Biblioteka
Główna
UMK Toruń
+ index
08483 | 1998

Urania
Postępy Astronomii

1/98 (673)
tom LXIX
styczeń – luty

kolorowa wkładka

Mgławice planetarne
(galeria zdjęć HST)

Uniwersytet
w Toruniu

Nowy obraz Układu Słonecznego

10 lat z supernową SN 1987A

Komety w laboratorium

Astronomia na ulicy

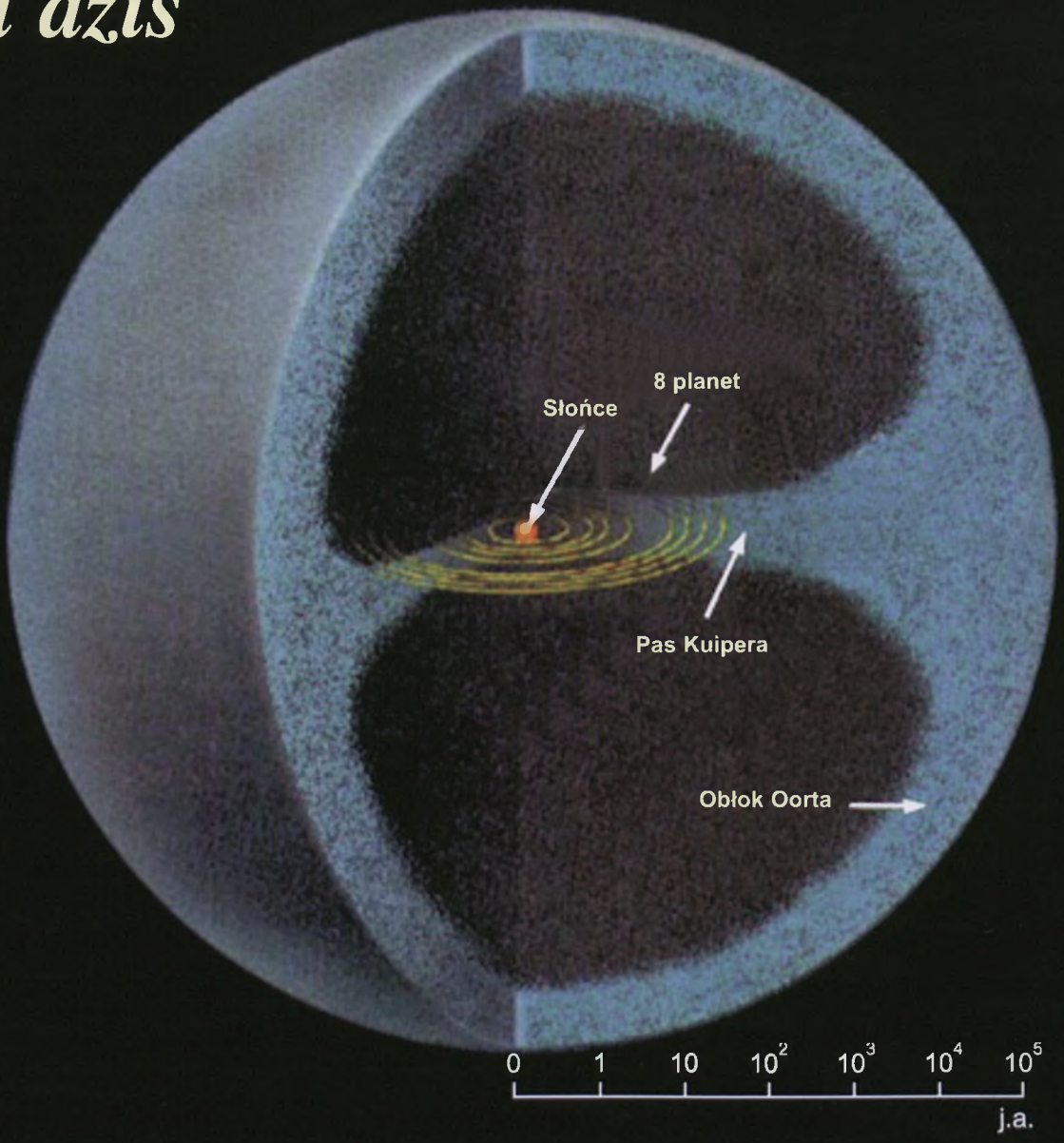
Kalendarz Astronomiczny

Układ Słoneczny wczoraj...

(do artykułu K. Ziołkowskiego „Nowy obraz Układu Słonecznego”, na str. 4.)

Obok dobrze znany, tradycyjny obraz Układu Słonecznego zawierajacy 9 planet i pas planetoid między orbitami Marsa i Jowisza (punktami oznaczono położenia znanych planetoid w tym samym momencie). Niżej, nowy obraz Układu Słonecznego.

...i dziś



index / 08483 / 1998

1998
tom LXIX

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

INDEKS AUTORÓW

Bajtlik Stanisław, 58

Biała Jadwiga, 124

Brzostkiewicz Stanisław R., 10 , 122, 156, 196, 211, 247

Czasnowski Maciej, 144, 192, 240, 288

Domański Juliusz, 132, 175, 232, 280

Drążkowski Jacek, 170, 281

Dworak T. Zbigniew, 32

Dyks Jarosław, 68

Dziembowski Wojciech, 148

Fangor Roman, 256

Fierro Julieta, 40

Gęsicki Krzysztof, 252

Giersz Marek, 225

Gołębiewski Marek, 18, 27, 47, 74, 76, 96, 216, 262, 267, 269, (2) o.II, (3) o.IV (6) o.II, (6) o.IV

Iwaniszewska Cecylia, 217

Jarzębowski Tadeusz, 106

Korpikiewicz Honorata, 134, 160

Kosinski Janusz W., 136

Kossacki Konrad J., 14

Kreiner Jerzy M., 166

Kruk Jacek, 36, 268

Kuczyński Jerzy, 180, 273

Kułak Andrzej, 60

Leliwa-Kopystyński Jacek, 150

Marecki Andrzej, 170

Michalec Adam, 32, 222, 224

Niedzielski Andrzej, 206

Olech Arkadiusz, 82, 173, 276, 278

Palczewski Lech, 275

Pankowski Karol, 272

Prętka Halina, 114

Rochowicz Krzysztof, 25, 26, 73, 77, 120, 121, 123, 169, 171, 212, 214, 216, 218, 264, 266, (1) o.IV, (4) o.IV, (4) w.IV, (5) o.IV, (5) w.IV,

Schatzman Evry, 54

Schilling Kazimierz, 78

Schmidt Mirosław, 252

Schreiber Roman, 75, (5) o.II

Semeniuk Irena, 244

Sikorski Jerzy, 220

Skórzyński Wiesław, 48, 87, 137, 183, 230, 265

Smak Józef, 104, 225

Sołtan Andrzej M., 202

Speil Jerzy, 172

Sroczyńska-Kożuchowska Magdalena, 88, 129, 184, 270

Szczepanik Jacek, 176

Szudy Józef, 100

Ścieżor Tomasz, 43, 92, 138, 186, 234, 226, 282

Śróbka-Kubiak Małgorzata, 131

Świętnicki Mariusz, 277

Wenerski Karol, 81

Włodarczyk Ireneusz, 38

Woszczyk Andrzej, 13, 30, 35, 169, 267, 281

Ziołkowski Krzysztof, 4

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU
08483

INDEKS PRZEDMIOTOWY

Artykuły

Astronomia u progu trzeciego tysiąclecia, *Józef Smak* 104

Astronomia w Korei, *Jerzy M. Kreiner* 166

Czy komety można tylko obserwować? *Konrad J. Kossacki* 14

Data narodzin Jezusa Chrystusa i „Gwiazda Betlejemska", *Irena Semeniuk* 244

Dysk Kuipera a pochodzenie komet, *Halina Prętka* 114

Dziesięć lat z supernową AD 1987, *Marek Gołębiewski* 18

Europa, Europa..., *Stanisław R. Brzostkiewicz* 247

Fizyka u progu trzeciego tysiąclecia, *Józef Szudy* 100

Galaktyki normalne, *Andrzej M. Sołtan* 202

Gwiazdy górnej części diagramu H-R *Krzysztof Gęsicki, Mirosław Schmidt* 252

Kosmiczne pochodzenie pól elektromagnetycznych ekstremalnie niskiej częstotliwości na powierzchni Ziemi, *Andrzej Kułak* 60

Niebo nieznane, *Stanisław Bajtlik* 58

Nowa „mała kamera" w Piwnicach, *Andrzej Niedzielski* 206

Nowinki z Księżyca, *Stanisław R. Brzostkiewicz* 196

Nowy obraz Układu Słonecznego, *Krzysztof Ziołkowski* 4

Na spotkanie z planetoidą Eros (433), *Stanisław R. Brzostkiewicz* 10

Obserwacje wnętrza Słońca, *Wojciech Dziembowski* 148

Osobliwości zmian pór roku i środowiska na Plutonie *T. Zbigniew Dworak* 32

Polskie Towarzystwo Astronomiczne ma 75 lat!, *Adam Michalec* 32

Przetworniki CCD w amatorskich obserwacjach astronomicznych, *Roman Fangor* 256

Pulsary wkroczyły w czwarte dziesięciolecie, *Tadeusz Jarzębowski* 106

Układ Jowisza, *Jarosław Dyks* 68

Układ Słoneczny — pochodzenie i ewolucja, *Jacek Leliwa-Kopystyński* 150

Współczesny powrót do badań struktury wewnętrznej gwiazd, *Evry Schatzman* 54

Tajemnice Tytana, *Stanisław R. Brzostkiewicz* 156

Zarys kosmoekologii, *Honorata Korpikiewicz* 160

Rozmaitości

Antarktyda a globalne ocieplenie, *Marek Gołębiewski* 269

COROT — nowy program poszukiwania planet poza Układem Słonecznym, *Andrzej Woszczyk* 267

Czarne serce Galaktyki, *Marek Gołębiewski* 216

Galaktyki widziane inaczej, *Krzysztof Rochowicz* 216

Gorące wieści o pozasłonecznych planetach, *Krzysztof Rochowicz* 266

Gwiazdy neutronowe w dziedzinie optycznej, *Marek Gołębiewski* 262

Jak będą szukać planet w Arizonie?, *Marek Gołębiewski* 267

Kelu-1 — samotny brązowy karzeł, *Marek Gołębiewski* 27

Kosmiczna lodówka, *Krzysztof Rochowicz* 25

Los Wszechświata, *Marek Gołębiewski* 74

Magnetar niszczyciel, *Marek Gołębiewski* 269

Mars z bliska, *Krzysztof Rochowicz* 212

Niebo w podczerwieni, *Krzysztof Rochowicz* 73

Nowa klasa planetoid?, *Marek Gołębiewski* 269

Nowe cele misji sondy Deep Space-1, *Jacek Kruk* 268

Nowe planety, *Krzysztof Rochowicz* 214

Nowe spojrzenie na marsjańską dolinę Nirgal Vallis, *Stanisław R. Brzostkiewicz* 122

Nowe spojrzenie na twarz Marsjanina, *Jacek Drążkowski* 170

Nowe zagadki na Io, *Marek Gołębiewski* 74

Polarna fontanna Ziemi, *Roman Schreiber* 75

Rozbłyski gamma — nowe fakty, nowe zagadki, *Andrzej Marecki* 170

SALT — bliźniak HETa, *Andrzej Woszczyk* 30

Spadek wielkiego meteorytu w Grenlandii, *Andrzej Woszczyk* 35

Voyager liderem, *Krzysztof Rochowicz* 73

Wielka Czerwona Plama, *Stanisław R. Brzostkiewicz* 211

Teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje

Biały karzeł w Kokonie, (5) o.IV

Galeria mgławic planetarnych teleskopu kosmicznego Hubble'a, *Andrzej Woszczyk* 13

Gwiazdy neutronowe przestają być niewidzialne!, *Krzysztof Rochowicz* 26

IRAS 1, *Marek Gołębiewski*, (3) o.IV

Kanibale żyją dłużej, *Krzysztof Rochowicz* 121

Kosmiczne jajko, *Marek Gołębiewski* (6) o.IV

Kosmiczne zorze, *Krzysztof Rochowicz* (1) o.IV

Kwazary pobite przez galaktyki, *Krzysztof Rochowicz* 120

Mgławica Bańka (NGC 7635), *Marek Gołębiewski*, (6) o.IV

Mgławica „prostokątna", *Krzysztof Rochowicz* (4) w.IV

Najmasywniejsze znane gwiazdy, *Marek Gołębiewski* 76

Najmłodsza mgławica planetarna, *K. Rochowicz* (4) w.IV

Narodziny gwiazd w Małym Obłoku Magellana, *Krzysztof Rochowicz* (5) w.IV

NGC 6818, *Marek Gołębiewski* (3) o.IV

Odchudzanie gwiazd, *Krzysztof Rochowicz* 77

SN 1987A — przebudzenia, *Marek Gołębiewski* (2) o.II

Teleskop kosmiczny sfotografował planetę!?, *Krzysztof Rochowicz* (4) o.IV

„Wystrzałowe" odkrycie, *Krzysztof Rochowicz* 25

W kraju i na świecie

Komunikaty PTA, *Adam Michalec* 222

Międzynarodowa Konferencja Obserwatorów Meteorów, *Arkadiusz Olech* 276

OZMA II – Borówno '98, *Lech Palczewski* 275

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii 223

Sprawozdanie z trzecich bieszczadzkich spotkań dyskusyjnych: „Pola elektromagnetyczne ELF w astrofizyce i medycynie", *Adam Michalec* 224

Srebrne wesele Olsztyńskiego Planetarium, *Jadwiga Biała* 124

Zlot Miłośników Astronomii czyli OZMA 1997, *Karol Wenerski* 81

Astronomia w szkole

Astronomia na ulicy, *Julieta Fierro* 40

List otwarty Zebrania Delelegatów PTF do MEN w sprawie projektu reformy programów nauczania 39

Magnitudo, a co to właściwie jest?, *Juliusz Domański* 280

Młodzi miłośnicy astronomii na XIV OMSA w Grudziądzu, *Małgorzata Śróbka-Kubiak* 131

O programach dydaktycznych z astronomii, *Ireneusz Włodarczyk* 38

Psia Gwiazda na lekcjach astrofizyki, *Juliusz Domański* 132

Przebieg XLI Olimpiady Astronomicznej w roku szkolnym 1997–98, *Jacek Szczepanik* 176

Rozwiązania wybranych zadań finałowych XLI Olimpiady Astronomicznej, *Jerzy Kuczyński* 180

Seminarium dla nauczycieli fizyki, Warszawa, CAMK, 24–26 października 1997, *Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska* 129

Widma gwiazd — dlaczego takie są?, *Juliusz Domański* 232

XLII Olimpiada Astronomiczna 182

Zaćmienie na ekranie komputera i nie tylko, *Juliusz Domański* 175

Zadania XLI Olimpiady Astronomicznej 177

Miłośnicy astronomii obserwują

Amatorskie obserwacje Plutona, *Mariusz Świętnicki* 277

Obserwacje gwiazd zmiennych w 1977 roku, *Jerzy Speil* 172

Obserwacje komet w Sekcji Obserwacji Komet PTMA, *Tomasz Ściężor* 226

Perseidy 1997, *Arkadiusz Olech* 82

Roje meteorów w 1998 roku, *Arkadiusz Olech* 173

Wybuch aktywności Bootyd czerwcowych, *Arkadiusz Olech* 278

Poradnik obserwatora

Wiesław Skórzyński

Fotografowanie Mlecznej Drogi 265

Fotografowanie nieruchomym aparatem 87

Jasności gwiazd 137

Klisze i obiektywy 48

Lorneta czy luneta? 230

Zdolność rozdzielcza 183

Elementarz Uranii

Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska

(Al)chemia Wszechświata 270

Promieniowanie elektromagnetyczne jako źródło informacji o Wszechświecie 88

Źródła informacji astronomicznych (cz. II) 184

Galeria mgławic Messiera

Krzysztof Rochowicz

Gromady (niemal) kuliste (M9–M13) 264

Gwiezdne mrowiska (M2–M5) 171

Klejnoty w sercu Mlecznej Drogi (M6–M8) 218

Mgławica Krab (M1) 123

U 0405

Niebo nad nami

Wielki Kwadrat Pegaza, *Cecylia Iwaniszewska* 217

In memoriam

Bohdan Kiełczewski (1912–1998), *Honorata Korpikiewicz* 135

Sylwetki Uranii-PA

Jerzy S. Stodółkiewicz (1933–1988), *Marek Giersz, Józef Smak* 225

Z historii polskiej astronomii

Lucjan Orkisz (1899–1973), *Jacek Kruk* 36

Polemiki i dyskusje

Jeszcze o obserwacjach meteorów w Polsce, *Janusz W. Kosinski* 136

O niebezpieczeństwach popularyzacji wiedzy, *Karol Pankowski* 272

O niebezpieczeństwach popularyzacji wiedzy ciąg dalszy, *Jerzy Kuczyński* 273

Uboczne skutki popularyzacji fizyki i astronomii, *Jerzy Sikorski* 220

Kalendarz astronomiczny

Tomasz Ściężor

Rok 1998, styczeń – marzec 43

kwiecień – czerwiec 92

lipiec – sierpień 138

wrzesień – październik 186

listopad — grudzień 234

Rok 1999, styczeń – luty 282

Recenzje

Astrofotografia, czyli jak i czym fotografować..., *Jacek Drążkowski* 281

Niebo za oknem 1999, *Andrzej Woszczyk* 281

Trzeci etap wędrówki po krętych ścieżkach nauki, *Kazimierz Schilling* 78

Konkursy

Czy znasz Układ Słoneczny? 90, 192, 144, 240, 288

Wakacyjne zdjęcie nieba 185

Inne

Burze na Jowiszu i wybuchy na Słońcu, *Krzysztof Rochowicz, Roman Schreiber* (5) o.II

Dwingeloo 1, *Marek Gołębiewski* (2) o.IV

Masywna gwiazda z dyskiem, *Marek Gołębiewski* (6) o.II

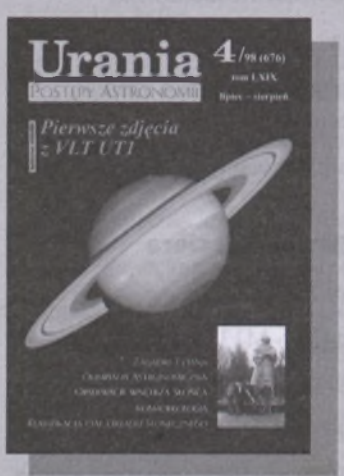
Pierwsze zdjęcia z teleskopu VLT, *Krzysztof Rochowicz, Andrzej Woszczyk* 169

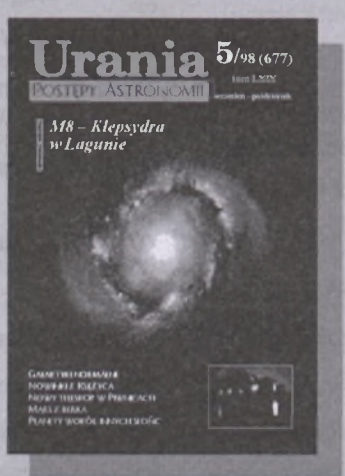
Zorza polarna sfotografowana we Fromborku 263

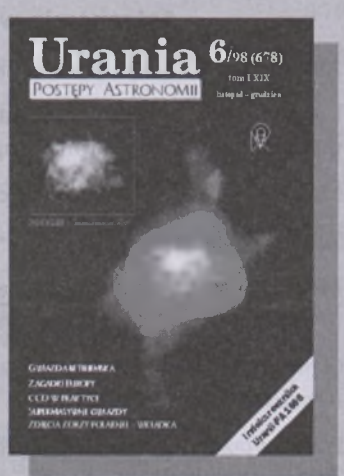
Układ stron w tomie LXIX „Uranii-PA":

zeszyt nr 1 (673)	***1 — 48***
zeszyt nr 2 (674)	***49 — 96***
zeszyt nr 3 (675)	***97 — 144***
zeszyt nr 4 (676)	***145 — 196***
zeszyt nr 5 (677)	***197 — 240***
zeszyt nr 6 (678)	***241 — 288***

W przypadku materiałów umieszczonych na stronach kolorowych zastosowano oznaczenia: liczba w nawiasie — numer zeszytu, o — okładka, w — wkładka, cyfra rzymska — numer strony.







41

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Oddajemy w Wasze ręce pierwszy numer dwumiesięcznika pod tytułem „URANIA-Postępy Astronomii". Poprzez swą formę i ideę łączenia w jednym tytule treści, interesujących zarówno dla zawodowych astronomów, jak i szerokich rzesz miłośników gwiaździstego nieba, jest to nowe czasopismo. Ma jednak 75-letnią tradycję „Uranii" — miesięcznika Polskich Miłośników Astronomii i 45-letnią tradycję „Postępów Astronomii" — kwartalnika Polskich Astronomów. Powołujemy się na patronat naszej wspólnej Muzy Astronomii — URANII, przejmując równocześnie tytuł i tradycję (oraz numerację) tego najstarszego pisma astronomicznego w Polsce i chcemy służyć upowszechnianiu rzetelnej wiedzy o Wszechświecie i współczesnej astronomii. Naszemu czasopismu patronują Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, organizacje wielce zasłużone dla rozwoju astronomii w Polsce praktycznie od chwili odzyskania niepodległości i powstania II Rzeczpospolitej.

W specjalnej ulotce, mającej na celu szeroką informację o zamiarach połączenia się obu polskich pism astronomicznych i promocję nowej URANII, przedstawiliśmy niejako nasz „manifest wydawniczy". Stwierdziliśmy w nim m.in., że nowe czasopismo pragnie służyć tym samym celom co pisma, z których się wywodzi, a mianowicie „pokazywać otaczające nas planety, gwiazdy i galaktyki ...oraz tłumaczyć dziejące się w tym świecie zjawiska". Oto jak praktycznie realizujemy tę obietnicę w niniejszym zeszycie.

Wiele miejsca poświęcamy w tym numerze naszemu Systemowi Słonecznemu. Szczególne prawo daje nam do tego przypadająca właśnie teraz 525. rocznica urodzin Mikołaja KOPERNIKA. Zeszyt otwieramy artykułem Doktora Krzysztofa ZIOŁKOWSKIEGO, wieloletniego redaktora „starej Uranii" i wiceprezesa Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, na temat „Współczesny obraz Systemu Planetarnego". Jest to specjalnie dla „nowej Uranii" napisana wersja „Wykładu zaproszonego", jaki ten Autor wygłosił na Walnym Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego we wrześniu 97. roku w Zielonej Górze. Spodziewamy się, że inne wykłady wygłoszone podczas tego Zjazdu przez znakomitych astronomów (nie tylko z Polski !) będą ukazywać się w kolejnych zeszytach naszego pisma. Inny Autor od wielu lat związany z „Uranią", Stanisław R. BRZOSTKIEWICZ, pisze o kosmicznej wyprawie sondy NEAR do planetki nr 433 EROS, wspominając główne odkrycia dokonane w czasie przelotu statku GALILEO w pobliżu innych małych planetek, Gaspry i Idy. Natomiast Profesor T. Zbigniew DWORAK z Krakowa opisuje zjawiska astronomiczne, jakich możemy się spodziewać na Plutonie, do niedawna uważanym za najdalszą (ostatnią?) planetę naszego Układu.

— Czy komety możemy tylko obserwować? — stawia pytanie Doktor Konrad KOSSACKI z Warszawy. Odpowiedź brzmi oczywiście: nie, nie tylko. Możemy je bowiem badać też laboratoryjnie. Jak to możliwe? Odsyłam Państwa do ciekawego artykułu tego Autora na str. 14.

Historię gwiazdy „po śmierci" przedstawia członek naszego Zespołu Redakcyjnego, znany czytelnikom „Postępów Astronomii" jako autor m.in. ich strony internetowej WWW , astronom z Torunia Marek GOŁĘBIEWSKI. Jest to 10-letnia historia gwiazdy Supernowej 1987A w Wielkim Obłoku Magellana, która wspaniale potwierdziła nasze rozumienie procesów ewolucyjnych zachodzących w gwiazdach. Innym gwiazdom, wielkim i małym, poświęcamy kilka krótszych notatek w naszym dziale „Rozmaitości" oraz w rubryce „Teleskop Kosmiczny Hubble'a Obserwuje". Piszemy też o planach budowy nowego wielkiego teleskopu nazwanego SALT w Afryce Południowej.

Z „Historii polskiej astronomii" przypominamy piórem Jacka KRUKA postać przedwojennego astronoma rakowskiego i odkrywcy komety w 1925 roku — Lucjana ORKISZA.

Bardzo zależy nam na utrzymywaniu żywego kontaktu z polską szkołą — nauczycielami i uczniami. W trosce o sprawy nauczania fizyki (z astronomią) publikujemy „List otwarty Polskiego Towarzystwa Fizycznego do Ministra Edukacji Narodowej w sprawie projektu reformy programów nauczania". Publikujemy też informację o komputerowych programach dydaktycznych z astronomii i relację Doktor Julietty FIERRO z Meksyku („Astronomia na ulicy") na temat jej doświadczeń w przekazywaniu dzieciom z tamtejszych przedmieść i domów dziecka podstawowej wiedzy o pięknie i zjawiskach otaczającego nas świata. Pani FIERRO jest obecnie Przewodniczącą Komisji Nauczania Astronomii Międzynarodowej Unii Astronomicznej.

Nam wszystkim na pewno przyda się kalendarzyk astronomiczny. Doktor Tomasz ŚCIĘŻOR z Krakowa zebrał i przedstawia nam informacje o faktach i zjawiskach mogących interesować każdego miłośnika nieba w pierwszym kwartale 1998 roku. Kalendarzyk w takiej formie mamy zamiar publikować zawsze z odpowiednim wyprzedzeniem, aby ewentualne zaburzenia regularności druku czy dystrybucji nie przeszkodziły naszym Czytelnikom w obserwacjach ciekawych zjawisk. Z myślą o obserwatorach otwieramy też rubrykę „Poradnik obserwatora". Na początek Wiesław SKÓRZYŃSKI pisze o kliszach i obiektywach do amatorskich obserwacji astronomicznych.

Całość zeszytu dopełniają piękne zdjęcia mgławic planetarnych, uzyskane ostatnio teleskopem kosmicznym Hubble'a oraz galeria zdjęć nadesłanych przez naszych Czytelników.

Pragniemy, aby nowa URANIA była dla Państwa pięknym, dobrym i mądrym przewodnikiem po świecie ciał niebieskich. Prosimy o listy w sprawie prezentowanych treści i ich formy. Słowem, zapraszamy do współudziału w jej redagowaniu.

Mamy nadzieję, że cały zeszyt spotka się z Państwa zainteresowaniem i będzie stanowił ciekawą lekturę.

Proszę o przyjęcie mych najlepszych życzeń „Wszelkiej Pomyślności w Nowym 1998. Roku".

Pozostaję z wyrazami szacunku

Toruń, w grudniu 1997 roku

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu
E.500/80
08483

W sprawie „Kalendarza perskiego"

Przeczytałem z zainteresowaniem artykuł Kazimierza M. Borkowskiego o kalendarzu perskim (PA 4/96) i muszę się podzielić kilkoma uwagami. Przede wszystkim sądzę, iż nie należy używać angielskiej transkrypcji nazw perskich. Persowie używają alfabetu arabskiego (nieco zmodyfikowanego). Przenoszenie słów perskich do polszczyzny – na alfabet łaciński – przy pomocy angielskiego systemu ortograficznego wymaga kolejnej transkrypcji, a jest to nonsens, częsty niestety. Zatem po prostu „Era Dżalali" albo „seldżucka", wprowadzona przez Omara Chajjama na polecenie sułtana Malik-szacha. A jeśli chciałoby się być dokładnym, to należało napisać: „był to astronom, matematyk, filozof i poeta perski, *hakim* Omar ibn Ibrahim Gijasaddin Abu l-Fath, zwany Chajjam (tzn. „Stawiający namioty")". Ponadto wypadałoby napisać, iż za początek swojej nowej rachuby czasu Omar Chajjam przyjął datę 15 marca (dzień równonocy wiosennej) 1079 roku. Opis swego kalendarza Chajjam zawarł w napisanym po persku dziele *Nou-Ruz-Name*.

T. Zbigniew Dworak

***

Droga Redakcjo!
Rozbawił mnie zamieszczony w ostatnich (2/97) „Postępach Astronomii" list do Prezesa TVP.S.A. Widać jego Autorzy mają wysokie mniemanie o skuteczności wszelkich rzeczoznawców domagając się powołania w naszym kraju Neoinkwizycji. Motywują swoją prośbę „pseudonaukowymi treściami propagowanymi przez telewizję publiczną także w programach edukacyjnych".

Oczywiście rzeczoznawcy z listy Ministerstwa Edukacji Narodowej zjedzą wszystkie rozumy, a na wszelki wypadek końcówka ich komputera będzie połączona z samym Panem Bogiem. Wykluczy to wszelkie pomyłki.

Proszę wybaczyć zjadliwość. Radzę autorom przeczytać szkolną lekturę wiersza Tetmajera „My z końca dziewiętnastego wieku, którzy wszystko już wiemy". Poza tym, jak dobry wojak Szwejk słusznie zauważył, „gdyby wszyscy byli mądrzy, to świat by z tej mądrości zwariował". Nie wiem jak Autorom, ale mnie przymiotnik „publiczna" nie kojarzy się najlepiej. Ludzie płacą abonament — wszyscy — i nie mają wpływu, na co te pieniądze zostaną wydane. Prezesa TVP obsadza partia, która zwyciężyła w demokratycznych wyborach. Na dowolną liczbę ludzi, ilu jest mądrych? Większość?! Wolne żarty! Nie zmienimy tego... Nie ma zresztą takiej potrzeby! Takie Stany Zjednoczone naukę i technikę mają wysoko rozwiniętą. To jednak tam istnieje Towarzystwo Płaskiej Ziemi czy coś w tym sensie. Nie przeszkadza to wcale wysłać człowieka na Księżyc! Zresztą w co wierzą studenci (!) w Stanach, mogliśmy poczytać w „Postępach Astronomii" 4/94. Zrozumcie! Społeczeństwu (widocznie) nie jest potrzebna do szczęścia wiedza, jak funkcjonuje Wszechświat. Jeśli to kogoś jednak interesuje, po prostu zagłębia się w lekturze np. „Postępów Astronomii" jak ja.

Z poważaniem

Jerzy Strzeja

PS Tak przy okazji. Na pierwszy front w myśl postulatów zawartych w liście do Prezesa TVP.S.A. należałoby skasować dobranocki. Np. „Miś Kolargol w Kosmosie". Przecież to takie nienaukowe! Oraz wszelkie kreskówki.

Z trochę innej beczki. Niedawno bratanica (piąta klasa podstawówki) poprosiła mnie o pomoc z geografii. Gdy przeczytałem treść zadania, wpadłem w przerażenie! „Wyjaśnij, dlaczego człowiek prawdopodobnie nigdy nie dotrze do innych — poza naszym — systemów gwiezdnych". Od kiedy uczymy przez negację?!! Dobrze, że w ubiegłym wieku nie kazano dzieciom uzasadniać, dlaczego skonstruowanie telewizora lub komputera jest niemożliwe! Cóż byśmy bez nich poczęli! Człowiek prawdopodobnie dlatego nigdy nie dotrze do innych systemów gwiezdnych, ponieważ dzieciom w szkole każe się uzasadniać, dlaczego jest to niemożliwe. Wielu się może zniechęcić!! Pozostaje mieć nadzieję, że ta indoktrynacja okaże się nieskuteczna!

***

Szanowna Redakcjo!
Zachęcony artykułem wstępnym prof.Woszczyka w nr. 3/97 „Postępów Astronomii" ośmielam się wyrazić swoją opinię w sprawie połączenia ww. pisma oraz „Uranii". Szczególnie odpowiada mi zintensyfikowanie wydań do sześciu rocznie. (...) W tak dynamicznie rozwijającej się dziedzinie, jaką jest astronomia, kwartalnik, przy takiej objętości jaką ma obecnie, traci rację bytu. Jako kompletny laik w dziedzinie astronomii i człowiek zbliżający się wiekiem do Conradowskiej „smugi cienia" jestem jednak pod urokiem astronomii i astronautyki, więc jako „klient" „Postępów" pilnie obserwuję zachodzące zmiany. Dla laika, ale pasjonata, jest niezwykle irytującą sprawą tak rzadkie ukazywanie się tak potrzebnej pozycji. Nie ukrywam, iż poziom merytoryczny znacznej części artykułów kwartalnika jest dla mnie za wysoki, co jednak nie przeszkadza mi w byciu Waszym stałym czytelnikiem. Nie słuchajcie więc sarkastycznych uwag o zbytniej „populistyczności" artykułów — opinia często wyrażana przez młodych i gorliwych studentów astronomii. Co pół roku jadę do Planetarium Śląskiego odległego od mojego miejsca zamieszkania o 30 km właśnie po Wasz kwartalnik. Jako statystyczny Kowalski jestem chyba typowym przykładem czytelnika zainteresowanego astronomią. Zważywszy na to, iż „Wiedza i Życie" oraz „Świat Nauki" co miesiąc publikują jakiś artykuł z astronomii, decyzja o intensyfikacji wydań jest godna pochwały.

(...) Co do tematów — martwi mnie brak wiadomości o dokonaniach naszego 32-m radioteleskopu. Chętnie dowiedziałbym się, co w tej chwili bada.

Mam jeszcze jedną uwagę dotyczącą recenzji niektórych książek. Czasami odnoszę wrażenie, że, abstrahując od merytorycznej słuszności tych krytycznych recenzji, są one tak agresywne, toteż wydaje mi się, iż główną winą tych książek jest to, że nie zostały napisane przez autorów recenzji. Ale może tak tylko mi się wydaje...

Osobną sprawą jest jakże słuszny „dziaf" — „Odchodzą Wielcy Astronomowie". Żal, że tak wielu odchodzi, żal, że w artykule brak podobizny Schwarzchilda, żal, że tak ciągnie się ta czarna seria, którą zaczął Harlan Smith i Sagan.

Nb. poruszony śmiercią Sagana wysłałem list kondolencyjny na ręce Pana Ambasadora Reya i otrzymałem od niego ciepłe podziękowania. Jest coś krzepiącego w tym, iż politycy na tzw. Zachodzie doceniają tak mało „dochodowe" profesje jak astronomia. Może z czasem i nasi się tego nauczą — oby przed końcem tego wieku...

Łącząc wyrazy szacunku

Dariusz Dziedzic
Bytom

***

Obserwacje meteorów w Polsce

W Uranii 7-8/97 przeczytałam artykuł A. Olecha nt. amatorskich obserwacji meteorów. Wypadałoby uzupełnić te informacje o długą historię Centralnej Sekcji Obserwatorów Meteorów PTMA, bo nie jest wcale prawdą, że p. W. Kosinski organizował meteorowe obserwacje od podstaw. Pomijanie osób zaangażowanych w obserwacje meteorów przez kilkanaście wcześniejszych lat czyni nie tylko krzywdę tym osobom, ale i stawia świadectwo nierzetelności w informacji.

Sekcja Obserwatorów Meteorów zawiązała się w 1975 roku we Fromborku, po kolejnym, ósmym z rzędu, prowadzonym przeze mnie turnusie obserwacyjnym organizowanym przez PTMA. Przewodniczącym Sekcji został miłośnik astronomii, P. Antoni Stiller, a naukowym opiekunem — zawodowy astronom, zajmujący się meteorami i meteorytami — H. Korpikiewicz. Ani opiekuństwo astronoma, ani to, że opracowanie obserwacji było profesjonalne, a wyniki ukazywały się m.in. w czasopismach fachowych w Anglii, nie zmienia faktu, że fundamentem Sekcji byli miłośnicy astronomii z zapałem obserwujący niebo. Po ok. 3 latach ich liczba urosła do ok. 30-tu, przy czym byli to ci obserwatorzy, których opracowane obserwacje ukazały się w druku. Kilku z nich jest dzisiaj zawodowymi, zaawansowanymi w swej pracy astronomami. Z przyjemnością wymienię tutaj zapalonych, a jednocześnie najbardziej wytrwałych i sumiennych obserwatorów tamtych lat: p. Stanisława Zołę, p. Tomasza Kwiatkowskiego, p. Krzysztofa Rochowicza.

dokończenie na str. 35.

08483/1998

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe poprzez połączenie się **"Uranii"** — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 roku i **"Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 roku. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii".

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK W-wa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet M.Kopernika
ul.Chopina 12/18
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 260-18 w. 51
fax. (0-56) 62 19 381

Poczta elektroniczna (E-mail adress):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Barbara Gertner, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 65 40 676 w. 14
E-mail: basia@astri.uni.torun.pl

Numer zamknięto w grudniu 1997

Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania*Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji.*Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw

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

4 ***Nowy obraz Układu Słonecznego***
Krzysztof Ziołkowski

Jedną z najciekawszych konsekwencji odkrycia pasa Kuipera jest niejako wymuszenie uznania Plutona za członka tej populacji małych ciał Układu Słonecznego. Zważywszy bowiem podobieństwo jego orbity do orbit obserwowanych obiektów transneptunowych , a także rzucające się w oczy odmienności jego ruchu, rozmiarów i własności fizycznych w porównaniu z ośmioma wielkimi planetami, trudno znaleźć argumenty uzasadniające traktowanie nadal Plutona jako dziewiątej planety Układu Słonecznego.

10 ***Na spotkanie z planetoidą Eros (433)***
Stanisław R. Brzostkiewicz

17 lutego 1996 roku wystartowała z kosmodromu Cape Canaveral na Florydzie sonda NEAR i mknie na spotkanie z planetoidą Eros (433), do której — jak zaplanowano — ma się zbliżyć 15 marca 1999 roku i w ciągu około 10 miesięcy wnikliwie ją badać.

14 ***Czy komety można tylko obserwować?***
Konrad J. Kossacki

Znając, przynajmniej w przybliżeniu, skład jądra kometarnego można wykonać w laboratorium próbkę o podobnym składzie i zbadać jej zachowanie w sztucznie wytworzonych warunkach zbliżonych do kosmicznych. Wynik takiego doświadczenia pozwala sprawdzić, czy rozumiemy procesy zachodzące w jądrze kometarnym.

18 ***Dziesięć lat z supernową AD 1987***
Marek Gołębiewski

W ciągu minionej dekady SN 1987A była tematem przynajmniej tysiąca kilkuset prac naukowych! — trudno byłoby więc zdobyć w miarę pełne rozeznanie w postępie badań tego ciekawego zjawiska. Tu próbujemy jedynie nakreślić pobieżną prezentację najciekawszych, naszym zdaniem, wyników.

32 ***Osobliwości zmian pór roku i środowiska na Plutonie***
T. Zbigniew Dworak

Aczkolwiek dane o Plutonie są, jak dotąd, dalekie od zupełności oraz brakuje nam wiadomości o pewnych parametrach, wydaje się jednak, że charakteryzuje się on osobliwymi strefami klimatycznymi i zauważalnymi zmianami pór w ciągu jego długiego roku.

teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje: Galeria mgławic planetarnych... (13); „Wystrzałowe" odkrycie (25); Gwiazdy neutronowe przestają być niewidzialne! (26)

rozmaitości: Kosmiczna lodówka (25); Kelu-1 — samotny brązowy karzeł (27); SALT — bliźniak HETa (30); Spadek wielkiego meteorytu w Grenlandii (35)

36 ***Z historii polskiej astronomii:*** Lucjan Orkisz (1899–1973)

38 ***astronomia w szkole:*** O komputerowych programach dydaktycznych z astronomii (38); List otwarty Zebrania Delegatów PTF do MEN w sprawie projektu reformy programów nauczania (39); Astronomia na ulicy (40)

43 ***kalendarz astronomiczny:*** Rok 1998 (styczeń – marzec)

47 Krzyżówka

48 ***poradnik obserwatora:*** Klisze i obiektywy

NA OKŁADCE

Mgławica planetarna M2-9 zwana „motylkiem" ze względu na swój kształt. Ta piękna mgławica bipolarna, która „urodziła się" 1200 lat temu, znajduje się w gwiazdozbiorze Wężownika w odległości 2100 lat świetlnych od Słońca.

Zdjęcie przy pomocy kamery WFPC2 teleskopu kosmicznego Hubble'a w dniu 2 sierpnia 1997 r. uzyskał zespół autorów B. Balick, V. Icke, G. Mellem i NASA. (Patrz „Galeria mgławic.." w tym zeszycie i artykuł G. Stasińskiej w PA 3/97 str. 19)

Krzysztof Ziołkowski

Nowy obraz Układu Słonecznego

Podwaliną współczesnego obrazu oraz nowożytnych koncepcji pochodzenia i ewolucji Układu Słonecznego stało się odkrycie Mikołaja Kopernika (1473-1543), że planety, a wśród nich i nasza Ziemia, krążą wokół Słońca. Zrozumienie i przyjęcie faktu, że centralnym ciałem Układu jest Słońce, a nie — jak wcześniej sądzono — Ziemia, która okazała się być jedną z planet, umożliwiło Johannesowi Keplerowi (1571-1630) wydedukowanie z obserwacji ruchu planet po niebie prawideł, którym podlegają rzeczywiste ruchy planet wokół Słońca. Te empiryczne zależności znalazły teoretyczne wytłumaczenie w odkrytych przez Isaaca Newtona (1642-1727) zasadach dynamiki i prawie powszechnego ciążenia.

Wprowadzenie

Model Układu Słonecznego, zbudowany przez Kopernika oraz objaśniony i uzasadniony przez Keplera i Newtona, składał się z sześciu obiegających Słońce planet, które widać na niebie gołym okiem (Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn) oraz z krążących wokół nich satelitów: najpierw tylko ziemskiego Księżyca, a od 1610 roku, w którym Galileusz po raz pierwszy skierował na niebo lunetę, także czterech księżyców Jowisza i wkrótce potem jeszcze kilku księżyców Saturna. Poczynając od dostrzeżenia przez Edmonda Halleya (1656-1742) okresowości komet, w heliocentrycznym obrazie Układu Słonecznego zaczęły pojawiać się nowe obiekty. Wiek XVIII wzbogacił go nie tylko o słynną kometę Halleya, lecz także o jeszcze jedną planetę: odkrytego w 1781 roku Urana.

