskopem Globalnym. | 260 000 | 30 |
| **dr Michał Szymański** - *UW Wydział Fizyki* - Międzynarodowe centrum danych fotometrycznych. | 100 000 | 24 |
| **dr Andrzej Udalski** - *UW Wydział Fizyki* - Obserwacje mikrosoczewkowania grawitacyjnego. | 400 000 | 24 |
| **dr Maciej Winiarski** - *UJ Wydział Matematyki i Fizyki* - Obserwacje fotometryczne i analiza układu rozdzielnego BW Bootis. | 4 000 | 12 |
| **prof. dr Aleksander Wolszczan** - *UMK Wydział Fizyki i Astronomii* - Poszukiwanie układów planetarnych wokół gwiazd neutronowych przy pomocy 32 m radioteleskopu . | 270 000 | 36 |
| **prof. dr hab. Andrzej Zdziarski** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Analiza danych i teoria promieniowania rentgenowskiego i gamma z aktywnych jąder galaktyk i galaktycznych czarnych dziur. | 450 000 | 36 |
| **prof. dr hab. Andrzej Zdziarski** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Promieniowanie anihilacyjne z galaktyk typu Seyferta i galaktycznych czarnych dziur (promotorski). | 5 000 | 12 |
| **IX KONKURS** | | |
| **prof. dr hab. Paweł Haensel** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Sejsmologia gwiazd neutronowych dziwnych (promotorski). | 3 900 | 12 |
| **prof. dr hab. Jerzy Kreiner** - *WSP Kraków Wydział Matematyczno - Fizyczno-Techniczny* - Poszukiwanie zmienności pulsacyjnej gwiazd wczesnych typów widmowych gromady $\chi$ 10 Persei (promotorski). | 11 900 | 12 |
| **dr hab. Jacek Krelowski** - *UMK Wydział Fizyki i Astronomii* - Przegląd krzywych ekstynkcji w oparciu o widma IUE (promotorski). | 5 000 | 12 |
| **dr hab. Jacek Krelowski** - *UMK Wydział Fizyki i Astronomii* - Badanie słabych rozmytych linii międzygwiazdowych (promotorski). | 5 000 | 12 |
| **mgr Agnieszka Kryszczyńska** - *UAM Wydział Fizyki* - Zakrycia gwiazd przez planetki jako dodatkowe źródło informacji o własnościach fizycznych planetoid. | 5 000 | 12 |
| **doc. dr hab. Marek Kutschera** - *Instytut Fizyki Jądrowej Kraków* - Spinowe źródła pola magnetycznego gwiazd neutronowych. | 140 000 | 36 |
| **dr Tomasz Kwiatkowski** - *UAM Wydział Fizyki* - Fotometria planetoidy 1991 JX jako uzupełnienie planowanych obserwacji radarowych. | 4 700 | 12 |
| **dr Tadeusz Michałowski** - *UAM Wydział Fizyki* - Badanie własności fizycznych małych planet w oparciu o fotometrię Burii. | 54 600 | 36 |
| **doc. dr hab. Joanna Mikolajewska** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Fotojonizacja w gwiazdach symbiotycznych i układach prekataklizmicznych (promotorski). | 6 300 | 12 |
| **dr Katarzyna Otmianowska-Mazur** - *UJ Wydział Matematyki i Fizyki* - Dynamiczny wpływ struktury spiralnej na wielkoskalowe pole magnetyczne galaktyk. | 42 800 | 12 |
| **dr Andrzej Pigulski** - *UWr Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii* - Fotosymetryczne badanie linii wodorowych gwiazd typu B. | 65 000 | 24 |
| **dr Grzegorz Pojmański** - *UW Wydział Fizyki* - Spektroskopia układów podwójnych. | 55 000 | 24 |
| **prof. dr hab. Bogdan Rompolt** - *UWr Wydział Matematyki, Fizyki i Chemii* - Spektrofotometryczne badania protuberancji i rozbłysków słonecznych II. | 200 000 | 36 |
| **doc. dr hab. Marek Sikora** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Teoria wysokoenergetycznego promieniowania blazarów. | 310 000 | 36 |
| **prof. dr hab. Grzegorz Sitarski** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* - Niegrawitacyjny ruch komet okresowych. | 102 000 | 36 |
| **prof. dr hab. Romuald Tylenda** - *PAN Warszawa Centrum Astronomiczne* - Fizyka atmosfer skrajnych żółtych nadolbrzymów. | 138 700 | 36 |

## BADANIA KOSMICZNE

| Kierownik projektu — Tytuł projektu | Kwota (zł) | Czas (mies.) |
|---|---|---|
| **VIII KONKURS** | | |
| **dr hab. Jan Hanasz** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* - Badanie zorzowego promieniowania kilometrowego Ziemi na podstawie pomiarów z pokładu satelity - kontynuacja. | 197 400 | 36 |
| **dr Józef Juchniewicz** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* - Analiza fal plazmowych w otoczeniu planet. | 520 000 | 36 |
| **doc. dr Roman Ratkiewicz** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* - Badania własności plazmy wielojonowej z zastosowaniem do wiatru słonecznego oraz jego oddziaływań z ciałami w układzie słonecznym i materią międzygwiazdową. | 65 000 | 32 |
| **dr Iwona Stanisławska** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* - Zbadanie podatności prognostycznej w różnych warunkach heliogeofizycznych telekomunikacyjnych modeli PRIME i ich udokładnienie, w ramach europejskiego projektu badawczego COST 251. | 330 000 | 48 |
| **doc. dr hab. Janusz Sylwester** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* - Spektrometr rentgenowski RESIK do badań składu chemicznego korony Słońca. | 540 000 | 36 |
| **dr hab. Edwin Wnuk** -*UAM Wydział Matematyki i Fizyki* - Śmieci kosmiczne - dynamika i orbitalna ewolucja naturalnej i sztucznej materii w przestrzeni wokółziemskiej. | 170 000 | 36 |
| **prof. dr hab. Janusz Zieliński** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* - Wpływ błędów orbitalnych na dokładność wyznaczania średniej powierzchni morza metodami altimetrii satelitarnej (promotorski). | 5 000 | 12 |
| **IX KONKURS** | | |
| **prof. dr hab. Stanisław Grzędzielski** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* - Promieniowanie kosmiczne niskich energii w otoczeniu Układu Słonecznego. | 37 000 | 30 |
| **dr Marek Hlond** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* - Aspera - Mars 96. | 40 700 | 24 |
| **dr Jolanta Nastula** - *PAN Warszawa Centrum Badań Kosmicznych* Analiza zmian wybranych procesów geofizycznych i ich wpływu na ruch obrotowy Ziemi. | 120 900 | 36 |

SYLWETKI

# Profesor Stefan Piotrowski

## - w jedenastą rocznicę śmierci

W dniu 17 stycznia 1996 r. minęła jedenasta rocznica śmierci profesora Stefana Piotrowskiego, jednego z najwybitniejszych astrofizyków polskich, założyciela i wieloletniego redaktora naczelnego *Postępów Astronomii*. W obecnych czasach 11 lat, to niemal epoka i, jak podejrzewam, postać Profesora jest już większości czytelników *Postępów* nieznana. Dobrze, że redakcja uznała za celowe przypomnienie sylwetki tego niezwykłego uczonego i organizatora nauki.

Stefan Piotrowski urodził się w Krakowie 11 kwietnia 1910 r., w czasach gdy Kraków był pod panowaniem cesarza Franciszka Józefa. Ziemie polskie pozostające pod zaborem austriackim cieszyły się stosunkowo największą swobodą polityczną i kulturową, co powoduje, że wielu starych *Krakusów* wspomina czasy Franza Josepha i jego samego z mieszanką szacunku, rozrzewnienia i sympatii. Należał do nich też profesor Piotrowski, który nigdy nie zaniedbał lekkiego, żartobliwego uniesienia się z krzesła, gdy wspominał imię cesarza.

Po ukończeniu gimnazjum klasycznego (z obowiązkową greką i łaciną!) w wieku 18 lat, młody Piotrowski wstąpił na wydział filozofii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Tak, tak, na taki właśnie wydział trzeba było wstąpić, jeżeli chciało się wtedy studiować np. matematykę. Zresztą relikt filozofii, jako obejmującej wszystkie nauki ścisłe utrzymuje się gdzieniegdzie do dzisiaj, przynajmniej w niektórych rytuałach: doktorant nauk ścisłych w krajach anglosaskich otrzymuje stopień doktora filozofii (PhD).

W 1933 r. Stefan Piotrowski otrzymał stopień magistra filozofii w zakresie matematyki i podjął pracę w Obserwatorium Astronomicznym UJ. W 1935r. otrzymał magisterium w zakresie astronomii.

Okres międzywojenny, to czas wielkich odkryć w fizyce i astronomii, które obaliły XIX-wieczny pogląd na świat. W pierwszej połowie lat 20-tych E. Hubble wykazał, że niektóre obserwowane mgławice nie są bliskimi chmurami materii międzygwiazdowej, lecz odległymi galaktykami. Po detronizacji przez M. Kopernika Ziemi, jako centrum Wszechświata, nastąpiła kolejna: nasza Galaktyka okazała się być jednym z bardzo wielu podobnych do siebie układów gwiazdowych. W 1929 r. Hubble odkrył swe słynne prawo wiążące tzw. prędkość ucieczki galaktyki z odległością do niej.

Nieco wcześniej A. Einstein sformułował ogólną teorię grawitacji, która wstrząsnęła podstawami fizyki i do dzisiaj, wraz z prawem Hubble'a, stanowi podstawę kosmologii. Również w latach 20-tych M.N. Saha wyprowadził swe słynne równanie równowagi jonizacyjnej, kładąc podwaliny pod teorię atmosfer gwiazdowych i nowoczesną interpretację widm gwiazdowych. Kolejnym wstrząsem dla fizyki (i filozofii) było powstanie mechaniki kwantowej. W latach 30-tych H. Bethe odkrył reakcje jądrowe, wyjaśniając tym samym, skąd gwiazdy czerpią swą energię. Wszystko to nie mogło pozostać bez wpływu na młodego, bardzo zdolnego studenta, a potem asystenta astronomii. Tradycyjna, uprawiana wówczas, astronomia opierała się na mechanice Newtona, w pełni wystarczającej do opisu obserwowanych ruchów ciał niebieskich. Do tego dochodziła służba czasu i jego przechowywanie. Astrofizyka była w powijakach. Ówczesny dyrektor Obserwatorium Krakowskiego, prof. Tadeusz Banachiewicz był jednym z takich tradycjonalistów. Zorganizował obszerny program obserwacji gwiazd zaćmieniowych w nadziei, że będą one idealnymi zegarami powtarzającymi swe zaćmienia ściśle okresowo. Młody Piotrowski został naturalnie włączony do tego programu i zebrał wiele obserwacji takich gwiazd, które wykonywano, nawiasem mówiąc, wizualnie, tzn. za pomocą oka. Ale mechanistyczne podejście do gwiazd zaćmieniowych, jako do bardzo dokładnych zegarów nie wystarczało mu. Interesowały go parametry fizyczne, powstawanie i ewolucja gwiazd. Obok prowadzenia obserwacji pracował więc nad udoskonaleniem metod znajdywania parametrów układu podwójnego z krzywej blasku. Na podstawie tych badań uzyskał w 1938 r. stopień doktora.

Okres II wojny światowej spędził w majątku rodzinnym Zmiennice, gdzie, obok współzarządzania nim, skoncentrował się na badaniach transportu promieniowania w atmosferach gwiazd i planet. Był odcięty od bieżącej literatury naukowej i nie wiedział, że nad podobnym zagadnieniem pracował, dochodząc do podobnych wyników, późniejszy laureat nagrody Nobla, amerykański astrofizyk S. Chandrasekhar. Po zakończeniu wojny Piotrowski mógł opublikować wszystkie swoje wyniki. W nauce zdarza się często, że dwóch uczonych dochodzi niezależnie do podobnych wyników i publikują je, niekoniecznie równocześnie. S. Piotrowski uważał jednak, że nie należy publikować znanych wyników, bo nie posuwa to nauki do przodu, a służy jedynie własnej chwale. Ogłosił więc drukiem tylko te rezultaty, do których nie doszedł Chandrasekhar.

To z okresu wojennego wyniósł S. Piotrowski anegdotyczną *metodę sołtysa Fiedenia*, którą stosował z powodzeniem również później. Zna ją każdy uczeń Profesora. Podczas okupacji lokalne administracje (np. sołtysi), jak i zarządcy majątków, zasypywani byli wieloma żądaniami, pismami, ponagleniami itp. Często były one bzdurne, lub wręcz szkodliwe. W takich wypadkach Piotrowski naradzał się z miejscowym sołtysem Fiedeniem, jak postąpić, by zachować zasadę biernego oporu, ale nie rozwścieczyć okupanta. Pytany podczas takich narad sołtys *co pan radzi robić* zwykł odpowiadać *nic absolutnie, panie doktorze*. Ignorowanie głupich i szkodliwych pomysłów zbiurokratyzowanej władzy okazało się metodą nad wyraz skuteczną, również i w późniejszym okresie. Czasem jest to dobra metoda nawet dzisiaj.

Po wojnie dr Piotrowski wyjechał na rok do Harvardu, gdzie pracował pod kierunkiem jednego z największych astrofizyków wszystkich czasów, Henry Norrisa Russella (tego od diagramu H-R). We współpracy z innym wybitnym astrofizykiem i swoim bliskim przyjacielem Z. Kopalem opracował nową metodę rozwiązywania orbit gwiazd zaćmieniowych.

W 1952 r. przeniósł się do Warszawy. Ściągnięcie prof. Piotrowskiego na Uniwersytet Warszawski było bodaj najlepszą decyzją, jaką po wojnie podjęły władze tej

uczelni w odniesieniu do astronomii warszawskiej.

Profesor natychmiast przystąpił do uczenia i wychowywania kadry młodych astronomów. Jego wykłady przygotowywane były bardzo starannie i doprowadzały słuchaczy do pierwszej linii frontu badań naukowych. Warszawscy studenci astronomii lat 50-tych i 60-tych mieli szczęście być kształconymi (i kształtowanymi) przez dwie niezwykle osobowości — prof. S. Piotrowskiego i prof. Włodzimierza Zonna. Ten drugi porywał słuchaczy i wskazywał uroki astronomii, podczas gdy ten pierwszy zapewniał słuchaczom solidny wkład głębokiej wiedzy matematyczno-fizycznej. Wpływ obydwu przekraczał zresztą znacznie zakres spraw merytorycznych — dotyczył takich spraw jak obowiązkowość, odpowiedzialność za słowo, partnerskie traktowanie studentów i młodych współpracowników, czy powściągliwość, zwłaszcza finansową, w odniesieniu do własnej działalności naukowej. Do dzisiaj wychowankowie astronomii na UW patrzą na życie i naukę bardziej romantycznie i mniej merkantylnie niż absolwenci innych, pokrewnych kierunków.

Profesor Piotrowski starannie dobierał sobie młodych współpracowników. Nigdy nie poddał się presji zatrudniania kogokolwiek *na siłę*, bo był wolny etat, który nie powinien przepaść. Każdy kandydat był obserwowany już od pierwszych lat studiów i musiał przejść szereg jemu tylko wiadomych testów. Zespół jego uczniów rósł więc raczej powoli, ale też panowała w nim bardzo specyficzna atmosfera: wypadało śledzić bieżącą literaturę naukową, orientować się w tematyce badawczej kolegów, no i samemu prowadzić badania. W tym ostatnim względzie Profesor zostawiał bardzo dużo swobody, co na początku frustrowało wszystkich świeżo przyjętych adeptów nauki. Każdy z nas miał stale jakieś pomysły, które następnie ulegały dyskwalifikacji, ale stwierdzenie tego wymagało sporo czasu i energii oraz zagłębiania się w odpowiedniej tematyce. I gdy już było widać, że pomysł jest zły, lub dawno wykorzystany, wydawało się, że czas poświęcony nań został stracony. Pierwsze lata pracy naukowej każdego ucznia prof. Piotrowskiego to miotanie się po różnych tematach, okres genialnych pomysłów, które po miesiącu, czy dwóch, intensywnej pracy okazywały się do luftu i wrażenie, że czas ucieka, a my stoimy w miejscu. Wszystko to działo się pod bacznym okiem szefa, który pozwalał niemal na wszystko, z wyjątkiem jednego — by nic nie robić. Na co tygodniowych zebraniach odpytywał, zwłaszcza najmłodszych, co robią, co czytają, zachęcał do dzielenia się pomysłami, uczestniczył w dyskusjach nad nimi, ale sam z zasady nie narzucał tematyki badań. Jakże inaczej wygląda to w tzw. *typowej* grupie badawczej, gdzie świeżo przyjęci doktoranci, lub asystenci od razu dostają temat pracy badawczej — zwykle jest to kontynuacja pracy magisterskiej, co owocuje szybkimi publikacjami i niemal automatycznym doktoratem, a potem habilitacją, nadal z tej samej tematyki. W efekcie stają się znanymi i cenionymi specjalistami z bardzo wąskiej dziedziny, poza którą wiedzą niewiele. Jeżeli jeszcze mają „szczęście"pracować w instytucie badawczym poza uczelnią i nie muszą poszerzać swojej wiedzy dla prowadzenia wykładów akademickich, zmierzają ku nieskończonej kompetencji w nieskończenie wąskiej dziedzinie. To tak, jakby ukierunkować kogoś w wąskiej dyscyplinie sportowej od wczesnych lat dziecięcych. Uczniowie prof. Piotrowskiego reprezentowali (w ramach tego porównania) typ sportowców wszechstronnie wyszkolonych, próbujących sił w różnych dyscyplinach. Który model jest lepszy? Nie sposób pewnie tego jednoznacznie rozstrzygnąć. Jedno jest pewne: uczniowie prof. Piotrowskiego potrafili zmieniać tematykę badawczą podczas swej kariery naukowej i mają zwykle osiągnięcia w kilku działach astrofizyki. Wzorem tu był zresztą sam Profesor. Stale podejmował najnowocześniejsze i najbardziej aktualne tematy badawcze: od fotometrii fotoelektrycznej, czy polarymetrii gwiazd do badań przepływu masy między składnikami ciasnych układów podwójnych, lub zderzeń między asteroidami, nie wspominając o omawianych już badaniach transportu promieniowania.