Początek XIX stulecia przyniósł odkrycie pierwszych planetoid, wypełniając w ówczesnym obrazie Układu Słonecznego lukę między Marsem a Jowiszem, która wynikała z rozpowszechnionej pod koniec XVIII wieku empirycznej reguły Titiusa-Bodego określającej odległości planet od Słońca. Zaobserwowanie w 1846 roku kolejnej planety w pobliżu miejsca na niebie wskazanego drogą obliczeń perturbacji w ruchu Urana, powodowanych przez hipotetyczny obiekt, nie tylko stało się wielkim tryumfem mechaniki newtonowskiej, lecz także uzupełniło obraz Układu Słonecznego o Neptuna. Druga połowa XIX i początek XX wieku, poprzez liczne odkrycia wielu nowych planetoid, dzięki przede wszystkim zastosowaniu fotografii do obserwacji astronomicznych, wnoszą do modelu Układu Słonecznego coraz lepiej zarysowany obraz pasa planetoid z jego różnymi osobliwościami. Spektakularnym sukcesem metod fotograficznych było znalezienie w 1930 roku dziewiątej planety, którą nazwano Plutonem.

I taki właśnie obraz Układu Słonecznego — dziewięć wielkich planet obiegających Słońce wraz ze swymi księżycami oraz setki małych planet, krążących wokół Słońca między orbitami Marsa i Jowisza — utrwalił się na długo w powszechnej świadomości, znajdując należne mu miejsce w podręcznikach, encyklopediach oraz różnych publikacjach astronomicznych zarówno naukowych, jak i popularnych. Oczywiście, inne obiekty (komety, satelity planet, meteoroidy) oraz różnorodność obserwowanych lub tylko hipotetycznych struktur (jak pierścienie planet, strumienie meteoroidów, kometarny obłok Oorta, wiatr słoneczny, magnetosfery planetarne, heliosfera) stale wzbogacają współczesny model Układu Słonecznego, czyniąc go znacznie bardziej interesującym niż mógłby się wydawać na podstawie tak uproszczonego sformułowania. Niemniej jednak, zasadniczy zarys tego obrazu pozostał właściwie nie zmieniony niemal do samego końca XX wieku.

Osiągnięcia ostatnich lat w badaniach Układu Słonecznego zmuszają dziś jednak do pewnej modyfikacji tego spojrzenia na jego strukturę i ewolucję. Wydaje się, że ułatwiły one, a czasem nawet po prostu umożliwiły dostrzeżenie i zrozumienie wzajemnych powią-

zań i współzależności pomiędzy różnymi zjawiskami i faktami, zarówno obserwacyjnymi, jak i pochodzącymi z dociekań teoretycznych, prowadząc w konsekwencji do coraz wyraźniejszego krystalizowania się nowego obrazu naszego najbliższego otoczenia kosmicznego i jego ewolucji. Warto więc pokusić się o próbę nakreślenia zasadniczych elementów tego obrazu, wyłaniających się z dorobku drugiego półwiecza kończącego się stulecia. Nie zapominajmy przy tym, że był to czas rozpoczęcia eksploracji Układu Słonecznego metodami technik kosmicznych i to one przede wszystkim wycisnęły piętno nowości na współczesnym jego obrazie.

Planetoidy bliskie Ziemi

Obiektami, które pierwsze zamąciły klarowny i prosty obraz Układu Słonecznego lat trzydziestych, były planetoidy poruszające się po orbitach nieraz dość znacznie wykraczających poza typowy obszar ruchu małych planet, znajdujący się między orbitami Marsa i Jowisza. Wprawdzie pierwsza tego rodzaju planetoida, (433) Eros, została odkryta jeszcze w 1898 roku, ale przez długi czas była wyjątkiem, który — jak się to mówi — potwierdza regułę. Główną osobliwością Erosa jest możliwość jego zbliżeń do Ziemi na odległość zaledwie kilkunastu milionów kilometrów, gdyż peryhelium jego orbity jest oddalone od Słońca o 1.13 j.a., czyli niewiele więcej od odległości Ziemi od Słońca. Następny tego typu obiekt dostrzeżono dopiero po dwudziestu latach: odkryta w 1918 roku (887) Alinda przechodzi jeszcze bliżej orbity Ziemi niż Eros. Co więcej, Alinda porusza się po orbicie o wyraźnie eliptycznej orbicie o mimośrodzie równym 0.6.

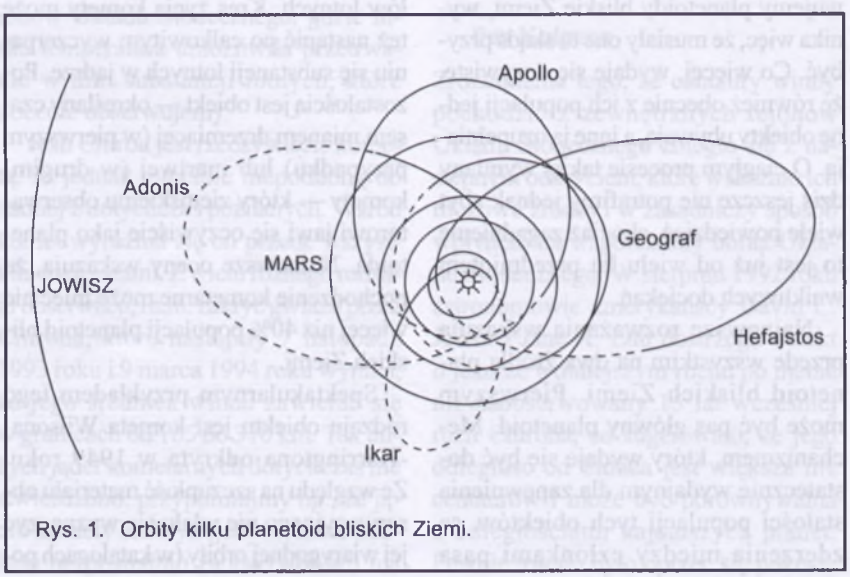
Innego rodzaju osobliwość ukazało odkrycie w ciągu zaledwie jednego roku, od lutego 1906 do lutego 1907 roku, trzech planetoid obiegających Słońce po orbitach niemal takich samych jak orbita Jowisza, przy czym dwie z nich, (588) Achilles i (624) Hektor, poruszają się za Jowiszem, podczas gdy (617) Patroklos wyprzedza Jowisza. Gdy się ponadto okazało, że ich odległości od tej planety są stale mniej więcej równe odległości Jowisza od Słońca, to zrozumiano, iż planetoidy te znajdują się w przestrzeni w pobliżu tzw. trójkątnych punktów libracji L4 i L5 układu Słońce — Jowisz i stanowią przyrodnicze potwierdzenie teoretycznych rozwiązań tzw. ograniczonego zagadnienia trzech ciał znalezionych jeszcze w 1772 roku przez Josepha L. Lagrange'a (1736-1813). Do dziś odkryto już ponad 200 tego typu obiektów, a ponieważ nadawane im nazwy są imionami bohaterów wojny trojańskiej, więc planetoidy tego typu często określa się mianem Trojańczyków.

Kolejnym obiektem, który wzbudził spore zainteresowanie, była planetoida (944) Hidalgo odkryta w 1920 roku. Ona też porusza się po orbicie eliptycznej, której mimośród nawet nieco przewyższa mimośród orbity Alindy, ale oddala się od pasa planetoid nie po jego wewnętrznej stronie, jak Eros i Alinda, lecz na zewnątrz, osiągając w aphelium odległość 9.6 j.a. od Słońca. Okres obiegu Hidalgo wokół Słońca wynosi więc aż 14 lat, podczas gdy Eros i Alinda potrzebują na pełne okrążenie Słońca odpowiednio 1.8 i 4 lata. Dodatkową osobliwością tej planetoidy jest bardzo duży, wynoszący aż 42°, kąt nachylenia płaszczyzny jej ruchu do płaszczyzny ekliptyki.

Dalsze odkrycia niezwykłych obiektów przyniósł rok 1932, w którym dostrzeżono planetoidy (1221) Amor i (1862) Apollo. Amor, którego odległość peryhelium wynosi 1.08 j.a., jest dziś traktowany jako główny przedstawiciel całej grupy planetoid, określanej mianem grupy Amora, która — najogólniej mówiąc — charakteryzuje się tym, że jej członkowie w peryhelium przybliżają się do orbity Ziemi. Apollo, po odkryciu w 1932 roku, został na długo zgubiony. Po usilnych poszukiwaniach odnaleziono go dopiero w 1973 roku. Ponieważ odległości peryhelium i aphelium jego orbity wynoszą odpowiednio 0.65 i 2.3 j.a., a ruch odbywa się w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ekliptyki pod niewielkim kątem: zaledwie 6°, więc Apollo podczas swego ruchu wokół Słońca może zbliżać się aż do trzech wielkich planet: Marsa, Ziemi i Wenus. Planetoidy, których odległości peryhelium są mniejsze od 1 j.a. (o których często, ale niezbyt ściśle, mówi się, że ich orbity przecinają orbitę Ziemi), określa się mianem planetoid typu Apollo.

Jeszcze dziwniejszym niż Apollo obiektem okazała się planetoida (1566) Ikar odkryta w 1949 roku. W peryhelium przybliża się ona do Słońca na odległość zaledwie 0.19 j.a., czyli bliżej niż najbliższa planeta Merkury, zaś w aphelium oddala od Słońca do odległości tylko 2 j.a. Okres jej obiegu wokół Słońca wynosi 1.1 roku. Orbita Ikara jest silnie spłaszczoną elipsą (mimośród wynosi 0.8) i „przecina" orbity wszystkich czterech planet ziemskiej grupy. W czerwcu 1968 roku Ikar przeleciał w odległości jedynie 0.04 j.a. (czyli około 6.5 mln km) od Ziemi.

Warto też wspomnieć o odkrytej w 1976 roku planetoidzie (2062) Atena, która — podobnie jak Amor i Apollo — była pierwszym członkiem dziś już całej grupy obiektów, których okresy obiegu wokół Słońca są krótsze od jednego roku, czyli ich średnie odległości od Słońca są mniejsze od 1 j.a. Ze względu na wyraźną najczęściej eliptyczność ich orbit również „przecinają" orbitę Ziemi, czasem Wenus, a nawet Merkurego. Obiekty należące do grup



Rys. 1. Orbity kilku planetoid bliskich Ziemi.

Amora, Apollo i Ateny nazywa się wspólnie planetoidami bliskimi Ziemi (NEA, ang. Near Earth Asteroids). Ich liczebność ocenia się na kilkadziesiąt tysięcy przy założeniu rozmiarów powyżej 0.5 km.

Obecnie znanych jest już około 400 planetoid bliskich Ziemi, a dzięki specjalnym programom obserwacyjnym odkrywa się ich coraz więcej. Głównym powodem szczególnego nimi zainteresowania jest możliwość zbliżeń do Ziemi tego typu obiektów, a nawet ich zderzeń z nią. Wprawdzie prawdopodobieństwo zderzenia jest bardzo małe ale dobrze wiadomo, że w przeszłości do takich kataklizmów już dochodziło. Świadczą o tym kratery uderzeniowe na powierzchni Ziemi, których do tej pory zdołano zidentyfikować około 140. Znacznie więcej śladów uderzeń znajduje się na powierzchniach Księżyca, Marsa czy Merkurego, a więc tych obiektów, które od bardzo dawna pozbawione już są tak silnej aktywności tektonicznej i erozji atmosferycznej, jakie występują na Ziemi czy Wenus.

Możliwość zderzeń planetoid bliskich Ziemi z planetami, a także wpływ na ich ruch oddziaływań grawitacyjnych planet, szczególnie silny podczas dużych zbliżeń, do których może stosunkowo często dochodzić, powodują, że czas życia tych obiektów na ich obecnych orbitach jest znacznie krótszy od wieku Układu Słonecznego. Ocenia się, że jest on rzędu kilkudziesięciu milionów lat. Kresem życia planetoid bliskich Ziemi może być nie tylko zderzenie z planetą, lecz także spadek na Słońce lub wyrzucenie z obszaru dotychczasowego ruchu. Z faktu, że dziś obserwujemy planetoidy bliskie Ziemi, wynika więc, że musiały one tu skądś przybyć. Co więcej, wydaje się oczywiste, że również obecnie z ich populacji jedne obiekty ubywają, a inne ją uzupełniają. O ciągłym procesie takiej wymiany dziś jeszcze nie potrafimy jednak zbyt wiele powiedzieć, chociaż zagadnienie to jest już od wielu lat przedmiotem wnikliwych dociekań.

Najnowsze rozważania wskazują przede wszystkim na dwa źródła planetoid bliskich Ziemi. Pierwszym może być pas główny planetoid. Mechanizmem, który wydaje się być dostatecznie wydajnym dla zapewnienia stałości populacji tych obiektów, są zderzenia między członkami pasa głównego. Energie przekazywane podczas zderzeń okazały się jednak za małe na to, aby spowodować odpowiednią zmianę orbity uczestników zderzeń lub fragmentów rozpadu, będącego ich konsekwencją. Proces przebiega więc pewnie dwuetapowo. Najpierw w wyniku zderzenia jakiś obiekt zaczyna obiegać Słońce po tzw. orbicie rezonansowej i dopiero później oddziaływanie grawitacyjne Jowisza powoduje przeniesienie go na orbitę typową dla planetoid bliskich Ziemi. Zarówno teoretycznie, jak i za pomocą modelowania cyfrowego stwierdzono, że szczególnie wydajnymi pod tym względem rezonansami jest współmierność 3:1 średnich ruchów planetoidy i Jowisza (odpowiadająca jednej z tzw. przerw Kirkwooda w pasie głównym planetoid) oraz jeden z tzw. rezonansów wiekowych (współmierność nie tylko średnich ruchów planetoidy i Jowisza, lecz także precesyjnych zmian długości ich peryheliów).

Drugim źródłem planetoid bliskich Ziemi mogą być komety krótkookresowe. Najbardziej oczywistym faktem potwierdzającym tę koncepcję jest rzucające się w oczy podobieństwo orbit obu tych rodzajów małych ciał Układu Słonecznego. Ale dopiero wnikliwe badania ostatnich lat dotyczące ewolucji jąder kometarnych — spośród których trudno nie wspomnieć pamiętnej eksploracji komety Halleya za pomocą kilku sond kosmicznych w 1986 roku — pokazały, że aktywność komety może ustać m.in. w wyniku pokrycia całej powierzchni jądra skorupą materii nielotnej, która uniemożliwia dalszą sublimację pozostałych wewnątrz materiałów lotnych. Kres życia komety może też nastąpić po całkowitym wyczerpaniu się substancji lotnych w jądrze. Pozostałością jest obiekt — określany czasem mianem drzemiącej (w pierwszym przypadku) lub martwej (w drugim) komety — który ziemskiemu obserwatorowi jawi się oczywiście jako planetoida. Najnowsze oceny wskazują, że pochodzenie kometarne może mieć nie więcej niż 40% populacji planetoid bliskich Ziemi.

Spektakularnym przykładem tego rodzaju obiektu jest kometa Wilsona-Harringtona odkryta w 1949 roku. Ze względu na szczupłość materiału obserwacyjnego nie udało się wyznaczyć jej wiarygodnej orbity (w katalogach podano orbitę paraboliczną) i komety tej już nigdy więcej nie zdołano zaobserwować. Ale w 1992 roku, poszukując przedodkryciowych obserwacji planetoidy bliskiej Ziemi o numerze katalogowym 4015 (ale nie mającej jeszcze nazwy), którą odkryto w 1979 roku i obserwowano później na przełomie lat 1988 i 1989 oraz w 1992 roku, natrafiono na archiwalnej kliszy na ślad, który okazał się być obrazem tej właśnie komety. Identyfikacja komety Wilsona-Harringtona z planetoidą obserwowaną po 30 latach nie budzi żadnych wątpliwości. Wszystko wskazuje więc na to, że obiekt określany dziś jako (4015) Wilson-Harrington jest drzemiącą lub może martwą już kometą.

Centaury

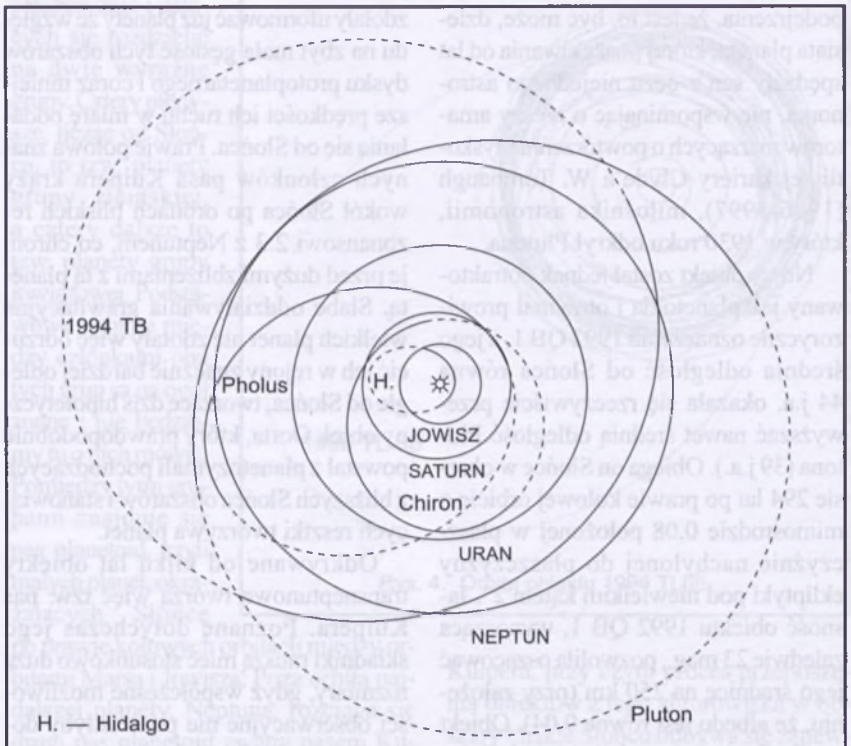
W październiku 1977 roku dokonano odkrycia, które z dzisiejszego punktu widzenia może być uznane za przełom w kształtowaniu nowego obrazu Układu Słonecznego. Astronom amerykański polskiego pochodzenia Charles T. Kowal, poszukując nowych planetoid bliskich Ziemi, dostrzegł obiekt, którego bardzo wolny ruch po niebie wskazywał, że jest odległy od Ziemi znacznie dalej niż jakakolwiek ze znanych dotychczas planetoid. Dość szybko udało się wiarygodnie wyznaczyć jego orbitę, gdyż znaleziono wiele przedodkryciowych obserwacji sięgających wstecz aż do roku 1895. Okazało się, że w peryhelium zbliża się on do Słońca na odległość 8.5 j.a., a w aphelium oddala od niego aż do 18.9 j.a. Porusza się więc całkowicie poza pierścieniem planetoid pomiędzy orbitami Jowisza i Urana w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ekliptyki pod kątem zaledwie 7°. Okres obiegu tego obiektu wokół Słońca sięga prawie 51 lat. Jego rozmiary oceniono na kilkaset kilometrów i pewnie to przesądziło o zakwalifikowaniu go — mimo nietypowej orbity — do populacji planetoid. Niezwykła planetoida otrzymała numer katalogowy 2060 i nazwę Chiron będącą w mitologii greckiej imieniem najsłynniejszego z centaurów.

Przez wiele lat Chiron był jedyną znaną planetoidą poruszającą się po zewnętrznej stronie i z dala od pasa głównego małych planet (nie licząc oczywiście wyraźnie określonych Trojańczyków). Dopiero lata dziewięćdziesiąte, dzięki wydatnemu zwiększeniu możli-

wości obserwacyjnych w wyniku coraz powszechniejszego użycia tzw. detektorów CCD, przyniosły odkrycia dalszych tego typu obiektów. Do końca 1997 roku zaobserwowano ich 8 i chociaż jest to jeszcze niewielka liczba, to jednak traktuje się je obecnie jako wyróżnioną grupę obiektów określanych mianem centaurów. Podobnie jak ich główny przedstawiciel Chiron, centaury poruszają się w obszarze ruchu Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna po wyraźnie eliptycznych orbitach, położonych na ogół w płaszczyznach nachylonych pod niewielkimi kątami do płaszczyzny ekliptyki. Liczebność tej populacji małych ciał Układu Słonecznego ocenia się na kilka tysięcy obiektów o rozmiarach kilkuset kilometrów.

Możliwość zbliżeń centaurów do wielkich planet powoduje, że ich orbity mogą ulegać dużym zmianom w stosunkowo krótkim czasie. Podobnie jak w przypadku planetoid bliskich Ziemi prowadzi to do wniosku, że czas życia centaurów musi być znacznie krótszy od wieku Układu Słonecznego. Na przykład analiza statystyczna ewolucji orbit podobnych do orbity Chirona wskazuje, że w okresie ±100 tys. lat od chwili obecnej Chiron może zmienić swój ruch w taki sposób, że okres jego obiegu wokół Słońca będzie krótszy od 20 lat. Co więcej, oszacowano, że prawdopodobieństwo przejścia Chirona na orbitę krótkookresową jest pięciokrotnie większe od prawdopodobieństwa wyrzucenia go poza obszar ruchu planet. Powstaje więc pytanie, skąd pochodzą centaury i w jaki sposób zostały wprowadzone na orbity, po których obecnie się poruszają.

Wśród różnych koncepcji pochodzenia centaurów dużym stopniem wiarygodności wydawała się początkowo cieszyć hipoteza upatrująca źródeł tych obiektów w dwóch grupach planetoid trojańskich, o których była wyżej mowa. W 1989 roku dokonano jednak odkrycia, które wykluczyło możliwość długotrwałej obecności centaurów w odległościach od Słońca mniejszych niż obecne. Wokół Chirona dostrzeżono bowiem otoczkę pyłową, co w połączeniu ze stwierdzonym nieco wcześniej pojaśnieniem tej planetoidy nieodparcie sugerowało, że zbliżając się do Słońca zaczyna się ona zachowywać jak jądro kometarne (przez peryhelium Chiron przeszedł w 1996 roku). Wkrótce potem doniesiono również o zaobserwowaniu w widmie Chirona śladów cyjanu CN, co wskazywało na emisję gazu z jego powierzchni. Odkrycie niewątpliwej aktywności kometarnej Chirona pokazało, że po obecnej orbicie porusza się on od niedawna (10^4 – 10^5 lat), a przedtem nie mógł być trojańczykiem, gdyż, znajdując się stale w odległości od Słońca porównywalnej z odległością Jowisza, nie mógłby do dziś zachować materiałów lotnych. Chiron musi więc pochodzić z jakichś zewnętrznych rejonów Układu Słonecznego, gdzie niska temperatura umożliwiła przetrwanie w nim substancji lotnych, które obecnie obserwujemy.



Rys. 2. Porównanie orbit dwóch obiektów pasa Kuipera (Pluton i 1994 TB), dwóch centaurów (Chiron i Pholus) oraz planetoidy Hidalgo (ponieważ płaszczyzny, w których położone są te orbity nie pokrywają się z płaszczyzną ekliptyki więc linią przerywaną oznaczono część orbity znajdującą się „pod", a linią ciągłą „nad" płaszczyzną ruchu planet).

Jeśli Chiron jest rzeczywiście kometą, to jednak zupełnie niepodobną do żadnej z dotychczas poznanych. Wśród komet wyróżnia się on przede wszystkim rozmiarami. Z wielu różnego rodzaju obserwacji, m.in. zakryć gwiazd przez Chirona, które nastąpiły 7 listopada 1993 roku i 9 marca 1994 roku wynika, że jego średnica winna zawierać się w granicach od 165 do 310 km. Tak dużych jąder kometarnych dotychczas nie stwierdzono; przypomnijmy np., że jądro komety Halleya (jedyne, które zdołano bezpośrednio zaobserwować) ma rozmiary 16×8×7 km i wydaje się być jednym z największych. Chiron jest więc, być może, przykładem tzw. wielkich komet, o których istnieniu dotychczas nic nie wiadomo, ale których hipotetyczna obecność w Układzie Słonecznym okazała się przydatna do wytłumaczenia pochodzenia np. tzw. kompleksu Taurydów (do którego należy kometa Enckego i związane z nią strumienie meteoroidowe, kilka planetoid bliskich Ziemi, a także prawdopodobnie kometa Rudnickiego).

Pas Kuipera

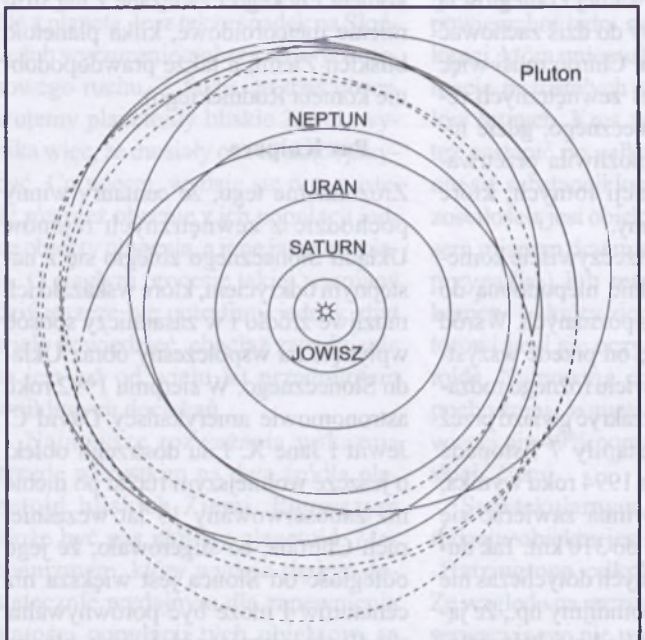
Zrozumienie tego, że centaury winny pochodzić z zewnętrznych rejonów Układu Słonecznego zbiegło się z następnym odkryciem, które wskazało ich możliwe źródło i w zasadniczy sposób wpłynęło na współczesny obraz Układu Słonecznego. W sierpniu 1992 roku astronomowie amerykańscy David C. Jewitt i Jane X. Luu dostrzegli obiekt o jeszcze wolniejszym ruchu po niebie niż zaobserwowany 15 lat wcześniej ruch Chirona, co sugerowało, że jego odległość od Słońca jest większa niż centaurów i może być porównywalna z odległościami najdalszych planet. Pewnie trudno było oprzeć się pokusie

podejrzenia, że jest to, być może, dziesiąta planeta, której poszukiwania od lat spędzały sen z oczu niejednego astronoma, nie wspominając o rzeszy amatorów marzących o powtórzeniu błyskotliwej kariery Clyde'a W. Tombaugh (1906-1997), miłośnika astronomii, który w 1930 roku odkrył Plutona.

Nowy obiekt został jednak potraktowany jak planetoida i otrzymał prowizoryczne oznaczenia 1992 QB 1, a jego średnia odległość od Słońca równa 44 j.a. okazała się rzeczywiście przewyższać nawet średnią odległość Plutona (39 j.a.). Obiega on Słońce w okresie 294 lat po prawie kołowej orbicie o mimośrodzie 0.08 położonej w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny ekliptyki pod niewielkim kątem 2°. Jasność obiektu 1992 QB 1, wynosząca zaledwie 23 mag., pozwoliła oszacować jego średnicę na 250 km (przy założeniu, że albedo jest równe 0.04). Obiekt o takich rozmiarach trudno byłoby uznać za planetę.

Pół roku później zaobserwowano następną tego typu planetoidę, a we wrześniu 1993 roku cztery dalsze. Do końca 1997 roku poznano już ponad 50 obiektów transneptunowych. Ich odkrycie jest spektakularnym potwierdzeniem przypuszczenia Gerarda P. Kuipera (1905-1973), sformułowanego w połowie tego stulecia, że w zewnętrznych rejonach układu planetarnego, a więc poza orbitami najdalszych planet, znajduje się wiele planetozymali, czyli małych ciał lodowych, które nie zdołały uformować już planety ze względu na zbyt małą gęstość tych obszarów dysku protoplanetarnego i coraz mniejsze prędkości ich ruchu w miarę oddalania się od Słońca. Prawie połowa znanych członków pasa Kuipera krąży wokół Słońca po orbitach bliskich rezonansowi 2:3 z Neptunem, co chroni je przed dużymi zbliżeniami z tą planetą. Słabe oddziaływania grawitacyjne wielkich planet nie zdołały więc odrzucić ich w rejony znacznie bardziej odległe od Słońca, tworzące dziś hipotetyczny obłok Oorta, który prawdopodobnie powstał z planetozymali pochodzących z bliższych Słońca obszarów i stanowiących resztki tworzywa planet.

Odkrywane od kilku lat obiekty transneptunowe tworzą więc tzw. pas Kuipera. Poznane dotychczas jego składniki muszą mieć stosunkowo duże rozmiary, gdyż współczesne możliwości obserwacyjne nie pozwoliłyby dostrzec tak odległego obiektu o średnicy mniejszej niż 100 km. Ocenia się, że w pasie obejmującym odległości od Słońca od 30 do 50 j.a. znajduje się około 70 tys. planetoid o rozmiarach ponad 100 km. Za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a spróbowano natomiast zrobić oszacowanie liczebności obiektów mniejszych. Stosując wyrafinowaną technikę detekcji i przetwarzania obrazu, zdołano sięgnąć jasności 28 mag. Taką jasność może mieć planetoida poruszająca się w pasie Kuipera po orbicie rezonansowej 2:3 z Neptunem o rozmiarach porównywalnych z wielkością jądra komety Halleya. Gęstość na niebie obiektów jaśniejszych od tej wartości granicznej wyniosła 60 tys. na stopień kwadratowy, co przekłada się na liczbę około 100 mln obiektów w całym pasie wzdłuż ekliptyki.



Rys. 3. Orbity kilku pierwszych obiektów w pasie Kuipera.

Jedną z najciekawszych konsekwencji odkrycia pasa Kuipera jest niejako wymuszenie uznania Plutona za członka tej populacji małych ciał Układu Słonecznego. Zważywszy bowiem podobieństwo jego orbity do orbit obserwowanych obiektów transneptunowych (Pluton również porusza się w rezonansie 2:3 z Neptunem), a także rzucające się w oczy odmienności jego ruchu, rozmiarów i własności fizycznych w porównaniu z ośmioma wielkimi planetami, trudno znaleźć argumenty uzasadniające traktowanie nadal Plutona jako dziewiątej planety Układu Słonecznego. Wydaje się także, że jest to już chyba ostateczne przypieczętowanie od dawna wysuwanych podejrzeń o obecności na krańcach układu planetarnego kilku nietypowych obiektów o wspólnym, być może, pochodzeniu, lecz odmiennych losach. Oprócz Plutona i jego satelity Charona są to: księżyce Neptuna Tryton i Nereida, satelita Saturna Phoebe oraz Chiron. Pomijając szczegóły trzeba jednak podkreślić, że coraz bardziej wiarygodna staje się hipoteza, że źródłem tych wszystkich obiektów jest właśnie pas Kuipera. Z niego też zapewne wywodzą się centaury.

Ogromnym problemem pozostaje naturalnie sprawa transportu obiektów z pasa Kuipera w rejony bliższe Słońca. Niewiele na ten temat potrafimy obecnie powiedzieć. Szczególnie trudnym zagadnieniem wydaje się znalezienie mechanizmu przeniesienia z pasa Kuipera dużych ciał, o rozmiarach np. Chirona, na orbity charakterystyczne dla centaurów. Pewne sugestie pojawiły się natomiast odnośnie mniejszych obiektów, które mogłyby dać początek kometom okresowym. Jeszcze przed odkryciem planetoidy 1992 QB 1 wskazywano, że najbardziej wiarygodnym ich źródłem może być hipotetyczny jeszcze wtedy rezerwuar komet na krańcach układu planetarnego. Drogą modelowania cyfrowego pokazano, że zderzenia obiektów pasa Kuipera o rozmiarach 1–10 km są dostatecznie wydajnym procesem dla wyjaśnienia obserwowanej populacji komet krótkookresowych. Być może istnieje tu pewna analogia z omówionym wyżej dwuetapowym procesem powstawania planetoid bliskich Ziemi w wyniku zderzeń w pasie małych planet między orbitami Marsa i Jowisza. Ale to wszystko są dopiero aktualne tematy, będące przedmiotem badań wielu astronomów.

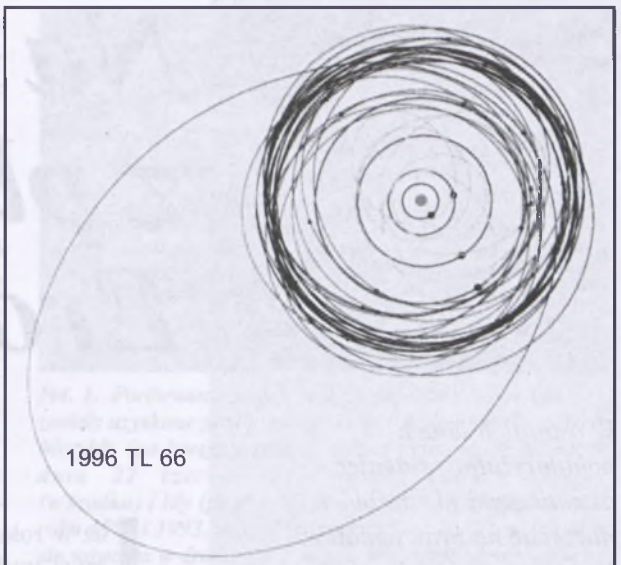
W drugiej połowie 1996 roku odkryto pierwsze nietypowe obiekty transnep-

tunowe. Wszystkie dotychczas zaobserwowane składniki pasa Kuipera poruszają się po prawie kołowych orbitach, położonych niemal w płaszczyźnie ekliptyki. Obiekt 1996 RQ 20 wyróżnił stosunkowo duży, wynoszący aż 32°, kąt nachylenia płaszczyzny orbity do płaszczyzny ekliptyki. Również mimośród jego orbity równy 0.3 okazał się jednym z większych powodując, że odległości peryhelium i aphelium tego obiektu wynoszą odpowiednio 33 j.a. i 62 j.a. Jeszcze dziwniejszy okazał się obiekt 1996 TL 66. Wprawdzie nachylenie płaszczyzny jego orbity do płaszczyzny ekliptyki jest trochę mniejsze i wynosi 24°, ale duży mimośród orbity, równy 0.6, powoduje, że chociaż odległość peryhelium wynosi 35 j.a., to jednak w aphelium obiekt ten oddala się od Słońca do odległości aż 133 j.a. Jasność obiektu 1996 TL 66, równa około 21 mag., okazała się największą z jasności obserwowanych do dziś obiektów transneptunowych, a oszacowana stąd jego średnica sięga aż 500 km (przy założeniu wartości albedo 0.04). Obie te niezwykłe planetoidy wydają się być przedstawicielami grupy obiektów pasa Kuipera o innym pochodzeniu niż jego typowi członkowie.

Mówiliśmy już, że pas Kuipera stanowią najprawdopodobniej planetozymale z obrzeży pierwotnej mgławicy protoplanetarnej, które nie zdołały utworzyć planety. Badania modelowe pokazały, że wśród nich powinny też się znaleźć planetozymale wyrzucone w te rejony oddziaływaniami grawitacyjnymi Urana i Neptuna. Silniejsze wpływy masywniejszych planet, Jowisza i Saturna, przerzuciły te pozostałości tworzywa planetarnego znacznie dalej od Słońca, tworząc hipotetyczny obłok Oorta. Możliwe więc, że pas Kuipera przechodzi niejako w sposób ciągły w koliście otaczający Słońce obłok Oorta, a dostrzeżone niedawno w pasie Kuipera nietypowe obiekty 1996 RQ 20 i 1996 TL 66 mogą być właśnie jego członkami, najbardziej wysuniętymi ku Słońcu i pochodzącymi z obszaru mgławicy protoplanetarnej, w którym nastąpiło uformowanie się Urana i Neptuna.

Podsumowanie

Obraz Układu Słonecznego wyłaniający się z nowych odkryć i dociekań ostatnich lat składa się z 8 planet, krążących wokół Słońca w mniej więcej jednej płaszczyźnie i dających się rozdzielić na dwie wyraźne grupy. Cztery pierwsze, licząc od Słońca, to tzw. planety grupy ziemskiej, a cztery dalsze to tzw. planety grupy jowiszowej. Podstawowe różnice między członkami obu tych grup są na ogół znane i nie będziemy tu o nich mówić. Pomiędzy tymi grupami znajduje się pas planetoid, czyli małych planet, okrążających Słońce po prawie kołowych orbitach między orbitami Marsa i Jowisza. Poza orbitą najdalszej planety, Neptuna, rozciąga się drugi pas planetoid zwany pasem Kuipera, którego zewnętrzna część rozprzestrzenia się prawdopodobnie w sposób ciągły, w koliście otaczający Słońce tzw. obłok Oorta. Pluton, do niedawna traktowany jak dziewiąta planeta Układu Słonecznego, wydaje się być po prostu jednym z członków (niewykluczone, że największym) pasa Kuipera.



Rys. 4. Orbita obiektu 1996 TL66.

Oba pasy planetoid stanowią prawdopodobnie pozostałości tworzywa, z którego formował się układ planetarny. Obiekty pasa głównego są przetworzoną w wyniku różnych procesów ewolucyjnych (np. zderzeń) i zebraną w tym obszarze materią, która nie zdołała skondensować się w planetę. Obiekty pasa Kuipera są natomiast materią krańców dysku protoplanetarnego, której oddziaływania grawitacyjne tworzących się planet nie były w stanie odrzucić na zewnątrz. Resztki budulca planetarnego wyrzucone z obszaru, gdzie powstały planety, utworzyły hipotetyczny twór zwany obłokiem Oorta.

Obłok Oorta wydaje się dziś być najbardziej prawdopodobnym źródłem tzw. komet jednopojawieniowych, czyli takich, które okrążają Słońce po orbitach quasiparabolicznych. Mechanizmem, który obiekty obłoku Oorta skierowuje ku Słońcu, mogą być oddziaływania pływowe Galaktyki, a także wpływy grawitacyjne bliskich gwiazd albo jakichś masywnych chmur materii międzygwiazdowej. Za źródło komet okresowych uważa się natomiast pas Kuipera, przy czym proces przenoszenia obiektów z tego zbiorowiska w obszary bliskie Słońcu odbywa się zapewne wieloetapowo, a obiektami pośrednimi są m.in. obserwowane centaury. Ostatnim etapem ewolucji komet okresowych mogą być niektóre planetoidy bliskie Ziemi. Źródłem tych ostatnich obiektów jest też pas główny planetoid.

Spektakularnym elementem ewolucji Układu Słonecznego wydaje się więc być jakby powolna dyfuzja ku Słońcu resztek tworzywa Układu, odrzuconych na zewnątrz po jego uformowaniu się około 4.5 mld lat temu. Zjawiska komet i obserwacje różnych innych nietypowych małych ciał pozwalają wniknąć w niektóre szczeble tego procesu. To, co dziś potrafimy już o nich powiedzieć, coraz wyraźniej układa się w jasny i klarowny obraz. Tu przedstawiliśmy jedynie jego podstawowy zarys, zdając sobie sprawę z pominięcia w nim jednak wielu równie ważnych i ciekawych aspektów zagadnienia, które — jak widać — domaga się szerszego i głębszego ujęcia.

Doktor Krzysztof Ziołkowski jest znakomitym specjalistą w dziedzinie dynamiki ciał Układu Słonecznego. Ostatnio objął stanowisko Sekretarza Naukowego Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie. Przez ostatnie przeszło dwa dziesięciolecia był Redaktorem Naczelnym „Uranii".

Stanisław R. Brzostkiewicz

Na spotkanie z planetoidą Eros (433)

W ostatnich latach popularyzator osiągnięć astronautyki nie może narzekać na brak tematów. Wystarczy przecież przypomnieć, że od 2 grudnia 1995 roku sonda GALILEO dostarcza nam interesujących informacji o Jowiszu i jego czterech największych księżycach, że w nocy z 3 na 4 lipca 1997 roku dzięki telewizji byliśmy naocznymi świadkami udanego lądowania na marsjańskim globie stacji Mars Pathfinder, by potem przez kilka kolejnych dni podziwiać krajobraz lądowiska i spacerującego po nim Sojournera. Lecz to jeszcze nie wszystko: aktualnie Czerwoną Planetę okrąża sonda Mars Global Surveyor i od 11 września dostarcza uczonym dokładnych obrazów jej powierzchni. Jakby tego było mało — 17 lutego 1996 roku wystartowała z kosmodromu Cape Canaveral na Florydzie sonda NEAR i mknie na spotkanie z planetoidą Eros (433), do której — jak zaplanowano — ma się zbliżyć 15 marca 1999 roku i w ciągu około 10 miesięcy wnikliwie ją badać. Niejako przy okazji 27 czerwca 1997 roku NEAR minęła w niewielkiej dległości planetoidę Matyldę i oczywiście dobrze się jej przyjrzała.

Już w roku 1964 narodziła się myśl wykorzystywania sond kosmicznych do badania planetoid. Pojawiały się jednak najprzeróżniejsze przeszkody i dlatego ten wspaniały projekt udało się zrealizować dopiero 29 października 1991 roku, kiedy to sonda Galileo przed odlotem w kierunku Jowisza przeleciała blisko planetoidy Gaspra (951) i przekazała na Ziemię dobrze nam znane obrazy. W niedługim czasie, bo już 28 sierpnia 1993 roku ta sama sonda minęła w niewielkiej odległości planetoidę Ida (243) i też przekazała nam całą serię jej obrazów. To właśnie w wyniku wnikliwej analizy tych obrazów stwierdzono, że planetoida ta posiada niewielkiego satelitę, którego nazwano Daktylem. To pionierskie dzieło miała kontynuować sonda Clementine 1, toteż po sprawnym wykonaniu zadań względem Księżyca skierowano ją w kierunku planetoidy Geographos (1620). Do spotkania z planetoidą istotnie doszło, ale oczekiwanych obrazów planetoidy nie otrzymaliśmy, gdyż w krytycznym momencie sonda odmówiła posłuszeństwa. Tak niefortunnie zakończyła się ta misja i w ten sposób utraciliśmy okazję — przynajmniej na razie — przyjrzenia się jednej z planetoid, które od czasu do czasu zbliżają się do Ziemi i tworzą grupę oznaczoną akronimem NEA (Near Earth Asteroids). Już z tego choćby powodu są to obiekty godne bliższego poznania i to przede wszystkim skłoniło uczonych amerykańskich do przygotowania misji NEAR (Near Earth Asteroid Randezvous). Program ten firmuje wydział NASA zajmujący się badaniem ciał Układu Słonecznego (Solar System Exploration Division).