Rozpisałem się o prof. Piotrowskim, jako o nauczycielu i uczonym, a przecież miał on też olbrzymie osiągnięcia w dziedzinie organizacji badań naukowych. Po wyborze do Polskiej Akademii Nauk w 1962 r. pełnił w niej wiele wysokich funkcji: przez kilka kadencji był zastępcą sekretarza III Wydziału, członkiem Prezydium PAN, przewodniczącym Komitetu Astronomii PAN i Komitetu d/s Badań i Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej PAN. Ta ostatnia funkcja wiązała się z forsowaniem przez Profesora badań kosmicznych w Polsce. Robił to trochę wbrew części środowiska astronomicznego, które nie chciało angażować się w popierany przez władze program rozwoju tych badań bojąc się zbyt silnego ich związku z polityką. Wiadomo, że na takim związku mogą zyskać doraźne korzyści (splendor, pieniądze) poszczególni uczestnicy badań, ale nauka zawsze traci. Niewątpliwie, związek taki podówczas występował: badania były prowadzone w ramach programu radzieckiego i pod radzieckie dyktando, a jego wyniki (czasem pozorne) wykorzystywane były propagandowo. Prof. Piotrowski wierzył jednak niezachwianie, że badania kosmiczne to przyszłość nauki i można je prowadzić rzetelnie, trzymając się na uboczu polityki. Przekonał do takiego poglądu część środowiska, która unikając politycznego sztafarzu uczyła się prowadzenia badań przy wykorzystaniu aparatury kosmicznej, nierzadko zbudowanej przez samych siebie. Przyszłość pokazała, że prof. Piotrowski miał rację. Powstałe około 20 lat temu, przy bardzo aktywnym Jego współudziale, Centrum Badań Kosmicznych PAN przetrwało bez większych trudności niedawne wstrząsy polityczne i stało się, dzięki wcześniejszemu zdobyciu międzynarodowej reputacji, wartościowym partnerem badań dla instytucji europejskich i amerykańskich.

Drugą placówką (a chronologicznie pierwszą), która powstała z inicjatywy m. in. prof. Piotrowskiego, był utworzony w 1955 r. Zakład Astronomii PAN. Przez 10 lat był zastępcą kierownika Zakładu, a potem jego kierownikiem, kompletując, równolegle do Katedry Astrofizyki UW, jego warszawską część. Kładł przy tym nacisk na absolutnie równe traktowanie swych uczniów, niezależnie od przynależności resortowej. Wszyscy musieliśmy uczestniczyć w jednakowym stopniu w prowadzeniu zajęć dydaktycznych, debatowaliśmy nad efektywnym wydaniem skąpych funduszy dewizowych pochodzących z budżetów obydwu placówek tak, by zakupy wzajemnie się uzupełniały, wszyscy korzystaliśmy ze skromnej puli wyjazdów naukowych będących w dyspozycji Akademii — przynajmniej do czasu zakazu uczestniczenia w nich pracowników spoza Akademii, wprowadzonego przez Sekretarza Naukowego PAN. Zakład Astronomii rozrósł się w duży instytut - Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika, ale, na szczęście, wpływowe pozycje zajmują w nim wciąż uczniowie prof. Piotrowskiego, dzięki czemu między Centrum i Obserwatorium Astronomicznym UW panuje atmosfera życzliwości i współpracy.

*Last but not least*, przy udziale prof. Piotrowskiego powstał w 1953 r. kwartalnik popularno-naukowy *Postępy Astronomii*, którego stał się pierwszym redaktorem naczelnym. Prowadził go przez ponad 20 lat, zachęcając zarówno swoich uczniów, jak i innych astronomów do pisania artykułów. Ponieważ nie wypadało odmawiać, *Postępy* nie cierpiały na brak dobrych materiałów, a my, uczniowie Profesora, zbieraliśmy, *nolens volens*, doświadczenia również jako popularyzatorzy nauki. Dużo później, pod koniec lat 80-tych, zainteresowanie kwartalnikiem spadło, ceniący się astronomowie odmawiali pisania do nie czytanego pisma, a *Postępom* groziła likwidacja. I wtedy pojawiły się dwie energiczne i entuzjastycznie nastawione panie, które obiecały zrobić z *Postępów* pismo ciekawe i czytane. Z faktu, że Ty, Czytelniku, trzymasz je w ręku, można sądzić, że im się to udało. Ale to już zupełnie inna (choć niedawna) historia.

Odchodząc pozostawił po sobie Profesor Piotrowski trzy tętniące życiem naukowym instytuty kierowane przez swoich uczniów. Dzisiaj, w 11 lat po Jego śmierci, instytuty mają się bardzo dobrze i nadal się rozwijają, a dzieło Profesora kontynuują w nich nie tylko Jego uczniowie, ale i uczniowie Jego uczniów.

**Kazimierz Stępień**

# Umierają gwiazdy, odchodzą astronomowie...

**Przychodzi kres życia gwiazd i nadchodzi koniec życia astronomów. Rok 1995 zaznaczył się śmiercią wielu z nich. Wspomnijmy tylko paru. Badania jednych w istotny sposób zaważyły na naszym dzisiejszym rozumieniu niektórych zjawisk astronomicznych, inni kładli podwaliny pod rozwój określonych dziedzin badań lub szerokiej współpracy międzynarodowej.**

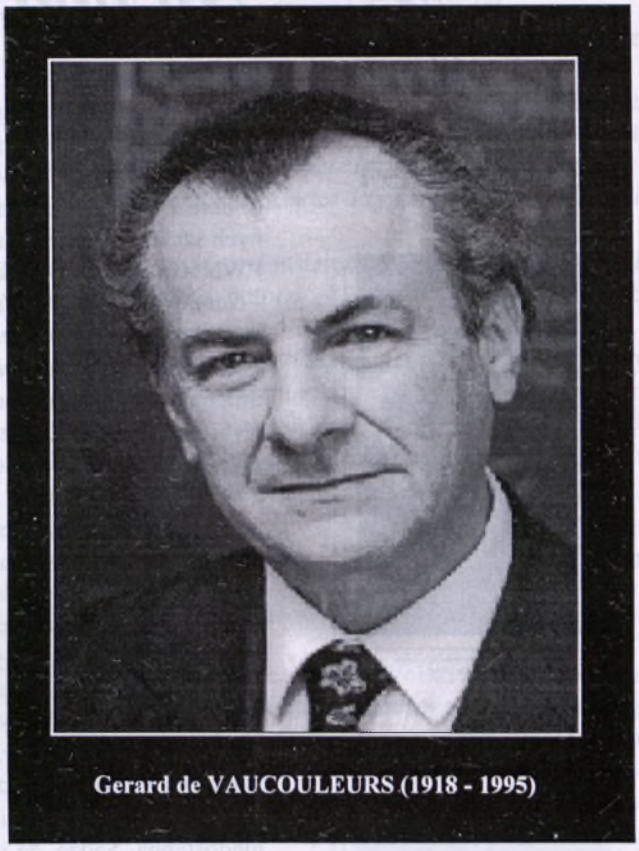
W dniu 24 lipca 1995 zmarła na atak serca w czasie swej wakacyjnej podróży do Hiszpanii **prof. Edith A. MUELLER**. Była znakomitym badaczem struktury kinematycznej i chemicznej atmosfery Słońca. Jej wyznaczenia występowania i obfitości pierwiastków na Słońcu miały ogromne znaczenie kosmologiczne. Edith A. Mueller urodziła się 5 lutego 1918 roku w Madrycie w Hiszpanii. Dyplomy uniwersyteckie z matematyki i fizyki uzyskała w Zurichu w Szwajcarii. Pracowała na różnych stanowiskach naukowych w Zurichu, Cambridge (Wielka Brytania), Ann Arbor (USA), Bazylei (Szwajcaria), Kiel (RFN) i Utrechcie (Holandia). Od roku 1973 była profesorem zwyczajnym w Genewie. Po przejściu na emeryturę w roku 1983 była w dalszym ciągu bardzo czynna w Szwajcarskim i międzynarodowym życiu naukowym. Profesor Edith Mueller miała ogromny wpływ na międzynarodową współpracę astronomów: była Sekretarzem Generalnym Międzynarodowej Unii Astronomicznej w latach 1976-1979, a członkiem władz naczelnych Unii w okresie 1973-1982. Była organizatorem i pierwszym przewodniczącym Komisji Nauczania Astronomii MUA, organizatorem wielu konferencji i „szkół" dla młodych astronomów na różnych kontynentach, a w latach 1985 - 1988 Przewodniczącą Komisji 38 MUA (Komisji Wymiany Astronomów - *Exchange of Astronomers*). Ci, którzy Ją znali, zachowają w pamięci Jej postać jako znakomitego badacza, nauczyciela i organizatora życia naukowego. Ale nade wszystko będą Ją pamiętali jako niezwykle życzliwego, uczynnego i mądrego Człowieka.