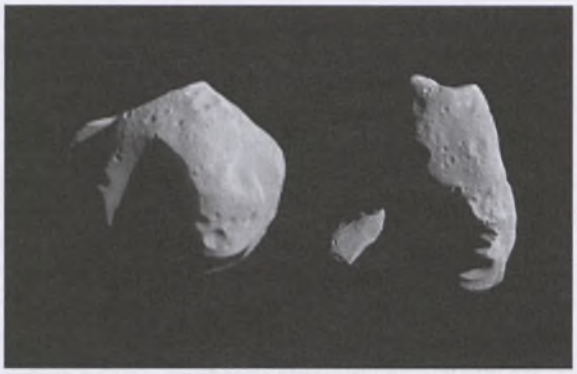
Grupie uczonych, przygotowujących misję NEAR, kierownictwo NASA postawiło parę trudnych do spełnienia warunków. Przede wszystkim koszty eksperymentu nie mogą przekroczyć 150 milionów dolarów (w rzeczywistości wyniosą one — jak się przewiduje — najwyżej 112 milionów dolarów), a ponadto eksperyment zostanie przygotowany w czasie nie dłuższym niż 35 miesięcy (od podjęcia uchwały do startu upłynęło tylko 27 miesięcy) i start sondy musi koniecznie odbyć się za pomocą rakiety Delta albo jej ekwiwalentu (użyto do tego rakiety Delta II 7925-8). Widzimy zatem, że jakoś uporano się z powyższymi problemami i że kierownictwo NASA powinno być spokojne o dalszy przebieg tego niełatwego przecież eksperymentu astronautycznego. Po prostu można zaufać przygotowującemu i czuwającemu nad dalszym jego przebiegiem zespołowi ludzkiemu, którym kieruje Andrev F. Cheng (John Hopkins University). Ponadto w jego skład wchodzą następujące osoby: R. W. Farquhar (NASA), J. Veberka (Cornel University Ithaca), J. I. Trombka (NASA), M. T. Zuherowa (MIT Cambridge), D. Yeomans (JPL), M. Acuma (Goddard Space Flight Center).

Pewien problem dla uczonych stanowił wybór głównego obiektu badań tego, mimo pośpiechu, starannie przygotowanego eksperymentu astronautycznego. Początkowo pod uwagę brano różne planetoidy, a między innymi Nereus (4660) i Van Albada (2019), lecz po wnikliwych rozważaniach owym szczęśliwcem został Eros (433). Jest to jedna z najbardziej ciekawych planetoid, poruszająca się po nietypowej dla tych ciał orbicie, której para-

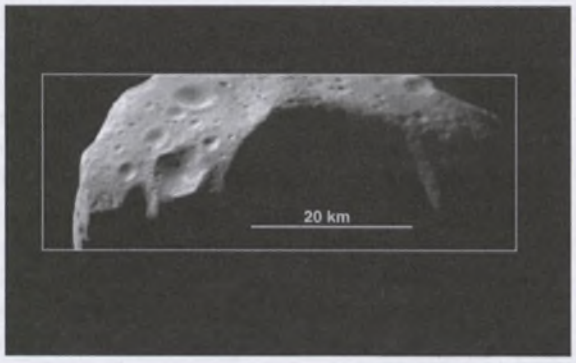
metry astronomowie dość dokładnie wyznaczyli w oparciu o blisko stuletnie obserwacje. Eros bowiem został odkryty 13 sierpnia 1898 roku przez G. Witta w Berlinie, a wkrótce potem nic nie wiedzący o tym odkryciu dostrzegł go także H. P. Charlois w Nicei. Już pierwsze obserwacje wykazały, że mamy do czynienia z planetoidą godną bliższego poznania. Świadczy o tym chociażby jej eliptyczna orbita, której połowa wielkiej osi — jak obliczono — wynosi tylko 218 mln km, czyli jest mniejsza od połowy wielkiej osi orbity Marsa (228 mln km). To zaś oznacza, że Eros nie porusza się w pasie planetoid, lecz wewnątrz marsjańskiej orbity i od czasu do czasu zbliża się do Ziemi na niewielką odległość, co w owym czasie było prawdziwą niespodzianką. Co więcej — według obliczeń planetoida ta w styczniu 1894 roku, a więc cztery lata przed odkryciem, musiała przechodzić wyjątkowo blisko naszej planety. Potwierdziły to zresztą badania klisz archiwalnych, zwłaszcza zaś naświetlonych w obserwatorium Harwarda w Cambrige (USA), gdzie Erosa sfotografowano aż siedemnaście razy. Gdyby przeglądu owych klisz dokonywano bardziej systematycznie, stosując przy tym nowocześniejsze metody, wówczas byłby on odkryty cztery lata wcześniej. Takie zbliżenie tej planetoidy do Ziemi obserwowano w późniejszym czasie wielokrotnie, a za przykład mogą służyć chociażby pozycje z lat 1931, 1938 i 1975, kiedy to dokonano wielu obserwacji. Ich analiza wykazała, iż Eros nie jest kulą, lecz kształtem przypomina podłużny kartofel. Według najnowszych danych ma on następujące rozmiary: 40.5×14.5×14.1 km. Nie jest to więc zbyt duży obiekt, posiada jednak wystarczającą grawitację na to, aby poruszać się po dość stabilnej orbicie. Prędkość ucieczki z jego powierzchni — jak się ocenia — nie przekracza 10 m/s i kamień wyrzucony tam z taką prędkością odleciałby na zawsze w przestrzeń międzyplanetarną.

Eros okazał się bardzo interesującym obiektem i umożliwił astronomom rozwiązanie kilku ważnych problemów. Przede wszystkim na podstawie obserwacji tej planetoidy już przed kilkudziesięciu laty dość dokładnie wyznaczono odległość Ziemi od Słońca, co — biorąc pod uwagę ówczesne możliwości — wcale nie było takie proste. A ponieważ niekiedy Eros zbliża się do naszej planety zaledwie na odległość 16 mln km, jego ruch można było wykorzystać również do wyznaczenia masy układu Ziemia – Księżyc. Metodę powyższą usiłowano wykorzystać również do określenia masy Merkurego, choć w tym przypadku — co nie powinno nas dziwić — wyniki nie były już tak obiecujące. Dziś astronomowie dysponują innymi metodami dokonywania takich pomiarów, które dają dużo dokładniejsze wyniki niż uzyskiwano na podstawie obserwacji ruchu Erosa. Jednak zainteresowanie planetoidą nie słabnie, co wydaje się być w pełni uzasadnione, gdyż mamy tu do czynienia z naprawdę ciekawym obiektem. Poznanie jego fizycznych właściwości to główny cel misji sondy NEAR, mającej nie tylko zbliżyć się do tej planetoidy, ale — jak się przekonamy — przez jakiś czas jej się przyglądać. Być może badania te wyjaśnią zagadkę niezwykłego zachowania się Erosa podczas opozycji z roku 1931, kiedy to poruszał się on wśród gwiazd nieco inaczej niż to wynikało z rachunków i miał dużo mniejszą jasność od jasności przewidywanej. Czyżby przed tym zbliżeniem do Ziemi zderzył się z innym obiektem i — jak niektórzy przypuszczają — w wyniku tej katastrofy utracił znaczną część swej masy?

Tak czy inaczej Eros zasługuje na bliższe poznanie i jego wybór na główny cel misji NEAR nie był przypadkowy. A przecież — jak nam wiadomo — sonda ta 27 czerwca 1997 roku przemknęła blisko planetoidy Matylda (253), co oczywiście uczeni wykorzystali i w miarę możliwości dobrze się jej „przyjrzeli". Wstępne wyniki tych badań są nam znane, były bowiem publikowane na łamach „Uranii" (nr 7–8/1997, str. 207–208), lecz zapewne warto je uzupełnić nowymi, nieco zaskakującymi informacjami na ten temat. Okazało się na przykład, że ta sporych rozmiarów planetoida (57×53×50 km) ma stosunkowo małą masę, którą ocenia się na około 10^{20} gramów. Matylda musi więc mieć bardzo małą gęstość, wynoszącą zaledwie około 1.3 g/cm^3, czyli mniejszą niż Phobos (1.9 g/cm^3) i Deimos (1.8 g/cm^3).Mamy tu zatem do czynienia z gęstością, jaką mają węgliste chondryty, co uczeni różnie tłumaczą. Jedni na przykład uważają, że omawiana planetoida ma w swym wnętrzu liczne jony, lub że zbudowana jest z materiału o małej gęstości, a takim może być lód wodny. Drudzy sugerują, jakoby Matylda była bryłą, zbudowaną niemal wyłącznie z pyłu powstałego w wyniku licznych karamboli. Nie można jednak wykluczyć — twierdzą inni — iż mała gęstość to właściwość najstarszej, dotąd nam nieznanej ma-



Fot. 1. Porównanie trzech małych planetek, których obrazy zostały uzyskane przy pomocy statków kosmicznych. Zdjęcie Matyldy (po lewej) zostało zrobione przez sondę NEAR w dniu 27 czerwca 1997 roku. Obrazy Gaspry (w środku) i Idy (po prawej) przekazał nam, odpowiednio w roku 1991 i 1993, pojazd kosmiczny GALILEO, znajdujący się wówczas w drodze do Jowisza. Wszystkie obrazy są w tej samej skali.



Fot. 2. Obraz Matyldy uzyskany przez sondę kosmiczną NEAR z odległości 1200 km od planetki w dniu 27 czerwca 1997 roku. Jak widzimy, powierzchnia planetki jest obficie usiana kraterami. Ich średnice mają rozmiary od 0.5 do 30 km.

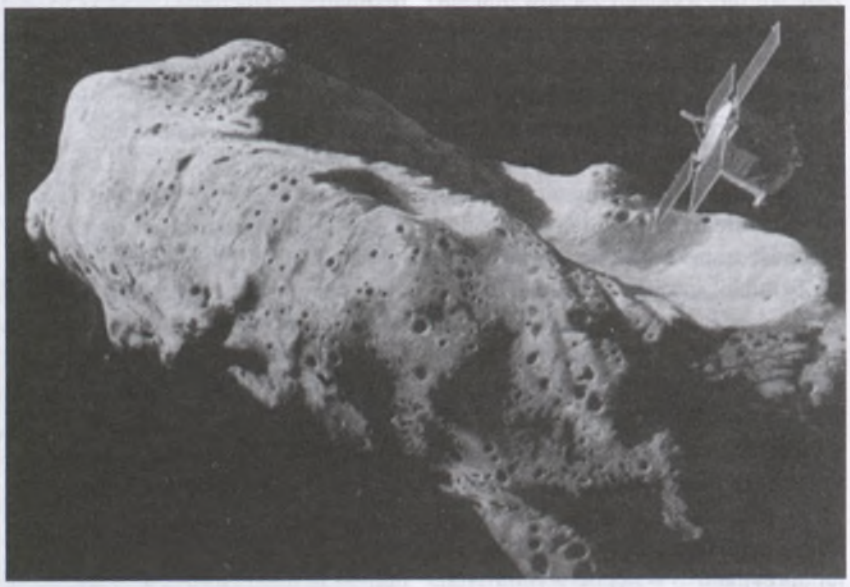
terii Układu Słonecznego. W każdym razie Matyldę tworzy jednorodny materiał, o czym świadczą czarno-białe obrazy, jak i obrazy barwne przekazane przez sondę NEAR. Po prostu dna tamtejszych kraterów i materia wyrzucona podczas ich formowania nie różnią się od materiału tworzącego pierwotną powierzchnię planetoidy. W przypadku Gaspry i Idy takie różnice widoczne są już na pierwszy rzut oka.

Na powierzchni Matyldy — podobnie jak na Gasprze i Idzie — znajdują się liczne kratery uderzeniowe. Niektóre z nich są bardzo duże, ich średnice ocenia się na 20–30 km, a zatem musiały powstać w wyniku zderzenia planetoidy z obiektami sporych rozmiarów. Jak się to stało — zastanawiają się niektórzy badacze — że posiadająca tak małą gęstość Matylda nie rozpadła się podczas tych potężnych karamboli? Niestety, na razie powyższe pytanie pozostaje bez odpowiedzi, lecz bardziej wnikliwa analiza materiału uzyskanego za pomocą sondy NEAR może zmienić tę niekorzystną sytuację. A przecież do rozwiązania pozostało więcej podobnych problemów. Jednym z nich jest wolna rotacja Matyldy, która na dokonanie obrotu wokół swej osi potrzebuje aż 415 godzin. Jest więc jedną z najwolniej rotujących planetoid, lecz przyczyny na razie uczeni nie potrafią wyjaśnić. Byłoby to uzasadnione, gdyby Matyldę — podobnie jak Idę — obiegał księżyc, choć musiałby on mieć dużo większe rozmiary i masę od Daktyla. Ale na obrazach otrzymanych za pomocą sondy NEAR nie odkryto czegoś takiego i w tej sytuacji problem związany z wolną rotacją Matyldy nadal pozostaje otwarty.

Mimo wyżej wspomnianych niedomówień nowe dane o Matyldzie i wysuwane na ich podstawie wnioski mogą napawać nas jakimś optymizmem. Mówią nam one wprawdzie o tym, iż nasza dotychczasowa wiedza o planetoidach pozostawia wiele do życzenia, ale jednocześnie w pełni uzasadniają nadzieję, że misja NEAR tę niekorzystną sytuację powinna znacznie poprawić. Na jej dalszy przebieg decydujący wpływ miał manewr, który zaplanowano na 3 lipca 1997 roku, a który polegał na zmniejszeniu prędkości sondy o około 270 m/s i skierowaniu jej w kierunku Ziemi. Dla uczonych, przygotowujących ten ciekawy eksperyment astronautyczny i kierujących jego realizacją, były to niewątpliwie dramatyczne chwile, lecz wszystko odbyło się zgodnie z planem i aktualnie sonda NEAR mknie na spotkanie z naszą planetą. W dniu 22 stycznia 1998 roku sonda okrąży glob ziemski, przelatując zaledwie w odległości 478 km nad jego powierzchnią. W wyniku grawitacyjnego oddziaływania Ziemi odpowiednio zmieni prędkość swego ruchu i zacznie poruszać się po takiej trajektorii, aby gdzieś w okresie od 9 stycznia do 6 lutego 1999 roku zbliżyć się do Erosa na odległość około 500 km. Wkrótce potem przeprowadzone zostaną odpowiednie manewry, w wyniku których sonda NEAR zostanie przekształcona w sztucznego satelitę tej planetoidy, początkowo okrążając ją po luźnej orbicie eliptycznej (200 × 400 km). Będzie to jednak tylko okres przejściowy, gdyż sonda zacznie się stopniowo zbliżać do Erosa i od 15 marca 1999 roku ma go już okrążać po dużo ciaśniejszej orbicie eliptycznej (35 × 50 km). Koniec misji według „rozkładu jazdy" powinien nastąpić 31 grudnia 1999 roku, czyli przez około 10 miesięcy planetoida ma być badana za pomocą aparatury, w którą sonda NEAR została wyposażona (kamera z detektorem CCD, spektrometr bliskiej podczerwieni, magnetometr, spektrometr promieniowania radiowego i gamma, wysokościomierz laserowy). Pozwoli to na uzyskanie o Erosie następujących danych:

- obrazy powierzchni planetoidy o wyjątkowo dużej zdolności rozdzielczej (mają być na nich zarejestrowane szczegóły o średnicy powyżej 3 m.);
- fizyczne parametry planetoidy (rozmiary, kształt, objętość, masa, średnia gęstość);
- skład chemiczny skorupy planetoidy;
- morfologia powierzchni planetoidy przy różnym oświetleniu i dokładny okres rotacji;
- wpływ wiatru słonecznego na skały powierzchniowe planetoidy i informacje o tamtejszym magnetyzmie (o ile taki występuje);
- rozkład masy we wnętrzu planetoidy.

Uzyskanie powyższych danych znacznie rozszerzy naszą wiedzę nie tylko Erosie, ale i o planetoidach w ogóle. Może to mieć duży wpływ na dalszy rozwój astronomii Układu Słonecznego, o początkach którego wciąż niewiele wiemy i większość dotychczasowych poglądów na ten temat opiera się właściwie tylko na mniej lub bardziej trafnych domysłach. Już z tego choćby powodu warto poświęcić nieco więcej uwagi misji NEAR, której realizacja odbywa się bez zbytniego rozgłosu, niejako w cieniu misji Galileo, Mars Pathfinder, Mars Global Surveyor, Cassini-Huygens.



Fot. 3. Domniemany obraz Erosa badanego przez sondę NEAR..

Stanisław R. Brzostkiewicz jest autorem kilku książek o Marsie i od kilkudziesięciu lat jednym z najwierniejszych autorów „Uranii".

Galeria mgławic planetarnych teleskopu kosmicznego Hubble'a

Na okładce i środkowej stronie kolorowej wkładki prezentujemy całą galerię obrazów mgławic planetarnych uzyskanych ostatnio szerokokątną kamerą planetarną WFPC2 teleskopu kosmicznego Hubble'a.

Piękna mgławica bipolarna **M2-9** zwana „motylkiem" przedstawiona jest na okładce. Na niebie znajduje się ona w gwiazdozbiorze Wężownika w odległości 2100 lat świetlnych od Słońca. Powstała ok. 1200 lat temu, gdy w parze bardzo ciasnych gwiazd nastąpił potężny wybuch. Gazy otaczające jądro mgławicy rozprzestrzeniają się w dwóch przeciwstawnych kierunkach z szybkościami przekraczającymi 350 km/s. Jej jasność jest większa od jasności 550 Słońc. Prezentowany obraz został uzyskany w dniu 2 sierpnia 1997 przez B. Balicka z USA, V. Icke z Holandii i G. Mellema ze Szwecji. Na tym obrazie rozprzestrzenienie neutralnego tlenu pokazane jest kolorem czerwonym, jednokrotnie zjonizowanego azotu kolorem zielonym, a dwukrotnie zjonizowanego tlenu kolorem niebieskim.

Na wkładce, począwszy od lewego, górnego obrazu, mamy następujące mgławice:

IC 3568 — mgławica planetarna w gwiazdozbiorze Jaszczurki. Znajduje się w odległości 9000 lat świetnych od Słońca, a jej rozmiary przekraczają 0.4 roku świetlnego, czyli jest ok. 800 razy wieksza od naszego Systemu Słonecznego. Jest to przykład bardzo symetrycznej, sferycznej struktury mgławicy planetarnej. Widać wyraźnie jaśniejszą, wewnętrzną strukturę i słabszą, bardziej rozmytą kołową otoczkę zewnętrzną. Obraz został uzyskany przez H. Bonda, R. Ciardullo i NASA.

NGC 6826 — mgławica podobna w swym kształcie i strukturze do oka. Poziomo, na krańcach obrazu, jakby w rożkach oka, krwistoczerwone płaty materii, jakby „lotki" skrzydeł. Zielonkawa otoczka zawiera materię, która ma masę bliską połowy masy gwiazdy centralnej przed wybuchem. Gwiazda centralna jest jedną z najjaśniejszych gwiazd centralnych znanych mgławic planetarnych. Jest ona bardzo gorąca, a wypływające z niej szybkie wiatry gwiazdowe spychają wcześniej wyrzuconą materię, tworząc zieloną krawędź wewnętrznej otoczki. Mgławica leży w gwiazdozbiorze Łabędzia, w odległości 2200 lat świetlnych od nas. Zdjęcie zostało wykonane w dniu 27 stycznia 1997 r. przez międzynarodowy zespół badaczy w składzie: B. Balick, J. Alexander, A. Hajian, Y. Terzian, M. Perinotto, P. Patriarchi i NASA.

NGC 3918 — mgławica położona w gwiazdozbiorze Centaura w odległości 3 tysięcy lat świetlnych od nas i rozciągająca się na przestrzeni 0.3 roku świetlnego. Jej z grubsza sferyczna otoczka zewnętrzna jest rozciągana w kierunkach „biegunowych" przez bardziej wewnętrzne warstwy materii, rozpędzane szybkimi wiatrami z gorącej gwiazdy centralnej. Zdjęcie uzyskane zostało przez Howarda Bonda i Robina Ciardullo z USA.

HUBBLE 5 — jest typowym przykładem mgławicy o strukturze „motylkowej", z dwoma bipolarnie ułożonymi „bąblami" ekspandującej materii. Źródłem takiej struktury jest szybki wiatr gwiazdowy z gorącej gwiazdy centralnej. Mgławica znajduje się w gwiazdozbiorze Strzelca, w odległości 2200 lat świetlnych od Słońca. Obserwacje zostały wykonane przez B. Balicka, V. Icke'a, G. Mellema i NASA w dniu 9 września 1997 r.

NGC 7009 — centralna gorąca gwiazda jest otoczona wieloma niesymetrycznymi, czasem przypominającymi eliptyczną piłkę do rugby, otoczkami gazu na których krańcach widzimy niebieskie i czerwone krawędzie. Powstały one w taki sam sposób, jak to opisaliśmy, omawiając mgławicę NGC 6826. Mgławica leży w gwiazdozbiorze Wodnika, w odległości 1400 lat światła od Słońca. Prezentowane zdjęcie zostało uzyskane w dniu 28 kwietnia 1996 r. przez ten sam zespół badaczy, który fotografował mgławicę NGC 6826.

NGC 5307 — mgławica o średnicy 0.6 roku świetlnego. Znajduje się w gwiazdozbiorze Centaura w odległości 10 tysięcy lat świetlnych od Słońca. Jest przykładem mgławicy planetarnej o strukturze spiralnej. Każdy bąbel gazu wyrzuconego przez centralną gwiazdę ma swego odpowiednika po przeciwnej stronie gwiazdy. Obraz został uzyskany przez H. Bonda, R. Ciardullo i NASA. (*aw*)

Konrad J. Kossacki

Czy komety można tylko obserwować?

Komety od wieków budziły powszechne zainteresowanie ze względu na nieregularne pojawianie się i niekiedy bardzo imponujący wygląd. W minionych wiekach pojawienie się komety uważano nawet za zapowiedź niezwykłych zdarzeń. Okres ten już dawno minął, ale badania komet dopiero obecnie przeżywają swój rozkwit. Od czasu dokonanego w 1986 roku pomiaru składu izotopowego pyłu w obłoku otaczającym jądro komety Halleya przyjmuje się, że materia jąder kometarnych jest najbardziej pierwotną materią w Układzie Słonecznym. Sadzi się, że bezpośrednio po uformowaniu się jąder komet były one wyrzucane daleko poza centrum Układu Słonecznego i w ten sposób uległy „zamrożeniu" aż do ponownej zmiany trajektorii na przechodzącą w pobliżu Słońca.

Wprowadzenie

Najbardziej oczywistym sposobem badania komet są obserwacje. To jednak okazuje się bardzo kłopotliwe. Ze względu na małe rozmiary komet można je obserwować tylko wtedy, gdy znajdują się w centrum Układu Słonecznego. To zaś nigdy nie trwa długo, bo komety, o ile w ogóle są okresowe, poruszają się po bardzo wydłużonych orbitach.

Ponadto, podczas przejścia komety w pobliżu Słońca, jej jądro jest osłonięte obłokiem gazowo-pyłowym. Jest on nieraz widoczny nawet gołym okiem dzięki rozpraszaniu światła słonecznego na drobinach pyłu, ale skutecznie utrudnia obserwacje jądra komety. W związku z tym, pierwsze zdjęcia przedstawiające rzeźbę powierzchni jądra kometarnego zostały zrobione dopiero w 1986 roku, kiedy satelita Giotto przeleciał w pobliżu jądra komety Halleya. Bezpośrednie obserwacje jądra komety nie są na szczęście konieczne, aby poznać jego skład. Przy pomocy pomiarów spektroskopowych można określić skład obłoku otaczającego jądro kometarne. Na ogół obserwowane molekuły substancji lotnych nie pochodzą bezpośrednio z jądra, a jedynie są produktem reakcji zachodzących w samym obłoku (cząstki wtórne). Niemniej, analiza przebiegu możliwych reakcji chemicznych pozwala dowiedzieć się, jakie były molekuły pierwotne, czyli jakie substancje zawarte są w materiale jądra komety. Na tej podstawie, jak również dzięki rzadkim obserwacjom molekuł pierwotnych wiadomo, że oprócz ziaren mineralnych (krzemiany żelaza, magnezu i wapnia) komety zawierają głównie lód wodny. Oprócz wody, badane jądra kometarne emitowały tlenki węgla, węglowodory i szereg bardziej skomplikowanych substancji. Część składników obserwowano tylko w niektórych kometach, a inne występowały w różnym stężeniu. W jądrze komety Halleya, głównymi po wodzie składnikami lotnymi są tlenek węgla, dwutlenek węgla, metan i metanol. Tymczasem podczas obserwacji komety C/1996 B2 (Hyakutake), chociaż przeprowadzono bardzo dokładne badania i oprócz H_2O zidentyfikowano szereg substancji lotnych (między innymi HDO, CO, CH_4, C_2H_2, C_2H_6, CH_3OH, H_2CO, HCN, NH_3 oraz S_2) dwutlenku węgla nie zaobserwowano. Można się zastanawiać, czy zaobserwowane różnice koncentracji składników wynikają z różnego składu całych jąder komet. Różny skład może dotyczyć jedynie warstw przypowierzchniowych, z których pochodzi dostępna obserwacjom materia. Jeśli tak, znaczyłoby to, że obserwujemy skutki niejednakowej ewolucji komet. Obserwowane komety mają przecież różne orbity, a ponadto są w różnym wieku, licząc od pierwszego wejścia do centrum Układu Słonecznego. Bardzo stare komety mogą być pozbawione składników lotnych, które odsublimowały podczas wielu przejść komety w pobliżu Słońca. Według Michaela Mummy (Mumma M. 1997, Sprawozdanie z Konferencji w Santa Clara *From Stardust to Planetesimals*), za różnorodnością już pierwotnego składu komet i w związku z tym niejednakowym przebiegiem ich powstawania przemawia

np. wykrycie etanu w materii emitowanej przez jądro komety Hyakutake.

Badania składu materii kometarnej to nie tylko obserwacje składu materii emitowanej z jąder komet. Prowadzone są też teoretyczne rozważania, jak komety powinny być zbudowane, aby mechanizm ich powstawania tworzył spójną całość z procesami odpowiedzialnymi za powstawanie reszty Układu Słonecznego. Do najbardziej znanych tego typu badań należą prace Mayo Greenberga (np. Greenberg J.M. 1990, *The evidence that comets are made of interstellar dust* w: „Comet Halley: Investigations, Results, Interpretations", Greenberg J.M. 1997, *Making a comet nucleus*. Astronomy & Astrophysics). Jeszcze innym rodzajem badań komet są laboratoryjne doświadczenia symulacyjne.

Badania laboratoryjne

Należy się spodziewać, że w czasie miliardów lat życia komety powinny ulegać jakimś procesom ewolucyjnym, aczkolwiek jedynie podczas krótkich przelotów komety w pobliżu Słońca może ona ewoluować z dużą szybkością. Znając, przynajmniej w przybliżeniu, skład jądra kometarnego można wykonać w laboratorium próbkę o podobnym składzie i zbadać jej zachowanie w sztucznie wytworzonych warunkach zbliżonych do kosmicznych. Wynik takiego doświadczenia pozwala sprawdzić, czy rozumiemy procesy zachodzące w jądrze kometarnym. Przypuszcza się, że jądra komet były wkrótce po uformowaniu wyrzucane daleko poza centrum Układu Słonecznego do pasa Kuipera lub obłoku Oorta, gdzie czekają na ponowne wstrzelenie w pobliże Słońca w wyniku wzajemnych oddziaływań grawitacyjnych. Jeśli tak jest, to przez większą część życia komety pozostają zamrożone w bardzo niskiej temperaturze, nawet poniżej 10 K. Z kolei w czasie zbliżenia komety do Słońca jej powierzchnia może się ogrzać do temperatury przekraczającej 300 K. W ciepłej warstwie powierzchniowej zachodzi wówczas szereg procesów. Można powiedzieć, że kometa żyje. Dotychczasowe badania nie pozwalają na zdefiniowanie uniwersalnego pojęcia „materiał kometarny". Z tego powodu w pracach dotyczących laboratoryjnych doświadczeń symulacyjnych używa się umownego określenia „analog kometarny". W zależności od celu doświadczenia pojęcie to może oznaczać różne materiały. Dla przykładu, jeżeli badane są reakcje chemiczne zachodzące pomiędzy organicznymi składnikami materiału komety, nie ma potrzeby dodawać do próbki ziaren mineralnych. Zestalone składniki lotne występujące w jądrze komety, a więc np. H_2O i tlenki węgla, określa się jako lód kometarny. W tabeli 1 podane jest porównanie zawartości substancji organicznych w lodzie kosmicznym i dwu przykładowych kometach: Halleya i Hyakutake.

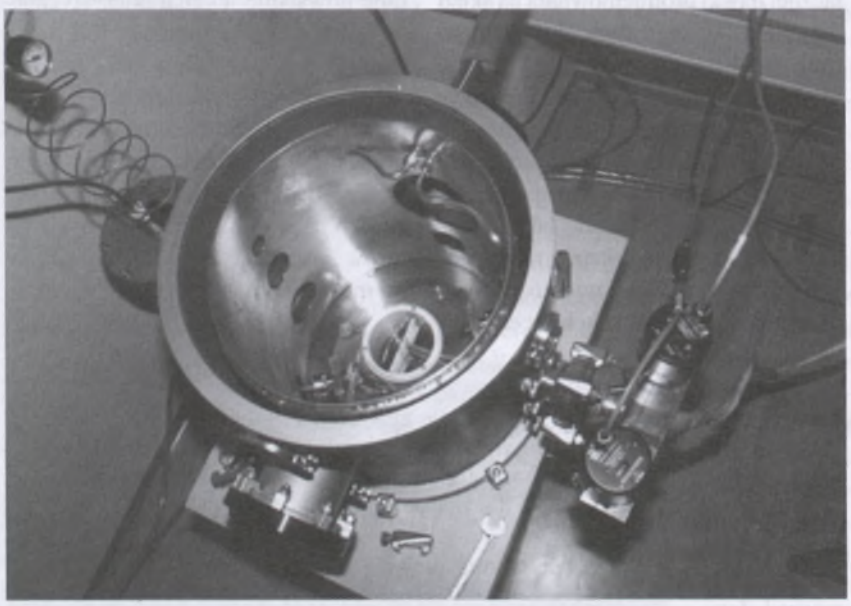
W temperaturze bliskiej zera bezwzględnego, czyli takiej, jaką mogą mieć komety w obłoku Oorta, można się spodziewać jedynie ewolucji powierzchniowej warstwy jądra kometarnego, modyfikowanej przez promieniowanie kosmiczne. W warstwie tej napromieniowanie może prowadzić do istotnych zmian składu chemicznego. Doświadczenia laboratoryjne nie mogą trwać miliardów lat, jakie komety spędzają na krańcach Układu Słonecznego. Można natomiast zmieniać natężenie promieniowania i badać wpływ łącznej dawki promieniowania na skład materiału. W tego typu eksperymentach próbka nie musi być duża, w związku z czym korzystnie jest wytworzyć ją bezpośrednio w komorze próżniowej metodą kondensacji pary o dobranym składzie na chłodzonej powierzchni. Zmiany składu takiej cienkiej próbki w trakcie eksperymentu dobrze odzwierciedla jej widmo. W celu określenia ilościowych koncentracji składników należy jednak kontrolować aktualną grubość próbki. Mierzy się ją metodą interferometrii laserowej. Interesującym przykładem badania wpływu napromieniowania na skład jądra komety jest doświadczenie z lodem wodnym domieszkowanym węglowodorami, przeprowadzone przez Reggie Hudson i Marla Moore (Hudson R.L. and L.H. Moore 1997, *Hydrocarbon radiation chemistry in ices of cometary relevance*, Icarus). Autorzy utrzymywali temperaturę próbki na poziomie zaledwie 15 K i napromieniowywali ją protonami o energii 0.8 MeV z akceleratora Van der Graffa. Ze względu na znaczną energię i małą, kilkumikronową grubość próbki protony jedynie inicjowały reakcje, nie pozostając w próbce. Ten eksperyment pokazał między innymi, że zawartość metanu i etanu w lodzie kometarnym zmieniają się z czasem. Pod wpływem promieniowania malała zawartość metanu w próbce, a rosła koncentracja etanu.

Podczas przelotu komety w pobliżu Słońca jej powierzchnia może ogrzać się do temperatury, w której zachodzi gwałtowna sublimacja lodu i innych lotnych składników. Powstająca para częściowo ucieka w przestrzeń, zabierając ze sobą drobniejsze ziarenka pyłu, a częściowo migruje w kierunku zimnego środka komety. Ucieczka mieszaniny pary i pyłu z jądra komety powoduje powstanie jej charakterystycznego warkocza. Sublimujący lód pozostawia na powierzchni jądra komety warstewkę pyłu mineralnego (tzw. płaszcz pyłowy), ewentualnie zlepionego nielotnymi substancjami organicznymi. Być może warstwa ta jest bardzo porowata. Według różnych autorów pusta przestrzeń między ziarnami może stanowić nawet 90 % objętości płaszcza pyłowego. Są też przy-

Tab. 1. Porównanie zawartości domieszek w lodzie komety Halleya i komety Hyakutake, (M. Mumma 1997). Podane koncentracje zostały znormalizowane do koncentracji wody, dla wygody przyjętej jako 100.

Substancja	Kometa Halleya	Kometa Hyakutake
H_2O	100	100
CH_4	0.2 – 1.2	0.7
C_2H_2	—	0.3 – 0.9
C_2H_6	—	0.4 – 1.2
CH_3OH	1.7	0.5 – 2
H_2CO	0 – 5	TBD
HCOOH	—	—
CO_2	3	—
CO	7	6

puszczenia, że płaszcz pyłowy może stopniowo zagęszczać się zatrzymując drobniejsze ziarenka wydmuchiwane z głębszych warstw komety. W efekcie jego porowatość może spaść z czasem poniżej średniej porowatości całego jądra komety, która może być rzędu 50 %. Wysoka porowatość warstwy pyłowej wydaje się być jednak bardziej prawdopodobna. Tego zdania są miedzy innymi Morris Podolak i Dina Prialnik (Podolak M. and D. Prialnik 1996, *Models of the structure and evolution of the comet P/Wirtanen*, Planet. Space Sci.) Powstawanie płaszcza pyłowego na powierzchni komety to tylko jeden z wielu procesów zachodzących w jądrze kometarnym podczas jego przelotu przez środek Układu Słonecznego. Migracja lotnych składników w głąb jądra komety powinna powodować lokalne zmiany jego gęstości oraz zróżnicowanie składu chemicznego. Z kolei zlepianie się ziarenek lodu pod wpływem ciepła (zgrzewanie, po angielsku sintering) może wywoływać postępujące od zewnątrz twardnienie jądra kometarnego, któremu nie towarzyszą zmiany gęstości materiału. Efekt sinteringu jest dobrze znany w metalurgii, ale niedoceniany w badaniach kometarnych. Interesująca jest też postać lodu. Przypuszcza się, że lód kometarny był pierwotnie amorficzny i krystalizuje dopiero w czasie przejścia komety przez centrum Układu Słonecznego. Pozostaje pytanie, jakie konsekwencje dla ewolucji komety może mieć ten proces. Z doświadczeń wiadomo, że krystalizacji lodu towarzyszy wydzielanie znacznej ilości ciepła (90 kJ/kg) i zmiana przewodnictwa cieplnego o kilka rzędów wielkości. W związku z tym wpływ przemiany fazowej lodu na ewolucje jądra komety może być bardzo duży. Istnieje jeszcze wiele innych interesujących tematów badawczych, związanych z ewolucją jądra komety w okresie jego aktywności. Okres, w którym dzięki absorpcji promieniowania słonecznego może się utrzymać wysoka temperatura powierzchni komety, nie jest dłuższy niż kilka miesięcy. To więcej niż możliwy czas trwania eksperymentu laboratoryjnego (najwyżej około tygodnia), ale różnica jest nieduża, jak na badania ewolucji ciał kosmicznych.



Przykład aparatury używanej przy laboratoryjnej symulacji warunków panujących w powierzchniowej warstwie jądra komety (Instytut Badań Kosmicznych Austriackiej Akademii Nauk, Graz). Podstawowym elementem jest komora próżniowa chłodzona przy pomocy ciekłego azotu. Wewnątrz można umieścić lampy emitujące promieniowanie zbliżone do słonecznego, np. lampy ksenonowe z odpowiednio dobranymi filtrami. Niekiedy zamiast lamp używa się jedynie promiennika podczerwieni. Na zdjęciu źródło promieniowania nie jest pokazane. Na dnie komory widoczny jest pojemnik na badaną próbkę, o ściankach izolowanych teflonem. Do wnętrza pojemnika zostały wprowadzone termometry oporowe. Widoczne na zdjęciu białe teflonowe rurki służą zarówno jako zamocowanie termometrów, jak i osłona przewodów. Pokazana aparatura pozwala też mierzyć ciśnienie pary w próbce. Dwie szare rurki wychodzące ze środka pojemnika w prawą stronę prowadzą na zewnątrz komory do mierników ciśnienia (dwa cylindry z prawej strony komory próżniowej).

Badanie zmian struktury warstwy powierzchniowej jądra kometarnego w wyniku jej ogrzewania przez Słońce wymaga próbek o grubości przynajmniej kilku centymetrów. Taka próbka jest i tak cienka w porównaniu z promieniem jądra komety (rzędu 1 km), a więc z dobrym przybliżeniem może być traktowana jako wycinek płaskiej nieskończonej warstwy o jednorodnie oświetlonej powierzchni. Zazwyczaj umieszcza się badany materiał kometopodobny w pojemniku o kształcie cylindra. Jedna z płaskich powierzchni jest ogrzewana, a druga chłodzona w celu wymuszenia w próbce gradientu temperatury. Boczna powierzchnia musi być izolowana, aby przepływ ciepła był jednokierunkowy. Do ogrzewania próbki można użyć np. lampy ksenonowej z odpowiednim zestawem filtrów. Uzyskuje się wówczas promieniowanie o widmie zbliżonym w szerokim zakresie do widma promieniowania słonecznego. Czasem zamiast lampy słonecznopodobnej używa się jedynie promiennika podczerwieni. Wówczas, dzięki wysokiemu współczynnikowi absorpcji promieniowania podczerwonego w lodzie, powierzchniowa warstwa próbki absorbująca promieniowanie jest cienka w porównaniu z całkowitą grubością próbki. Do chłodzenia najwygodniej jest używać ciekłego azotu. Wraz z wielkością próbki rośnie niezbędna pojemność komory próżniowej, a więc i koszt eksperymentu. Dodatkowa trudność jest związana z utrzymaniem niskiego ciśnienia (rzędu 0.01Pa) przy szybkiej sublimacji dużej masy lodu. Wielkość komory jest dodatkowo powiększana przez użytą aparaturę pomiarową. Najmniej miejsca potrzeba do pomiaru zmian temperatury na różnych głębokościach w próbce. Zazwyczaj używa się do tego celu platynowych termometrów oporowych. Na zdjęciu pokazany jest układ doświadczalny używany w Instytucie Badań Kosmicznych Austriackiej Akademii Nauk w Grazu do pomiaru zmian temperatury w kometopodobnej mieszaninie pyłowo-lodowej. Średnica komory próżniowej wynosi około 0.5 m, a średnica pojemnika na próbkę 10 cm. Prawdopodobnie największych próbek użyto podczas cyklu doświadczeń KOSI, przeprowadzonego w ośrodku badawczym DLR (Deutsche Forschungsanstalt für Luft-

und Raumfahrt) w Kolonii. W wielkiej komorze symulatora warunków kosmicznych o długości 4.8 m i średnicy 2.4 m badana była ewolucja próbek o średnicy 30 cm i grubości do 15 cm.

Do najciekawszych wyników omawianych doświadczeń należy pokazanie, że na powierzchni próbki materiału kometopodobnego naprawdę tworzy się bardzo porowata warstwa czystego pyłu, a głębiej formuje się warstwa lodowo-pyłowa o zwiększonej gęstości i twardości. Szczególnie wyraźnie było to widoczne w badanej przy moim udziale mieszaninie lodowo-pyłowej o stosunkowo małej zawartości lodu wodnego i dużej zawartości lotnego lodu CO_2 (Kossacki i in. 1997, *Thermal and structural evolution of cometary subsurface layer: self-consistent model and experimental verification*, Icarus).

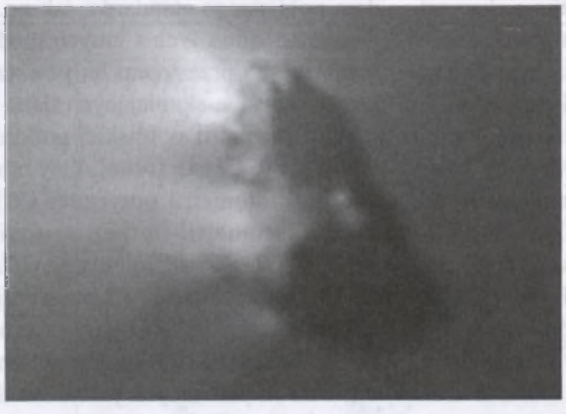
Warto zastanowić się, na ile ilościowe wyniki doświadczeń laboratoryjnych są reprezentatywne dla rzeczywistych komet. Z przyczyn technicznych zarówno skład badanego materiału, jak i wytworzone warunki często odbiegają od przewidywań dotyczących komet. Dla przykładu, toksyczny tlenek węgla stanowiący drugi po lodzie wodnym dominujący składnik lodu kometarnego, bywa zastępowany dwutlenkiem węgla. W tabeli 2 podane jest zestawienie składu próbek używanych w wybranych eksperymentach.

Tab. 2. Wybrane przykłady analogów kometarnych używanych przy doświadczalnym badaniu ewolucji struktury jądra kometarnego. Podane wielkości oznaczają koncentracje w procentach masy próbki. Dane dotyczące eksperymentów KOSI pochodzą z pracy Benkhoff'a i Spohna. Skład próbki z ostatniej kolumny po prawej stronie odpowiada równym stosunkom objętościowym.

Substancja	KOSI-1	KOSI-2	KOSI-3	KOSI-4	KOSI-5	KOSI-6	Kossacki & al.
H_2O	90	90	78	77	70	42	16
CO_2	—	—	14	15	17	15	29
CH_3OH	—	—	—	—	4	—	—
Pył	10	10	8	8	9	43	55

W rzeczywistym jądrze kometarnym, gradient temperatury, powstający pod nasłonecznioną powierzchnią jest związany z bezwładnością cieplną wnętrza komety i temperaturą na głębokości kilkunastu centymetrów, odpowiadającej spodowi najgrubszych próbek, podlega zmianom. Tymczasem w doświadczeniach spód próbki można albo izolować termicznie, albo chłodzić do stałej temperatury, najczęściej ciekłego azotu. W efekcie gradient temperatury jest albo za mały, albo za duży w stosunku do rzeczywistego. Generalnie można przyjąć, że eksperymenty dotyczące ewolucji struktury warstwy powierzchniowej jądra komety służą głównie do poznania zależności przebiegu różnych procesów od warunków i określenia, które z możliwych procesów determinują charakter ewolucji jądra komety. Taka wiedza zasadniczo wpływa na wiarygodność konstruowanych modeli matematycznych opisujących ewolucje komet. Dzięki symulacjom komputerowym, opartym na wynikach doświadczeń, wiemy, między innymi, że pod powierzchnią komety możemy się spodziewać stwardniałej skorupy.

Poprawność przewidywań dotyczących powierzchni komety ma zasadniczy wpływ na powodzenie bezpośrednich badań jąder kometarnych za pomocą bezzałogowych lądowników, np. w przygotowywanym obecnie programie Rosetta. Jeżeli warstwa powierzchniowa gruntu kometarnego jest mocno stwardniała, to przy bardzo nikłej grawitacji komety lądownik może się odbić od powierzchni i uciec w przestrzeń. Na wszelki wypadek planuje się więc zakotwiczenie sondy przy pomocy specjalnego harpuna.



Jądro komety Halleya sfotografowane przez sondę Giotto

Mapa jądra komety Halleya w projekcji cylindrycznej. (P.J. Stooke 1995)

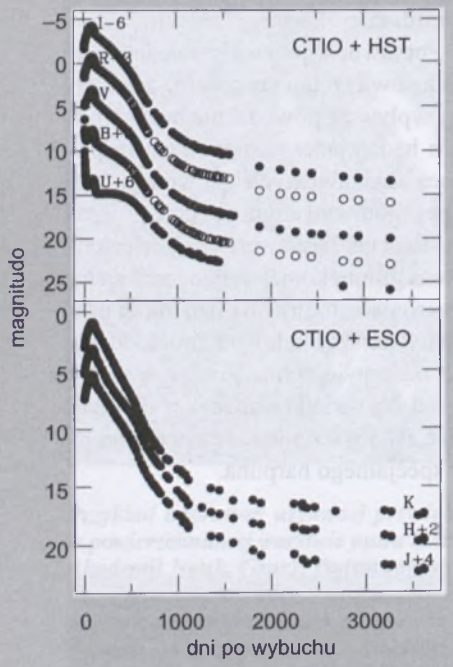
Dr Konrad J. Kossacki jest pracownikiem Instytutu Geofizyki Uniwersytetu Warszawskiego i zajmuje się laboratoryjnym badaniem lodów, które mogą być budulcami jąder kometarnych i niektórych satelitów planet Układu Słonecznego.

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU

Marek Gołębiewski

Dziesięć lat z supernową AD 1987

Długo trzeba było czekać na kolejną supernową widoczną gołym okiem. Ostatnią obserwował w 1604 roku Kepler. Trudno się zatem dziwić, że gdy nareszcie na niebie rozbłysła gwiazda, widoczna i bez teleskopu, dla naukowców rozpoczął się okres wzmożonych wysiłków obserwacyjnych i teoretycznych tego fascynującego zjawiska.



Rys. 1. Fotometria SN 1987A w pasmach *UBVRI* oraz *JHK* do lutego 1997 roku. Liczby przy nazwach pasma mówią o ile wykres został przesunięty dla jego przejrzystości. (Zaczerpnięte z preprintu pracy N.B. Suntzeffa).

23 lutego 1987 roku (data juliańska JD 2446849.8165), o godzinie 7:35:35 (± 1 min) czasu uniwersalnego, zarejestrowana została w ciągu 12.4 s wiązka 11 neutrin w Kamiokande, a kolejne 8 neutrin „złapano" w IMB pomiędzy UT 7:35:41.374 a 7:35:46.956. Naukowcy pracujący przy rosyjskim eksperymencie w Baksan donieśli o 5 rejestracjach, przy niestety wysokim poziomie promieniowania tła. Ujawnienie faktu wybuchu supernowej parę godzin później w dziedzinie optycznej przez Iana Sheltona, potwierdziło związek zaobserwowanych neutrin z SN 1987A. Jako ciekawostkę warto podać, że była to pierwsza detekcja neutrin bezsprzecznie pochodzących ze źródła pozagalaktycznego. Ten bezprecedensowy sukces miał również niewątpliwie wpływ na budowę kolejnych detektorów neutrinowych, np. Superkamiokande, AMANDA (w lodach bieguna południowego) oraz planowane projekty NESTOR i ANTARES (eksperymenty podwodne w Morzu Śródziemnym, przy brzegu Grecji i Francji).

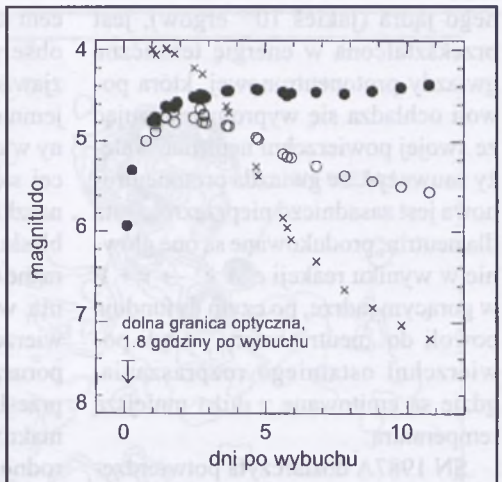
Chociaż kto żyw zabrał się za obserwowanie supernowej, w przypadku obserwatoriów naziemnych zaskakującym utrudnieniem był fakt, że nie zawsze było łatwo znaleźć wystarczająco... mały teleskop, by móc ją obserwować. W maksimum światła w dniu 84.5 po wybuchu, SN 1987A miała jasność $V = 2.975$; przykładowo, aby obserwować ją teleskopem *CTIO* o średnicy 0.4 m, trzeba było zredukować jego aperturę przy pomocy specjalnej maski, która zostawiała powierzchnię zbiorczą o wielkości zaledwie 26 cm^2! (czyli powstawał jak gdyby „teleskopik" o średnicy około 5.8 cm). Obserwacje naziemne były początkowo dodatkowo skomplikowane przez fakt, że jedynym detektorem powszechnie ówcześnie dostępnym było urządzenie jednokanałowe takie, jak fotometr fotoelektryczny. Potrzebna była zatem pogoda fotometryczna (co obecnie, w dobie chipów CCD i... słabszych supernowych, nie jest niezbędne) lub przynajmniej na tyle rozsianych na niebie obłoków, by mogła być wykonana szybka fotometria różnicowa względem pobliskiego standardu, jak np. δ Doradus. Mimo tych i innych niedogodności, na przestrzeni lat powstało szereg atlasów, skupiających dane o: spektrofotometrii w bliskiej podczerwieni, fotometrii fotoelektrycznej *UBVRI*, fotometrii optycznej CCD, spektrofotometrii optycznej (m.in. *ESO*, *CTIO*) i nadfioletowej (*IUE*, *HST*). Na rysunkach 1 i 2 prezentujemy fotometrię *UBVRI* i *JHK* supernowej do lutego 1997 roku oraz fotometrię *UBV* z pierwszych jedenastu dni po wybuchu. Obecna jasność wizualna SN 1987A jest około 17–20 magnitudo; spadek jasności w dniach 2500–3600 od wybuchu (w jednostkach magnitudo na 1000 dni) był największy w pasmach $B(1.03)$, $I(0.96)$ i $U(0.89)$, a najmniejszy w $K(0.46)$ i $V(0.63)$.

Bardzo szybko stało się jasne, że w roli SN 1987A wystąpiła gwiazda, która w katalogu olbrzymów z Wielkiego Obłoku Magellana sporządzonym przez Sanduleak'a, otrzymała oznaczenie Sk –69°202 (czyli 202.

obiekt w pasmie deklinacji –69°). Był to nadolbrzym B3 Ia, jego jasność bolometryczna wynosiła $3–6\times10^{38}$ ergów/s, a promień $3\pm1\times10^{12}$ cm. Wynika stąd, że masa jądra helowego wynosiła 6 ± 1 $M_\odot$, co odpowiada masie gwiazdy na ciągu głównym 18–22 $M_\odot$. Charakterystyki wybuchu wskazują zaś na to, że gwiazda ta musiała mieć również otoczkę wodorową o masie około 10 $M_\odot$. Z analizy zarejestrowanych neutrin można wyciągnąć wniosek, że masa jądra żelazowego, które uległo kolapsowi, wynosiła 1.2–1.7 $M_\odot$. Widoczny obecnie wewnętrzny pierścień wolno poruszającej się materii bogatej w azot wskazuje na to, że progenitor (czyli obiekt, który wybuchł jako supernowa) był przez pewien okres czasu czerwonym nadolbrzymem, nim jakieś 20 tysięcy lat temu przekształcił się w błękitnego nadolbrzyma. W fazie czerwonego nadolbrzyma, gwiazda utraciła przynajmniej 0.045 $M_\odot$, a być może nawet kilka mas Słońca. Wzbogacenie wewnętrznego pierścienia w azot jest znaczne: stosunek $N/C \approx 5.0 \pm 2.0$ przekracza wartość słoneczną około 14-krotnie, a $N/O \approx 1.1 \pm 0.4$ — około 10-krotnie. Zewnętrzne pierścienie również wydają się być wzbogacone w azot, aczkolwiek w mniejszym stopniu, co wskazywałoby na ich powstanie we wcześniejszej epoce.

Wiek Sk –69°202 można oszacować na 11 milionów lat (zob. rys. 3).

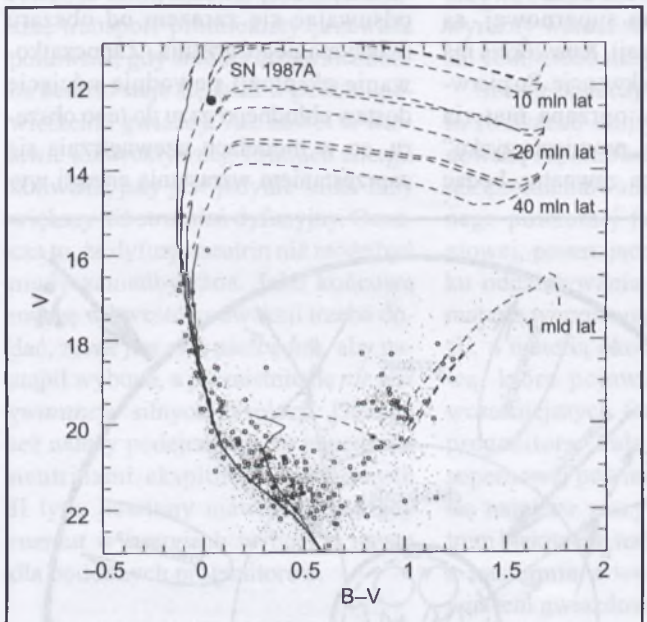
Po epoce fotosferycznej (do 120. dnia po wybuchu), zdominowanej przez energię termiczną uwięzionego promieniowania i rozpadu kobaltu ^{56}Co (czas połowicznego zaniku 111.26 dnia), supernowa wkroczyła w fazę mgławicową, napędzaną przez rozpad ^{56}Co, a później ^{57}Co (1.07 roku) od dnia 1200. od eksplozji. Po upływie 1500 dni od eksplozji, swą jasność SN 1987A zawdzięcza głównie rozpadowi tytanu ^{44}Ti (58 ± 10 lat).



Rys. 2. Fotometria *UBV* supernowej SN 1987A w ciągu pierwszych 11 dni po wybuchu. (Zaczerpnięte z preprintu pracy N.B. Suntzeffa).

Jak to właściwie wybucha?

Wedle standardowej teorii ewolucji, gwiazdy o początkowych masach z zakresu 8–20 $M_\odot$, po trwającym około 10 milionów lat spalaniu termonuklearnym coraz cięższych pierwiastków, dobiegają kresu swego żywota jako „kosmiczne cebule", lub — mówiąc bardziej naukowo — czerwone nadolbrzymy. W samym centrum znajduje się wówczas podobne do białego karła jądro, złożone głównie z jąder pierwiastków grupy żelaza i podtrzymywane przede wszystkim przez ciśnienie zdegenerowanych elektronów. Ponad nim rozciągają się warstwy, w których spalane są produkty takiego procesu z warstwy znajdującej się powyżej; najbardziej zewnętrzna jest otoczka wodorowa. Kiedy masa jądra przewyższy masę Chandrasekhara (około 1.4 $M_\odot$), grawitacji udaje się przezwyciężyć ciśnienie degeneracji i zapoczątkowany zostaje kolaps, czyli nagłe zapadnięcie się jądra. Centralna gęstość jądra wzrasta bardzo szybko i wkrótce osiąga wartość, w której możliwy staje się wychwyt elektronów przez swobodne i związane w jądrach atomowych protony, dzięki reakcji $e^- + p \rightarrow n + \nu e$. Powoduje to krótki, w skali milisekund, wybuch neutronizacji materii, jak również zmniejsza jej degenerację i przyspiesza sam kolaps. Staje się on zasadniczo swobodnym spadkiem materii, o skali czasowej rzędu 50 ms. W chwili, gdy centralna gęstość jądra osiągnie wartość nadjądrową, siły odpychające pomiędzy składnikami nukleonu (kwarkami i gluonami) tego samego koloru, wynikające z chromodynamiki kwantowej, zatrzymują kolaps i zapoczątkowują falę uderzeniową, która przedziera się na zewnątrz poprzez spadające warstwy materii. Zasilana przez energię transportowaną konwektywnie i przez neutrina, jest w stanie powstrzymać spadanie materii, przezwyciężyć jej wiązanie grawitacyjne i rozpędzić do obserwowanych prędkości, przekraczających 10 tysięcy km/s. Odpowiada to całkowitej energii kinetycznej około 10^{51} ergów. Po kilku godzinach fala uderzeniowa osiąga atmosferę nadolbrzyma (którego typowy promień to ok. 10^{13} cm), podgrzewa ją do wysokiej temperatury, co powoduje błysk nadfioletowy. Jednakże wspomniana energia kinetyczna, jak i zintegrowana jasność supernowej II typu, szacowana na 10^{49} ergów, są jedynie drobnym ułamkiem uwolnionej energii. Większość energii wiązania grawitacyjnego skolapsowa-



Rys. 3. Wykres „barwa – jasność" pola gwiazdowego w otoczeniu SN 1987A. Gwiazdy znajdujące się w obrębie 25″ od supernowej zostały zaznaczone jako otwarte kółka; na zewnątrz tego promienia — jako punkty. Krzywe przerywane to policzone teoretycznie izochrony, czyli tory ewolucyjne gwiazd. (Zaczerpnięte z preprintu pracy N.B. Suntzeffa).

nego jądra (jakieś 10^{53} ergów), jest przekształcona w energię termiczną gwiazdy protoneutronowej, która powoli ochładza się wypromieniowując ze swojej powierzchni neutrina. Należy zauważyć, że gwiazda protoneutronowa jest zasadniczo nieprzezroczysta dla neutrin; produkowane są one głównie w wyniku reakcji $e^- + e^+ \rightarrow \nu + \bar{\nu}$ w gorącym jądrze, po czym dyfundują powoli do „neutrinosfery", czyli powierzchni ostatniego rozpraszania, gdzie są emitowane z dużo mniejszą temperaturą.

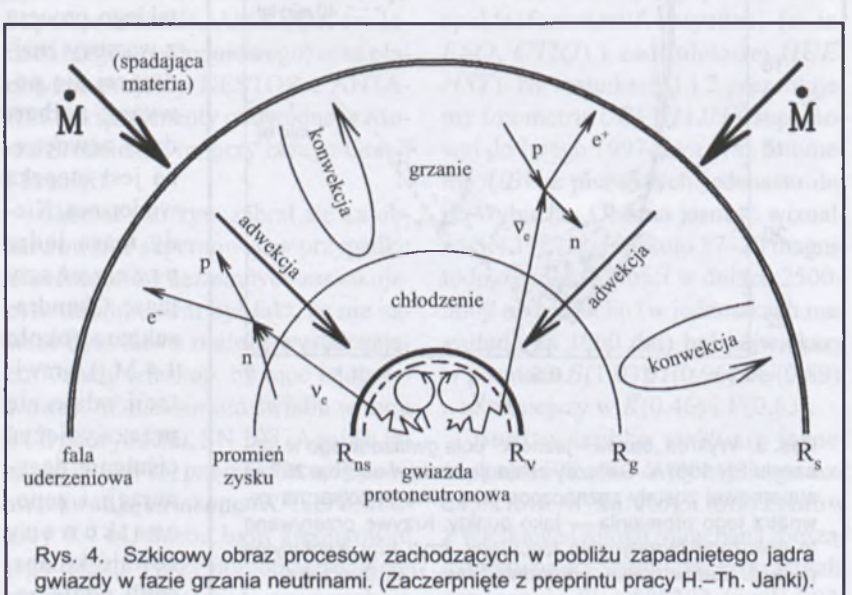
SN 1987A dostarczyła potwierdzenia tych teoretycznych przewidywań. Zaiste zjawisko supernowej jest gwałtowną śmiercią masywnej gwiazdy (~ 20 $M_\odot$); zintegrowana emisja światła (~ 10^{49} ergów) i energia kinetyczna ekspandującej materii (1.25×10^{51} ergów) stanowiły jedynie drobny ułamek energii wyzwolonej w wybuchu. Większość tej energii (kilka$\times10^{53}$ ergów) została wypromieniowana w postaci neutrin, których obecność potwierdziła rejestracja 24 takich cząstek przez podziemne detektory Kamiokande, IMB i Baksan. Zgodnie z oczekiwaniami, emisja neutrinowa poprzedzała pierwszy błysk światła ultrafioletowego o kilka godzin, przy czym czas trwania wybuchu neutrinowego wynosił około 10 sekund.

Jednym z problemów, który od początku wyróżniał SN 1987A spośród innych supernowych był fakt, że wybuchł niebieski nadolbrzym. Próby wyjaśnienia tej osobliwości były różnorakie: niektórzy proponowali, że być może progenitor, znajdując się na ciągu głównym, „spuchł" do rozmiarów czerwonego nadolbrzyma, utracił część masy w wyniku silnego wiatru gwiazdowego, a później uległ kontrakcji i rozgrzaniu — powstał niebieski nadolbrzym. Wydaje się jednak, że najbardziej optymistycznie prezentuje się inna teoria: SN 1987A była układem podwójnym, jednakże jakieś 30 000 lat temu, drugi składnik układu został wchłonięty, co dramatycznie zmieniło późniejsze losy progenitora. (Szerzej pisaliśmy o tym w „Postępach Astronomii" 2/97, na str. 30).

Neutrina

Skoro wiemy już, że większość energii wybuchu supernowej unoszą ze sobą neutrina, a jedynie jeden procent tej energii jest odpowiedzialny za obserwowaną widowiskowość tego zjawiska, przyjrzyjmy się bliżej tym tajemniczym cząstkom. Procesy i ogólny widok na sytuację w pobliżu rodzącej się gwiazdy neutronowej, zostały naszkicowane na rysunku 4. Krzywa blasku i widma SN 1987A noszą wyraźne oznaki wielkoskalowego mieszania w otoczce i warstwach podpowierzchniowych, jak również szybko poruszających się obłoków Ni. Takie przesłanki mogą wskazywać na to, że makroskopowe anizotropie i niejednorodności były już obecne w pobliżu obszaru powstawania pierwiastków z grupy żelaza, podczas bardzo wczesnych stadiów wybuchu. Niestabilności konwekcyjne w warstwach przylegających do rodzącej się gwiazdy neutronowej, są naturalną konsekwencją ujemnego gradientu entropii wytworzonego w wyniku procesów grzania materii przez energię przekazywaną przez neutrina. O ile nie ma zastrzeżeń co do istnienia takiego niestabilnego obszaru, zawartego między położeniem miejsca, gdzie grzanie materii przez neutrina osiąga swoje maksimum (bardzo blisko „promienia zysku" *Rg*, gdzie neutrina miast chłodzić materię, zaczynają ją podgrzewać), a położeniem fali uderzeniowej *Rs*, to wielkości charakteryzujące tę konwekcję i stopień, w jakim przyczynia się ona do napędzania wybuchu supernowej, są przedmiotem dyskusji. Konwekcja ma tutaj dwojakie konsekwencje. Po pierwsze, w jej wyniku ogrzana materia z obszaru bliskiego „promienia zysku" przemieszcza się na zewnątrz, będąc jednocześnie wymienianą przez chłodny gaz płynący w przeciwnym kierunku. Ponieważ reakcje produkcji neutrin (wychwyt elektronów i pozytonów przez nukleony oraz procesy termiczne) są bardzo czułe na temperaturę, ekspansja i chłodzenie unoszącej się plazmy zmniejszają utratę energii na skutek reemisji neutrin. Ponadto, tym więcej jest energii pozyskiwanej z neutrin, im więcej chłodnej materii znajdzie się na ich drodze, tuż na zewnątrz „promienia zysku", gdzie tempo grzania neutrinami osiąga największą efektywność (główne procesy depozycji energii neutrin to reakcje $\nu e + n \rightarrow p + e^-$ i $\bar{\nu} e$). Po drugie, gorąca materia osiąga obszary „dotknięte" falą uderzeniową i, zwiększając tam ciśnienie, „wypycha" dalej falę uderzeniową, co prowadzi do zwiększenia się obszaru zysku, a tym samym wielkości transferu energii z neutrin do gazu gwiazdowego.

Należy się jeszcze zastanowić, dlaczego najwyraźniej eksplozje supernowych napędzane neutrinami są samoregulujące się, innymi słowy, jaki jest rodzaj sprzężenia zwrotnego, który „pilnuje", by eksplozja nie była bardziej energetyczna, aniżeli kilka razy 10^{51} ergów? Owóż materia w obszarze grzanym neutrinami, która na zewnątrz promienia zysku zaabsorbowała z grubsza energię swego wiązania grawitacyjnego, zaczyna ekspandować, odsuwając się zarazem od obszaru maksymalnego grzania. Zapoczątkowanie eksplozji powoduje odcięcie dostaw chłodnego gazu do tego obszaru, co w modelach uzewnętrznia się zaprzestaniem wzrastania energii wy-



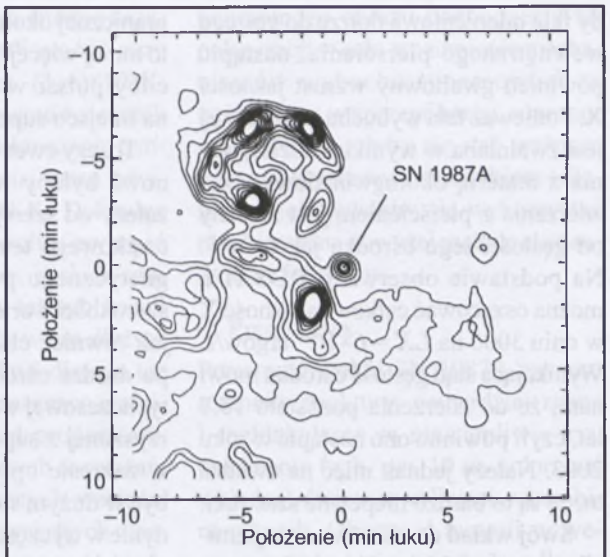
Rys. 4. Szkicowy obraz procesów zachodzących w pobliżu zapadniętego jądra gwiazdy w fazie grzania neutrinami. (Zaczerpnięte z preprintu pracy H.–Th. Janki).

buchu. Podsumowując, energia eksplozji zależy od wielkości grzania neutrinami, co skaluje się z jasnością i średnimi energiami νe i $\bar{\nu} e$, jak również jest ograniczona przez ilość materii w obszarze grzania oraz długość trwania tego procesu; te dwie ostatnie wielkości są mniejsze, gdy grzanie jest silne i ekspansja zdarza się szybko.

Wkład konwekcji w eksplozję jest wynikiem ścisłego współzawodnictwa pomiędzy trzema procesami: grzania neutrinami, przedostawania się materii przez promień zysku do obszaru chłodzenia i na gwiazdę neutronową oraz efektywności kształtowania się samej konwekcji. Również rodząca się gwiazda neutronowa doznaje działania konwekcji. Chociaż jej konwekcyjnie niestabilne obszary podpowierzchniowe istnieją bardzo krótko (kilkadziesiąt milisekund), konwekcja pojawia się również w warstwach głębszych i osiąga centrum gwiazdy po około jednej sekundzie. Osiągane są prędkości konwekcji nawet 5×10^8 cm/s (czyli około 10–20% lokalnej prędkości światła), co odpowiada energiom kinetycznym aż do $1–2 \times 10^{50}$ ergów. Transport energii w gwiazdach neutronowych jest zdominowany przez dyfuzję neutrin w pobliżu centrum, podczas gdy transport konwektywny gra kluczową rolę w gęstej pośredniej warstwie, gdzie aktywność konwekcyjna jest najsilniejsza; transport promienisty przeważa ponownie, gdy średnia droga swobodna neutrin staje się duża w pobliżu powierzchni gwiazdy. Ale nawet w warstwie konwektywnej, strumień energii konwekcyjnej jest jedynie kilka razy większy niż strumień dyfuzyjny. Oznacza to, że dyfuzja neutrin nie może być nigdy zaniedbywana. Jako końcową uwagę w kwestii konwekcji trzeba dodać, że *nie jest ona niezbędna,* aby nastąpił wybuch, a jej zaistnienie *nie jest gwarancją* silnych eksplozji. Dlatego też należy podejrzewać, iż napędzane neutrinami eksplozje supernowych II typu powinny ujawniać znaczący rozrzut w energiach wybuchu, nawet dla podobnych progenitorów.

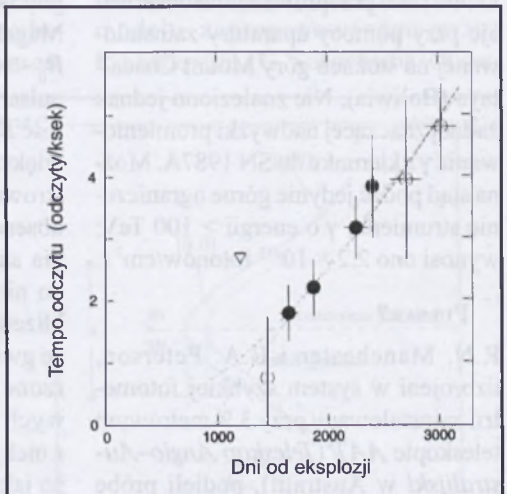
Promieniowanie rentgenowskie

Obecność twardego promieniowania X pochodzącego z SN 1987A została zarejestrowana przez moduł Kwant na stacji orbitalnej Mir oraz japońskiego satelitę Ginga. To wysokoenergetyczne promieniowanie pochodzi z rozpadu kobaltu ^{56}Co, przy czym powstałe pierwotnie promienie γ w efekcie wielokrotnego rozpraszania zostają „zdegradowane" do promieni X; co więcej, rozrzedzona, wyrzucona w czasie wybuchu supernowej materia, jest jednak na tyle gruba, by zapobiec wydostawaniu się na zewnątrz miękkiego promieniowania rentgenowskiego przez całkiem długi czas. W dziedzinie rentgenowskiej, SN 1987A była pierwszym obiektem obserwowanym przez satelitę ROSAT i pozostawała celem obserwacyjnym w trakcie wykonywania przez niego przeglądu całego nieba. Przykładową obserwację wykonaną w latach 1991–1995 przez jeden z jego detektorów prezentuje rys. 5. Z dopasowania modelu, na wielkość jasności w zakresie energetycznym 0.5–2 keV otrzymuje się wartość $(1.6 \pm 0.2) \times 10^{34}$ ergów/s. Rysunek 6, rentgenowska krzywa blasku SN 1987A, wskazuje na wyraźny wzrost strumienia X w okresie 1500–3000 dni po wybuchu.



Rys. 5. Obraz rentgenowski SN 1987A wykonany jednym z detektorów satelity ROSAT, w zakresie energii 0.5–2 keV. (Zaczerpnięte z preprintu pracy G. Hasingera, B. Aschenbacha i J. Trümpera).

Szereg badaczy próbowało rozważać emisję rentgenowską supernowej jako wynik promieniowania termicznego powrotnej fali uderzeniowej, powstającej w wyniku oddziaływania pomiędzy materią wyrzuconą w eksplozji, a materią okołogwiazdową, która pojawiła się we wcześniejszych fazach życia progenitora. Fala wybuchu supernowej powinna zderzyć się najpierw z szybkim wiatrem błękitnego nadolbrzyma, a następnie z wolniejszym wiatrem gwiazdowym, dokumentującym fazę życia progenitora jako czerwonego nadolbrzyma. W obu przypadkach spowodować to powinno podgrzanie materii do temperatur wystarczających do emisji rentgenowskiej. Jasność w zakresie X fali uderzeniowej i jej zachowanie w czasie zależą od gęstości otaczającego ośrodka i jej gradientu. W przypadku swobodnie ekspandującego wiatru błękitnego nadolbrzyma o gęstości $\rho \sim r^{-2}$, oczekiwany jest spadek jasności stosownie do zależności $LX \sim t^{-0.87}$; niemniej jednak faktycznie pomierzona wartość jest zbyt wysoka, by taki prosty model był wystarczający. W 1994 roku K. Masai i K. Nomoto na bazie szczegółowych obliczeń hydrodynamicznych zaprezentowali przewidywany rozwój wydarzeń. Kie-



Rys. 6. Rentgenowska krzywa blasku SN 1987A. Różne symbole odpowiadają rejestracji przez różne detektory satelity ROSAT, a linie modelowe dopasowanie do danych obserwacyjnych. (Zaczerpnięte z preprintu pracy G. Hasingera, B. Aschenbacha i J. Trümpera).

dy fala uderzeniowa dotrze do gęstego wewnętrznego pierścienia, nastąpić powinien gwałtowny wzrost jasności X. Ponieważ fala wybuchu supernowej jest zwalniana w wyniku oddziaływania z materią okołogwiazdową, czas zderzenia z pierścieniem jest zależny od gęstości tego ośrodka jak $t \sim r^{1/6}$. Na podstawie obserwacji ROSAT'a można oszacować całkowitą jasność X w dniu 3000 na $LX = 6 \times 10^{34}$ ergów/s. Wynikająca stąd gęstość ośrodka mówi nam, że do zderzenia pozostało 15.7 lat, czyli powinno ono nastąpić w roku 2003. Należy jednak mieć na uwadze to, że są to bardzo niepewne szacunki.

Swój wkład do obserwowanej emisji rentgenowskiej z SN 1987A może mieć także promieniowanie z powierzchni lub magnetosfery domniemanej gwiazdy neutronowej. Faktycznie bowiem obecnie obserwowana jasność X i temperatura są porównywalne do wartości oczekiwanych z termicznego promieniowania powierzchniowego młodej gwiazdy neutronowej. Okołogwiazdowy kokon materii będzie jednakże blokował całkowicie to promieniowanie, oprócz jedynie tych najbardziej energetycznych promieni X. Ewentualny pulsar powinien być widoczny nie wcześniej, jak po jakichś 8 latach, ale tylko w promieniowaniu o energii powyżej 6 keV.

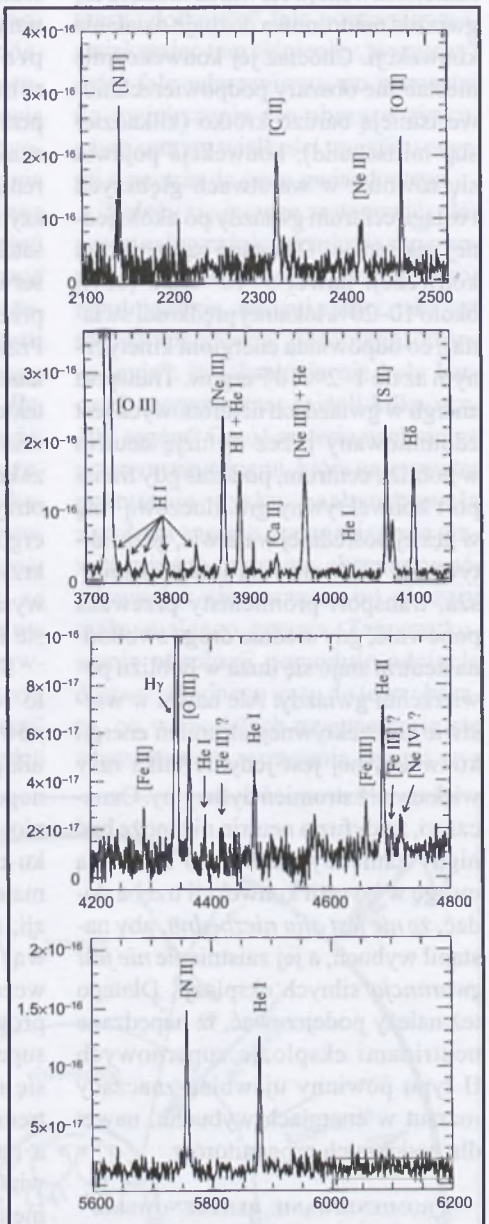
Podjęto oczywiście również próby detekcji jeszcze bardziej energetycznego promieniowania γ. W styczniu 1988 i 1991 roku przeprowadzono obserwacje przy pomocy aparatury zainstalowanej na stokach góry Mount Chacaltaya (Boliwia). Nie znaleziono jednak żadnej znaczącej nadwyżki promieniowania γ z kierunku do SN 1987A. Można stąd podać jedynie górne ograniczenie strumienia γ o energii > 100 TeV: wynosi ono 2.2×10^{-13} fotonów/cm^2 s.

Pulsar?

R.N. Manchester i B.A. Peterson, uzbrojeni w system szybkiej fotometrii zainstalowany przy 3.9-metrowym teleskopie *AAT* (*Teleskop Anglo–Australijski* w Australii), podjęli próbę rejestracji ewentualnych optycznych pulsów z SN 1987A. Obserwacje przeprowadzono w ciągu dwóch grudniowych nocy w 1994 roku, wyróżniających się doskonałym seeingiem. Nie znaleziono żadnych pulsacji w zakresie okresów 0.2 ms do 10s, do jasności granicznej około 24.6 w pasmie V (jest to mniej więcej 1 mag słabiej, niż świeciłby pulsar w Krabie, umieszczony na miejscu supernowej).

To, czy ewentualna gwiazda neutronowa byłaby widoczna jako pulsar, zależy od szeregu czynników: od początkowego tempa rotacji i pola magnetycznego gwiazdy neutronowej, szerokości i orientacji wiązki pulsara, jak również charakterystyki leżącego po drodze ośrodka. Z obserwacji dotychczasowej ewolucji materii stowarzyszonej z supernową wydaje się, że w zakresie optycznym powinna ona być w dużym stopniu przejrzysta. I jedynie w tej części promieniowania elektromagnetycznego można też póki co poszukiwać oznak obecności pulsara. Jak dotąd, znamy trzy przykłady optycznych pulsarów: Krab, czyli PSR B0531+21 (pierwsza rejestracja w 1969 roku), Vela (1977) i PSR B0540-69 (1985). Wszystkie te pulsary są młode, ich jasność optyczna jest proporcjonalna do $B_0^4 P^{-10}$, gdzie B_0 — natężenie pola magnetycznego na powierzchni gwiazdy neutronowej, a P — okres pulsara. PSR B0531+21 ma okres 50 ms i jasność widomą w pasmie V = 22.4 mag. Biorąc za moduł odległości do SN 1987A wartość 18.6, a 11.5 dla Kraba, miałby on jasność V = 23.6 magnitudo, gdyby był w Wielkim Obłoku Magellana. Oba te pulsary mają $B_0 \sim 10^{12.5}$ G. Dlatego też, jeśli pulsar w SN 1987A miałby wartość $B_0^4 P^{-10}$ porównywalną (lub większą), to powinien być rejestrowalny. Co więcej, fakt, iż obserwowane tempa powstawania supernowych, pozostałości po nich i pulsarów są w przybliżeniu sobie równe sugeruje, że gwiazdy neutronowe są tworzone w większości supernowych i co więcej, większość z nich jest rzeczywiście widoczna jako pulsary.

Obecny status pulsara w SN 1987A jest więc taki, że go właściwie... nie ma. Co prawda w 1989 roku J. Kristian obwieścił odkrycie podmilisekundowego pulsara, ale w 1991 roku ta rewelacyjna wiadomość została wycofana. Najwyraźniej zatem, jeśli SN 1987A zawiera jednak gwiazdę neutronową, to jej własności nie są porównywalne do gwiazd neutronowych w Krabie i Veli. Przy czym twierdzenie, że SN 1987A nie posiada pulsara, byłoby jednak jeszcze przedwczesne. Krab i PSR B0540-69 są najbardziej energetycznymi znanymi młodymi pulsarami. Dla porównania, Vela ma jasność widomą około 23 magnitudo, pomimo że jest odległa od Słońca o jedynie 500 pc. Poza tym pulsary mogą mieć względnie długie okresy pulsacji i słabe pola magnetyczne, co przy obecnej czułości technik pomia



Rys. 7. Przykładowe widma SN 1987A wykonane *Spektrografem Słabych Obiektów* (*FOS*), zainstalowanym na pokładzie *HST*. (Zaczerpnięte z preprintu pracy P. Lundqvista i G. Sonneborna).

rowych oznacza, że nie byłyby one rejestrowalne w odległości SN 1987A. Nie jest oprócz tego pewne, czy faktycznie przezroczystość otaczającej materii jest wystarczająca, by móc zaobserwować pulsara.

Polaryzacja

Standardowy obraz pochodzenia polaryzacji w materii związanej z supernową, jest oparty na zjawisku rozpraszania fotonów przemieszczających się przez jej atmosferę. Przy czym dodatkowym warunkiem jest asferyczność tejże atmosfery; dlatego też w obliczu zarejestrowanej polaryzacji supernowej SN 1987A, taki właśnie wniosek wyciągamy odnośnie geometrii jej atmosfery. L. Wang i J.C. Wheeler zaproponowali wszakże nieco zmodyfikowany model, w którym uwzględnili złożoną strukturę materii wokół supernowej, powstałej w różnych fazach życia jej progenitora. Według nich, światło supernowej rozpraszane jest przez pyłową materię okołogwiazdową: w danej epoce po wybuchu, obserwowane fotony to zarówno te, które propagują się bezpośrednio w naszym kierunku, jak i te, które zostały rozproszone na cząstkach pyłu w materii okołogwiazdowej.

Stopień polaryzacji powinien być generalnie malejącą funkcją czasu. Nie powinno to dziwić, jeśli się ma na uwadze fakt, że wraz z ekspansją materii supernowej, jej atmosfera staje się coraz bardziej optycznie cienka; ostatecznie rozpraszanie na elektronach staje się nieistotne i żadna polaryzacja nie może być wytworzona. Modele przyjmujące takie założenia są w stanie odtworzyć obserwacje do 100. dnia po wybuchu. W czasach późniejszych napotykają jednakowoż problem, gdyż zaobserwowany nagły wzrost stopnia polaryzacji z 0.2% do ~1.6% w okolicach właśnie dnia 100., trudno jest wytłumaczyć w ramach modelu rozpraszania fotosferycznego. W całym zagadnieniu wielce istotną sprawą jest poprawka na polaryzację międzygwiazdową, która, niestety, jest cośkolwiek niepewna. Przeprowadzone obserwacje pokazały jednakże, iż obserwowana zmienność czasowa polaryzacji jest związana immanentnie z SN 1987A.

Inny problem dla teorii stanowi stowarzyszony z początkową fazą eksplozji, ogromny błysk promieniowania nadfioletowego, którego energię oszacowano na około 6×10^{45} ergów, przy temperaturze efektywnej ~$(3–6)\times10^5$ K. Natomiast odparowywanie cząstek pyłu następuje przy przekroczeniu temperatury odparowywania, która typowo wynosi około 2000 K. Dokładne obliczenia i tutaj pozwoliły wybrnąć z kłopotów: okazuje się, iż skala czasowa odparowania czy też sublimacji ziaren pyłu może być bowiem *dłuższa* od czasu trwania błysku i dlatego też pył może przetrwać w znacząco mniejszych odległościach od progenitora, niżby to wynikało z innych rozważań. Po przyjęciu realistycznych wartości dla występujących w uzyskanych wzorach wielkości otrzymujemy, że skala czasowa odparowania wynosi w przybliżeniu 10^{11} s, czyli znacząco dłużej od czasu trwania samego błysku, ocenianego na < 2400 s. Odparują więc jedynie te ziarna, które zostaną ogrzane do takiej temperatury, w której odpowiadający jej czas odparowania jest krótszy niż trwanie błysku. Omówiony pokrótce model poprawnie opisuje ogólną ewolucję czasową polaryzacji, tłumacząc jej obserwowany wzrost w okolicach dnia 30. i 100. różnicującym się przyczynkiem od promieniowania rozproszonego (swoją niepoślednią rolę odgrywa tu również fakt skończonej prędkości rozchodzenia się światła). Sukcesem zakończyła się także próba dopasowania krzywej blasku w podczerwieni; pamiętać bowiem musimy, że ziarna pyłu odpowiedzialne za rozpraszanie i polaryzację, zaabsorbowaną energię oddają właśnie w tym zakresie widmowym. Uprzednio próbowano odtworzyć obserwowany rozkład energii poprzez dopasowanie emisji dwóch ciał doskonale czarnych, jednakże już sam fakt, że temperatura cząstek pyłu zmienia się z odległością od supernowej, poddawały w wątpliwość słuszność takiego podejścia.