**Edith A. MUELLER (1918 - 1995)**

21 sierpnia zmarł w Chicago jeden z największych astrofizyków naszych czasów **Subrahmanyan CHANDRASEKHAR** (1910 - 1995). Miał 85 lat. Badał strukturę i ewolucję gwiazd. Swego najsłynniejszego odkrycia dokonał w wieku zaledwie 20 lat. Wykazał mianowicie, że śmierć gwiazdy, której masa nie przekroczy pewnej granicznej wartości („*masa krytyczna Chandrasekhara*") następuje zgodnie poprzez fazę białego karła do stanu czarnego karła, nieznanej nam zupełnie formy materii. Dla gwiazd masywniejszych natomiast ciśnienie zdegenerowanego gazu elektronowego nie może zrównoważyć przyciągania, następuje zapadanie grawitacyjne jądra i, w drodze wielkiej eksplozji, odrzucenie warstw zewnętrznych. Znamy powszechnie ten scenariusz. W roku 1983, po 53 latach od tych fundamentalnych odkryć, ich Autor otrzymał Nagrodę Nobla. Teraz odszedł Wielki Astronom, ale Jego dzieło, które legło u podstaw naszego rozumienia życia gwiazd jest kontynuowane przez setki innych astronomów. *Postępy Astronomii* nakreślą Jego sylwetkę naukową w jednym z najbliższych zeszytów.

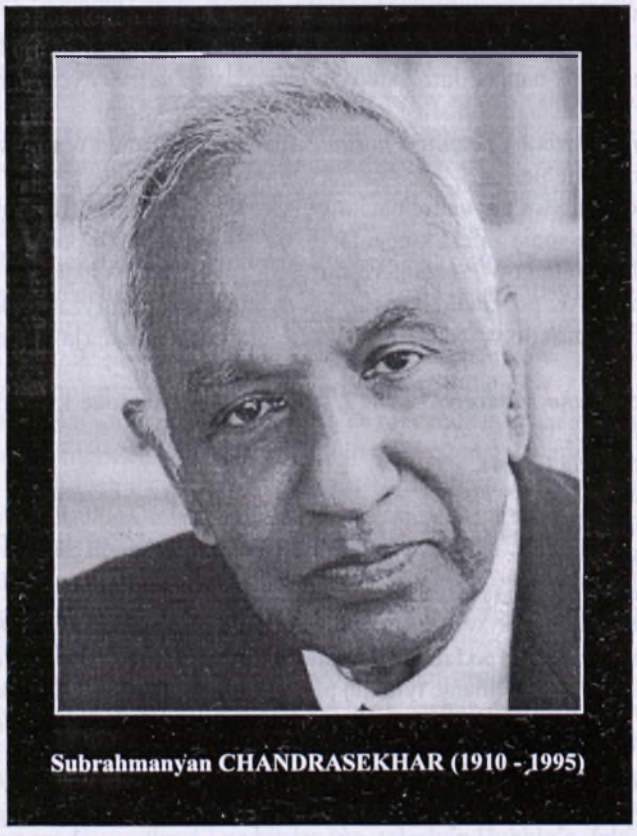
Innym Wielkim Astronomem, który odszedł od nas na zawsze jest badacz świata galaktyk **Gerard de VAUCOULEURS** (1918 - 1995). Zmarł 7 października w Austin w Teksasie, gdzie pracował przez ostatnie 35 lat. Urodził się w Paryżu w roku 1918. Studia wyższe ukończył na Sorbonie, ale doktorat z astrofizyki bronił w Canberze w Australii w roku 1957. Później pracował w Obserwatorium Lowella we Flagstaf i w Obserwatorium Harwardzkim w Cambridge w USA. Od roku 1960 związany był z Uniwersytetem Teksaskim i Obserwatorium McDonalda. To On odkrył, że galak-

tyki mają tendencję jednoczenia się w supergromadach. Najpierw wysunął hipotezę, że Droga Mleczna jest członkiem większej grupy galaktyk, dzisiaj nazywanej lokalną supergromadą. Później badał wzajemne powiązania grawitacyjne członków tej supergromady i stwierdzał, że Wszechświat jest o wiele młodszy, niż się to ogólnie przyjmuje: procesy ewolucyjne przebiegają w nim szybciej, rozszerza się szybciej. Był głównym obrońcą dużej wartości stałej Hubble'a. Przedstawił też alternatywny wobec Edwina Hubble'a system klasyfikacji galaktyk. Jego liczne katalogi galaktyk są podstawowym obserwacyjnym materiałem wyjściowym dla badaczy wielkoskalowej struktury Wszechświata, a *Reference Catalogue of Bright Galaxies* prawdziwą encyklopedią świata galaktyk. Gerard de Vaucouleurs ogłosił drukiem przeszło 400 prac, napisał 20 książek i kilkaset artykułów popularno-naukowych.



Gerard de VAUCOULEURS (1918 - 1995)

W ostatnich dniach grudnia żegnaliśmy we Wrocławiu Profesora **Jana MERGENTALERA**. Odszedł w wieku prawie 95 lat w dniu 22 grudnia 1995 r. Zostawił po sobie wdzięczną pamięć swych uczniów i kolegów oraz znakomicie rozwijający się we Wrocławiu ośrodek badań Słońca zarówno metodami naziemnymi jak i satelitarnymi. Profesor Mergentaler urodził się na Polesiu 14 czerwca 1901 roku. Jeszcze w czasie nauki w szkole średniej w Warszawie został współzałożycielem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii i czasopisma *Urania*. Studia astronomiczne odbył na Uniwersytecie Jagiellońskim, którego też był pracownikiem w latach 1927 - 1934. Doktorat uzyskał na UJ w roku 1931 na podstawie obserwacji gwiazd zaćmieniowych. Przez kilka lat prowadził obserwacje gwiazd zmiennych w stacji astronomicznej na Łysinie (Lubomirze). Później pracował we Lwowie w Obserwatorium Uniwersytetu Jana Kazimierza, a po wojnie najpierw krótko w Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, a potem już na stałe związał się z Wrocławiem. Aktywnie uczestniczył w odbudowie wrocławskiego ośrodka naukowego - był dyrektorem wrocławskiego Instytutu Astronomii w latach 1957 - 1971. Zainicjował polskie badania Słońca - dla Niego zostaje powołana w roku 1957 Katedra Heliofizyki - a później był zapalonym organizatorem polskich badań kosmicznych i rentgenowskich obserwacji naszej dziennej gwiazdy. Badania te są dzisiaj główną specjalizacją naukową Wrocławskiego Ośrodka Astronomicznego. Profesor Mergentaler znany był powszechnie ze swej dobroci i życzliwości. Doświadczyli tego wszyscy, którzy z Nim się stykali. Był zamiłowanym popularyzatorem astronomii i nauk pokrewnych (był laureatem prestiżowej nagrody *Problemów* za popularyzację wiedzy). W *Postępach Astronomii* pisał ostatnio w nr 1/94, a o swym pobycie i pracy na Łysinie opowiadał w rozmowie z Tadeuszem Jarzębowskim w zeszycie 3/91. Był człowiekiem o niezwykle bogatym życiu wewnętrznym. Niech świadczy o tym Jego wypowiedź z roku 1930: *„A czasem astronom ... sam sobie opowiada o cudowościach gwiazd i patrzy przez lunetę nie mierząc, nie badając, z prostym, szczerym podziwem na to, co się dzieje tam daleko. Otwiera się wtedy przed nim inne życie - tętniące, dziwne, ogromne życie słońc".*

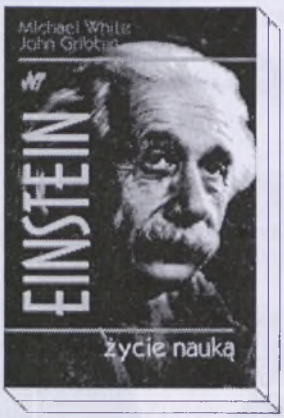


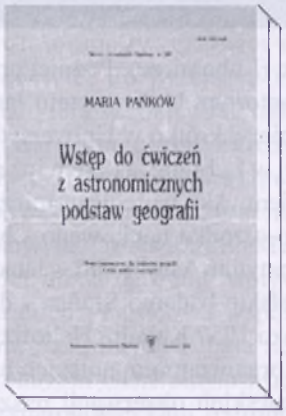
Subrahmanyan CHANDRASEKHAR (1910 - 1995)

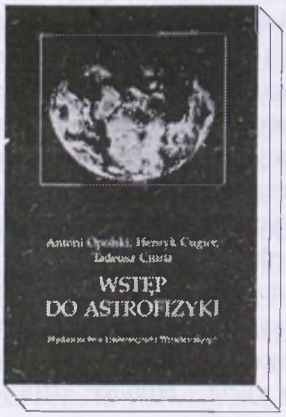
**Przedstawimy naszym czytelnikom Jego pełniejszą sylwetkę naukową jak tylko trochę otrząśniemy się z przeżyć związanych z Jego zgonem.** **(aw)**

# Na półce z książkami

Recenzje PA




Rok się kończy, czas na podsumowania. Przyjrzyjmy się zatem temu, co mógł astronom znaleźć na półkach księgarskich w 1995 roku.

Zapewne każdy, kto interesuje się astronomią zna podręcznik Jerzego Kreinera ***Astronomia z astrofizyką***. Drugie jego wydanie (PWN 1992) cały czas leży w księgarniach. Jest to bardzo dobre, oficjalnie polecane uzupełnienie materiału z astronomii dla szkół różnych szczebli. Profesjonaliści zaś mogli (powinni?) nabyć w 1995 roku „czarną" trylogię PWN *Astrofizyka*. Składają się na nią:

- ***Galaktyki i budowa Wszechświata*** Michała Jaroszyńskiego (Warszawa 1993),
- ***Gwiazdy i materia międzygwiazdowa*** Marcina Kubiaka (Warszawa 1994),
- ***Astrofizyka układów planetarnych*** Pawła Artymowicza (Warszawa 1995).

Studenci, co prawda, płaczą, że trochę to trudne, ale cóż - niech się uczą. Nie mają zresztą wyboru - innych podręczników z tej tematyki po polsku po prostu nie ma. Skoro jesteśmy przy studentach, to w połowie roku pokazał się skrypt Uniwersytetu Wrocławskiego ***Wstęp do astrofizyki*** (autorzy: Antoni Opolski, Henryk Cugier, Tadeusz Ciurla) - klasyczny podręcznik astrofizyki teoretycznej i obserwacyjnej. Tematyka, poczynając od własności materii i promieniowania elektromagnetycznego, poprzez Układ Słoneczny, gwiazdy, Galaktykę, obiekty pozagalaktyczne do kosmologii. Rzecz chyba bardzo potrzebna i godna polecenia, rozchwytywana przez studentów, choć różnie, dla odmiany, oceniana przez wykładowców. Ogromnym mankamentem tej książki jest jednak jej bardzo zła (czytaj żadna) dostępność i reklama. Jest to chyba dotkliwa bolączka większości dzieł uczelnianych. Szkoda, że autorzy nie spróbowali przebić się poza wydawnictwo uniwersyteckie, gdyż można mieć obawy, że pozycja ta podzieli los doskonałego skryptu Tadeusza Ciurli ***Podstawy nauki o Galaktyce***, wydanego przez tenże sam Uniwersytet Wrocławski w 1989 roku. Książka ta wyszła w nakładzie 200 (!) egzemplarzy i praktycznie od zaraz była niedostępna. Sądzę, że warto zapelować do wydawnictwa i autora o wznowienie tego nadal potrzebnego skryptu.

Pozycją, która umknęła chyba uwadze czytelników z powodów wspomnianych wyżej, był wydany w 1994 roku skrypt Uniwersytetu Śląskiego ***Wstęp do ćwiczeń z astronomicznych podstaw geografii*** Marii Pańków. Książka bardzo przydatna nie tylko geografom, będąca bardzo dobrym uzupełnieniem nieśmiertelnej ***Astronomii w geografii*** Jana Mietelskiego, której to 3 wydanie ukazało się właśnie w 1995 roku.

Z astronomii popularnej mogliśmy sobie kupić 2 tłumaczenia wydane w 1994 roku:

- ***Astronomia dla każdego*** Detlera Blocka (Warszawa, wydawnictwo Marba Crown Ltd.) - dobry przewodnik po niebie, jak napisał Jarosław Włodarczyk w *Wiedzy i Życiu* (nr 4, 1995), oraz
- ***Gwiazdy i planety; jak je odszukać, poznać i polubić*** Joachima Ekrutta (Warszawa, Muza SA) - tytuł mówi sam za siebie.

Rok 1995 obfitował w wydawnictwa popularnonaukowe, szeroko omawiane i reklamowane w innych pismach, daruję sobie zatem komentarze, postaram się tylko polecić te, które mogłyby szanownych czytelników *PA* zainteresować.

Krakowskie wydawnictwo ZNAK postawiło na naszego wybitnego popularyzatora kosmologii Michała Hellera i wypuściło w jednakowej szacie graficznej sześć (jak dotąd) jego książek:

- ***Kosmiczna przygoda Człowieka Mądrego*** (wyd. 2, gruntownie zmienione książki z 1970 roku *Wobec Wszechświata*, 1994),
- ***Wszechświat u schyłku stulecia*** (1994),
- ***Wieczność, czas, kosmos*** (1995),
- ***Usprawiedliwianie Wszechświata*** (1995),
- ***Nauka i wyobraźnia*** (1995),
- ***Szczęście w przestrzeniach Banacha*** (1995).

Wszechświat w tytule chyba modny, bo wydawnictwo Pandora z Łodzi wydało w 1995 roku książkę *Tajemnice Wszechświata* (pod redakcją Jamesa Cornella), dla niepoznaki (i zmyłki nieuważnych czytelników) zmieniając tytuł jej pierwszego wydania z 1994 roku, który brzmiał *Galaktyczne bąble, pustki i dziury w czasie: najnowsze odkrycia kosmologii*. Można i tak...

Na całym prawie świecie ukazuje się seria popularnonaukowa (*Science Masters*). Wydawnictwo CIS wraz z Oficyną Wydawniczą MOST wydało w przekładzie znanych astro-

nomów Stanisława Bajtlika i Piotra Amsterdamskiego dwie jej pozycje:
- ***Początek Wszechświata*** Johna D. Barrowa (Warszawa 1995), oraz
- ***Ostatnie trzy minuty*** Paula Daviesa, (Warszawa 1995).
Książki nawiązujące tematycznie do światowych bestsellerów ostatnich lat: ***Krótkiej historii czasu*** Stephena Hawkinga (wydanie z 1993 roku tej książki jest jeszcze w księgarniach!) i ***Pierwszych trzech minut*** Stevena Weinberga, ale chyba jednak nie tej klasy co one.
Jeśli o Hawkingu mowa to w wydawnictwie ALKAZAR wyszła jego godna polecenia książka ***Czarne dziury i wszechświaty niemowlęce*** (Warszawa 1994), zaś Wydawnictwa Naukowo-Techniczne wydały jego biografię ***Hawking, życie i nauka*** (autorzy: Michael White i John Gribbin, Warszawa 1995).
Jednak chyba najbardziej zasłużone dla popularyzacji astronomii (i nie tylko) w 1995 roku było wydawnictwo *Prószyński i S-ka*. Nowa seria książek *Na Ścieżkach Nauki* zawiera takie pozycje jak:
- Igor Nowikow ***Czarne dziury i Wszechświat***,
- Frank Drake, Dava Sobel ***Czy jest tam kto? Nauka w poszukiwaniu cywilizacji pozaziemskich***,
- Michio Kaku ***Hiperprzestrzeń. Naukowa podróż przez wszechświaty równoległe, pętle czasowe i dziesiąty wymiar***,
- Jerzy Sikorski ***Prywatne życie Mikołaja Kopernika,***
- Roger Highfield, Paul Carter ***Prywatne życie Alberta Einsteina.***
Dla interesujących się Einsteinem polecam też książkę ***Einstein, życie nauką***, autorzy: Michael White i John Gribbin (Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995).
Oj, dużo tego, ale chyba to lepiej, niż gdyby nie było o czym pisać. Już nie przynudzam, radzę brać się za bary z polecanymi książkami. A w Nowym Roku życzę sobie, Wam, drodzy czytelnicy, wydawcom i sobie wielu nowych, szalenie interesujących (i tanich) pozycji.

***Postępowy Mól Książkowy***
**Barbara Gertner**

# *Astronomia. Przewodnik po Wszechświecie.*

W grudniu 1995 r. ukazała się książka Pani Dinah L. Moche pt. *Astronomia. Przewodnik po Wszechświecie.* wydana przez Gdańskie Wydawnictwo Oświatowe, w tłumaczeniu dr Elżbiety Bielicz i dr. Marcelego Krogulca z Uniwersytetu Gdańskiego. Dokładniej charakter książki oddaje tytuł oryginału: *Astronomy. A Self-Teaching Guide*. Istotnie, książka skonstruowana jest w ten sposób, aby maksymalnie ułatwić czytelnikowi samodzielne opanowanie i zrozumienie podstaw astronomii.

Obejmuje ona zagadnienia wchodzące w zakres szkolnego programu nauczania tematów astronomicznych, jednak znacznie rozszerzone i uwspółcześnione. Może więc być znakomitą pomocą dydaktyczną dla nauczycieli jak i uzupełniającą lekturą dla uczniów oraz miłośników astronomii.