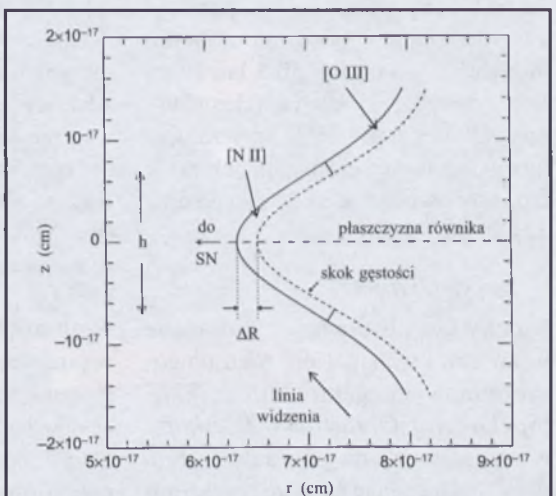
Jak pokazują ostatnie obserwacje, stopień polaryzacji rzędu 1% może być wspólnym zjawiskiem dla supernowych II typu. Stąd też bardzo istotne jest odtworzenie poprawnego obrazu pochodzenia tej polaryzacji w celu zrozumienia mechanizmów wybuchu supernowych w ogólności; a w szczególności, supernowe II typu mogłyby się stać ważnym pozagalaktycznym wskaźnikiem odległości, jeśli udałoby się wykorzystać naszkicowaną powyżej metodę ekspandującej fotosfery.

Pierścienie

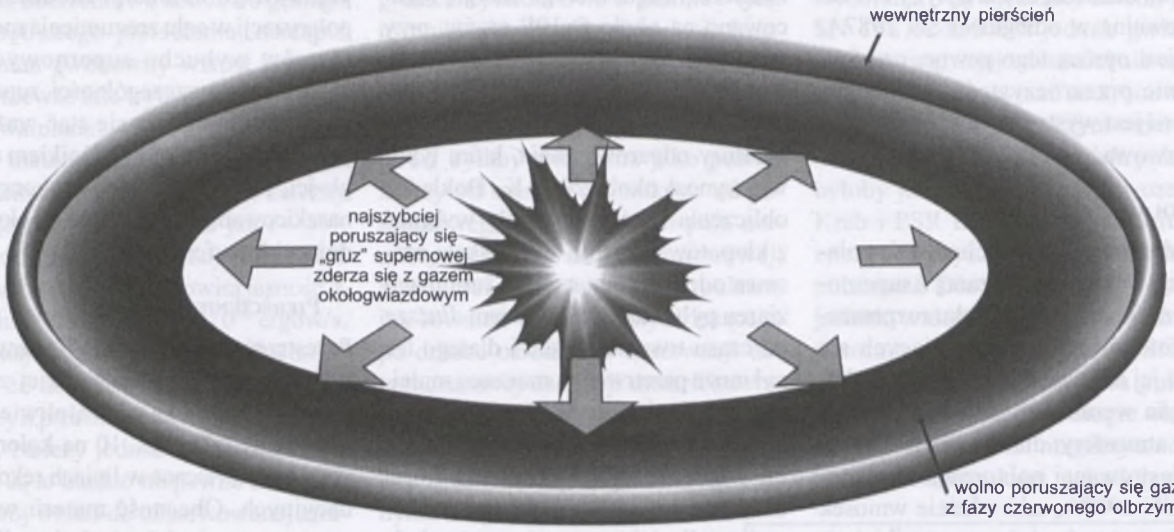
Przestrzeń wokół SN 1987A zawiera rozmaite struktury; najbardziej znane i spektakularne są niewątpliwie trzy pierścienie (zob. rys. 10 na kolorowej wkładce), świecące w liniach rekombinacyjnych. Obecność materii w wewnętrznym pierścieniu była odkryta w postaci wąskich linii emisyjnych przez satelitę *IUE* już w 1987 roku. Cztery lata później wykazano, iż jest to faktycznie pierścień, a nie po prostu rozjaśniona krawędź elipsoidy obrotowej.

Wewnętrzny pierścień składa się z gazu o gęstości w zakresie od ~6×10^3 do 3×10^4 cząstek/cm^3, który, jak już wspominaliśmy jest nadobfity w hel i azot, w porównaniu do zwyczajowo mierzonych wartości dla Wielkiego Obłoku Magellana. O charakterze tej struktury można wiele wnioskować na podstawie analizy widmowej (zob. rys. 7). Przykładowo informacje o gęstości materii pierścienia można odczytać ze stosunków natężeń linii wzbronionych [O II] i [S II].

Na rys. 8 przedstawiona jest geometria wewnętrznego pierścienia, według modelu zaproponowanego przez P. Lundqvista i G. Sonneborna. Obser-



Rys. 8. Szkicowy przekrój geometrii wewnętrznego pierścienia, według modelu opisanego w tekście. (Zaczerpnięte z preprintu pracy P. Lundqvista i G. Sonneborna).



Rys. 11. Schematyczne przedstawienie zderzenia materii wyrzuconej przez supernową z pozostałościami materii z jej wcześniejszych faz ewolucyjnych.

wacje dają się najlepiej odtworzyć, jeśli przyjmie się, że emisja [N II] pochodzi z pobliża płaszczyzny równikowej pierścienia, podczas gdy [O III] — z obszarów bardziej odległych zarówno od supernowej, jak i od tej płaszczyzny. Co więcej, istnieje ciągła zmiana gęstości pomiędzy tymi dwoma obszarami i są one fizycznie połączone. Z rozważań kinematycznych udało się określić, że pierścień wewnętrzny jest nachylony pod kątem 43°, jego promień w przybliżeniu wynosi 0.65 roku świetlnego, ma masę około 0.2 do 0.4 $M_{\odot}$, a ekspanduje z prędkością radialną 10.3 ± 0.4 km/s.

Wciąż trochę mniej mamy informacji o zewnętrznych pierścieniach. Niemniej jednak można z grubsza określić, że północny pierścień ekspanduje z prędkością 36.0 km/s, natomiast południowy — 38.1 lub 50.5 km/s (zależnie od tego, czy kąt nachylenia wynosi 43° czy tylko 31°). Przy założeniu jednostajnej ekspansji, ich wiek możemy oszacować na 22 500 lat oraz 22 000 lub 16 600 lat.

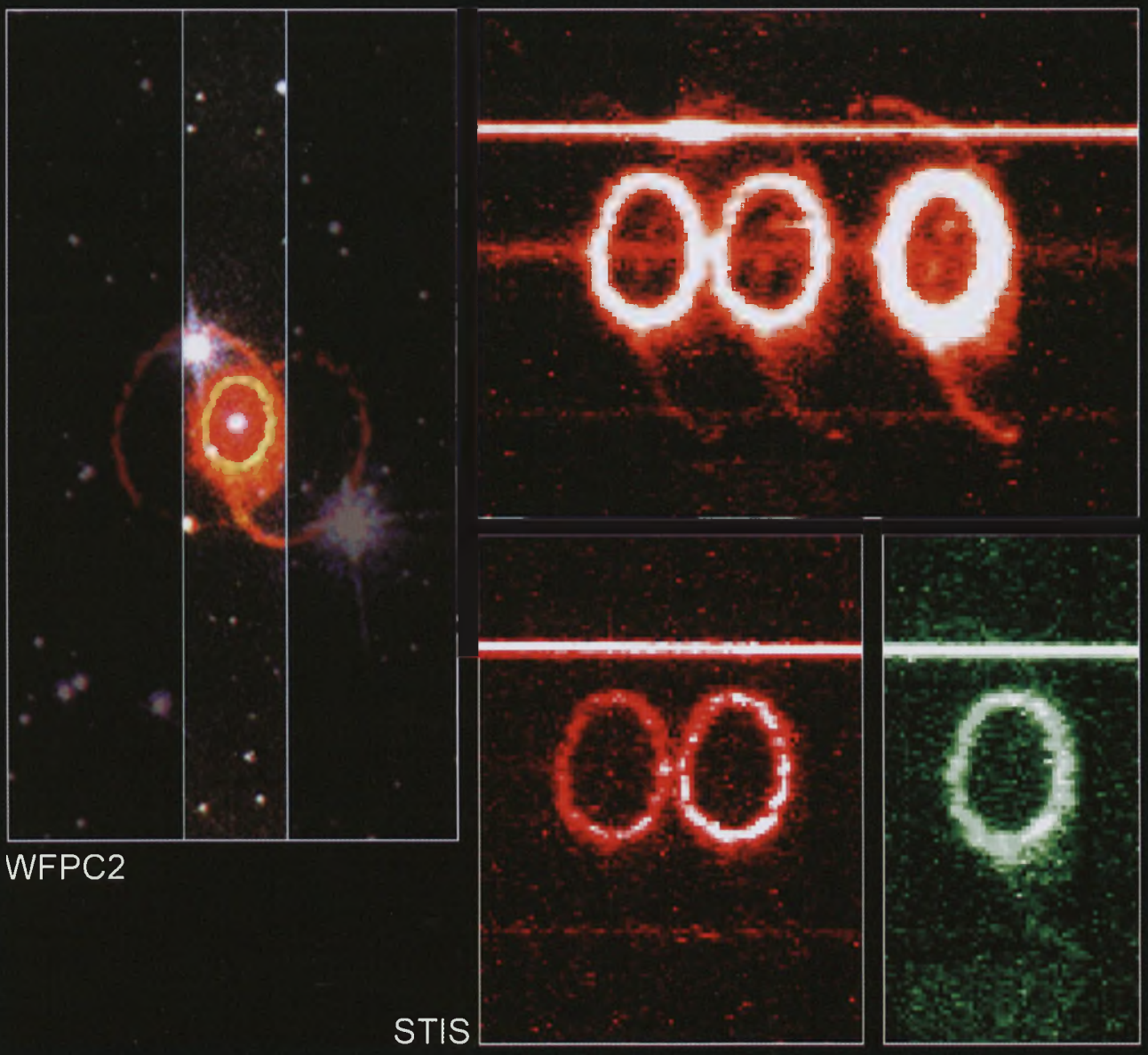
Teraźniejszość

Najnowsze obserwacje, wykonane w kwietniu i maju 1997 roku długoszczelinowym spektrografem *STIS* (*Spektrograf Obrazujący Teleskopu Kosmicznego*) na pokładzie *HST* wskazują niezbicie na to, że szybko poruszający się „gruz" z supernowej zderza się z okołogwiazdowym gazem. Sugerowały to już wcześniej inne przesłanki obserwacyjne. W 1990 roku równocześnie pojawiła się emisja radiowa i rentgenowska, której natężenie następnie wzrastało; razem z faktem spowolnienia fali uderzeniowej oznaczało to, że począwszy od około 1200. dnia po wybuchu, wyrzucona materia napotkała rozrzedzoną materię okołogwiazdową. Konkretnie tę, utraconą przez progenitora pod koniec fazy czerwonego nadolbrzyma.

Na rysunku 9 pionowe linie pokazują obszar wokół supernowej, przebadany przy pomocy *STIS*. Dokładny obraz wewnętrznego pierścienia uzyskano w liniach szeregu pierwiastków: tlenu (pojedynczy zielony pierścień), azotu i wodoru (potrójne pomarańczowe) i siarki (podwójne czerwone). Obecnie gazy te świecą z temperaturą od 5000 do 25 000 Kelwinów. Przy okazji udało się także określić orientację zewnętrznych pierścieni, dzięki znalezieniu przerwy w północnym zewnętrznym pierścieniu — przechodzi on tym samym poza ekspandującą materią z supernowej. Rys. 10 to właśnie dowód pierwszej rejestracji materii z supernowej poruszającej się z największą prędkością — gaz ten świeci w ultrafiolecie, ponieważ wpada on w pozostałości gazu utraconego przez progenitora około 20 tysięcy lat przed eksplozją. Sygnaturą tego oddziaływania fali uderzeniowej z gazem okołogwiazdowym jest emisja w linii Ly α. Można określić położenie tego obszaru — znajduje się on w odległości 79 ± 4% promienia wewnętrznego pierścienia, czyli ~ 5×10^{17} cm od jego centrum. Ciemny kwadrat zaznacza miejsce, w którym widmo zostało przetworzone, by usunąć emisję wodoru z zewnętrznych warstw atmosfery Ziemi. Dane ze *STIS* (środkowy panel i schematyczna prezentacja poniżej) wskazują na obecność świecącego w linii Ly α wodoru, ekspandującego z prędkością 15 000 km/s, pochodzącego z rozciągłego obszaru w obrębie wewnętrznego pierścienia. Ponadto, pierścień ten jest rejestrowany także w liniach emisyjnych kilkukrotnie zjonizowanych pierwiastków, co wskazuje na to, że pozostaje w nim znacząca ilość gorącego gazu. Poglądowy obraz na zdarzenia zachodzące w obrębie wewnętrznego pierścienia i schematyczny wygląd tego obszaru, prezentuje rys. 11.

***

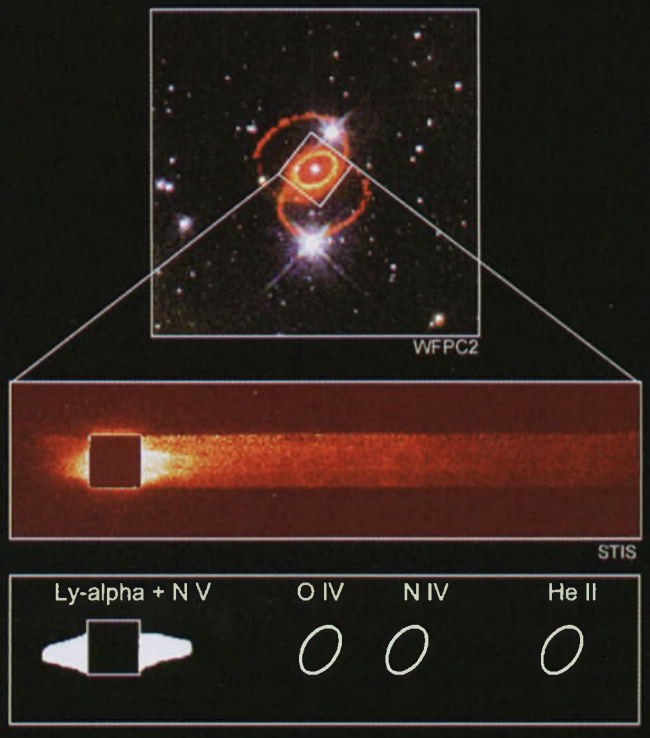
Na zakończenie trzeba wyraźnie podkreślić, iż udało nam się jedynie zarysować kilka ciekawych aspektów fizyki supernowych, do rozwoju których walnie przyczyniła się SN 1987A. Pozostaje jeszcze wiele innych, nie do końca zbadanych kwestii, ot choćby zagadnienie asferyczności wybuchu czy też prędkości przestrzennej rodzącej się gwiazdy neutronowej, tzw. „urodzinowego kopa" (ang. natal kick). Jako „usprawiedliwienie" pobieżności powyższej prezentacji można powiedzieć, że w ciągu minionej dekady SN 1987A była tematem przynajmniej tysiąca kilkuset prac naukowych! — trudno byłoby więc zdobyć w miarę pełne rozeznanie w postępie badań tego ciekawego zjawiska.



(do artykułu M. Gołębiewskiego „Dziesięć lat z supernową SN 1987A" na str. 18)

Rys. 9. (powyżej) Najnowsze obserwacje supernowej SN 1987A, wykonane instrumentem *STIS* (*Spektrograf Obrazujący Teleskopu Kosmicznego*) zainstalowanym na teleskopie kosmicznym *HST*. Pionowe linie naniesione na obraz z kamery *WFPC2* określają obszar przebadany przez *STIS*. Z lewej strony widać obraz tego obszaru w liniach emisyjnych tlenu (pojedynczy zielony pierścień), azotu i wodoru (potrójne pomarańczowe) i siarki (podwójne czerwone).

Zdjęcie: G. Sonneborn (GSFC), NASA, J. Pun (NOAO) i współpraca SINS.

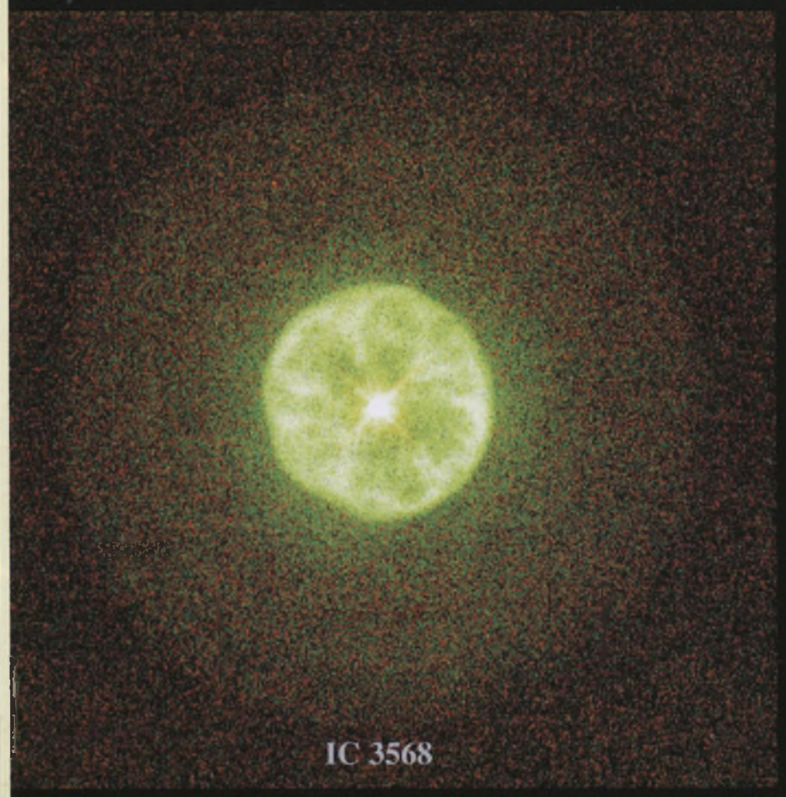


Rys. 10. (obok) Teleskop kosmiczny *HST*, dzięki pracy spektrografu *STIS*, po raz pierwszy ujawnił fakt zderzania się materii wyrzuconej przez supernową SN 1987A z materią utraconą wcześniej przez jej progenitora. O tym dramatycznym fakcie świadczy emisja wodoru w linii Ly a (ciemny kwadrat to usunięta emisja w tej linii z zewnętrznych warstw atmosfery ziemskiej). Zarejestrowane również linie wysoko zjonizowanych pierwiastków świadczą o tym, że w obrębie wewnętrznego pierścienia jest wciąż dużo gorącego gazu.

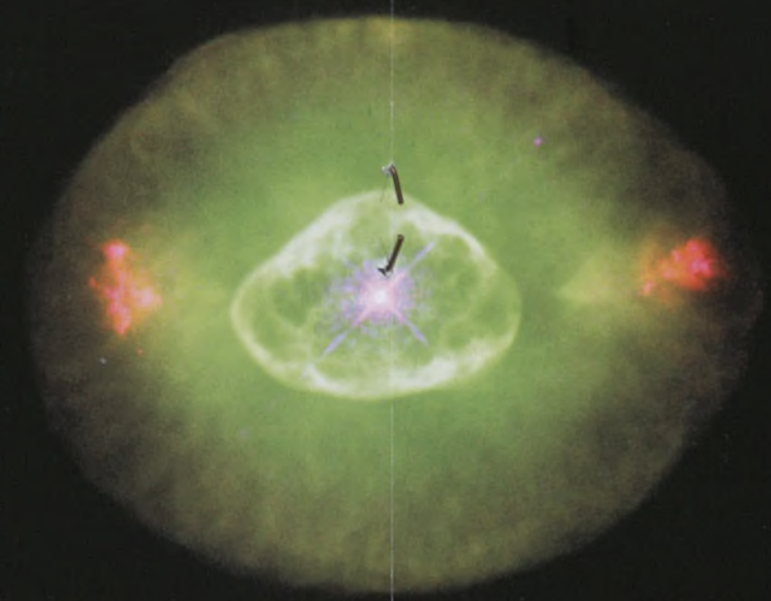
Zdjęcie: G. Sonneborn (GSFC), J. Pun (NOAO), STIS IDT, NASA oraz P Challis (HSCfA), współpraca SINS i NASA.

Galeria mgławic planetarnych teleskopu kosmicznego Hubble'a

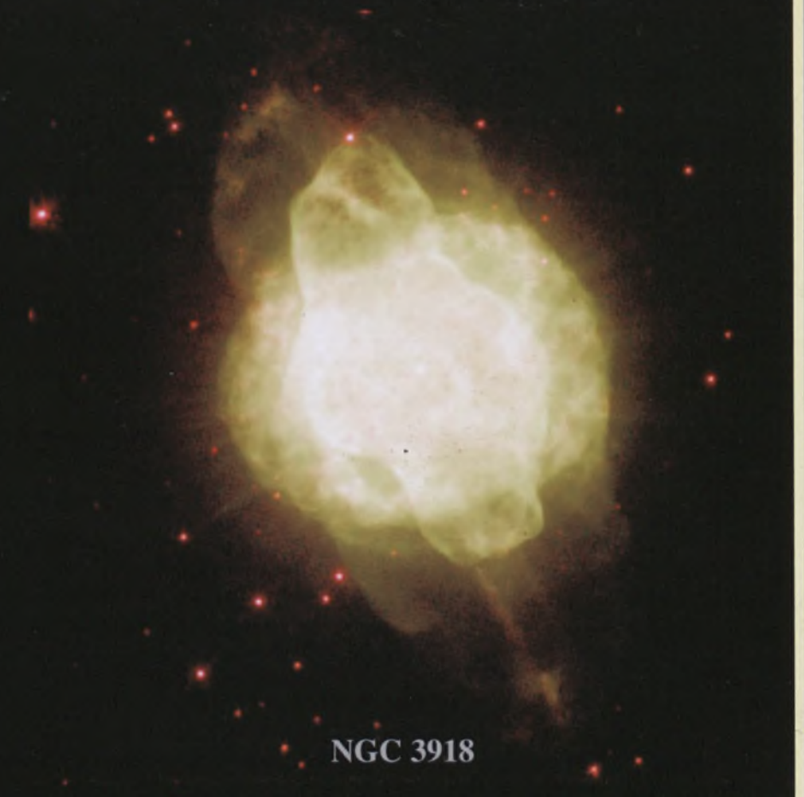
(patrz opis na str. 13)



IC 3568

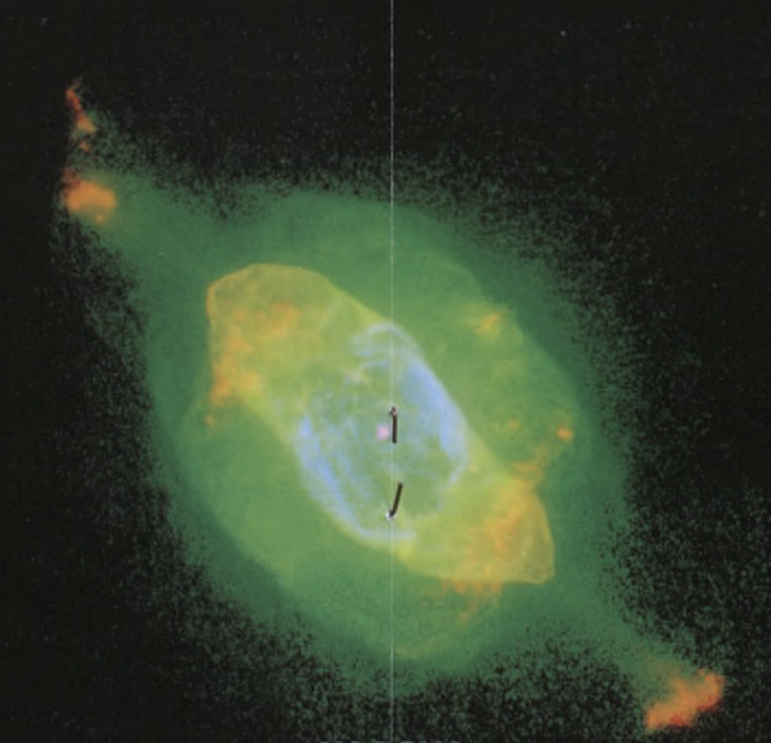


NGC 6826

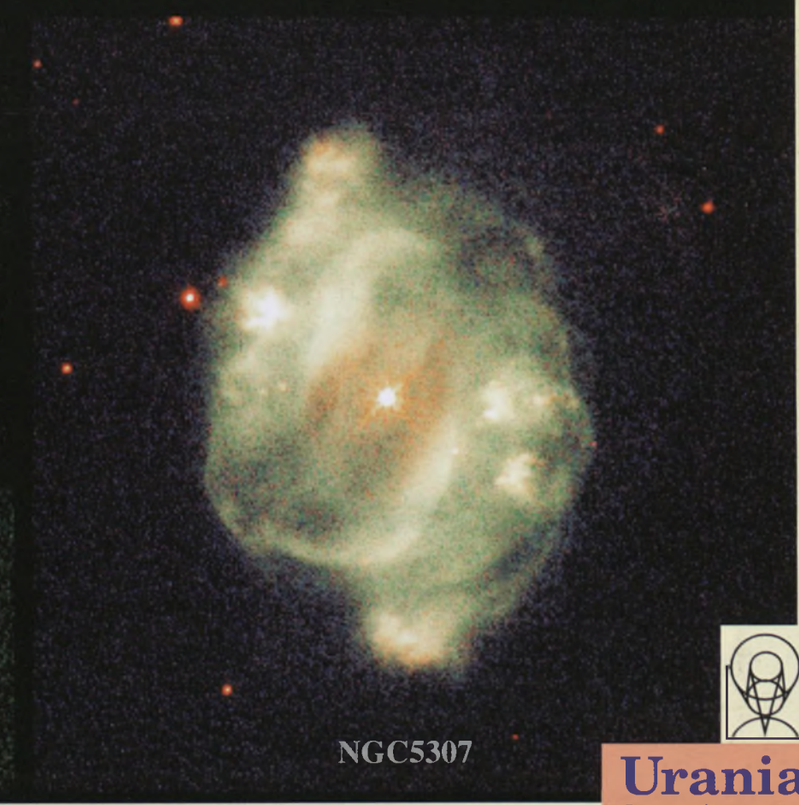


NGC 3918

HUBBLE 5



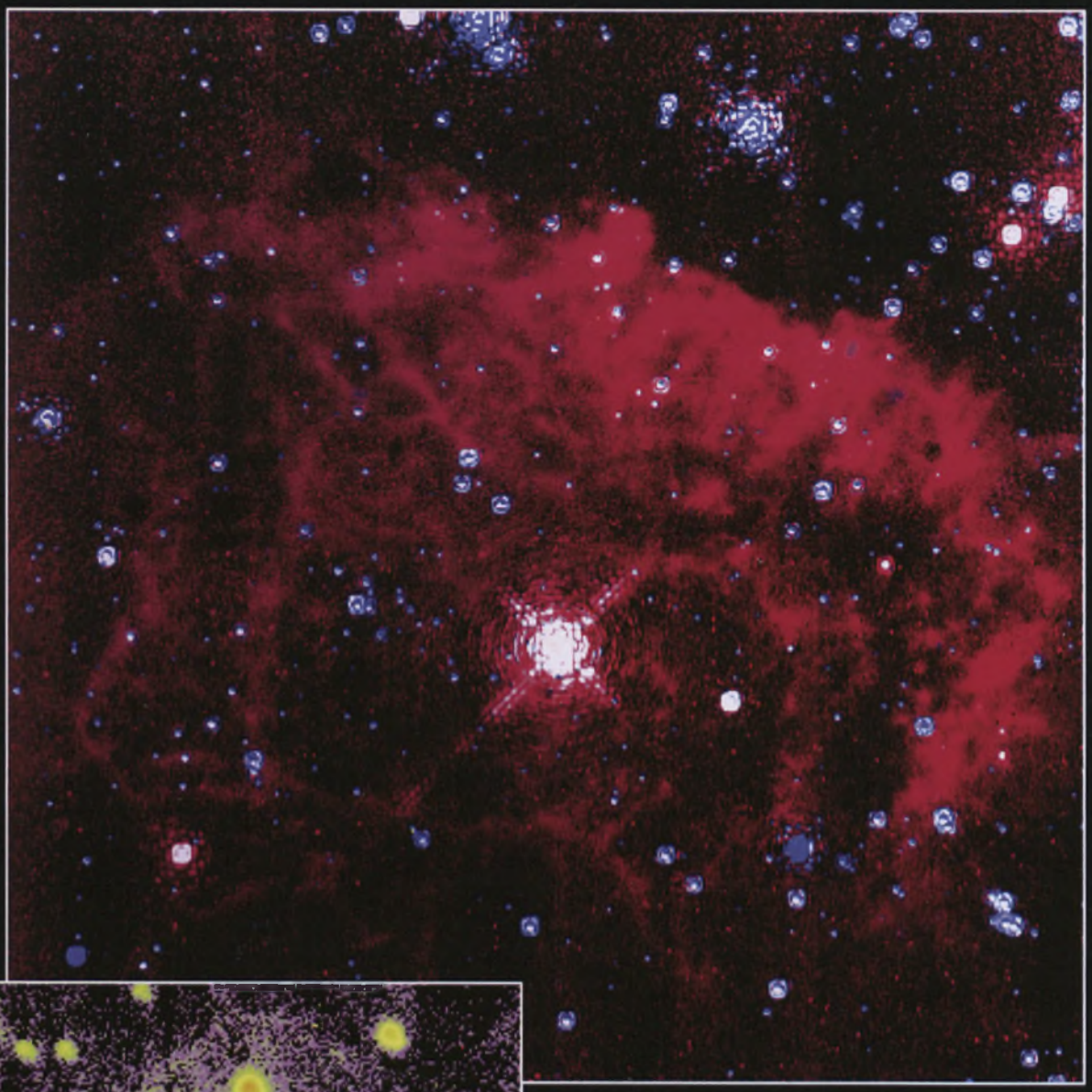
NGC 7009

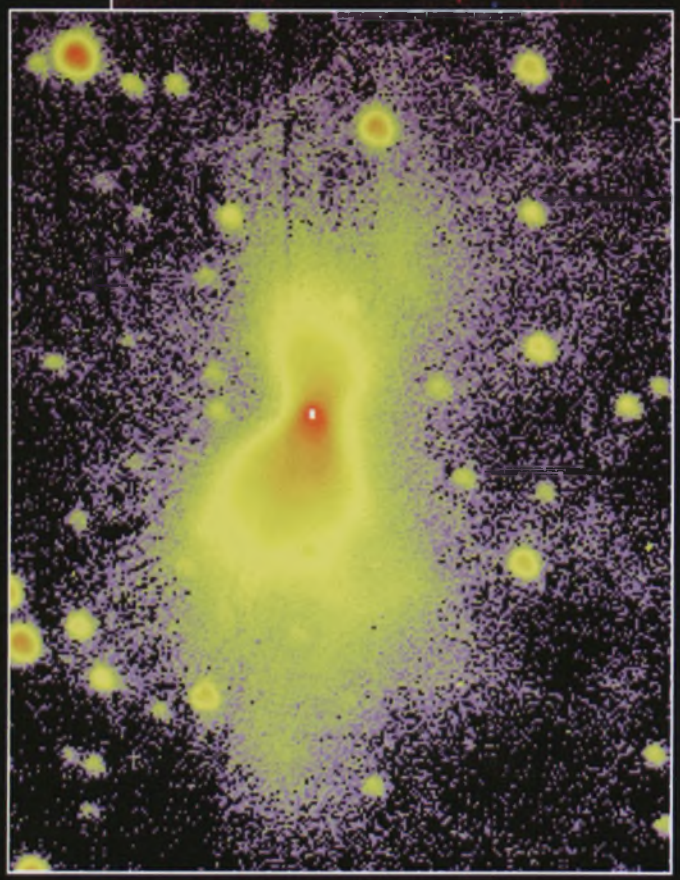


NGC5307

Urania
Postępy Astronomii

Mgławice: Rewolwer i Bumerang





☝ *Jedną z najjaśniejszych gwiazd Galaktyki ujawnił naszym oczom Teleskop Hubble'a. Dzięki kamerze podczerwonej i jej spektrometrowi (NICMOS) zarejestrowane zostało promieniowanie dochodzące zza grubej warstwy pyłu otaczającego cenralne obszary Drogi Mlecznej. Na pierwszy rzut oka niepozorny centralny obiekt Mgławicy Rewolwer świeci z mocą około 10 milionów Słońc.*

☜ *Fotografia uzyskana w pasmie V teleskopem NTT/ESO ukazuje najzimniejszy z przebadanych do tej pory obszarów przestrzeni kosmicznej — Mgławicę Bumerang, utworzoną przez podobną do Słońca gwiazdę w końcowym etapie jej ewolucji. Obraz przedstawiono w skali logarytmicznej, kontury odzwierciedlają obserwowaną jasność. Bipolarne struktury rozszerzają się z prędkością bliską 600 tysiącom kilometrów na godzinę, powodując chłodzenie gazu do temperatury ok. 1 K.*

„Wystrzałowe" odkrycie

Korzystając z umieszczonej w ubiegłym roku na pokładzie teleskopu kosmicznego kamery podczerwonej, astronomowie zidentyfikowali jedną z gigantycznych gwiazd, przez niektórych uznaną za najjaśniejszą w całej Drodze Mlecznej. „Gwiazda Rewolwerowa" — centralny obiekt Mgławicy Rewolwer (nazwa pochodzi od jej kształtu) — wyrzuca w otaczającą ją przestrzeń ogromne ilości materii. Niewykluczone, że w momencie narodzin było to najmasywniejsze słońce naszej Galaktyki.

Obraz uzyskany przy użyciu spektrometru NICMOS ujawnia buzującą gwiazdę oraz wytworzoną przezeń mgławicę. Struktura obiektu wskazuje, że największe wyrzuty materii nastąpiły na sześć i cztery tysiące lat przed obecnie obserwowanym stanem. Rozmiary mgławicy sięgają czterech lat świetlnych (!). Gdyby jej centralną gwiazdę umieścić na miejscu Słońca, zamknęłaby w swym wnętrzu wszystkie planety wewnętrzne naszego systemu.

Gwiazda Rewolwerowa została dostrzeżona na początku lat 90-tych, jednak dopiero w r. 1995 Don F. Figer zasugerował, że mogła ona dostarczyć materiał na całą otaczającą ją mgławicę. Rozpoczęła swój żywot jako kosmiczne monstrum o masie sięgającej 200 mas Słońca, a w okresach najsilniejszej aktywności pozbywała się materii w porcjach stanowiących równowartość nawet kilkunastu słonecznych mas. Obecny wiek gwiazdy szacuje się na 1-3 milionów lat. Nie więcej pisane jest jej na przyszłość, jest bowiem niczym kocioł ulegającej ciągłym przemianom materii, który niemal w każdej chwili może wybuchnąć jako spektakularna supernowa.

W „spokojnych" okresach Gwiazda Rewolwerowa świeci około 10 milionów razy jaśniej od Słońca (w czasie kilku sekund wypromieniowywując tyle energii, ile nasza Dzienna Gwiazda produkuje w ciągu roku). Nawet z odległości 25 tysięcy lat świetlnych (gdyż na tyle oszacowano jej dystans) moglibyśmy dostrzec ją gołym okiem, gdyby nie obłoki materii międzygwiazdowej, skutecznie absorbujące wysyłane w naszym kierunku promieniowanie widzialne.

Tylko jakieś 10% kwantów podczerwonych jest w stanie przedrzeć się przez tę barierę i przekazać świadectwo rozgrywających się bliżej centrum Galaktyki procesów narodzin i ewolucji supermasywnych gwiazd.

Problem formowania gwiazd kilkadziesiąt razy masywniejszych od Słońca wciąż wzbudza wiele kontrowersji. W warunkach kolapsu typowego obłoku materii międzygwiazdowej rozpoczęcie reakcji termojądrowych przy masie protogwiazdy rzędu kilku bądź kilkunastu słonecznych mas na ogół przekreśla szanse utworzenia masywniejszych obiektów. Natomiast w szczególnych okolicznościach, dziś — jak się wydaje — możliwych do osiągnięcia tylko w obszarach bliskich centrum Galaktyki, może powstać protogwiazda o masie kilkudziesięciu mas Słońca.

Ewolucja takiego obiektu przebiega szybko i burzliwie. W wyniku procesu intensywnej utraty masy dochodzi do odsłonięcia zbudowanego z przeewoluowanej materii jądra (które obserwujemy jako gwiazdę Wolfa-Rayeta) oraz nieuchronnego finału w postaci wybuchu supernowej.

Nadchodzący rok przyniesie bardziej szczegółowe badania Mgławicy Rewolwer. Budowany jest nowy spektrometr do 10-metrowego teleskopu Kecka II z myślą o pomiarach prędkości ekspandującej materii. Planuje się też przebadanie innych gwiazd w pobliżu środka Galaktyki. Badania takie, które dopiero teraz stały się realne, pomogą rozszyfrować tajemnice ukryte w centrum Drogi Mlecznej. (*kr*)

rozmaitości

Kosmiczna lodówka

Wydawać by się mogło, że domeną fizyków pozostanie badanie materii w warunkach najniższych temperatur, przynajmniej poniżej 2.7 stopni Kelvina — taka bowiem wartość odpowiada widmowemu rozkładowi wszechobecnych fotonów promieniowania tła. Jednak natura raz jeszcze postarała się nas zadziwić.

Nie było to zupełne zaskoczenie, gdyż w roku 1990 R. Sahai z Jet Propulsion Laboratory przewidział teoretycznie możliwość istnienia we Wszechświecie obszarów chłodniejszych niż 2.7 K. Po kilku latach jego poszukiwania zostały uwieńczone sukcesem. Badając za pomocą 15-metrowego radioteleskopu ESO natężenie sygnału mikrofalowego promieniowania tła, wspólnie z L. Nymanem odnalazł obszar, w którym następuje jego absorpcja.

Jest to położona w odległości 5 tysięcy lat świetlnych mgławica Bumerang, formowana w wyniku ekspansji zewnętrznych warstw umierającej gwiazdy o masie porównywalnej z masą Słońca. W odróżnieniu od typowych mgławic planetarnych, Bumerang rozszerza się z prędkością kilkakrotnie większą. Dzięki temu mechanizm chłodzenia może być szczególnie wydajny i uzyskana zostaje temperatura ok. 1 K. W tych warunkach cząsteczki tlenku węgla chętnie absorbują kwanty promieniowania tła. (*kr*)

Gwiazdy neutronowe przestają być niewidzialne!

Teleskop Hubble'a umożliwił dokonanie kolejnego ważnego odkrycia: dostrzegł bezpośrednio pojedynczą gwiazdę neutronową (która nie jest pulsarem). Uzyskany obraz nie jest może tym razem tak efektowny jak prezentowane przy okazji innych doniesień, ale sam fakt zamyka pewien rozdział w historii astronomii, stwarzając jednocześnie perspektywy dalszych badań.

Już 60 lat temu amerykańscy fizycy teoretycy J.R. Oppenheimer i G.M. Volkoff zauważyli, że masywne gwiazdy po wyczerpaniu jądrowego paliwa powinny w katastroficzny sposób skurczyć się i przekształcić w supergęste obiekty o rozmiarach ok. 10 km — w gwiazdy neutronowe. Przy odległościach rzędu kilkudziesięciu lat świetlnych perspektywy dostrzeżenia tak małego obiektu początkowo wydawały się beznadziejne.

Odkrycie pulsarów radiowych w roku 1967 dało pierwsze obserwacyjne świadectwo ich istnienia. Późniejsze badania w dziedzinie rentgenowskiej stworzyły szansę wykrywania obecności gwiazd neutronowych w układach podwójnych. Akrecja materii na ich powierzchnię powoduje wydzielenie tak dużych ilości energii, że towarzyszące temu procesowi promieniowanie wysyłane jest właśnie w zakresie rentgenowskim.

Wciąż jednak gwiazd neutronowych nie udawało się dostrzec bezpośrednio. Dopiero Teleskop Kosmiczny pokonał tę barierę.

Historia obecnego odkrycia sięga roku 1992, kiedy to rentgenowski satelita ROSAT odkrył jasne źródło promieni X, dla którego nie znaleziono optycznego odpowiednika. W październiku 1996 r. do jego poszukiwań zaprzęgnięto Szerokokątną Kamerę Planetarną teleskopu Hubble'a. Okazało się, że w odległości zaledwie dwóch sekund łuku (a więc w granicach błędu) od pozycji źródła rentgenowskiego świeci niepozorna gwiazdka o jasności poniżej 25 magnitudo. Szybko wyszło na jaw, że silniej promieniuje ona w ultrafiolecie. Powinna być zatem gorąca.

Gorąca, niepozorna gwiazdka — — ktoś powie: może to biały karzeł? Cóż, przy tej jasności obserwowanej biały karzeł musiałby znajdować się w odległości... 150 tysięcy lat świetlnych, a więc poza naszą Galaktyką!

Wątpliwości zostały rozwiane, gdy uzyskano dodatkowe dane z satelity EUVE — obserwowany rozkład energii w widmie tajemniczej gwiazdki odpowiada temperaturze około 670 tysięcy stopni...