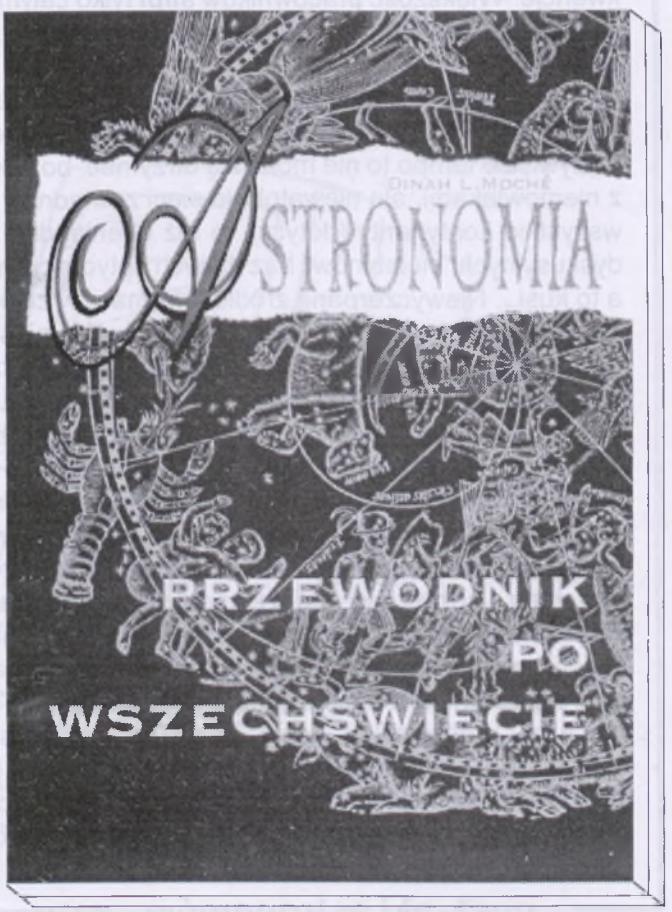
Na początku każdego rozdziału wypunktowane są zasadnicze jego cele, pozwalające zorientować się jakie najistotniejsze informacje są w nim zawarte. Na końcu każdego rozdziału znajduje się test kontrolny pozwalający czytelnikowi sprawdzić stopień opanowania i zrozumienia materiału.

Książka w dwunastu zasadniczych rozdziałach przedstawia najistotniejsze i najnowsze wiadomości o Słońcu i planetach, o gwiazdach i galaktykach, o czarnych dziurach i ewolucji Wszechświata, a także prezentuje najnowsze odkrycia obserwacyjne. Ponadto zawiera uzupełnienia takie jak: spis gwiazdozbiorów, podstawowe stałe fizyczne, spis bliskich gwiazd itp. oraz cztery mapki nieba (na cztery pory roku) i mapkę widocznej strony Księżyca.

Autorka, D. L. Moche jest profesorem astronomii na uniwersytecie w Nowym Jorku i ma już w swoim dorobku kilka książek popularyzujących wiedzę astronomiczną. Omawiane tu tłumaczenie oparte jest na czwartym wydaniu amerykańskim z 1993 r. Włączono już do niego opisy najnowszych przyrządów, odkryć i wyników (np. teleskop Hubble'a, teleskop Kecka, misja COBE, planety Wolszczana itp). Na pozytywne podkreślenie zasługuje też bardzo staranna redakcja i miła szata graficzna, porządne, przejrzyste rysunki i całkiem dobrej jakości (choć tylko czarno-białe) reprodukcje zdjęć.

Uważam więc, że na polskim rynku księgarskim pojawiła się niezwykle wartościowa pozycja. Zaryzykuję nawet określenie - unikatowa. Gorąco polecam ją zarówno tym, którzy poszukują wiedzy z podstaw astronomii jak i tym, którzy wiedzę astronomiczną przekazują.

**Jerzy Sikorski**



# Profesorski Kot,
## czyli wspomnienia Złego Kustosza

Będąc młodą bibliotekarką - lat temu kilkanaście - odwiedziłam pewnego razu zaprzyjaźnioną bibliotekę w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego. Czymś, co pierwsze rzuciło mi się w oczy i zapadło w duszę był napis na drzwiach: „UWAGA Z ł y B i b l i o t e k a r z!". (Nie miałam okazji, niestety, poznać Owego, gdyż był to okres ferii zimowych i pod właściwą uwagą widniał dopisek: „Bibliotekarz udał się na narty"...). Był to dla mnie napis wielce zabawny, ale i frapujący. Pokusa olbrzymia - uczciwie odkryć karty i zamieścić coś takiego i u mnie na drzwiach? Niech każdy od razu wie z kim ma do czynienia. Ale obecny Naczelny, a ówcześnie nam panujący Dyrektor wykazywał wiele życzliwości wobec mojej osoby, a i ja (młoda, piękna i ambitna!) chciałam, aby wbrew złym czasom i własnej naturze, okazać się d o b r y m bibliotekarzem. Wspomniany napis na drzwiach się nie pokazał...

A czasy były ciężkie. Czasopisma zachodnie w ilości kilku, a i to niepewne, książki na tzw. „fiszki" przydzielane raz do roku, z funduszami ogólnie kiepsko. Wielką pociechą była mozliwość łatwego zakupu bardzo tanich czasopism i książek radzieckich. Za jedną zachodnią pozycję można było ich nabyć 20 - 30 sztuk. A dzisiaj studenci przychodzą i mówią, że nie znają języka rosyjskiego! Zgroza!

Powiało nowością, gdy zakupiliśmy do firmy krajowy „kserograf". Ochoczo zabrałam się do produkowania preprintów. Papier utykał co rusz, a kilka razy dziennie palił się żywym ogniem w środku machiny - uciechy było co niemiara! (A „kserograf" ten stał i płonął w bibliotece... Co na to BHP?).

*Postępy* w nowej szacie pojawiły się tak mniej więcej z nadejściem nowych, „dobrych" czasów i totalną (to takie modne, nadużywane ostatnio słowo) komputeryzacją. Większości z nas bardzo się one (*Postępy* oczywiście) spodobały, były fantastyczne (prawie jak Redaktor...), inne i ciekawe. Na mnie *Postępy* miały wpływ ogromny - gdy tylko ukazał się w nich (*PA* 3'94, str.109) apel o kotkach do wzięcia u Profesora Woszczyka, zareagowałam natychmiast! I tak to Profesorski Kot znalazł się u mnie w domu. Szkód mi narobił oczywiście całe mnóstwo, ale dzielnie to znosiłam w imię solidarności z *Postępami*. (A jaka byłam przewidująca, że i z przyszłym Naczelnym!).

Wspomniana totalna komputeryzacja oprócz niewątpliwych korzyści przyniosła niestety i smutne konsekwencje. Większość pracowników **ślipi** tylko całymi dniami w te swoje komputerowe ekraniki, a jak chce powiedzieć coś koledze z sąsiedniego pokoju to ... wysyła mu siecią *maila*! Życie towarzyskie w pracy zanika!

A tempo rozwoju publicznie dostępnych sieci komputerowych może oszołomić. Oblicza się, że ponad 30 mln. osób wymienia informacje przez Internet, a liczba ta podobno podwaja się każdego roku. Oczywiście tempo to nie może się utrzymać, bo w krótkim czasie Internet objąłby całą populację, łącznie z niemowlakami, ale niewątpliwie sieci zawładnęły wyobraźnią i czasem wielu ludzi. Internet dociera na wszystkie kontynenty (dotyczy to też Grenlandii i Antarktydy!). Można korzystać z tysięcy różnych list dyskusyjnych, biuletynów i baz danych dotyczących wszelkich możliwych do wyobrażenia sobie tematów, a to kusi... Niewyczerpane źródło informacji w zasięgu klawiatury!

A te gry i plotki sieciowe! Wielu studentów, zamiast się uczyć, lub oddawać się innym, licznym przyjemnościom życia akademickiego siedzi godzinami przy terminalach i gra, lub „gada" na IRC-u. IRC, wyjaśniam, to *Internet Relay Chat*, co w (fry) wolnym tłumaczeniu daje „Internetowa Randka w Ciemno". Jak podejrzałam u ircujących kiedyś namiętnie moich dzieci, stworzono nawet specjalny język kodów i skrótów sieciowych (krótki słowniczek: :-) uśmiecham się, ;-) puszczam oko, :-* całuję). Zainteresowanych podstawami Internetu odsyłam do zainaugurowanej w numerze 10'95 „Wiedzy i Życia" rubryki na jego temat.

Entuzjazm dla przekazywanych siecią informacji rośnie chyba szczególnie gwałtownie w szkolnictwie wyższym i nauce. Byłam niedawno na międzynarodowej konferencji bibliotekarzy astronomicznych w Garching. I cóż? Słowo ***książka*** padło może z 10 razy, zaś cała konferencja zdominowana była tematyką związaną z WWW (World Wide Web, co w fatalnie brzmiącym polskim tłumaczeniu znaczy Światowa Pajęczyna Informacyjna). Nazwa swoją drogą chyba i tak niefortunna z uwagi na wyjątkowo źle wymawiający się po angielsku skrót (*dabliu, dablju, dablju*), a ci na Zachodzie tak bardzo lubią wszelakie skróty!

Dla wielu pracowników nauki, i nie tylko, prawie sprawą honoru staje się posiadanie swojej strony na *WWW* (tzw. *home page*) i to jak najobszerniejszej i koniecznie ze zdjęciem! (Niech nikt nie myśli, że niżej podpisana jest może osobą subtelniejszą. Nic z tych rzeczy. Też ma swoją stronę, a jakże, z fotką! - dla ciekawskich podaję adres: **http://www.astri.uni.torun.pl/~basia/library.html**).