Szczęśliwym zbiegiem okoliczności badany obiekt świeci na tle odległego o 400 lat świetlnych obłoku molekularnego w gwiazdozbiorze Korony Południowej. Jego odległość nie przekracza więc tej wartości, co daje górne ograniczenie na jego rozmiary: 28 kilometrów!

W roku bieżącym planowane są dalsze obserwacje teleskopem Hubble'a, które być może ostatecznie rozstrzygną kwestię dystansu i rozmiarów zaobserwowanej gwiazdy neutronowej. A na identyfikację czeka jeszcze co najmniej kilka tajemniczych źródeł promieniowania rentgenowskiego. *(kr)*

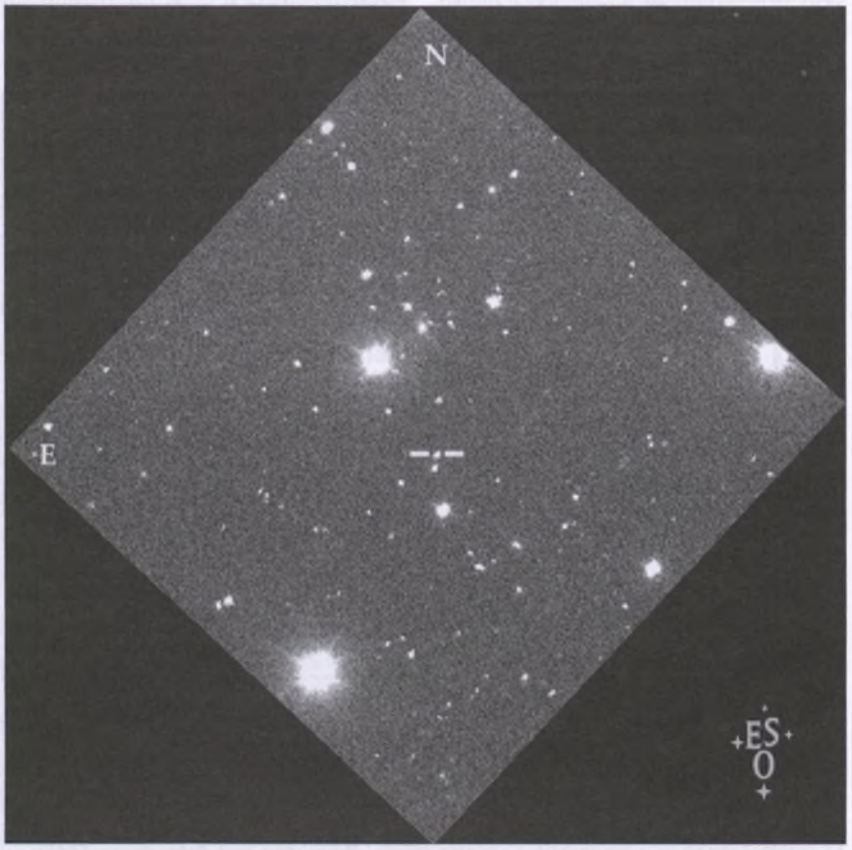
Pierwszy obraz optyczny przedstawiający samotną gwiazdę neutronową, nie będącą pulsarem. Przeprowadzone analizy wskazują, że mamy do czynienia z obiektem niezwykle gorącym (prawie 700 tysięcy stopni na „powierzchni"), o niewielkiej jasności obserwowanej (poniżej 25 magnitudo) i rozmiarach rzędu 30 km. Zdjęcie: F. Walter i NASA

KELU-1 — samotny brązowy karzeł

Rok temu na łamach „Postępów Astronomii" donosiliśmy o niezaprzeczalnym odkryciu brązowego karła GL229B (zob. „PA" 2/96, str. 77). Co prawda, ilość znanych obiektów tego typu wzrosła, jednakże bardzo niewiele: dwa brązowe karły w układach podwójnych i kilka w Plejadach, to wciąż niewiele. Nadal zatem niebywałą gratką jest sygnał o odkryciu kolejnej takiej gwiazdy. A jakby tego było mało, wyróżniający się w sposób szczególny, dobrze rokujący na przyszłość — KELU-1 jest zwyczajnie samotny.

W przywołanym numerze „Postępów" opisaliśmy w miarę szczegółowo, co stanowi brązowego karła i problemy związane z jego jednoznaczną definicją, a także zaprezentowaliśmy krótki przegląd kilku metod, którymi poszukuje się takich obiektów. Ograniczymy się zatem na potrzeby tej relacji do zwięzłego przypomnienia, czym się wyróżniają te wielce interesujące ciała niebieskie. Choć scenariusz ich powstawania jest praktycznie analogiczny jak w przypadku „rasowej" gwiazdy, to są one jednak zbyt małe, by stać się nimi naprawdę. Stąd wynika też fakt niemożności zainicjowania reakcji termojądrowych w ich wnętrzach, z góry są więc skazane jedynie na powolne stygnięcie i stopniowe znikanie z pola widzenia. Z drugiej strony, wciąż są znacząco i wyraźnie większe nawet od największych planet Układu Słonecznego.

Nie od dziś wiadomo, że wiele odkryć w nauce jest dziełem przypadku, kiedy to naukowcy szukali niekoniecznie tego, co faktycznie znaleźli. Podobnie rzecz się ma w przypadku naszego (prawie) gwiezdnego bohatera. W 1987 roku Maria Teresa Ruiz z Uniwersytetu Chilijskiego w Santiago de Chile rozpoczęła zakrojone na długie lata systematyczne poszukiwania innych ważnych, choćby z ewolucyjnego punktu widzenia, obiektów — białych karłów, czyli małych i raczej słabych końcowych stadiów życia określonej grupy gwiazd. Projekt otrzymał nazwę *badań ruchów własnych Calan–ESO*. Jednometrowym teleskopem Schmidta znajdującym się w La Silla (Chile), wykonywano fotografie dużych wycinków nieba, każda obejmująca 5°.5×5°.5. Mając szereg takich klisz z przestrzeni lat, możliwe jest poszukiwanie, przy pomocy tzw. komparatora błyskowego, obiektów, które w tym czasie przesunęły się na niebie. W ten sposób udało się wyodrębnić kilka słabych, względnie bliskich (o czym świadczy właśnie ów zarejestrowany ruch własny) ciał. Skoro niezbyt odległe od nas, to i w rzeczywistości słabo świecące, a więc poważne kandydatki na białe karły. W aspekcie statystycznym wyglądało to tak, że na każdej parze zdjęć ujawniono około 20 słabych, poruszających się obiektów, o ruchach własnych przekraczających 0.″25/rok. Odpowiada to prędkości prostopadłej do kierunku do gwiazdy, wielkości rzędu 12 m/s, jeśli jest ona odległa o 10 parseków. (Przypomnijmy dla porównania, że rekordzistką jest tutaj tzw. Gwiazda Barnarda, o ruchu własnym około 10″/rok!). Późniejsze uzupełniające obserwacje spektroskopowe pozwoliły się upewnić, że 20% „podejrzanych" (czyli jakieś 4 sztuki na zdjęcie), to faktycznie białe karły. W ten

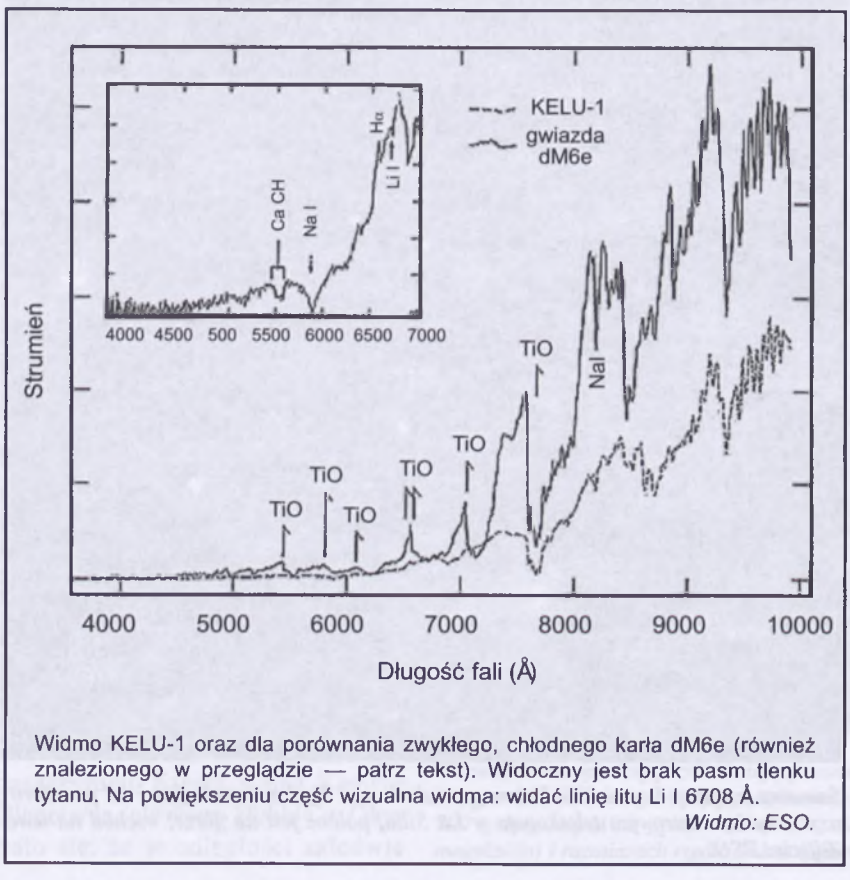


Samotny brązowy karzeł KELU-1 w gwiazdozbiorze Hydra, w odległości 10 pc. Obraz uzyskany 3.6-metrowym teleskopem w La Silla; północ jest na górze, wschód na lewo. Zdjęcie: ESO.

sposób do dziś znaleziono 40, uprzednio nie znanych ciał tego typu — jest to ponad dziesięciokrotnie więcej aniżeli się spodziewano.

Wszystko to stanowi sztandarowy przykład zwyczajnej procedury badawczej, mającej na celu „wyłuskanie" obiektów, będących „godnymi" celami następujących później, możliwie najszczegółowszych badań. Trud włożony w realizację opisanego programu, zaowocował także w sposób nieoczekiwany. W trakcie porównywania ze sobą dwóch zdjęć odległych w czasie o 11 lat, uwagę zwrócił na siebie bardzo słaby punkcik światła w gwiazdozbiorze Hydra, legitymujący się ruchem własnym 0.35 sekundy łuku na rok (zob. zdjęcie). Aby rozpoznać bliżej jego naturę, sporządzono 15 marca 1997 roku 3.6-metrowym teleskopem widmo, w zakresie 4500 – 10 000 Å, czyli poprzez zakres widzialny do bliskiej podczerwieni. I tu czekała niespodzianka — bez cienia wątpliwości można było powiedzieć, iż nie jest to bynajmniej biały karzeł, jak i jakiś inny, łatwy do identyfikacji obiekt. O tym przekonywał choćby brak pasm tlenku tytanu (TiO) i tlenku wanadu (VO), powszechnych w bardzo chłodnych gwiazdach, jak też linii widmowych obserwowanych w białych karłach (zob. rysunek). Jednocześnie wszak wyraźnie widać linie emisyjne wodoru, jak i linię absorpcyjną litu, która — jak się wkrótce przekonamy — ma tutaj kapitalne znaczenie. Gdy pomierzono kolor tego intrygującego znaleziska w różnych długościach fal, to okazało się, iż jest ono bardzo czerwone i nieodparcie podobne do tych dwóch brązowych karłów „wytropionych" w układach podwójnych (m.in. wspomniany na początku Gliese 229B). Łącznie z podkreśloną już przed chwilą obecnością litu oznaczało to praktycznie potwierdzenie odkrycia kolejnego reprezentanta tej klasy ciał niebieskich.

Zagadkowy obiekt otrzymał nie mniej tajemniczą nazwę. A jak się okazuje, KELU-1 oznacza „czerwony" w języku Mapuczów, pradawnego ludu z centralnych części Chile. Na początku kwietnia bieżącego roku, Sandra K. Leggett wykonała podczerwone obserwacje teleskopem UKIRT na hawajskiej wyspie Mauna Kea, które poparły tezę o tożsamości KELU-1, szczególnie dzięki wyraźnej detekcji pasm metanu (CH_4). Zakładając teraz, iż jest on podobny do jak dotąd poznanych i przebadanych brązowych karłów, można podać jego dokładniejszą charakterystykę. Po pierwsze jasność optyczna KELU-1 to tylko 22.3 magnitudo (czyli ponad 3 miliony razy mniej względem tego, co widać jeszcze gołym okiem), co spowodowało, iż był on ledwo rejestrowalny na kliszach z programu przeglądu nieba. Odległy jest od nas prawdopodobnie tylko o 10 parseków, a co najważniejsze, z punktu widzenia przyszłych badań, nie należy on do żadnego układu podwójnego, więc pędzi swój żywot w sposób niezaburzony. Temperatura nie powinna przekraczać jakichś 2000 K, kiedy to TiO i VO kondensują jako ziarna pyłu [1], a więc w widmie nie widać już linii widmowych tych molekuł. Masa KELU-1 nie powinna być większa aniżeli 75 mas Jowisza, czyli 0.06 $M_\odot$. Co do wieku, to jest on najpewniej nieco starszy niż brązowe karły z Plejad, które są całkiem młode i w porównaniu z nim gorętsze i jaśniejsze.



Widmo KELU-1 oraz dla porównania zwykłego, chłodnego karła dM6e (również znalezionego w przeglądzie — patrz tekst). Widoczny jest brak pasm tlenku tytanu. Na powiększeniu część wizualna widma: widać linię litu Li I 6708 Å.
Widmo: ESO.

Lit a sprawy gwiazdowe

Lit zajmuje poczesne miejsce w kosmicznej nukleosyntezie, gdyż powstał już w trakcie kilku pierwszych minut istnienia Wszechświata. Spośród jego dwóch stabilnych izotopów, ^{7}Li jest najobfitszy — zarejestrowano jego obecność w setkach gwiazd, jak i w materii międzygwiazdowej. Jego obecna obfitość w Galaktyce jest miliard razy mniejsza niż wodoru ($^7Li/H = 10^{-9}$), co zazwyczaj wyraża się jako log N(Li) = 3 w skali log N(H) = 12. Można to wywnioskować na podstawie badań m.in. gwiazd typu T Tauri oraz gwiazd F w młodych gromadach otwartych takich, jak Plejady i Hiady. Z drugiej strony, obserwacje karłów zamieszkujących halo Drogi Mlecznej pokazują, że za-

[1] Na przykład w postaci minerału *perowskitu*, czyli tlenku wapnia i tytanu ($CaTiO_3$), na Ziemi występującego m.in. na Uralu, a w karłach późnych typów widmowych odpowiedzialnego za „wykradanie" TiO z ich widma optycznego.

wartość litu w materii, z której powstała nasza Galaktyka, wynosiła przynajmniej log N(Li) = 2 (czyli Li/H = 10^{-10}). Stąd wypływa od razu ważny wniosek, że jakakolwiek gwiazda lub obiekt podgwiazdowy powstały u „nas", powinien wykazywać obfitość litu nie mniejszą niż właśnie log N(Li) = 2.

^{7}Li charakteryzuje się raczej niską energią wiązania, przez co jest wydajnie „niszczony" we wnętrzach gwiazd, poprzez zderzenia z protonami, co skrótowo zapisuje się jako ^{7}Li(p,α)^{4}He. Zachodzi to już przy względnie niskich temperaturach rzędu 2 mln K. I właśnie tę „delikatność" jąder litu można z powodzeniem wykorzystać jako wskaźnik struktury wewnętrznej gwiazd rozmaitych typów. Od około 3 lat jest jasne, iż ^{7}Li bardzo wydajnie przetwarzają w swoich wnętrzach gwiazdy typu słonecznego. Obserwacje obiektów typu widmowego K i M, znajdujących się przed ciągiem głównym pokazują, że efektywne niszczenie litu ma miejsce podczas wczesnej ewolucji takich małomasywnych ciał. Dla przykładu, gwiazdy wczesnego typu M w Plejadach (wiek 70 mln lat), zredukowały swą początkową zawartość litu ponad tysiąckrotnie, a w podobnym stopniu nawet młodsze gwiazdy M3 – – M6 w gromadzie otwartej α Per (50 mln lat). Jedyne znane odstępstwo to gwiazda bardzo późnego typu M, UX Tau C, o masie <0.2 $M_\odot$, której atmosfera manifestuje obecność litu w postaci jego silnego, rezonacyjnego dubletu na długości fali 6708 Å. Oznacza to niewątpliwie, iż gwiazda ta skonsumowała niewiele swego litu, ale jej wiek to raptem około 2 miliony lat! Ostateczny wniosek jest więc następujący: bardzo mało masywne gwiazdy o wieku kilku milionów lat i więcej, zużyły dużą część „startowego" zapasu litu.

W ogólności można zdefiniować temperaturę spalania ^{7}Li, powyżej której gwiazdowa plazma jest zasadniczo pozbawiona litu. Okazuje się, że jest ona słabo zależna od warunków gęstościowych wnętrz gwiazd i zmienia się w zakresie $1.8 – 2.4 \times 10^6$ K dla obiektów bliskich granicy podgwiazdowej (0.08 – 0.07 $M_\odot$). Wszystko to pozwala przy pomocy litu dokonać rozróżnienia pomiędzy bardzo mało masywnymi gwiazdami, a masywnymi brązowymi karłami. Albowiem obiekty o masach dużo poniżej owej granicy masy nie mogą osiągnąć temperatury spalania litu. Tak więc w przeciwieństwie do bardzo mało masywnych gwiazd, brązowe karły muszą zachować znaczące ilości pierwotnego zasobu ^{7}Li. Co ciekawe, obliczenia bazujące na różnych modelach wnętrz gwiazdowych, nieprzezroczystości itp. parametrach, jako masę rozgraniczającą zgodnie wskazują na ~ 0.065 $M_\odot$.

Stało się zatem możliwe zaproponowanie tzw. testu litowego. Teoria wskazuje na to, że linia Li I 6708 Å powinna być wystarczająco silna (szerokość równoważna nawet kilka Å!), by nie było kłopotów z jej identyfikacją w gąszczu pasm molekularnych również obecnych w widmie. Powstawanie molekuł zawierających lit (np. LiH, LiO, LiCl, LiF, LiOH, LiBr) zaczyna być istotne w temperaturze poniżej 1500 K, a dodatkowo nic nie powinno istotnie wpływać na powstawanie dubletu litu przy wyższych temperaturach efektywnych. Interesujące jest również to, iż powinno być wyraźne, czy wręcz nagłe przejście pomiędzy obiektami ubogimi w lit, a weń bogatymi. Czyli przekładając to na język praktyczny, obserwując coraz słabsze obiekty w młodych gromadach otwartych, powinniśmy w pewnym momencie zarejestrować lit w danym typie widmowym i przy danej dzielności promieniowania. Umożliwiłoby to jednocześnie empiryczne wyznaczenie położenia granicy masy obiektów podgwiazdowych.

* * *

Czego można się spodziewać dalej, w najbliższej przyszłości? W bieżącym roku powinno stać się możliwe wyznaczenie paralaksy KELU-1, dzięki czemu poznamy dokładną odległość, a tym samym będzie można dokładniej i ściślej podać inne jego parametry. Badania spektroskopowe o wysokiej rozdzielczości przy użyciu wielkich teleskopów (wkrótce też VLT — zob. „PA" 1/97, str. 28), pozwolą zbadać po raz pierwszy procesy zachodzące w zewnętrznych warstwach brązowych karłów; szczególnie wdzięcznym celem obserwacyjnym będzie tu oczywiście KELU-1.

Już teraz można też oszacować jeszcze inną rzecz. W omówionym na początku projekcie przebadano jak dotąd zaledwie jakieś 800 lat świetlnych sześciennych (czyli 23 parseki sześcienne). Dalsze analizy zrealizowanych badań wskazują na lokalną gęstość brązowych karłów około 0.4 takiego obiektu na parsek sześcienny. Co prawda jest to zbyt mało, by wytłumaczyć obecność całej „ciemnej materii" w Galaktyce, ale szacunki takie są zgodne z najnowszymi ocenami lokalnej gęstości, zarówno tej obserwowanej, jak i wywnioskowanej z rozważań dynamicznych dotyczących ruchów gwiazd w sąsiedztwie Słońca.

(*mag*)

INFORMACJA O PRENUMERACIE

Prenumerata na rok 1998 (6 zeszytów) kosztuje 36 zł
Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
BIG Bank Gdański S.A. o/Toruń
Nr 10401514-6347-132

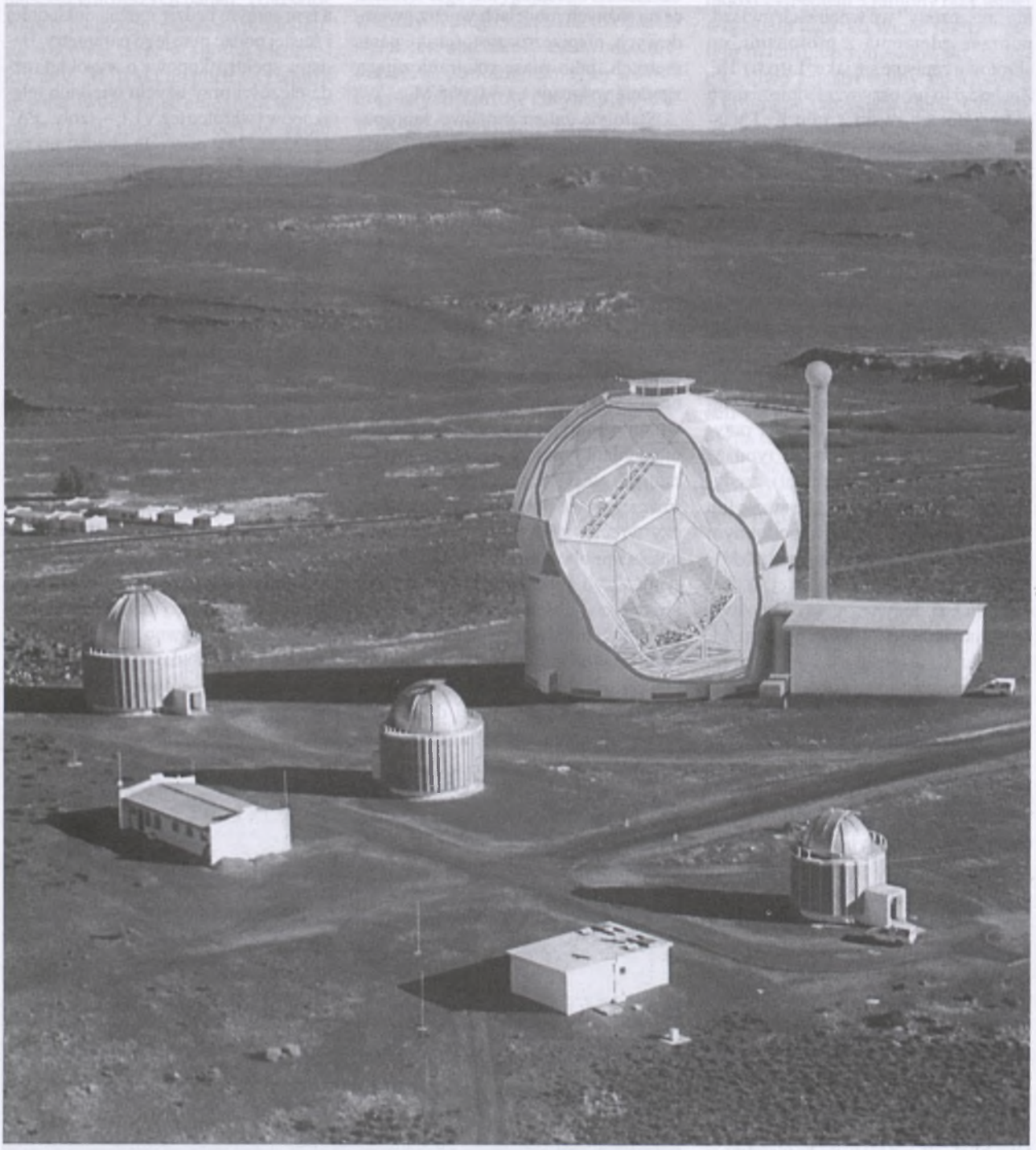
Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych udziela:

Barbara Gertner
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11
87-100 Toruń

E-mail: basia@astri.uni.torun.pl, tel/fax (0-56) 65 40 676 wewn. 14

SALT — bliźniak HETa

Wielki teleskop optyczny HET (Hobby-Eberly Telescope) w Obserwatorium McDonalda w Teksasie (patrz PA 3/97), którego astronomiczna służba została oficjalnie zainaugurowana w dniu 9 października 1997 roku, będzie miał swego bliźniaka na południowej półkuli. Republika Afryki Południowej proponuje zbudowanie 10 metrowego teleskopu SALT (Southern African Large Telescope) w Karro, na terenie stacji obserwacyjnej Południowo Afrykańskiego Obserwatorium Astronomicznego SAAO. Rząd Południowej Afryki zadeklaro-



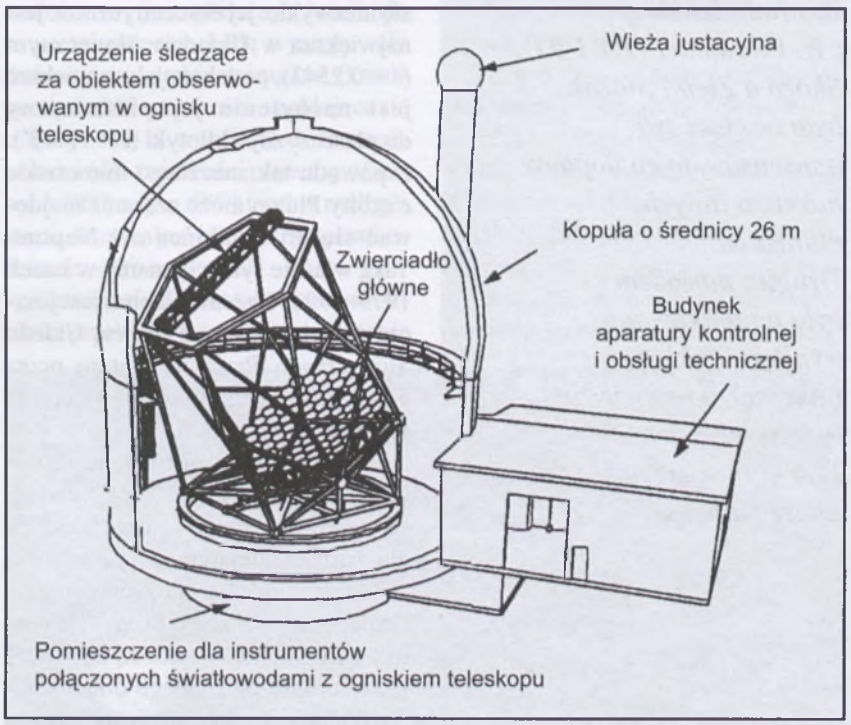
Rys. 1 Przyszły widok ogólny stacji obserwacyjnej Południowo-Afrykańskiego Obserwatorium Astronomicznego (SAAO) na wypalonym Słońcem płaskowyżu Karoo.

wał pokrycie 50% kosztów budowy tego teleskopu, a reszta funduszy ma być uzyskana od partnerów zagranicznych w zamian za zagwarantowany czas obserwacyjny. Teleskop ten byłby bliźniakiem teleskopu HET, którego Konsorcjum zaoferowało już udostępnienie szczegółowych rysunków i planów i dalszą aktywną współpracę przy budowie tego wielkiego teleskopu.

Niezwykłość teleskopu HET polega na tym, że w istocie jest on teleskopem tranzytowym, a przez to relatywnie tanim. Nie trzeba bowiem budować kosztownych konstrukcji mechanicznych i systemów ruchów teleskopu. Koszt budowy teleskopu i jego budynku będzie wynosił około 20 mln. dolarów (wg cen tegorocznych), co odpowiada 20% kosztów klasycznego teleskopu o takiej samej (10 m) średnicy lustra. Idea konstrukcji tego teleskopu i filozofia jego pracy podobne są do radiowego teleskopu w Arecibo. Ten największy radioteleskop świata ma nieruchome, rozpięte w kotlinie górskiej lustro stale patrzące w zenit. Odbiorniki zebranego przez nie promieniowania, przemieszczając się w ognisku pierwotnym wybierają obiekt obserwacji i „śledzą" za jego ruchem. Teleskop SALT będzie skierowany zawsze w kierunku odchylonym od zenitu o 35°, ale w przeciwieństwie do swego radiowego pierwowzoru, będzie mógł zataczać pełne koło w azymucie. W czasie obserwacji teleskop pozostanie nieruchomy, a obiekt będzie śledzony na przestrzeni 12 stopni specjalnym urządzeniem w ognisku pierwotnym lustra. W ten sposób będą tym teleskopem mogły być obserwowane obiekty astronomiczne znajdujące się w pasie o szerokości 12°, którego środek leży na 35° odległości zenitalnej. Główne lustro będzie lustrem sferycznym o średnicy 11 m złożonym z 91 jednometrowych segmentów heksagonalnych . W czasie obserwacji tylko jego część, z reguły nie większa niż o średnicy 9.2 m będzie oświetlana przez obserwowany obiekt. Czteroelementowy korektor w ognisku pierwotnym będzie usuwał aberrację sferyczną lustra głównego w polu o średnicy 4 minut łuku. Bilans błędów wprowadzanych przez optykę teleskopu i „prowadzenie" daje rozmycie obiektu punktowego do rozmiarów obrazu 0.6 sekundy łuku. Wobec średniego rozmycia obrazów gwiazd przez turbulencje atmosferyczne w miejscu proponowanej lokalizacji teleskopu do rozmiarów 0.9 sekundy łuku, to rozmycie instrumentalne nie pogorszy „naturalnych" tam obrazów gwiazd i możliwej do osiągnięcia rozdzielczości.

Tak jak jego pierwowzór HET, teleskop SALT będzie teleskopem pracującym metodami spektroskopowymi w optycznym i podczerwonym zakresie widma. Głównymi jego instrumentami będą spektroskopy o niskiej, średniej i wysokiej rozdzielczości widma „zasilane" światłem ciał niebieskich z ogniska pierwotnego przy pomocy światłowodów. Będą możliwe równoczesne obserwacje spektroskopowe wielu obiektów (lub wielu obszarów tego samego obiektu rozciągłego) oraz uzyskiwanie obrazów nieba o rozmiarach do 4 minut łuku. W istocie najlepiej ten teleskop nadawał się będzie do przeglądów spektroskopowych. Najefektywniej będzie pracował bądź w takich programach badawczych, w których obiekty obserwacji rozłożone są równomiernie na niebie i kolejno nadchodzą w pole jego widzenia, bądź są zgrupowane w niewielkim obszarze nieba. Z tego względu inna będzie nieco procedura przyznawania czasu obserwacyjnego astronomom — to nie astronomowie, ale wskazane przez nich obiekty obserwacyjne będą „stały w kolejce" do teleskopu. Oczywiście cele badawcze, którym będzie mógł służyć SALT mogą być bardzo różne: od badań spektroskopowych obiektów położonych na krańcach Wszechświata, do poszukiwania planet wokół bliskich nam gwiazd i badania ciał Układu Słonecznego. Astronomowie uważają, że instrument ten będzie dobrze służył badaczom nieba przez co najmniej 50 lat.

Kierownikiem naukowym powyżej przedstawionego projektu jest dr David A.H. Buckley z SAAO. Swoje zainteresowanie udziałem w budowie (a więc współfinansowaniem i następnie preferencyjnym użytkowaniem) teleskopu SALT zgłosiły już ośrodki badawcze w USA, Niemczech i Argentynie. Astronomowie toruńscy uważają, że to byłaby też dobra inwestycja dla Polskiej Astronomii. (*aw*)



Rys. 2 Przekrój projektowanego teleskopu SALT. W istocie jest to instrument identyczny jak świeżo uruchomiony w Obserwatorium McDonalda w Teksasie w USA teleskop HET. (Hobby-Eberly Teleskope).

T. Zbigniew Dworak

Osobliwości zmian pór roku i środowiska na Plutonie

Do przedstawienia tego artykułu skłoniły mnie krytyczne recenzje podręczników do geografii, a mianowicie recenzja Ewy Kuczawskiej podręcznika „Geografia fizyczna z geologią" W. Stankowskiego (PA 2/95) oraz recenzja Patryka Macha podręcznika „Podstawy geografii fizycznej i geologii" B. Modzelewskiej i E. Piłowskiej (PA 1/97). Skoro o Ziemi można było napisać tyle nonsensów, to co dopiero mówić o innych planetach! Drugim powodem było opublikowanie wyników ankiety na temat stanu wiedzy astronomicznej (PA 4/96), który jest nader żałosny.

Pluton, planeta transneptunowa, został odkryty w 1930 r. przez, zmarłego rok temu, Clyde'a Tombougha, według efemerydy podanej przez Percivala Lowella. Ta nowa planeta Układu Słonecznego była znaleziona (na kliszy fotograficznej) w odległości 6° od przewidywanej pozycji. Przez długi czas Pluton był najbardziej tajemniczym obiektem w naszym układzie planetarnym. Mieliśmy bardzo przybliżone i niepełne dane o rozmiarach i masie planety, a żadne — o warunkach środowiska na jej powierzchni. Również elementy orbity Plutona okazały się niezwykłe: jej ekscentryczność jest największa w Układzie Słonecznym ($e = 0.2543$), podobnie jak największe jest nachylenie jej płaszczyzny do płaszczyzny ekliptyki ($i = 17°18'$). Z powodu tak znacznego mimośrodu e orbity Pluton może czasami znajdować się bliżej Słońca niż Neptun. Taką właśnie sytuację mamy w latach 1979–1999. Obecnie Neptun jest jeszcze najdalszą (znaną) planetą Układu Słonecznego. Przejście Plutona przez peryhelium nastąpiło około 5 sierpnia 1989 roku.

Rosnące zainteresowanie Plutonem zaowocowało w 1978 r. nowymi seriami obserwacji fotograficznych dla bardziej dokładnego wyznaczenia elementów orbity. Na tych fotografiach James Christy (J.W. Christy, R.S. Harrington, Astron. J., **83**, 1005, 1978) odkrył nieznanego dotąd satelitę Plutona. Ten księżyc został nazwany Charonem. Obiega on Plutona po orbicie kołowej, której płaszczyzna jest nachylona do płaszczyzny orbity Plutona pod kątem 99° .Okres obiegu wynosi $6^d9^h17^m$ i jest równy okresowi ruchu wirowego samego Plutona.

Odkrycie Charona oraz nowe obserwacje pozwoliły wreszcie określić rozmiary i masę Plutona. Jego średnica wynosi około 2300 km, a masa — około 0.00215 masy Ziemi. Charon ma średnicę około 1200 km, a masę w przybliżeniu równą 0.0003 masy Ziemi.

Oś rotacji Plutona jest nachylona do płaszczyzny jego orbity pod kątem 122° (inaczej — płaszczyzna równika planety jest nachylona do płaszczyzny jej orbity pod kątem $\varepsilon = |32°|$).

Te specyficzne parametry układu Pluton-Charon określają niezwykłe warunki klimatyczne i środowiskowe na powierzchni planety. Rozpatrzmy te warunki, rozpoczynając od rozważań ogólnych.

Nachylenie osi rotacji planety do płaszczyzny jej orbity decyduje o rozmieszczeniu stref klimatycznych i zmianach (następstwach) pór roku. Jeśli oś rotacji jest prostopadła do płaszczyzny orbity danej planety, wówczas nie występują na niej ani strefy klimatyczne, ani pory roku. Taką sytuację mamy na Merkurym, Wenus i Jowiszu, ponieważ ich osie są niemal prostopadłe do płaszczyzny ich orbit: $\varepsilon \approx 0°$ (ale w przypadku Wenus jej ruch wirowy jest wsteczny). Ponadto w przypadku Merkurego występuje coś na kształt „pór roku" (a raczej zmian „pór dnia merkuriańskiego"), lecz są one powodowane wyłącznie przez zmiany odległości Merkurego od Słońca (od 46 mln km w peryhelium do 70 mln km w aphelium).

Jeśli nachylenie osi rotacji zawiera się między 45° a 90° ($0° < \varepsilon < 45°$), wtedy na danej planecie występują pory roku oraz istnieją następujące strefy klimatyczne: jedna podzwrotnikowa (tropikalna) pomiędzy $\varphi = \varepsilon$ a $\varphi = -\varepsilon$ (gdzie φ jest szerokością planetograficzną), dwie strefy umiarkowane pomiędzy $\varphi = |\varepsilon|$ a $\varphi < |90° - \varepsilon|$, jak również dwie strefy podbiegunowe (polarne) między $|90°-\varepsilon|<\varphi<|90°|$. Taka sytuacja panuje na Ziemi, Marsie, Saturnie i Neptunie, dla których to planet ε jest — jak to wiemy — odpowiednio równe: 23°.5; 24°; 26°.8 i 29°.

Jeśli nachylenie osi rotacji do płaszczyzny orbity jakiejś planety jest dokładnie równe 45° (tj. także $\varepsilon = 45°$), to na takiej planecie występują dwie strefy podbiegunowe i jedna podzwrotnikowa. Nie istnieją natomiast strefy umiarkowane, a raczej — są one zdegenerowane do równoleżników: +45° i –45°. Biorąc pod uwagę skończone rozmiary tarczy słonecznej (albo innej gwiazdy dziennej) oraz refrakcję atmosferyczną (jeśli oczywiście planeta ma atmosferę), moglibyśmy otrzymać dla planety podobnej do naszej Ziemi dwie wąskie, „zdegenerowane" strefy umiarkowane, każda po około 2° szerokości, obejmujące wyżej wymienione równoleżniki ($\varphi = |45°|$). W naszym Układzie Słonecznym nie znamy przypadku takiego rozmieszczenia stref klimatycznych.

Jeśli kąt nachylenia osi rotacji planety do płaszczyzny jej orbity jest mniejszy od 45° (to znaczy $\varepsilon > |45°|$), wtedy sytuacja na takiej planecie staje się wielce osobliwa. Na planecie występują dwie strefy podbiegunowe, jedna podzwrotnikowa i dwie strefy mieszane, łączące w sobie odpowiednio własności strefy polarnej i tropikalnej. Takie mieszane strefy są całkowicie odmienne od stref umiarkowanych na planetach, dla których $\varepsilon < |45°|$. W ciągu niektórych pór roku Słońce przechodzi nad taką strefą mieszaną przez zenit, a czasem krąży stale nad horyzontem nie zachodząc wcale, a znowu w inną porę krąży stale pod horyzontem, w ogóle nie wschodząc. W takiej strefie istnieją więc nie tylko „normalne" dnie i noce, lecz również zjawiska dnia polarnego i nocy polarnej.

Klasycznym przykładem takiej planety w Układzie Słonecznym jest Uran. Co więcej strefa podzwrotnikowa i obie podbiegunowe są bardzo wąskie (z powody niewielkiego nachylenia płaszczyzny równika od płaszczyzny orbity tej planety, wynoszącego około 8°), podczas gdy obie strefy mieszane są bardzo szerokie. Jak wiadomo, Uran odznacza się ponadto wstecznym ruchem wirowym. Ponieważ jednak przypadek tej planety był bardzo często opisywany, nie mamy więc potrzeby, aby dyskutować o nim dalej, lecz zwrócimy uwagę na Plutona, jego środowisko i na jego księżyc Charon.

Aczkolwiek dane o Plutonie są, jak dotąd, dalekie od zupełności oraz brakuje nam wiadomości o pewnych parametrach, wydaje się jednak, że charakteryzuje się on osobliwymi strefami klimatycznymi i zauważalnymi zmianami pór w ciągu jego długiego roku (liczącego około 249 naszych lat). Jest zatem wysoce prawdopodobne, iż praktycznie tylko jedna pora roku „plutońskiego" przeminęła od czasu odkrycia tej planety. Trwała ona zapewne 60 lat ziemskich — od 1930 do 1990 r. i była to całkowicie jedna pora, nie zaś części następujących po sobie pór.

Z pewnych danych uzyskanych głównie po odkryciu księżyca Plutona, Charona, wynika, że oś rotacji planety może być nachylona pod kątem około 122° do płaszczyzny jej orbity (czyli ruch wirowy jest wsteczny). Jeżeli tak, to na tej planecie będą występowały dwie wąskie strefy mieszane (każda po około 26° szerokości, znajdujące się między $|58°| > \varphi > |32°|$, dwie strefy polarne (dla szerokości planetograficznych $|90°| > \varphi > |58°|$) i jedna rozległa strefa tropikalna pomiędzy szerokościami: $-32° < \varphi < +32°$.

Co więcej, nie jest to jedyna osobliwość przebiegu pór roku na Plutonie (związana z tak rozmieszczonymi strefami klimatycznymi, które muszą przedziwnie kształtować środowisko na powierzchni tej planety). Zauważmy — dla porządku — iż orbita Urana jest zbliżona do kołowej (ekscentryczność $e = 0.046$), a zatem pogoda i klimat na tej planecie powinny zależeć wyłącznie od cyklicznie (co 84 ziemskie lata) powtarzających się zmian pór roku. Natomiast w przypadku Plutona sytuacja jest o wiele bardziej skomplikowana. Jak wiemy, Pluton wyróżnia się spośród planet m.in. najbardziej ekscentryczną orbitą w Układzie Słonecznym, tak iż odległość tej planety od Słońca zmienia się od 4500 mln km w peryhelium do 7421 mln km w aphelium. Powoduje to zmiany jasności (o ponad jedną wielkość gwiazdową) Słońca obserwowanego z powierzchni Plutona. Podczas przejścia planety przez peryhelium obserwowana jasność Słońca wynosi –18.2 mag. Tak duże zmiany obserwowanej jasności Słońca muszą prowadzić do poważnych zmian w insolacji powierzchni Plutona. W peryhelium przeciętna temperatura na powierzchni planety może osiągnąć 75 K, podczas gdy w aphelium spada nawet poniżej 45 K. Ta zmiana temperatury jest dodatkowo modyfikowana przez inne profile temperaturowe zależne od pory roku, jak również oczywiście od pory dnia w danej strefie klimatycznej.