**postępki astronomów**

Przy okazji polecam strony produkowane przez *Sky & Telescope*, można tam znaleźć wiele ciekawych informacji (adres: **http://www.skypub.com**).

Co do biblioteki, to tradycyjna jej koncepcja jako miejsca wyposażonego w książki i czasopisma też zaczyna być przestarzała. Rola drukowanego czasopisma, które od XVII wieku było najważniejszą formą szybkiego przekazu wiedzy, zdecydowanie się umniejsza. Niedługo stanie się ono prawdopodobnie tylko formą archiwum treści, zaś na bieżąco czytać się będzie teksty czasopism w sieci. (Profesjonalistom dla treningu proponuję już zacząć sobie czytać np. EApJL, czyli *Electronic Astrophysical Journal Letters*, który jest w sieci pod adresem: **http://www.aas.org/ApJ/**). Albo jeszcze przed ich ukazaniem się przeglądać się będzie, już teraz szeroko dostępne, serwisy sieciowe preprintów, najczęściej obecnie przesyłanych sobie w wąskich grupach tematycznie powiązanych naukowców. Wizja-horror dla tradycyjnego bibliotekarza!

A i tych ostatnich prawdziwych czytelników kradną bibliotekarzom... kserografy! Zamiast siedzieć grzecznie w czytelni, kopiują oni wszystko, co tylko jest podejrzane o to, że może się kiedyś przydać. O tej „kserokulturze" pisze pięknie Umberto Eco w traktacie *„O Bibliotece"*:

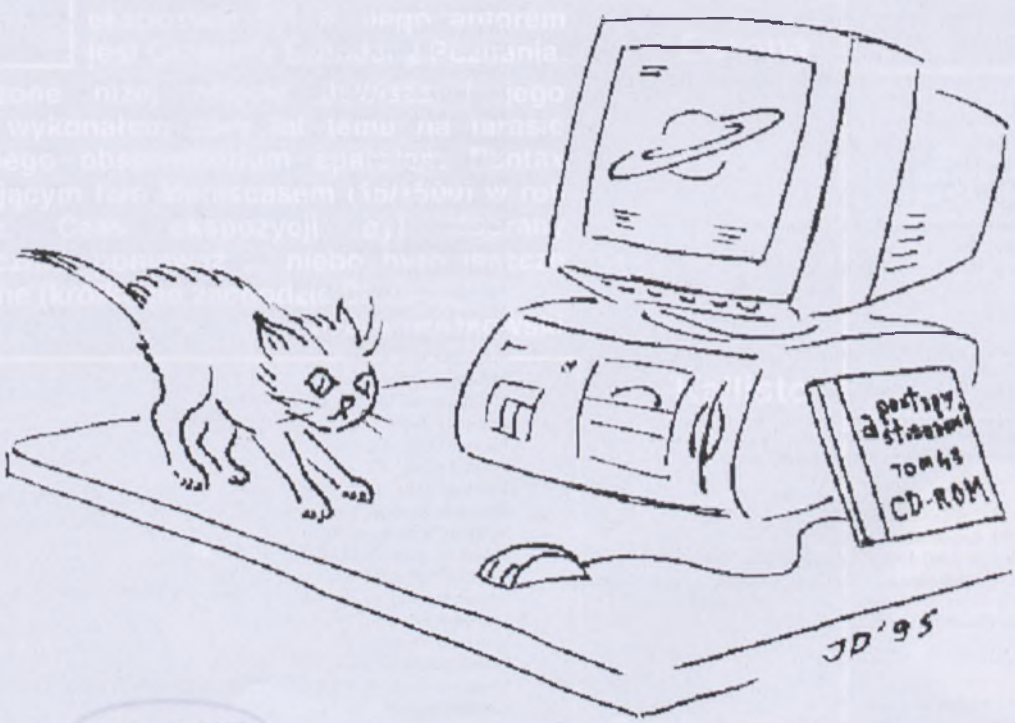
*„Wprawdzie fotokopia jest narzędziem niezwykle pożytecznym, ale często stanowi także intelektualne alibi; ten bowiem, kto wychodzi z biblioteki obarczony plikiem fotokopii, ma zwykle pewność, że nigdy nie zdoła ich wszystkich przeczytać, nie będzie nawet w stanie ich odnaleźć, gdyż już teraz panuje w nich bałagan, ale jednocześnie ma poczucie, że zawładnął treścią ksiąg. ... Przy neurozie fotokopii istnieje niebezpieczeństwo, że będzie się tracić w bibliotece całe dni na kopiowaniu książek, których się potem nie przeczyta."*

Tak, tak, życie bibliotekarza staje się przygnębiające. Ja, co prawda, od 10 lat nie jestem już bibliotekarzem, tylko **k u s t o s z e m** (sic!), co nawiązując do powyższych wywodów o archiwum (a wkrótce może i muzeum) książki, jest chyba tytułem bardzo adekwatnym...

Oj, coś zaczęły mnie nachodzić myśli, że może nadszedł już czas na to, by na drzwiach biblioteki napisać: ***„UWAGA! Zły Kustosz"*** (a najchętniej z małym dodatkiem: ***„Udałam się na narty, nie wiem kiedy wrócę..."***).

Szczęściem Profesorski Kot mruczy nieodmiennie serdecznie, co pozwala człowiekowi zapomnieć o takich różnych głupotach.

**Basia**



# ZAWARTOŚĆ TOMU 43, POSTĘPÓW ASTRONOMII

Numeracja stron:
zeszyt 1 (1 - 48), zeszyt 2 (49 - 96), zeszyt 3 (97 - 144), zeszyt 4 (145 - 192)

## INDEKS PRZEDMIOTOWY


**Artykuły**

Astronomia a technika atomowa (wszystko o czasie (3)), *Kazimierz M. Borkowski*, 14
Budowa Galaktyki w oparciu o obserwacje OGLE, *Bohdan Paczyński*, 104
Centrum Galaktyki w promieniowaniu radiowym, *Jacek Niezgoda*, 73
Czy newtonowska stała jest stała?, *Tadeusz Jarzębowski*, 59
Galileo - sukcesy, porażki, oczekiwania, *Krzysztof Ziołkowski*, 148
Jaka jest odległość do bersterów gamma?, *Danuta Dobrzycka*, 53
Jeszcze o soczewkach grawitacyjnych, *Andrzej Krasiński*, 124
Meteoryty w Olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym, *Jadwiga Biała*, 30
Meteoryty, *Leszek P. Błaszkiewicz*, 22
Modele błysków gamma, *Michał Jaroszyński*, 54
Niezwykła historia pewnej reguły, *Kazimierz Schilling*, 81
Obserwacje Yohkoh - przełomowy rozdział w badaniach korony słonecznej, *Janusz Sylwester*, 166
Pewna burza magnetyczna, *Radosław Rek*, 162
Podczerwony obraz centrum Galaktyki, *Marek Gołębiewski*, 65
Poszukiwanie pozasłonecznych układów planetarnych, *Aleksander Wolszczan*, 108
Rekord prędkości naszej Galaktyki, czyli o galaktycznych mikrokwazarach, *Piotr Życki*, 117
Teleskop Kecka w rękach astronomów, *Kevin Krisciunas*, 4

**HST obserwuje**

Burza na Saturnie, *Paweł Sobotka*, 134
Gwiezdne cmentarzysko, *Marek Gołębiewski*, 154
HST obserwuje ciała Systemu Słonecznego, *Andrzej Woszczyk*, 12
Kwazar 3C273 - (bliskie) spotkanie po latach, *Andrzej Marecki*, 135
Młodość galaktyk, *Andrzej Sołtan*, 11
Narodziny i śmierć gwiazd - Jak rodzą się gwiazdy?, *Andrzej Woszczyk*, 88
Narodziny i śmierć gwiazd - Jak umierają gwiazdy?, *Joanna Mikołajewska*, 90
Nowe księżyce Saturna, *Paweł Sobotka*, 132
Pierścienie Saturna niewidoczne, *Paweł Sobotka*, 130
Radiogalaktyki, *Andrzej Marecki*, 157
Układ Pluton - Charon, *Paweł Sobotka*, 35
Uran, jego pierścienie i księżyce, *Paweł Sobotka*, 34

**Rozmaitości**

Abell 2218 soczewką grawitacyjną, *Andrzej Sołtan*, 64
Alexis obserwuje, *Roman Schreiber*, 33
Bardzo Duży Teleskop ESO w tarapatach, *Andrzej Woszczyk*, 36
ESO - Bardzo Duży Teleskop pozostaje w Chile, *Andrzej Woszczyk*, 112
Historia dwóch gromad gwiazd, *Andrzej Sołtan*, 114
Kłopoty z nadfioletem, *Andrzej Sołtan*, 63
Nowa gromada galaktyk, *Andrzej Sołtan*, 115
Nowa planeta?, *Andrzej Woszczyk*, 158
Spadek meteorytu Baszkówka, *Andrzej S. Pilski*, 33
Supercięzka gwiazda, *Andrzej Sołtan*, 114
Ulysses w okolicach północnego bieguna Słońca, *Roman Schreiber*, 62
Ulysses, *Roman Schreiber*, 159
Wiatr słoneczny a oscylacje Słońca, *Roman Schreiber*, 160

**Astronomia w szkole**

Astronomia w szkole polskiej - integracja nauczania fizyki z astronomią, *Juliusz Domański*, 37
Grudziądzkie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne, *Andrzej Woszczyk*, 39
„Humor" w dydaktyce astronomii, *Ewa Kuczawska*, 96
Nauczanie astronomii w Europie, *Cecylia Iwaniszewska*, 38
XXXIX Olimpiada Astronomiczna - pierwsza seria zadań I etapu, 40

**Sylwetki PA**

Hannes Alfvén (1908-1995), *Roman Schreiber*, 91
Helena Kazimierczak-Połońska (1902-1992), *Konrad Rudnicki*, 139
Profesor Stefan Piotrowski - w jedenastą rocznicę śmierci, *Kazimierz Stępień*, 184
Wiesław Wiśniewski (1931-1994), *Jan Mietelski, Jerzy Machalski*, 41
Wzór obserwatora, *Tomasz Kwiatkowski*, 42

**In memoriam**

Jan Smoliński (1934-1995), *Andrzej Woszczyk*, 138
Przemysław Rybka (1923-1995), *Andrzej Woszczyk*, 93
Umierają gwiazdy, odchodzą astronomowie..., *Andrzej Woszczyk*, 186

**W kraju**

40 lat Planetarium w Chorzowie, *Henryk Chrupała*, 178
Granty KBN, 183
Nowy radioteleskop w Krakowie, *Adam Michalec*, Stanisław Zięba, 176
Toruński radioteleskop 32 m, *Roman Schreiber*, 44

**Ze zjazdów i konferencji...**

Powstawanie i ewolucja gwiazd podwójnych w gromadach, *Wojciech Krzemiński*, 175
XXVII Zjazd PTA, *Andrzej Woszczyk*, 144

**Felieton**

Baba z wozu..., *Bożena Czerny*, 46
CK macierze, toruniany czy jakoś tak, *Andrzej J. Maciejewski*, 94
Profesorski kot, czyli wspomnienia Złego Kustosza, *Barbara Gertner*, 190
Rura Randiego albo sabat profesorów, *Maciej Mikołajewski*, 142

**Inne**

Ankieta *Postępów Astronomii* - wyniki, *Jacek Drążkowski*, 2
Jeszcze o historii Obserwatorium Krakowskiego, *Jan Mietelski*, 48
Jubileuszowa debata - skąd się biorą rozbłyski gamma?, *Danuta Dobrzycka*, 52
Meteoryty inaczej..., *Jacek Drążkowski*, 23, 24, 27, 28
Nowe soczewki grawitacyjne, *Andrzej Woszczyk*, 129
Na półce z książkami, *Barbara Gertner*, 188
Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego, 146
XXVII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, 93


## INDEKS AUTORÓW


**Biała Jadwiga**, 30
**Błaszkiewicz Leszek P.**, 22
**Borkowski Kazimierz M.**, 14
**Chrupała Henryk**, 178
**Czerny Bożena**, 46
**Dobrzycka Danuta**, 52, 53
**Domański Juliusz**, 37
**Drążkowski Jacek**, 2, 23, 24, 27, 28
**Gertner Barbara**, 188, 190
**Gołębiewski Marek**, 65, 154
**Iwaniszewska Cecylia**, 38
**Jaroszyński Michał**, 54
**Jarzębowski Tadeusz**, 59
**Krasiński Andrzej**, 124
**Krisciunas Kevin**, 4
**Krzemiński Wojciech**, 175
**Kuczawska Ewa**, 96
**Kwiatkowski Tomasz**, 42
**Machalski Jerzy**, 41
**Maciejewski Andrzej J.**, 94
**Marecki Andrzej**, 135, 157
**Michalec Adam**, 93, 176, 156
**Mietelski Jan**, 41, 48
**Mikołajewska Joanna**, 90
**Mikołajewski Maciej**, 142
**Niezgoda Jacek**, 73
**Paczyński Bohdan**, 104
**Pilski Andrzej S.**, 33
**Rek Radosław**, 162
**Rudnicki Konrad**, 139
**Schilling Kazimierz**, 81
**Schreiber Roman**, 33, 44, 62, 91, 159, 160
**Sobotko Paweł**, 34, 35, 130, 132, 134
**Sołtan Andrzej**, 11, 63, 64, 114, 115,
**Stępień Kazimierz**, 184
**Sylwester Janusz**, 166
**Wolszczan Aleksander**, 108
**Woszczyk Andrzej**, 12, 36, 39, 88, 93, 112, 129, 138, 144, 158, 186
**Zięba Stanisław**, 176
**Ziołkowski Krzysztof**, 148
**Życki Piotr**, 117



BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU

FOTO Obserwacje

obserwuje

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

# SATELITY JOWISZA

Prawie 400 lat temu Galileo Galilei skierował skonstruowany przez siebie teleskop na Jowisza i odkrył cztery towarzyszące jemu „planety", które nazwał „medycejskimi" na cześć rodu swego sponsora. Nazwę „satelity" wprowadził do astronomii Johannes Kepler, a do dzisiaj popularne jest określanie ich mianem „galileuszowych". Ochrzcił je tak Simon Marius, któremu zawdzięczają również swoje nazwy własne: Io, Europa, Ganimedes i Kallisto. Wyraźne zmiany w ich konfiguracji są zauważalne już w przeciągu paru godzin. Dzięki ich niemałej jasności (5-6$^{m}$), dysponując obiektywem długoogniskowym, można bez większych problemów uwiecznić je na kliszy fotograficznej, czego dowodem są prezentowane niżej zdjęcia.

Prezentowane obok zdjęcie zostało wykonane 16 lipca 1994 roku około godziny 22$^{00}$ przy pomocy aparatu PRAKTICA MTL 5B z dołączonym obiektywem MTO 10/1000 na negatywie KODAK T-MAX 3200 z czasem ekspozycji 0,5 s. Jego autorem jest Grzegorz Świnder z Poznania.

Zamieszczone niżej zdjęcie Jowisza i jego satelitów wykonałem parę lat temu na tarasie olsztyńskiego obserwatorium aparatem Pentax MV1 i stojącym tam Meniscasem (15/1500) w roli obiektywu. Czas ekspozycji był dobrany automatycznie, ponieważ ... niebo było jeszcze dosyć jasne (krótko po zachodzie Słońca).

Jacek Drążkowski

A tak widzi cztery galileuszowe satelity Jowisza Teleskop Kosmiczny Hubble'a. Poniższe zdjęcia zostały wykonane 9 października 1995 roku.

Io

Europa

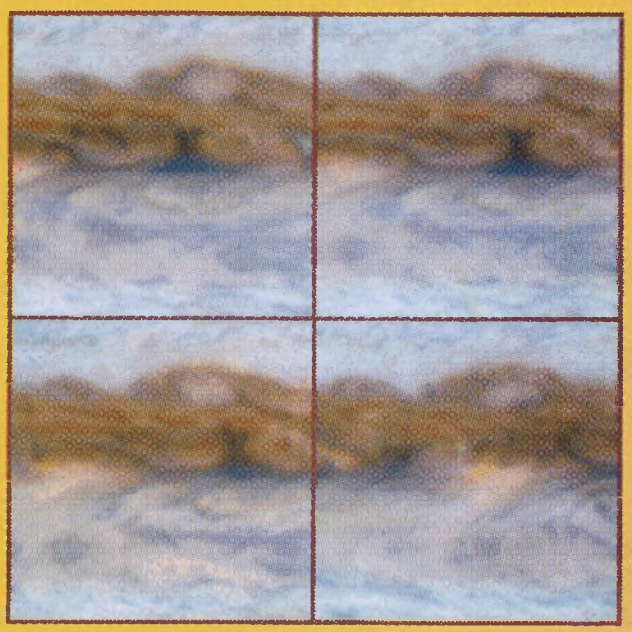
Kallisto

Ganimedes

TELESKOP KOSMICZNY HUBBLE'A

obserwuje

Biblioteka Główna UMK
300048429775

To zdjęcie Jowisza otrzymano 5 października 1995 roku, gdy planeta znajdowała się 854 miliony kilometrów od Ziemi. Ponieważ pole widzenia kamery WFPC2 jest mniejsze od widzianej tarczy Jowisza, powstało ono ze złożenia trzech obrazów. Strzałka wskazuje miejsce planowanego wejścia próbnika sondy Galileo w atmosferę.

Z prawej strony pokazana jest sekwencja czterech zdjęć obszaru spadku sondy. Pierwsze (górne lewe) wykonano 4 października 1995 r. o godz. 18 UT, następne (od górnego prawego do prawego dolnego) 10, 20 i 60 godzin później. Rozmiar ukazanego obszaru trzykrotnie przewyższa średnicę Ziemi. Prędkość dryfu widocznych obłoków wynosi 400 km/h.