Nie możemy dokładnie określić, jak (w którym kierunku) oś rotacji Plutona jest zorientowana (zwrócona) w przestrzeni. W przypadku Ziemi i Marsa nachylenia ich osi są sobie niemal dokładnie równe, lecz ich orientacja w przestrzeni jest różna — nie są one do siebie równoległe. My również prawdopodobnie nie bardzo wiemy,

Układ Pluton-Charon na zdjęciu wykonanym teleskopem kosmicznym Hubble'a.

LUCJAN ORKISZ (1899–1973)

Portret Lucjana Orkisza z lat dwudziestych (okres odkrycia komety Orkisza).

Obelisk na Cmentarzu Rakowickim z napisem: Lucjan Orkisz — ASTRONOM

Lucjan Orkisz urodził się w Krakowie w końcu grudnia 1899 roku. W oficjalnych dokumentach jako data urodzenia figuruje 1 stycznia 1900 roku, którą rodzice zgłosili ze względu na przyszłą służbę wojskową syna. W owym czasie była to powszechna praktyka pozwalająca oddalić termin poboru do wojska (austriackiego, jak wówczas mniemano). Lucjan przyszedł na świat jako czwarte z kolei dziecko w rodzinie Michała Orkisza, pracownika Połączonych Zbiorów Sztuki i Archeologii Uniwersytetu Jagiellońskiego i Marii z domu Tomaszewskiej. Wszystkie dzieci Orkiszów — czterech synów i córka — uzyskały staranne wykształcenie. Wzrastały one w sąsiedztwie i atmosferze słynnej krakowskiej wszechnicy, Orkiszowie mieszkali bowiem w budynkach uniwersyteckich przy ul. Gołębiej. Lucjan ukończył w roku 1918 Gimnazjum Nowodworskiego, a następnie podjął studia na wydziale filozoficznym Uniwersytetu Jagiellońskiego. Jeszcze w trakcie studiów, 1 grudnia 1920 roku, rozpoczął pracę w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu, gdzie początkowo prowadził obserwacje meteorologiczne. Obserwatorium mieściło się wówczas przy ul. Kopernika w Krakowie, w budynku położonym na terenie Ogrodu Botanicznego. Studia ukończył w roku 1923, a w roku następnym powierzono mu obowiązki kierownika stacji astronomicznej na Łysinie. Miejscu temu wypada poświęcić nieco więcej uwagi, gdyż tu właśnie Orkisz dokonał odkrycia, które rozsławiło jego imię.

W związku z pogarszającymi się warunkami obserwacyjnymi krakowskiej placówki, z inicjatywy jej dyrektora prof. Tadeusza Banachiewicza otwarto w czerwcu 1922 roku zamiejską stację obserwacyjną, która miała się stać zalążkiem Narodowego Instytutu Astronomicznego. Wzniesiono ją na beskidzkim szczycie zwanym wówczas Łysiną (przez miejscową ludność nazywanym Przygolezią), położonym ok. 10 km na płd-wschód od Myślenic. Na szczycie góry, wówczas bezleśnym (co odzwierciedlała jej nazwa), zbudowano drewniany pawilon z otwieranym dachem, który mieścił dwie lunety. Nieco poniżej usytuowano domek astronoma zaadaptowany z leśniczówki. Warunki życia i pracy na Łysinie były iście spartańskie, szczególnie w pierwszym okresie działalności placówki. Przez cały okres jej istnienia (tj. do roku 1944) nie było w niej prądu elektrycznego ani telefonu, co znacznie utrudniało kontakt z Krakowem i ze światem.

W okresie dwóch pierwszych lat stacją na Łysinie kierował Jan Gadomski, po nim obowiązki przejął Lucjan Orkisz. Młody asystent Uniwersytetu Jagiellońskiego przybył na placówkę 1 maja 1924 roku i kierował nią do końca września 1927 roku. Głównym zadaniem delegowanego tu astronoma były wizualne obserwacje gwiazd zmiennych, zakryć gwiazd przez Księżyc i poszukiwania nowych komet. Przez cały czas prowadzono także obserwacje meteorologiczne mające potwierdzić (lub nie) przydatność tego miejsca dla przyszłego dużego obserwatorium. Niespełna rok po swoim przybyciu Lucjan Orkisz dokonał tu swego życiowego odkrycia. Przeglądając niebo przed świtem w dniu 3 kwietnia 1925 roku przy pomocy lunety Merza o obiektywie 115-mm dostrzegł w gwiazdozbiorze Pegaza okrągłą mgławicę 8 wielkości gwiazdowej. Wkrótce znikła ona w brzasku wschodzącego dnia i Orkisz nie mógł stwierdzić jej ruchu wśród gwiazd, który wskazywałby, że zaobserwowany obiekt jest kometą. Dopiero po sprawdzeniu jej pozycji w kata-

logu mgławic przekonał się, że zaobserwował nowy obiekt. O swym odkryciu próbował powiadomić Kraków przy pomocy tzw. heliotropu czyli telegrafu świetlnego, jednak to archaiczne urządzenie rzadko bywało skuteczne, wymagało bowiem idealnej czystości powietrza nie tylko na Łysinie, ale także nad Krakowem. Nie udało się i tym razem, zatem dopiero następnego dnia Orkisz po powtórzeniu obserwacji zszedł do Kasiny Wielkiej, skąd wysłał telegram do Obserwatorium Krakowskiego. Wysłana 4.04.1925 r. o godz. 12.00 depesza została odebrana w Krakowie o godz. 17.40 i jeszcze tego samego dnia rozesłana do polskich obserwatoriów i centrali astronomicznej w Kopenhadze. Mimo braku potwierdzenia obserwacyjnego z Krakowa, profesor Banachiewicz zdecydował bezzwłocznie zawiadomić świat o tym odkryciu. Pośpiech był konieczny, by inni obserwatorzy nie ubiegli Polaka w powiadomieniu centrali i nie odebrali mu pierwszeństwa odkrycia. Wkrótce z innych obserwatoriów zaczęły spływać do Krakowa potwierdzenia obserwacji i gratulacje dla odkrywcy. Komecie pierwotnie oznaczonej symbolem 1925c, a następnie 1925 I przyznano nazwę komety Orkisza, była to pierwsza kometa nosząca imię polskiego astronoma. Odkrywca został uhonorowany medalem Astronomical Society of the Pacific. Kometa Orkisza nie była dostrzegalna gołym okiem, w czasie największego blasku, który osiągnęła w połowie maja 1925 roku, jej wielkość gwiazdowa wynosiła 6.9. Była obserwowana do 12 maja 1926 roku w ponad 40 obserwatoriach całego świata. Lucjan Orkisz poświęcił wiele lat życia na obliczenia parametrów orbity swojej komety, wyniki tych obliczeń stały się podstawą pracy doktorskiej, którą obronił w Uniwersytecie Jagiellońskim w roku 1931. W tym samym roku ukazała się ona drukiem w języku niemieckim pt. *Die definitive Bahn des Kometen 1925 I (Orkisz).*

28 września 1927 roku Orkisz opuścił stację astronomiczną na Łysinie, gdzie zastąpił go Jan Mergentaler, który kierował placówką przez następne 6 lat. Orkisz natomiast został powołany na stanowisko asystenta Obserwatorium Uniwersytetu Warszawskiego. Pracę w Obserwatorium Warszawskim rozpoczął 1 stycznia 1929 roku prowadząc początkowo obserwacje meteorologiczne, a następnie fotograficzne obserwacje planetoid i komet. Po obronie pracy doktorskiej awansowany został na starszego asystenta Uniwersytetu Warszawskiego. W latach trzydziestych nadzorował także pracę zegara wzorcowego Obserwatorium Astronomicznego UW, wg którego podawano radiowy sygnał czasu każdego dnia w południe. Brał czynny udział w pracach Towarzystwa Przyjaciół Astronomii, a w latach 1930-1934 był współredaktorem „Uranii", która ukazywała się wówczas jako dwumiesięcznik.

W lutym 1933 roku Lucjan Orkisz poślubił w Warszawie Jadwigę Ostolską-Czarkowską, arystokratkę z Podola, której rodzina musiała uchodzić z majątków z powodu rewolucji bolszewickiej w Rosji. Małżeństwo Orkiszów było bezdzietne, Jadwiga pozostawała jednak wierną towarzyszką życia i pracy astronoma do swej śmierci w roku 1966. Opiekowała się także mężem, który przez wiele lat zmagał się z groźną chorobą (gruźlica kręgosłupa).

W latach 30. Lucjan Orkisz wielokrotnie odwiedzał stację astronomiczną na Łysinie, a właściwie należałoby powiedzieć: na Lubomirze, gdyż od 1934 roku szczyt został przemianowany na cześć księcia Kazimierza Lubomirskiego — ofiarodawcy terenów, na których zbudowano stację. Nazwę Łysina przypisano wówczas niższemu szczytowi tego pasma, położonemu ok. 1 km na północny zachód od stacji. W owych czasach kierowali nią następcy Mergentalera: Rozalia Szafraniec (1934–35), Maria Makowiecka (1935–36) i Władysław Tęcza (1936–44). Latem 1936 roku dokonano tu kolejnego odkrycia komety. Szczęśliwym „łowcą" okazał się pomocnik obserwatora Władysław Lis, który swoje odkrycie podzielił z japońskim obserwatorem Sigeru Kaho i rosyjskim astronomem polskiego pochodzenia Stefanem Kozikiem. Pomimo starań prof. Banachiewicza stacja astronomiczna na Lubomirze nie przekształciła się w duże nowoczesne obserwatorium — zabrakło na to środków. Obiekt taki powstał natomiast na Popie Iwanie w Karpatach Wschodnich, uruchomiono go dopiero w lipcu 1938 roku. Orkisz marzył o pracy w nowym obserwatorium, ale stan jego zdrowia wykluczał udanie się na tak odległą placówkę. Pop Iwan o wysokości 2020 m npm. położony był z dala od siedzib ludzkich, dojazd był także uciążliwy — najbliższa stacja kolejowa znajdowała się w odległej o 70 km Worochcie.

Jesienią 1938 roku Orkisz powrócił do Krakowa, gdzie podjął pracę nauczyciela fizyki i astronomii w Gimnazjum Witkowskiego. W okresie okupacji nauczał w tajnych kompletach liceum Heleny Kaplińskiej. Nasilenie choroby i operacja uchroniły go przed aresztowaniem. Po wojnie pracował w latach 1946-1957 w Państwowym Instytucie Hydrologiczno-Meteorologicznym w Krakowie. W roku 1968 Lucjan Orkisz ożenił się ponownie. Nową towarzyszką ostatnich lat życia astronoma została Maria Czech.

Zawsze utrzymywał bliskie kontakty z Obserwatorium Krakowskim i Polskim Towarzystwem Miłośników Astronomii. Dla Rocznika Astronomicznego Obserwatorium Krakowskiego prowadził obliczenia efemeryd zakryć gwiazd przez Księżyc od roku 1959 aż do śmierci. Ostatnie obliczenia, dokonane przy udziale Zbigniewa Klimka, ukazały się w Roczniku na 1974 rok.

Lucjan Orkisz zmarł 17 sierpnia 1973 roku w Krakowie. Pochowany został na Cmentarzu Rakowickim obok rodziców i pierwszej żony Jadwigi. Na obelisku pod nazwiskiem uczonego wykuto skromny napis ASTRONOM. W informatorze o Cmentarzu Rakowickim nie znajdziemy żadnej wzmianki o mogile Lucjana Orkisza. Ci, którzy chcieliby złożyć hołd odkrywcy pierwszej polskiej komety, powinni udać się na 48. kwaterę krakowskiej nekropolii. Charakterystyczny obelisk nietrudno odnaleźć na niewielkiej kwaterze.

Jacek Kruk

W biografii wykorzystano wspomnienia krewnych astronoma — siostrzenicy, p. Aleksandry Antoszewskiej oraz bratanka, p. Mariana Orkisza.

O KOMPUTEROWYCH PROGRAMACH DYDAKTYCZNYCH Z ASTRONOMII

Programami komputerowymi z astronomii zajmuję się już od kilkunastu lat. Pierwszy wydruk programu źródłowego z astronomii opublikowałem w **Fizyka w Szkole** w **1988 r. nr 3**. Dotyczył on wyznaczania faz Księżyca. Program został opracowany w języku BASIC na ZX Spectrum. Opublikowałem również kilka innych programów m.in.:

Księżyce Jowisza, **Fizyka w Szkole, 1988 r, nr 4**

Współrzędne Słońca, planet i Księżyca, **Fizyka w Szkole, 1989 nr 5**

Zjawiska w Układzie Planetarnym, **Fizyka w Szkole, 1990 nr 2/3**

Ruch komety Halleya w Układzie Słonecznym , **Fizyka w Szkole, 1991 r, nr 2**

Na łamach *Informika*, od **nr 2 z 1989 r.** publikowałem algorytmy wyznaczania współrzędnych Słońca, planet i Księżyca. W 1989 r., podczas Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w Bachotku pod Toruniem, na sesji dydaktycznej, opisałem działanie niektórych moich programów komputerowych z astronomii. Zamieściłem również artykuł *O programach dydaktycznych z astronomii* na łamach **Uranii z 1990 r. nr 7/8**, m.in. nawiązujący do omawianej sesji dydaktycznej.

Z oferowanych przez moją firmę **ASTRO-BIT** programów komputerowych i katalogów astronomicznych przedstawiam kilka moim zdaniem najważniejszych dla nauczania fizyki z astronomią oraz dla amatorskiego uprawiania astronomii.

PROGRAMY KOMPUTEROWE

1. *Program* **WIDOCZNOŚĆ PLANET** — oblicza współrzędne równonocne, prostokątne, ekliptyczne planet i Słońca dla lat 1–3000, dla równonocy i epoki daty, epoki 1950, epoki 2000, określa warunki widoczności planet i Słońca na niebie. Dokładność wyznaczenia pozycji planet i Słońca wynosi ok. 1–3 minuty łuku w otoczeniu 300 lat od daty obecnej.

2. *Program* **FAZY KSIĘŻYCA** — oblicza momenty faz Księżyca dla lat 1–3000. Dokładność wyznaczenia faz Księżyca wynosi od jednej minuty w otoczeniu kilkudziesięciu lat od daty obecnej do kilku minut dla dat innych.

3. *Program* **KSIĘŻYCE JOWISZA** — rysuje położenia Galileuszowych księżyców Jowisza dla lat 1–3000. Położenia księżyców Jowisza są pokazane na ekranie z dokładnością wystarczającą do obserwacji ich na prawdziwym niebie przez amatorskie przyrządy.

4. *Program* **ALGORYTMY I** — podaje przepisy na obliczanie współrzędnych równikowych, rektascensji i deklinacji Słońca, planet i Księżyca dla lat w otoczeniu kilku tysięcy od daty obecnej.

5. *Program* **ALGORYTMY II** — podaje przepisy na obliczanie współrzędnych ekliptycznych, momenty wejścia w znaki Zodiaku, aspektów planetarnych itp.

6. *Program* **ALGORYTMY III** — podaje przepisy na obliczanie różnych czasów używanych w astronomii, dnia juliańskiego, wschodów i zachodów ciał niebieskich.

7. *Program* **PRECESJA** — przelicza współrzędne równonocne lub elementy orbity z epoki 1950.0 na epokę 2000.0 i odwrotnie.

8. *Program* **EFEMERYDY PLANET** — oblicza współrzędne planety, planetki lub komety na podstawie zadanych elementów orbity.

9. *Program* **KONFIGURACJE PLANET** — wyznacza momenty opozycji, elongacji oraz koniunkcji planet.

10. *Program* **KALENDARZ** — Oblicza dzień tygodnia, datę z dnia juliańskiego i na odwrót, datę Wielkanocy.

11. *Program* **EFEMERYDY PLANETOID** — oblicza współrzędne równikowe, momenty kulminacji, elongację oraz jasności, z podaniem nazwy planetki, dla pierwszych 55 ponumerowanych planetek.

12. *Program* **EMP_97** — oblicza to co program nr 11, ale dla pierwszych 500 numerowanych planetek.

13. *Program* **EKO_97** — oblicza to co program 11, ale dla kilkudziesięciu komet okresowych dla lat, w których te komety przechodzą blisko peryhelium, tj. obejmuje lata 1996–2025.

14. *Program* **MAPA** — wyświetla na ekranie monitora dowolny fragment nieba, dowolnego pola widzenia z gwiazdami do około 10 wielkości gwiazdowej. Zawiera katalog PPM. Rozpakowany program zajmuje około 20 MB na twardym dysku. Zadaną mapę można także wydrukować na drukarce.

15. *Program* **STATYSTYKA** — oblicza histogramy, liczy statystykę dla wprowadzanych danych, rysuje odpowiednie wykresy. Przydatny do opracowania danych.

16. *Program* **ORBITA** — Oblicza elementy orbity eliptycznej obserwowanego ciała niebieskiego — planety, planetki lub komety, na podstawie trzech obserwacji astronomicznych. Wyznacza elementy na podstawie metody Hergeta.

17. *Programy* **DOKŁADNE WSPÓŁRZĘDNE SŁOŃCA, PLANET I KSIĘŻYCA** — obliczają współrzędne Słońca, planet i Księżyca z dokładnością 3″ w latach –4000 do +8000. Współrzędne obliczane są na podstawie teorii VSOP 87.

KATALOGI ASTRONOMICZNE

1. **KATALOG JASNYCH GWIAZD** — obejmuje ponad 11 000 gwiazd do 7.5 wielkości gwiazdowej. Format danych: nr PPM, rektascensja i deklinacja (epoka 2000.0), typ widmowy, wielkość gwiazdowa.

2. **KOMPLETNY KATALOG PPM** — jest to aktualnie najdokładniejszy katalog gwiazd do około 11 wielkości gwiazdowej. Format danych jak w katalogu nr 1.

3. **ELEMENTY ORBIT PLANETOID** — zbiór danych zawiera dla pierwszych 3800 numerowanych planetek ich nazwy oraz elementy orbit na epokę i równonoc 1950.0 i na epokę roku 1997. Aby policzyć współrzędne planetki należy skorzystać z programów **PRECESJA** i **EFEMERYDY PLANET**.

4. **KATALOG KOMET** — zawiera nazwy i elementy orbit prawie wszystkich dotychczas odkrytych komet na epokę ich przejścia przez peryhelium, na epokę i równonoc 1950.0. Aby policzyć współrzędne równonocne komety należy skorzystać z programów **PRECESJA** i **EFEMERYDY PLANET**.

5. **KATALOG GWIAZD ZMIENNYCH** — zawiera efemerydy kilku tysięcy gwiazd zmiennych: ich rektascensję i deklinację, ruch własny, ich odległości wzajemne, okresy zmienności, typy gwiazdowe i inne.

6. **KOMPLETNY KATALOG MESSIERA** — obejmuje 105 obiektów mgławicowych. Zawiera zdjęcia obiektów, ich współrzędne, średnicę kątową, jasność. Przygotowany jest w formie broszury oraz w wersji dyskietkowej (22 dyskietki ze zdjęciami w formacie *TIFF*).

Powyższe katalogi powstały głównie z opracowania profesjonalnych katalogów typu *public domain*. Natomiast programy komputerowe opracowano na podstawie szeregu algorytmów astronomicznych publikowanych m.in. w *Uranii*, *Postępach Astronomii*, *Delcie*. Większość ich opracowałem ponownie na podstawie najlepszych w chwili obecnej algorytmów Meeusa, Lieskego, Schmadela, Flanderna, Dubiago, Sitarskiego, Ziołkowskiego i innych.

Powyższe programy i katalogi są w sprzedaży w wersji skompilowanej. Każdy program ma swój numer identyfikacyjny. Każdy program nagrany jest na osobnej dyskietce z dołączonym opisem programu obejmującym m.in. źródło algorytmu, działanie programu, dokładność obliczeń itp. ASTRO-BIT wykona na zamówienie dowolny program komputerowy z astronomii lub poda algorytm astronomiczny obliczenia jakiegoś zjawiska.

Mam nadzieję, że niniejsza notatka pomoże nauczycielom fizyki oraz młodzieży w zorientowaniu się na rynku programów komputerowych oraz katalogów astronomicznych pomocnych w pracy i nauce.

Ireneusz Włodarczyk

Autor prowadzi firmę „ASTRO-BIT — programy komputerowe" w Będzinie.

ASTRO-BIT
Oprogramowanie i materiały astronomiczne

Ireneusz Włodarczyk
ul. Rewolucjonistow 15/13
42-500 Będzin

tel.: (0-32) 761-29-46 e-mail: astrobit@ka.onet.pl

List otwarty Zebrania Delegatów Polskiego Towarzystwa Fizycznego do Ministra Edukacji Narodowej w sprawie projektu reformy programów nauczania

My, fizycy i nauczyciele fizyki zebrani na XXXIV Zjeździe Fizyków Polskich, zorganizowanym przez Polskie Towarzystwo Fizyczne, po analizie dokumentu pt. „Podstawy programowe obowiązkowych przedmiotów ogólnokształcących" i po publicznej dyskusji na Zjeździe, stwierdzamy co następuje: Doceniamy w pełni konieczność gruntownej reformy nauczania. Podpisujemy się w pełni pod sformułowanymi przez MEN celami nauczania. Jednak wielce niepokojące jest dla nas zredukowanie pozycji fizyki, modelowej nauki ścisłej, opartej na matematycznym opisie zjawisk, do roli jednego z kilku składników jakościowego i ogólnikowego wykształcenia ogólnoprzyrodniczego. Obok tych niebezpiecznych zmian programowych w dokumencie założono drastyczną redukcję liczby godzin fizyki, nieproporcjonalnie dużą w stosunku do innych przedmiotów. W programie szkoły średniej szczególnie niepokoi zburzenie zestawu profilów: matematyczno-fizycznego, biologiczno-chemicznego, humanistycznego i językowego na rzecz włączenia fizyki do działu ogólnoprzyrodniczego. Fizyka jest bowiem modelowym dla innych nauk zastosowaniem matematyki do opisu świata. Opisowo-jakościowa metodologia innych nauk przyrodniczych jest zupełnie odmienna. Połączenie matematyki z edukacją ogólnotechniczną nie jest możliwe bez pośrednictwa fizyki, najlepiej ilustrującej zastosowania matematyki. Fizyka leży bowiem u podstaw techniki i nowych zaawansowanych technologii. Niezwykle ważna jest także rola edukacyjna fizyki jako nauki ścisłej i jednocześnie doświadczalnej w kształtowaniu umiejętności racjonalnego i logicznego myślenia. Tak więc odłączenie fizyki od matematyki i umiejscowienie jej w bloku przyrodniczym jest merytorycznie błędne i dydaktycznie szkodliwe. W projekcie MEN wśród konkretnych zadań szkoły znajduje się wiele propozycji godnych poparcia, np. „Poznanie znaczenia odkryć w naukach przyrodniczych dla rozwoju cywilizacji", „Modelowanie rzeczywistości przyrodniczej z wykorzystaniem metod i narzędzi informatycznych", „Posługiwanie się modelami matematycznymi do opisu zjawisk fizycznych i rozwiązywania problemów fizycznych". Jednak wobec znacznej redukcji godzin fizyki realizacja tych ambitnych założeń jest nierealna. Uważamy również, że eliminowanie zajęć z fizyki w obecnym programie szkolnym jest niebywale szkodliwe dla prawidłowego wykształcenia młodego pokolenia. Fizyka powinna być nauczana przez cztery lata liceum w wymiarze nie mniejszym niż dwie godziny tygodniowo. Podkreślamy jeszcze raz, że ścisłe metody rozumowania połączone z badaniami doświadczalnymi z zakresu fizyki doprowadziły do rewolucji technicznej początku XX wieku i do rewolucji informatycznej końca XX wieku. W obu przełomowych okresach ludzie z wykształceniem fizyczno-matematycznym odegrali główną rolę. Musimy dążyć ze wszystkich sił do wyrobienia powszechnego przekonania, że bez właściwego umiejscowienia fizyki w programach edukacji narodowej i w programach badań naukowych nasz kraj nie będzie odpowiedniej rangi partnerem w światowej społeczności XXI wieku. Bardzo prosimy Pana Ministra o jak najszybsze podjęcie kroków pozwalających na uniknięcie powyższych błędów, nie rezygnując z pozytywnych aspektów reformy nauczania. Nasze środowisko zgłasza gotowość do współpracy z MEN w tej sprawie.

Fizycy zgromadzeni na XXXIV Zjeździe Fizyków Polskich
Polskie Towarzystwo Fizyczne
Sekcja Nauczycielska Polskiego Towarzystwa Fizycznego

Katowice, 18 września 1997 r.

Astronomia na ulicy

Marcelo i Pedro uciekli z domu ponieważ byli maltretowani przez ojca-pijaka. Mieli wtedy 7 i 5 lat. Marcelo skonstruował budę z kartonu na dachu niezamieszkałego domu. Chłopcy przeżyli, myjąc samochody i pilnując ich w nocy, w pobliżu restauracji, co w Meksyku jest częstym zajęciem dzieci bez stałego miejsca zamieszkania.

Pewnej nocy jakiś klient pozwolił dzieciom słuchać swego samochodowego radia w czasie, gdy sam jadł kolację. Na dworze było zimno i Pedro zasnął w aucie. Wtedy klient zdecydował się przyjść im z pomocą. Znalazł dla nich przytułek i dzieci chodzą teraz do normalnej szkoły. Pedro uczy się dobrze mimo kłopotów ze wzrokiem. Według lekarzy, osłabienie wzroku zostało wywołane niedożywieniem matki w okresie ciąży.

Spotkałam Pedra i Manuela w sierocińcu dla chłopców. Przyszłam tam z odczytem astronomicznym. Kierownik radził mi, by mówić krótko i spodziewać się hałasu i nieprzyjemnych uwag. Ściany sali pokryte były gryzmołami, szyby w oknach powybijane. Kierownik oczekiwał, że na mojej pogadance pojawi się najwyżej 15 chłopców, a przyszło ich 35. Po upływie pół godziny, gdy wyczerpałam zaplanowany temat, powiedziałam, że zakończyłam i wychodzę. Wtedy podniósł się ogromny krzyk, abym jeszcze pozostała.

Astronomowie z trotuaru

W Meksyku, jak i w innych krajach, astronomowie i osoby odpowiedzialne za instytucje naukowe mają zwyczaj organizować od czasu do czasu spotkania w publicznych parkach: są to obserwacje nieba przez teleskopy, czasem konferencje, zajęcia praktyczne. Konstruuje się wtedy trójwymiarowe modele gwiazdozbiorów, zegary słoneczne, modele komet czy nawet rakiety przy pomocy butelek z wodą gazowaną. Niekiedy można też pokazywać plakaty, przeprowadzać zajęcia popołudniowe, pokazywać przezrocza, organizować wieczorem dłuższe pokazy nieba. W wielu wypadkach dzieci ulicy brały udział w takich zajęciach.

Położenie dzieci ulicy jest jednym z najbardziej zasmucających zjawisk krajów Trzeciego Świata. Według międzynarodowej organizacji pozarządowej Childhope, na całym świecie istnieje sto milionów dzieci, które żyją na ulicy. W samym mieście Meksyk ocenia się, że 15 tysięcy dzieci opuściło swoje domy, głównie z powodu złego traktowania przez rodziców. W Stanach Zjednoczonych AP ocenia się, że wśród osób bez stałego miejsca pobytu jedna na cztery to dziecko, a młodzież w wieku poniżej 18 lat jest szybko zwiększającą się grupą w populacji amerykańskiej.

Sytuacja tych dzieci w Meksyku jest bardzo różna. Niektóre są poddawane narkotykom czy prostytuowane już od wieku 6 lat. Mała część z nich radzi sobie dobrze na ulicy, jeśli wywalczy ważne miejsce w grupie: dostawcy lub opiekuna najmłodszych. Na ulicach dzieci żyją z małych zarobków, sprzedają, czyszczą buty, myją samochody...

Ich świat wydaje się być bardzo odległy od piękna astronomii. Jednakże w czasie moich spotkań i zajęć astronomicznych zauważyłam, że okazują one większy entuzjazm, niż dzieci ze środowisk bardziej uprzywilejowanych. Tworzą np. jakiś model, a potem opiekują się nim bardzo troskliwie. Niektóre potrafią obserwować niebo, opisują fazy Księżyca. Stawiają pytania i dają komentarze wynikające z ich własnych wyobrażeń o Wszechświecie. Posiadają bardzo ubogie słownictwo, ograniczone wiadomości astronomiczne, bo większość nie otrzymała żadnego wykształcenia, ale mają ogromną ciekawość świata.

Po organizowaniu w ciągu szeregu lat spotkań z dziećmi ulicy w parkach, postanowiłam w roku ubiegłym zbliżyć się bardziej, pójść do nich. W Meksyku jest wiele przytułków dla dzieci ulicy zawiadywanych przez różne stowarzyszenia. Pracownicy socjalni wiedzą, że te ośrodki muszą być otwarte i tolerancyjne, aby dzieci nie miały wrażenia, że tracą wolność i szacunek, jakim cieszą się w swym otoczeniu. Jednakże ośrodki te muszą mieć pewien regulamin.

Odwiedziłam taki ośrodek dla dziewcząt w wieku od 4 do 17 lat. Posiadał on piekarnię, gdzie mogły zdobywać zawód, jeśli sobie tego życzyły. W piekarni pracowało 90 dziewcząt w 3 grupach i wypiekało chleb dla ośrodka i sąsiedztwa. Dzieci chodziły także na lekcje do sąsiedniej szkoły. Organizacja sypialni była oparta na modelu ulicznych band, gdzie starsi i silniejsi stają się przywódcami.

Akcja i reakcja

Gdy przybyłam do wybranej dzielnicy, zainstalowałam się w bibliotece publicznej z czterdziestką dzieci w różnym wieku. Moim celem było pokazanie, jak astronomowie starają się wytłumaczyć budowę Wszechświata, biorąc jako punkt wyjścia to, czego dowiedzieli się o Ziemi. Dla każdej uczestniczki przygotowałam następujący zestaw pomocy dydaktycznych:

— dwa balony do nadmuchania: pierwszy — do wypuszczenia w przestrzeń, jak rację, drugi — do ewentualnego powtórzenia eksperymentu,

— pół arkusza papieru,
— dwa kolorowe ołówki: jasny — do przedstawienia światła słonecznego, ciemniejszy — do narysowania cienia,
— koło wycięte z przezroczystej, sztywnej folii,
— jeden zatrzask,
— jedna igła do szycia i 6 nitek o długości 10 cm,
— dwanaście gwiazd z papieru,
— dwa cukierki (dla przypomnienia uczestniczkom, że uczenie się może być przyjemnym doświadczeniem).

Wybrałam na początek kolor różowy, aby pokazać dziewczętom, że nauka może być przedstawiona w kolorze typowo kobiecym. Materiał przygotowany dla każdej uczestniczki był porządnie poukładany w koszyczku, aby okazać szacunek, jaki dla nich miałam.

Od dawna już odbywałam spotkania z dziećmi ze szkół podstawowych, ale zastanawiałam się, jak będą reagowały moje obecne słuchaczki. Pierwszej wskazówki dostarczyła mi ich reakcja na widok moich przygotowań do ustawiania rzutnika do przezroczy, gdy zwracały baczną uwagę na wszystkie moje gesty. Podczas gdy pokazywałam na ekranie kolejne przezrocza, zapytały mnie, jak to było możliwe, że ten sam obrazek był umieszczony na przezroczu i jako ilustracja w mojej książce, którą podarowałam przytułkowi.

Początkowo dziewczynki były nieśmiałe; niektóre nawet cofały się, gdy zbliżyłam się, aby je uściskać, co jest częstym zwyczajem przyjętym w Ameryce Łacińskiej dla okazania życzliwości. Ale po upływie pół godziny nabrały zaufania, słuchały i odpowiadały z satysfakcją na moje pytania.

Mój wykład dotyczył dnia i nocy, obserwacji nieba, faz Księżyca, gwiazd i obserwacji astronomicznych. Używałam przezroczy, rzutnika pisma, map nieba, zatem całego materiału dydaktycznego zwykle używanego do wykładu astronomii. Zaprosiłam dziewczynki, aby brały aktywny udział w zajęciach: nadawały nazwy gwiazdom (zazwyczaj swoje własne imiona), rysowały gwiazdozbiory (przeważnie w formie zwierząt).

Używając materiału przygotowanego w koszyczku narysowały na swojej kartce papieru promienie Słońca i cień rzucany przez koło, a potem połączyły arkusz papieru i folii przy pomocy zatrzasku. Zobaczyły wtedy, że w Układzie Słonecznym obiekt rotujący wokół osi ma zawsze część oświetloną i część umieszczoną w cieniu. Z reszty materiału zbudowały modele trójwymiarowe gwiazdozbiorów, przywiązując gwiazdy na nitkach do kartki papieru.

Całe te zajęcia warsztatowe trwały półtorej godziny. Starałam się sugerować najprostsze czynności tak, aby dzieci dobrze je przeprowadziły i zrozumiały, jakie abstrakcyjne pojęcia ilustrują, a to może być jedną z największych radości. Niektóre ze starszych dziewcząt najwyraźniej nigdy nie chodziły do szkoły: nie umiały pokolorować narysowanego kwadratu czy napisać swego imienia. Ale ukończyły swoje zadania i stały dumnie w szeregu, podczas gdy pokazywałam ich prace całej grupie.

Zanim opuściłam ośrodek, dziewczynki pomogły mi wszystko uporządkować, potem każda chciała coś zanieść do mojego samochodu. Niektóre już tak się ośmieliły, że uściskały mnie na pożegnanie. Wiele dziewcząt pytało, kiedy znowu przyjdę? A jedna z nich powiedziała mi, że chciałaby spędzić resztę życia, robiąc takie doświadczenia jak te, które właśnie zostały przeprowadzone.

W poszukiwaniu utraconego dzieciństwa

Nauczyciel organizujący moje spotkanie powiedział mi, że mój sposób prowadzenia zajęć bardzo go zdziwił. Prosił o ponowne przyjście. Początkowo bowiem obawiał się, że przygotuję nudną prelekcję, nie przystosowaną do poziomu dzieci. Powiedział mi, że nigdy jeszcze nie mieli w przytułku takiego doświadczenia.

W tym roku odwiedziłam inny ośrodek, w którym byli Marcelo i Pedro. Przebywało tam około 200 dzieci pozbawionych rodziny, głównie chłopców, kilka dziewcząt, między 5 a 18 rokiem życia. Młodzi przychodzili do ośrodka wtedy, gdy byli wygłodniali. Musieli się wówczas dobrze umyć, obciąć włosy, włożyć czyste ubrania i uczęszczać do szkoły, ale nie byli zobowiązani do spania w przytułku.

Ponieważ dzieci opuszczają zwykle ośrodek po upływie kilku tygodni, szkoła działa na zasadzie nauczania jednego przedmiotu. Uczniowie są poddawani wielokrotnym sprawdzianom, a kiedy przeszli już egzamin z pewnego przedmiotu, otrzymują rodzaj dyplomu. Zdarzają się także w tych klasach dzieci mieszkające w normalnych rodzinach, nie nadążające za normalnym tokiem nauczania w zwyczajnej szkole.

Większość uczniów żyje w rynsztoku, zwanym „La Alcantarilla de la Muerte", tj. rynsztok śmierci. Jest to opuszczony kolektor ścieków, znajdujący się w pobliżu jednej z tras wylotowych z Meksyku. Warunki życia są tam nie do opisania. Widziałam w ośrodku dzieci poważnie poranione. Spotkałam również matkę, poszukującą zaginionego dziecka; myślała, że może znajdzie go w tym przytułku.

Kierownictwo ośrodka uprzedziło mnie, że chłopcy dręczyli poprzednich wykładowców przychodzących do nich, zadając im mnóstwo pytań na temat seksu i narkotyków. Wobec tego postanowiłam nie przykładać większej wagi do prelekcji z przezroczami, za to wprowadzić więcej zajęć praktycznych. Kierownik prosił mnie, aby mówić o życiu poza Ziemią i wybrać zajęcia praktyczne na poziomie klasy pośredniej, chociaż średni wiek dzieci wynosił 17 lat. Przygotowałam materiały do zajęć dla 20 osób, oboje z kierowni-

kiem nie oczekiwaliśmy bowiem, że zjawi się aż 35 dzieci.

Omówiłam krótko warunki życia na Ziemi i sposób, w jaki różne gatunki przystosowują się do otoczenia, wspominając, że być może istnieje życie gdzie indziej. Potem rozdałam słuchaczom następujące materiały dydaktyczne:

— wielką rękawicę o nieregularnym kształcie, którą uszyłam z grubej wełny,

— kolorowe ołówki,

— wstążki, papier, taśmę samoprzylepną, plastikowe oczy różnych rozmiarów,

— różnokolorowy papier,

— smoczki.

Poleciłam dzieciom, aby z powyższych składników wykonały postacie istot pozaziemskich. Mogły pracować w grupach. Każda istota musiała być przystosowana do życia w określonym środowisku, a więc w ciemnej pieczarze, na pustyni, w głębi morza, w przestrzeni „powietrznej".

Przechadzałam się między dziećmi, dodawałam im odwagi. Było jasne, że nigdy nie robiły takich doświadczeń i były tym zachwycone. Dzieci ze środowiska bardziej uprzywilejowanego z pewnością uznałyby te zajęcia za nudne i codzienne. Tymczasem wyprodukowane marionetki miały nogi z ołówków lub kolorowe włosy, wiele oczu, lub też specjalne kapelusze i ubrania. Pokazałam całej grupie pierwsze prace.

Gdy większość dzieci ukończyła pracę, zapytałam je, w jaki sposób nawiązałyby rozmowę z istotami, które wykonały. Szybko zabrały się do problemu komunikacji ustalając, że najlepiej byłoby wziąć marionetkę w ramiona lub podśpiewywać jej piosenki. Jedna z istot pozaziemskich była pokryta łuską i miała wielkie czułki zakończone oczami bądź nosem lub językami, co grupa uznała za dobrą adaptację do środowiska.

Nikt nic nie rozumie

Chciałam na tych zajęciach zakończyć spotkanie, ale proszono mnie, bym została. Omówiłam wtedy poszukiwanie życia pozaziemskiego, meteoryty marsjańskie, badania satelity Europa przez sondę Galileo, a także niedawne odkrycia planet poza Układem Słonecznym. Na szczęście miałam ze sobą dużo przezroczy na ten temat.

A oto kilka komentarzy chłopców:

— A zatem, jest Pani naprawdę astronomem? (odniosłam wrażenie, że często bywali oszukiwani).

— Gdzie się to wszystko zatrzymuje? (chcieli zapytać o rozmiary Wszechświata, nie znając abstrakcyjnego pojęcia przestrzeni).

— Z pewnością istoty pozaziemskie nie odpowiedziały na wezwania z Ziemi, nikt przecież nie rozumie czego chcą dorośli.

— Istoty pozaziemskie są być może bardzo różne od nas?

— Bardzo prosimy, proszę przyjść znowu!

Wracając z takiego spotkania, nie mogłam się powstrzymać od podziwiania odwagi tych dzieci. Opuściły przecież rodziny, aby szukać lepszych warunków życia, jakiekolwiek by się ono nam wydawało. Nauczyły się przeżywania tylko dzięki sobie samym. Były niedawno w Meksyku poważne dyskusje nad sfinansowaniem pomocy dla dzieci ulicy. Niektórzy zapytują, czy jest jeszcze możliwe, by coś dla nich zrobić, czy nie lepiej przeznaczyć pieniądze na cele prewencji, pomocy rodzinom, aby zapobiegać wysyłaniu dzieci na ulicę. Praca z tymi dziećmi daje zapewne tyle samo zadowolenia prowadzącym, jak i uczestnikom. Wychodzę z takich zajęć z wyraźnym uczuciem, że coś im podarowałam, mimo że jest to nieskończenie mało, aby polepszyć egzystencję tych dzieci. Myślę, że astronomia jest tak atrakcyjna, iż można wiedzę z tej dziedziny przekazywać wszystkim, pod warunkiem, że będzie się to robić w bardzo specyficzny sposób.

Astronomia wzbudza zainteresowanie nawet u tych, którzy żyją w bardzo trudnych warunkach. Nie pomoże im w lepszym umyciu okna ani w uniknięciu ciąży, ani w zwyciężaniu w bójkach. Może jednak pomagać w zrozumieniu własnej ludzkiej godności, a tego dzieci te tak bardzo potrzebują. Nie mają przecież możliwości wydostania się ze swego środowiska ani powrotu do miejsc, które opuściły.

Gdy pierwszy raz zwracałam się do kierowników przytułków, mnóstwo czasu zabierało mi przekonanie ich, że warto mnie zaprosić. Nie wiedzieli, co myśleć o takim spotkaniu. Byli zdziwieni dowiadując się, że przychodzę po prostu dla przyjemności pracy z dziećmi. Jednak później zaczęłam już dostawać mnóstwo zaproszeń.

Julieta Fierro
tłumaczyła Cecylia Iwaniszewska

Pani dr Julieta Fierro jest astronomem pracującym w Instytucie Astronomii Autonomicznego Uniwersytetu Narodowego (UNAM) w Meksyku. Zajmuje się tam szczególnie popularyzacją astronomii. Za tę działalność otrzymała w 1995 r. nagrodę UNESCO. Od sierpnia 1997 r. jest prezydentem Komisji Nauczania Astronomii Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Artykuł powyższy ukazał się w numerze maj-czerwiec 1997 czasopisma „Merkury", wydawanego przez Towarzystwo Astronomiczne (ASP) w Kalifornii, USA, a także w tłumaczeniu na francuski w kwartalniku „Les Cahiers Clairaut" No.79, 1997, czasopiśmie nauczycieli i astronomów we Francji.

Rok 1998

W 1998 roku wystąpią dwa zaćmienia Słońca: całkowite 26 lutego i obrączkowe 22 sierpnia, obydwa niewidoczne w Polsce.

W tym roku tarcza Księżyca czterokrotnie zakryje najjaśniejszą gwiazdę w gwiazdozbiorze Byka: Aldebarana. Dnia 26 marca dojdzie do zakrycia przez Księżyc planety Jowisz, widocznego w Polsce.

W 1998 roku do Słońca zbliży się 15 znanych komet krótkookresowych, lecz wszystkie będą widoczne jedynie przez teleskopy.

Styczeń

Słońce

Ziemia w swym ruchu po orbicie okołosłonecznej znajdzie się 4 stycznia o godzinie 21^h17^m najbliżej Słońca, a zatem Słońce będzie wtedy w perygeum w odległości około 147 mln km. Dni stają się coraz dłuższe. W Warszawie 1 stycznia Słońce wschodzi o 6^h45^m, zachodzi o 14^h34^m, a 31 stycznia wschodzi o 6^h19^m, zachodzi o 15^h21^m. W styczniu Słońce wstępuje w znak Wodnika.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h UT)

Data 1998	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
I 1	2.14	–3.01	283.16
3	1.17	–3.25	256.83
5	0.20	–3.47	230.49
7	–0.77	–3.70	204.15
9	–1.73	–3.92	177.81
11	–2.69	–4.13	151.47
13	–3.64	–4.34	125.13
15	–4.58	–4.54	98.80
17	–5.52	–4.74	72.46
19	–6.44	–4.93	46.13
21	–7.35	–5.12	19.79
23	–8.25	–5.30	353.46
25	–9.13	–5.47	327.13
27	–10.00	–5.64	300.80
29	–10.85	–5.79	274.46
31	–11.69	–5.95	248.13

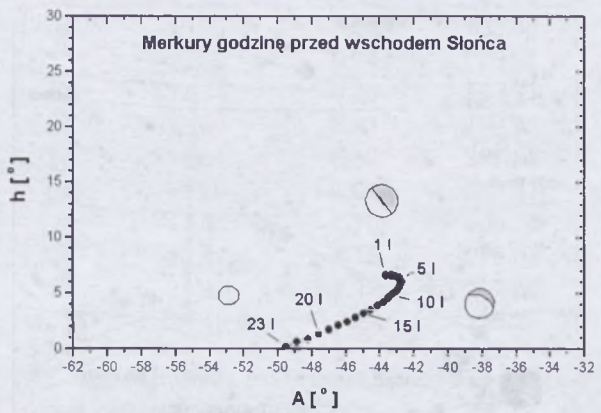
P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$22^d12^h05^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli na początku i pod koniec miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $5^d14^h18^m$, pełnia $12^d17^h24^m$, ostatnia kwadra $20^d19^h40^m$, nów $28^d06^h01^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się 3 stycznia o 8^h31^m, w apogeum 18 stycznia o 20^h40^m oraz ponownie w perygeum 30 stycznia o 14^h10^m.

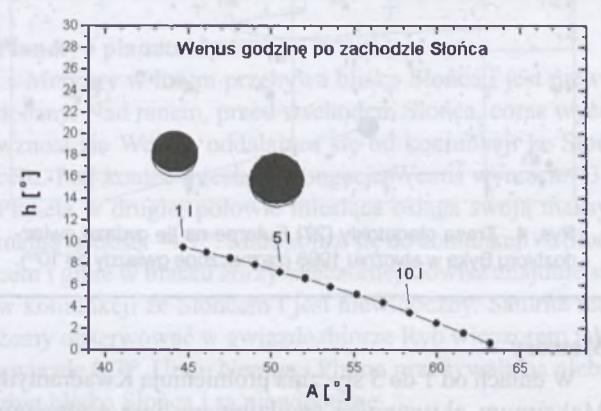
Planety i planetoidy

Przez cały styczeń nad ranem, nisko nad wschodnim horyzontem możemy próbować odnaleźć Merkurego około zerowej wielkości, oddalającego się od swojej maksymalnej elongacji od Słońca — 6 stycznia osiąga ona wartość 23°.



Rys. 1. Planeta Merkury nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego w styczniu 1998 (około godziny przed wschodem Słońca).

Na początku miesiąca możemy próbować odnaleźć Wenus wieczorem bardzo nisko, nad zachodnim horyzontem. Planeta zbliża się do koniunkcji ze Słońcem (w dniu 16 stycznia), stając się niewidoczną. Jednocześnie Wenus osiąga maksymalną średnicę kątową na niebie (63′), znajdując się między Ziemią a Słońcem. Mars zbliża się do koniunkcji



Rys. 2. Planeta Wenus nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) pod koniec zmierzchu cywilnego w styczniu 1998 (około godziny po zachodzie Słońca).

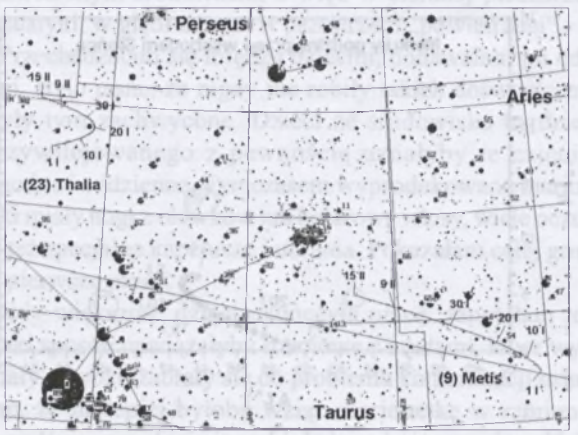
ze Słońcem i jest także niewidoczny. Wieczorem można spróbować znaleźć Jowisza i Saturna po zachodzie Słońca, nisko nad zachodnim horyzontem. Pozostałe planety znajdują się na niebie blisko Słońca i są niewidoczne.

W styczniu możemy obserwować w pobliżu opozycji kilka planetoid:

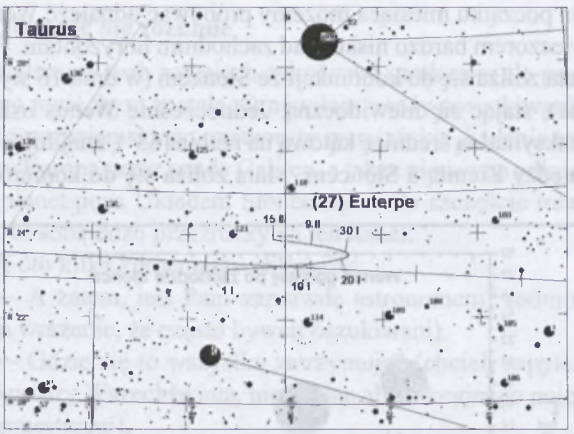
(9) Metis, (jasność 9.6^m). 1 I: 3^{h}01.6^m, 17°16′; 11 I: 3^{h}04.3^m, 17°57′; 21 I: 3^{h}10.4^m , 18°47′, 31 I: 3^{h}19.3^m, 19°43′.

(23) Thalia, (jasność 9.7^m). 1 I: 4^{h}42.1^m, 27°52′; 11 I: 4^{h}35.8^m, 28°25′; 21 I: 4^{h}33.5^m , 28°54′, 31 I: 4^{h}35.3^m, 29°22′.

(27) Euterpe, (jasność 9.0^m). 1 I: 5^{h}35.9^m, 23°12′; 11 I: 5^{h}28.2^m, 23°19′; 21 I: 5^{h}24.0^m , 23°27′, 31 I: 5^{h}23.9^m, 23°37′.



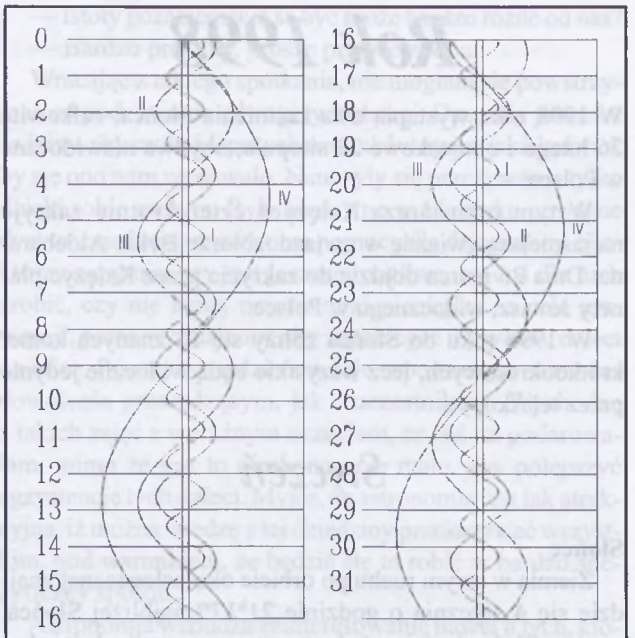
Rys. 3. Trasy planetoid (23) Thalia oraz (9) Metis na tle gwiazd gwiazdozbiorów Byka i Barana w styczniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



Rys. 4. Trasa planetoidy (27) Euterpe na tle gwiazd gwiazdozbioru Byka w styczniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

Meteory

W dniach od 1 do 5 stycznia promieniują Kwadrantydy. Maksimum aktywności spodziewane jest 4 stycznia. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne rekt. 15^{h}28^m, dekl. +50°. Nazwa roju pochodzi od nie istniejącego już na dzisiejszych mapach gwiazdozbioru *Quadrans Muralis*, umieszczonego w początkach XIX w. na granicy gwiazdozbiorów Smoka, Herkulesa i Wolarza. Warunki obserwacji w tym roku są dobre w związku z Księżycem w pierwszej kwadrze.



Rys. 5. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w styczniu 1998 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety.

***

1^{d}03^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 4°.

1^{d}23^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 3°.

3^{d}17^{h}36^m Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.

4^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

4^{d}21^{h}17^m Ziemia w peryhelium na swej okołosłonecznej orbicie w odl. 147 mln km od Słońca.

5^{d}12^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 0.2°.

6^{d}14^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca (23°).

7^{d}15^{h}20^m Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.

8^{d}15^{h}46^m Cień I księżyca Jowisza (Io) opuszcza tarczę planety. 8^{d}16^{h}20^m Koniec zakrycia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez tarczę planety. 9^{d}17^h Złączenie Wenus z Neptunem w odl. 4°.

11^{d}16^{h}44^m Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.12^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

13^{d}15^{h}16^m Cień II księżyca Jowisza (Europy) opuszcza tarczę planety.14^{d}15^{h}15^m Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) pojawia się na tarczy planety.14^{d}16^{h}06^m III księżyc Jowisza (Ganimedes) schodzi z tarczy planety. 15^{d}15^{h}23^m

Cień I księżyca Jowisza (Io) pojawia się na tarczy planety. $15^d17^h01^m$ I księżyc Jowisza (Io) schodzi z tarczy planety. 16^d11^h Wenus w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

19^d23^h Neptun w koniunkcji ze Słońcem.

20^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

$20^d06^h44^m$ Słońce wstępuje w znak Wodnika, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 300°.

$20^d16^h43^m$ II księżyc Jowisza (Europa) schodzi z tarczy planety.21^d01^h Złączenie Marsa z Jowiszem w odl. 0.2°.

$22^d16^h45^m$ Początek przejścia I księżyca Jowisza (Io) na tle tarczy planety.$23^d16^h45^m$ Koniec zaćmienia I księżyca (Io) przez cień Jowisza.26^d17^h Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 8°.

27^d 00^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 3°.

27^d 01^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 5°.

28^d 17^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 2°.28^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

28^d20^h Uran w koniunkcji ze Słońcem.

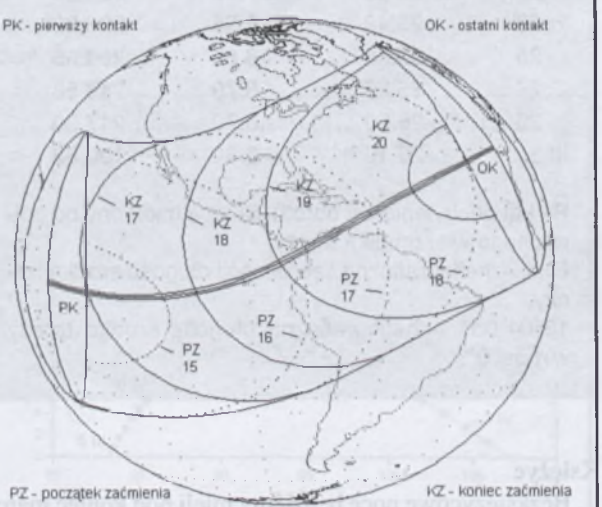
$29^d15^h35^m$ Koniec zaćmienia II księżyca (Europy) przez cień Jowisza.30^d 01^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 2°.

$30^d15^h57^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.$31^d15^h35^m$ I księżyc Jowisza (Io) schodzi z tarczy planety.$31^d15^h59^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) opuszcza tarczę planety.

Luty

Słońce

Dni stają się coraz dłuższe. Słońce wędruje po części ekliptyki położonej pod płaszczyzną równika niebieskiego, ale jego deklinacja wzrasta w ciągu miesiąca od –17° do –8°, w związku z czym dnia przybywa prawie o dwie godziny: w Warszawie 1 lutego Słońce wschodzi o 6^h17^m, zachodzi o 15^h23^m, a 28 lutego wschodzi o 5^h25^m, zachodzi o 16^h13^m. W lutym Słońce wstępuje w znak Ryb. 26 lutego wystąpi całkowite zaćmienie Słońca, widoczne z zachodniej półkuli Ziemi.



Rys. 6. Przebieg pasa fazy całkowitej zaćmienia Słońca na Ziemi 26 lutego 1998 [wg.F.Roussel]. Przy kolejnych fazach zaćmienia podano momenty UT ich wystąpienia.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 1998	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
II 1	–12.10	–6.02	234.97
3	–12.91	–6.16	208.63
5	–13.70	–6.29	182.30
7	–14.47	–6.41	155.97
9	–15.22	–6.53	129.63
11	–15.95	–6.64	103.30
13	–16.65	–6.74	76.96
15	–17.34	–6.83	50.63
17	–18.00	–6.91	24.29
19	–18.64	–6.98	357.95
21	–19.26	–7.05	331.62
23	–19.85	–7.10	305.28
25	–20.42	–7.15	278.94
27	–20.97	–7.19	252.60
III 1	–21.49	–7.22	226.25

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$18^d20^h17^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

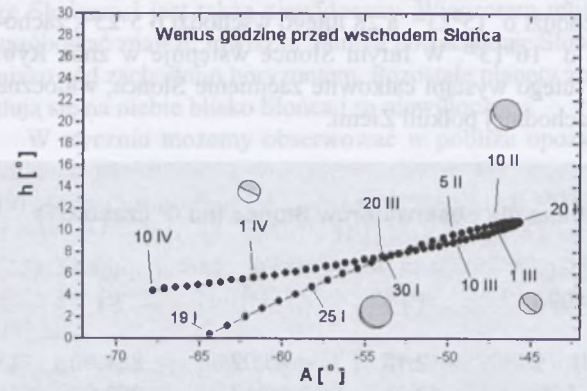
Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli pod koniec lutego, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $3^d22^h53^m$, pełnia $11^d10^h23^m$, ostatnia kwadra $19^d15^h27^m$, nów $26^d17^h26^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się $15^d14^h45^m$, a w perygeum $27^d19^h54^m$.

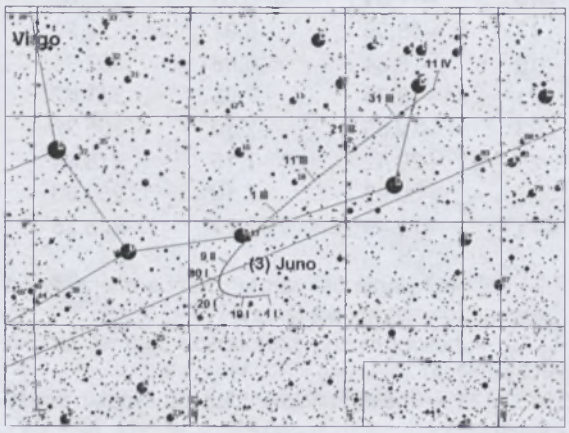
Planety i planetoidy

Merkury w lutym przebywa blisko Słońca i jest niewidoczny. Nad ranem, przed wschodem Słońca, coraz wyżej wznosi się Wenus, oddalająca się od koniunkcji ze Słońcem. Pod koniec miesiąca elongacja Wenus wyniesie 43°. Planeta w drugiej połowie miesiąca osiąga swoją maksymalną jasność: -4.7^m! Mars zbliża się do koniunkcji ze Słońcem i ginie w blasku zorzy wieczornej. Jowisz znajduje się w koniunkcji ze Słońcem i jest niewidoczny. Saturna możemy obserwować w gwiazdozbiorze Ryb wieczorem jako gwiazdę 0.7^m. Uran, Neptun i Pluton przebywają na niebie zbyt blisko Słońca i są niewidoczne.

W lutym możemy obserwować w pobliżu opozycji planetoidę **(3) Juno**, (jasność 9.6^m). 10 II: $12^h22.7^m$, –2°00′; 20 II: $12^h18.7^m$, –0°51′; 2 III: $12^h12.7^m$, 0°33′.



Rys. 7. Planeta Wenus nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego od stycznia do kwietnia 1998 (około godziny przed wschodem Słońca).



Rys. 8. Trasa planetoidy (3) Juno na tle gwiazd gwiazdozbioru Panny od stycznia do marca 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

***

1^d21^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 0.6°.

2^d11^h Złączenie Merkurego z Neptunem w odl. 2°.

8^d5^h Złączenie Merkurego z Uranem w odl. 1°.

$18^d20^h54^m$ Słońce wstępuje w znak Ryb, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 330°.

22^d09^h Merkury w górnej koniunkcji ze Słońcem.

22^d14^h Złączenie Merkurego z Jowiszem w odl. 1°.

23^d09^h Jowisz w koniunkcji ze Słońcem.

23^d17^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 2°.

24^d06^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.

24^d22^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 3°.

26^d Całkowite zaćmienie Słońca widoczne z zachodniej półkuli Ziemi. Pas fazy całkowitej przejdzie przez Wyspy Galapagos, Przesmyk Panamski i rejon jeziora Maracaibo w Ameryce Południowej. Centralna faza zaćmienia w średnie południe nastąpi o 17^h24^m w punkcie o współrzędnych $\varphi=3°53'$, $\lambda=18°58'$.

26^d14^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 1°.

27^d01^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 1°.

27^d22^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 0.7°.

Marzec

Słońce

W punkcie równonocy wiosennej znajdzie się w tym roku 20 marca o 19^h56^m. Punkt ten nosi nazwę „punktu Barana" (zaczyna się od niego zodiakalny znak Barana) i spełnia dość ważną rolę w astronomii: od niego mierzy się na niebie współrzędne kątowe: rektascensję i długość ekliptyczną. Chwilę, w której Słońce znajduje się w punkcie Barana, uważamy za początek wiosny astronomicznej.

W ciągu marca dnia przybywa równo o dwie godziny: w Warszawie 1 marca Słońce wschodzi o 5^h23^m, zachodzi o 16^h15^m, a 31 marca wschodzi o 4^h14^m, zachodzi o 17^h08^m.

W marcu Słońce wstępuje w znak Barana.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 1998	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
III 1	–21.49	–7.22	226.25
3	–21.98	–7.24	199.91
5	–22.45	–7.25	173.56
7	–22.89	–7.25	147.21
9	–23.31	–7.24	120.86
11	–23.70	–7.23	94.50
13	–24.07	–7.20	68.15
15	–24.40	–7.17	41.79
17	–24.71	–7.13	15.42
19	–25.00	–7.08	349.06
21	–25.25	–7.02	322.69
23	–25.48	–6.95	296.32
25	–25.68	–6.88	269.95
27	–25.86	–6.79	243.58
29	–26.00	–6.70	217.20
III 31	–26.12	–6.60	190.82

P– kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0– heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$18^d04^h05^m$ – heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli pod koniec marca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $5^d08^h41^m$, pełnia $13^d04^h34^m$, ostatnia kwadra $21^d07^h38^m$, nów $28^d03^h14^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się $15^d00^h39^m$, a w perygeum $28^d07^h05^m$.

Planety i planetoidy

W połowie miesiąca, wieczorem, bardzo nisko nad zachodnim horyzontem możemy próbować odnaleźć Merkurego jako gwiazdę -1^m. Wenus w połowie miesiąca osiąga maksymalną elongację od Słońca równą 46° i można ją obserwować nad ranem nad wschodnim horyzontem jako jasną gwiazdę o jasności -4.5^m. Mars zbliża się do koniunkcji ze Słońcem i jest niewidoczny. Pod koniec miesiąca, nad ranem, bardzo nisko nad wschodnim horyzontem będzie można próbować zaobserwować Jowisza jako gwiazdę -2^m.

Saturn zbliża się do koniunkcji ze Słońcem i jest niewidoczny. Uran i Neptun wschodzą niedługo przed wschodem Słońca i są w zasadzie niewidoczne. Pluton widoczny jest całą noc w gwiazdozbiorze Wężownika, jednakże jego jasność wynosi jedynie 13.7^m i do jego zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

W marcu możemy obserwować w opozycji planetoidę **(3) Juno**, (jasność 9.2^m). 2 III: $12^h12.7^m$, 2°33′; 12 III: $12^h05.3^m$, 2°07′; 22 III: $11^h57.3^m$, 3°41′.

***

1^d09^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 1°.

7^d10^h Złączenie Wenus z Neptunem w odl. 4°.

11^d15^h Złączenie Merkurego z Marsem w odl. 1°.

13^d Pluton nieruchomy w rektascensji.

19^d07^h Złączenie Wenus z Uranem w odl. 3°.

20^d04^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca (18°32′).

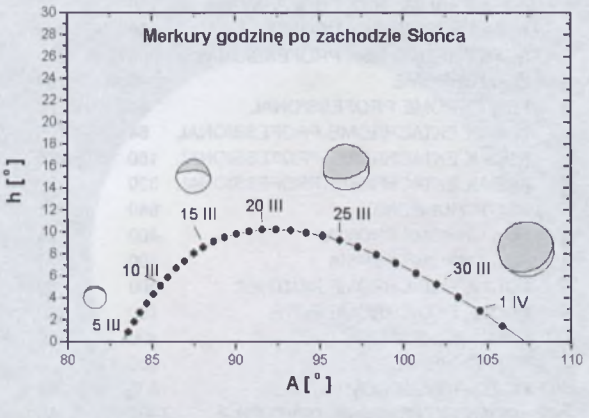
$20^d19^h56^m$ Słońce wstępuje w znak Barana, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 0°; mamy początek wiosny astronomicznej i zrównanie dnia z nocą.

23^d17^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.

24^d11^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 3°.

24^d19^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 0.1°.

$26^d11^h(34^m - 47^m$: w zależności od położenia obserwatora w Polsce) Zakrycie Jowisza przez Księżyc (widoczne w całej Polsce).



Rys. 9. Planeta Merkury nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) pod koniec zmierzchu cywilnego w marcu 1998 (około godziny po zachodzie Słońca).

26^d14^h Złączenie Merkurego z Saturnem w odl. 5°.

27^d19^h Wenus w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca (46°30′).

28^d19^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 3°.

28^d21^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 7°.

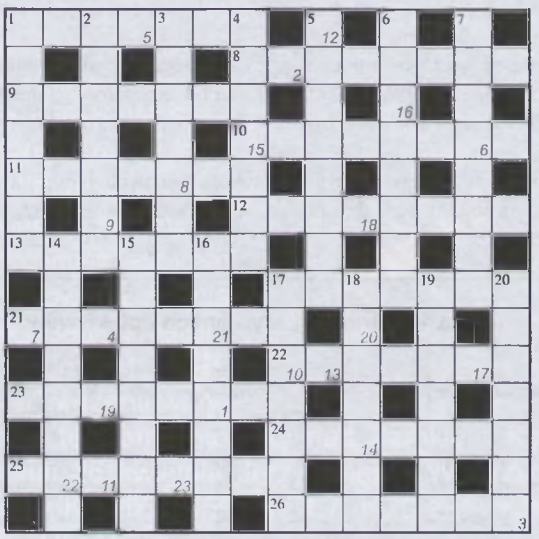
30^d05^h Złączenie Merkurego z Marsem w odl. 4°.

UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).
Aby otrzymać datę w obowiązującym w styczniu, lutym i marcu w Polsce „czasie zimowym", należy dodać 1 godzinę.

Opracował T. Ściężor

KRZYŻÓWKA

Litery z pól ponumerowanych w prawym dolnym rogu, uszeregowane od 1 do 23 utworzą rozwiązanie.
Prosimy o nadsyłanie rozwiązań (tylko hasło); najbardziej wytrwałych nagrodzimy pod koniec roku. (*Jan Magol*)



poziomo:
1) może być pancerna
8) opiekun pracy magisterskiej
9) przeobrażenie się; wymiana
10) bogato zdobiony grobowiec w kształcie trumny
11) ma go kometa lub dziewczyna
12) egzekwuje należności od dłużnika
13) medal, order
17) można się ulotnić jak ona
21) epidemia obejmująca czasami nawet cały świat
22) miejscowość w woj. nowosądeckim, znana z przetwórstwa owoców i warzyw
23) stolica Hawajów
24) może być zbrojne
25) sieć rybacka napięta na obręczach
26) ekskomunika, klątwa kościelna

pionowo:
1) szczęścia, to roślina
2) wojska z koszar
3) spotykana na ulicy
4) chustka noszona na szyi
5) dzikich zwierząt, to treser
6) zrobi zdjęcie do legitymacji
7) służy wsparciem
14) w dawnym wojsku: żołnierze lekkiej jazdy
15) kontroluje kogoś lub coś
16) ma procesor
17) męka, cierpienie
18) miasto w Kenii, nad Oceanem Indyjskim
19) podpora moralna, finansowa
20) do wypełnienia.

Klisze i obiektywy

Z roku na rok coraz więcej miłośników astronomii obserwuje Wszechświat wykorzystując w tym celu klisze fotograficzne. Tendencja ta jest doskonale widoczna w ilości i jakości zdjęć prezentowanych na łamach „Postępów Astronomii", „Uranii" oraz „Vademecum Miłośnika Astronomii". Dzieje się tak z dwóch zasadniczych powodów:

1) zastosowanie kliszy fotograficznej daje następujące korzyści nad obserwacjami wizualnymi:

— zdjęcie fotograficzne jest trwałym dokumentem, które może być wielokrotnie analizowane przez wiele osób

— na zdjęciu mamy jednoczesny obraz dość znacznego obszaru nieba (w zależności od ogniskowej obiektywu), podczas gdy gołym okiem w danej chwili możemy obserwować tylko jeden obiekt

— przy długich czasach naświetlania otrzymujemy obrazy bardzo słabych obiektów, które niejednokrotnie w przypadku obserwacji wizualnych nie są widoczne;

2) duża dostępność na rynku fotograficznym różnorodnych obiektywów i filmów fotograficznych.

Aby móc uwiecznić na kliszy jakiś obiekt niebieski musimy wyposażyć aparat fotograficzny w: a) odpowiedni obiektyw; b) odpowiedni film.

Ad a) — Odpowiedni obiektyw to przede wszystkim obiektyw o określonej ogniskowej (w zależności od rozmiarów na niebie fotografowanego obiektu), średnicy, światłosile oraz zdolności rozdzielczej.

Krótkie zestawienie parametrów najbardziej popularnych w kraju obiektywów fotograficznych (o mocowaniu M42×1) zawiera tabela I.

Tabela 1. Parametry wybranych obiektywów.

Nazwa obiektywu	Ogniskowa [mm]	Kąt widzenia [°]	Światło-siła	Rozdzielczość (środek/brzeg) [linie/mm]
MC Mir-20 M	20	96	3.5	50 / 20
Mir-10 A	28	75	3.5	42 / 20
MC Mir-24 M	35	66	2	40 / 21
Mir-1 B	37	60	2.8	45 / 23
MC Wołna-9	50	46	2.8	42 / 30
MC Zenitar-M	58	45	1.9	48 / 30
Helios-44-2	58	40.5	2	38 / 20
Helios-44 M	58	40	2	38 / 19
MV Helios-44 M-5	58	40	2	41 / 20
MC Helios-44 M-6	58	40	2	45 / 25
MC Helios-44 M-7	58	40	2	50 / 30
Helios-40-2	85	28	1.5	36 / 17
MC Jupiter-9	85	28	2	33 / 18
Tair-11A	135	18	2.8	44 / 24
MC APO Telezenitar	135	18	2.8	55 / 40
MC Jupiter-37 A	135	18	3.5	45 / 30
Jupiter-21	200	12	4	40 / 30
Jupiter-21 A	200	12	4	50 / 36
Telemar-22 A	200	12	5.6	44 / 25
Tair-3 S	300	8	4.5	36 / 30
MC ZM-5 A (SA)	500	5	8	40 / 20
MC Rubinar 5.6/500	500	5	5.6	47 / 30
MTO-1000	1000	2.5	10	28 / 16
MC Rubinar 10/1000	1000	2.5	10	45 / 34
MC MTO-11 SA	1000	2.5	10	35 / 28

Ad. b) — Odpowiedni film fotograficzny powinien charakteryzować się czułością stosowną do jasności fotografowanego obiektu. Z czułością filmu ściśle związana jest wielkość ziarna (rozdzielczość kliszy). Im większa czułość tym większe ziarno. Czułości i zdolności rozdzielcze dostępnych filmów fotograficznych podane są w tabeli 2.

Posiadać odpowiedni obiektyw i kliszę to jedno. Umieć je odpowiednio wykorzystać to już inna sprawa. (c.d.n.)

Wiesław Skórzyński

Tabela 2. Parametry filmów fotograficznych dostępnych na polskim rynku.

	Nazwa filmu	Czułość (ASA)	Zdolność rozdzielcza [linie/mm]
Kolorowe materiały negatywowe	AGFA COLOR OPTIMA	125	140
	AGFA COLOR PORTRAIT	160	140
	AGFA COLOR XRG	100	130
	AGFA COLOR XRS	1000	100
	FUJI COLOR PRO S	160	113
	FUJI COLOR REALA	100	125
	FUJI COLOR SUPER G	100	125
	FUJI COLOR SUPER G	800	100
	FUJI COLOR SUPER G	1600	—
	KODAK EKTAPRESS GOLD	100	100
	KODAK EKTAPRESS GOLD	I600	80
	KODAK EKTAR	1000	80
	KODAK EKTAR	100	160
	KODAK GOLD II	100	100
	KODAK VERI COLOR III	160	100
	KONICA SR-G	160	100
	KONICA SR-G	3200	—
	KONICA SUPER XG	100	100
	SCOTCH COLOR EXL	100	100
Cz-b. mat. negatywowe	AGFA ORTHO	25	350
	AGFA PAN	100	145
	AGFA PAN	400	110
	FOTOPAN	400	—
	FUJI NEOPAN PROFESSIONAL	1600	—
	ILFORD DELTA PROFESSIONAL	400	—
	ILFORD XP2	400	—
	KODAK T-MAX	400	125
	KODAK T-MAX	100	63
	KODAK T-MAX	3200	125
	KODAK TRI-X PAN	400	100
Kolorowe materiały pozytywowe	AGFA CHROME RSX PROFESSIONAL	50	125
	AGFA CHROME RSX PROFESSIONAL	100	125
	AGFA CHROME RSX PROFESSIONAL	200	110
	KODACHROME	40	100
	FUJI CHROME PROFESSIONAL	64	125
	KODAK EKTACHROME PROFESSIONAL	64	125
	KODAK EKTACHROME PROFESSIONAL	160	125
	KODAK EKTACHROME PROFESSIONAL	320	125
	SCOTCHCHROME	640	85
	FUJI CHROME PROVIA	400	125
	FUJI CHROME SENSIA	400	125
	KODAK EKTACHROME PANTHER	400	80
	KODAK EKTACHROME ELITE	400	80
	SCOTCHCHROME	400	89
	AGFACHROME	1000	—
	FUJICHROME PROVIA	1600	80
	KODAK EKTACHROME PANTHER P	1600	80
	FUJICHROME RD	100	125
	FUJICHROME RH	400	125
	KODAK EKTACHROME P	800-1600	40-60

Galeria Uranii

Dominującą tematyką zdjęć nadsyłanych do „Uranii" jak i „Postępów Astronomii" w ubiegłym roku były dwa wydarzenia: pojawienie się na niebie niezwykle jasnej komety Hale'a-Boppa oraz wrześniowe zaćmienie Księżyca. Niestety, warunki obserwacji tego zaćmienia nie były tak dobre jak rok wcześniej. Prezentowaną obok sekwencję zdjęć przysłał nam Piotr Nawalkowski z Sosnowca (Canon 500 EOS, f=500 mm, t=0.04 s, Kodak GOLD 400). Podobną serię zdjęć przysłał również Michał Grzyb, także z Sosnowca. Jak pisze, jest to jego debiut w dziedzinie astrofotografii („Uniwersał" ∅150 mm, f=900 mm, t=2 s, FujiColor Super G 400). Ostatnie zdjęcie to wspomniane zaćmienie z września 1996, kiedy zaćmiony Księżyc uraczył nas przysłowiową krwistoczerwoną barwą (W. Skórzyński, TAŁ 2 M ∅150 mm, f=1200 mm, t=25 s, Fuji 800 ASA).

Wiesław Skórzyński jest również autorem pomysłowego zdjęcia z „podpisaną" światłem latarki kometą H-B. Wyżej prezentowane zdjęcie tej samej komety nad Zamkiem Książ wykonał 26 kwietnia Jerzy Speil z Wałbrzycha (Pentax K-1000, f=50 mm/1.7, t=20 s, FujiColor Super HG 1600).

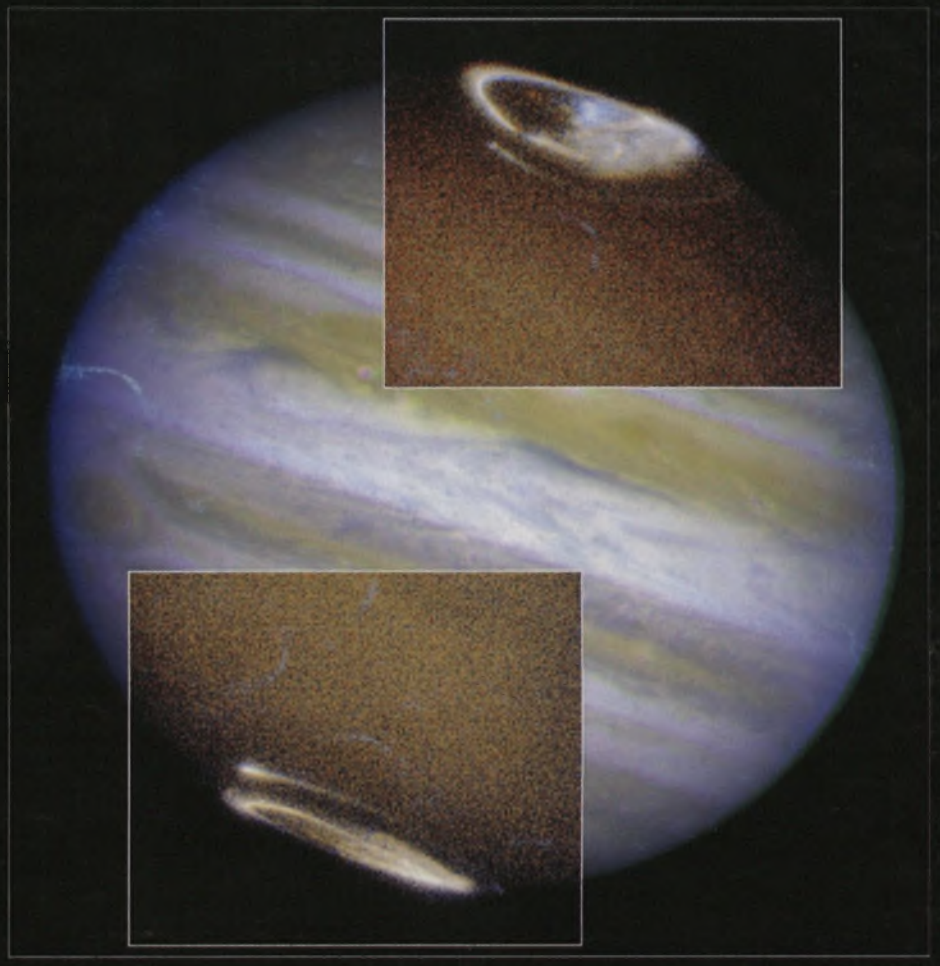
Na koniec dwa zdjęcia z obszernej kolekcji nadesłanej przez Edwarda Gaca z Trelaze (Francja), wykonane skonstruowanym przez niego teleskopem ∅205 mm. Oba zdjęcia wykonane były 29 września 1997 r. na filmie FujiColor 100 ASA z czasami ekspozycji 1 s (Jowisz) i 2 s (Saturn).

Autorzy zdjęć publikowanych w Galerii Uranii otrzymują autorski egzemplarz zeszytu U-PA, a jedna, wylosowana osoba, nagrodę książkową. Tym razem szczęście uśmiechnęło się do Michała Grzyba ☺

Kosmiczne zorze

Teleskop Hubble'a śledzi zorze polarne w magnetosferach planet-olbrzymów już od kilku lat, o czym zresztą na łamach Postępów Astronomii informowaliśmy (rocznik 1996, str. 28 i 176). Porównując prezentowany wówczas obraz Saturna z zamieszczoną obok ilustracją, możemy się jednak przekonać, jakie pożytki płyną z zainstalowanego w ubiegłym roku na pokładzie Teleskopu Kosmicznego nowego spektrografu obrazowego (STIS).

Planecie przybyły nowe „pierścienie" - świetliste kręgi odpowiadające emisji promieniowania ultrafioletowego wokół biegunów. Świecenie gazów atmosferycznych odbywa się pod wpływem strumieni naładowanych cząstek. Czerwoną barwę przypisano obszarowi emisji atomowego wodoru; bardziej zwarte, białawe struktury kryją wodór w formie cząsteczkowej.



Zorze polarne na Jowiszu bywają tysiąc razy silniejsze od ziemskich. Prócz zorzowych pierścieni widoczne są przesuwające się na ich obrzeżu plamki - rezultat bombardowania jonosfery Jowisza płynącą z księżyca Io wiązką naładowanych cząstek. Natężenie tego kosmicznego „prądu" sięga milionów amperów.

Urania

Postępy Astronomii

2/98 (674)

tom LXIX

marzec – kwiecień

kolorowa wkładka

Perły Oriona

Polskie Towarzystwo Astronomiczne ma 75 lat!

Niebo nieznane

Rezonanse Schumanna

Układ Jowisza

Kalendarz Astronomiczny

SN 1987A — przebudzenia

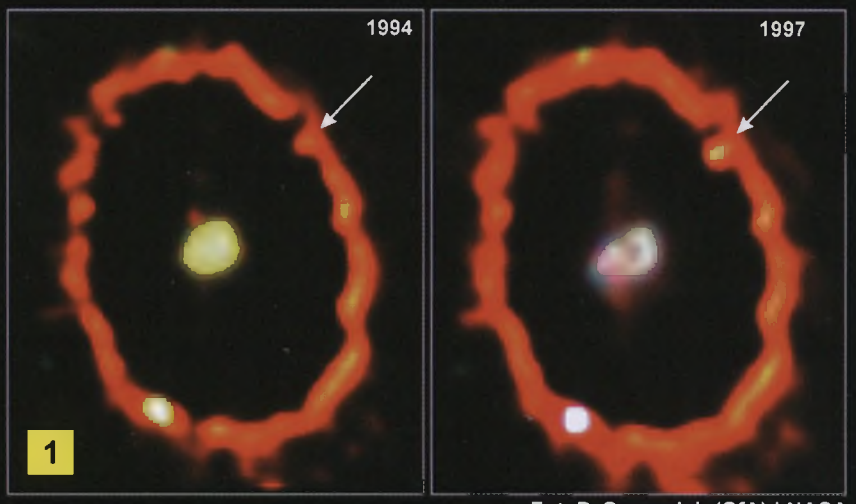
W poprzednim numerze pisaliśmy szeroko o dziesięcioletniej już historii supernowej SN 1987A. O tym, że to na pewno nie koniec emocji związanych z kolejnymi niespodziankami z jej strony, możemy się przekonać już teraz.

Na zdjęciu 1, z lewej strony widzimy obraz wewnętrznego pierścienia, jaki mogliśmy podziwiać w 1994 roku. Ostatnie obserwacje pokazują już wyraźne ślady zderzenia pędzącej fali uderzeniowej, powstałej w wyniku wybuchu gwiazdy, z obrzeżem wewnętrznego pierścienia. To właśnie owa jasna „plama" w prawym górnym rogu prawej części zdjęcia 1, pokazana również nieco inaczej na zdjęciu 2.

Zderzenie podgrzewa gaz i powoduje jego coraz jaśniejsze świecenie; przez najbliższe parę lat spowoduje to "odmłodzenie" SN 1987A — stanie się ona potężnym źródłem emisji rentgenowskiej i radiowej.

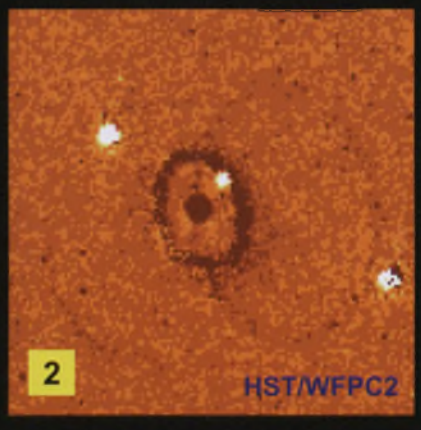
Znajdujący się w centrum biały, sierpowaty obiekt to widoczna część rozerwanej gwiazdy, rozbiegająca się w przestrzeń z prędkością 3 tysięcy km/s i podgrzewana przez pierwiastki radioaktywne powstałe podczas wybuchu. Jasna plamka w lewym dolnym rogu to z kolei gwiazda, nie będąca wszakże fizycznie związana z SN 1987A.

Zdjęcie 3 prezentuje widmo nadfioletowe obszaru kolizji wykonane przez instrument *STIS Teleskopu Kosmicznego Hubble'a*, a wykres — ewolucję jasności „plamy" w odniesieniu do jasności wewnętrznego pierścienia. (*mag*)

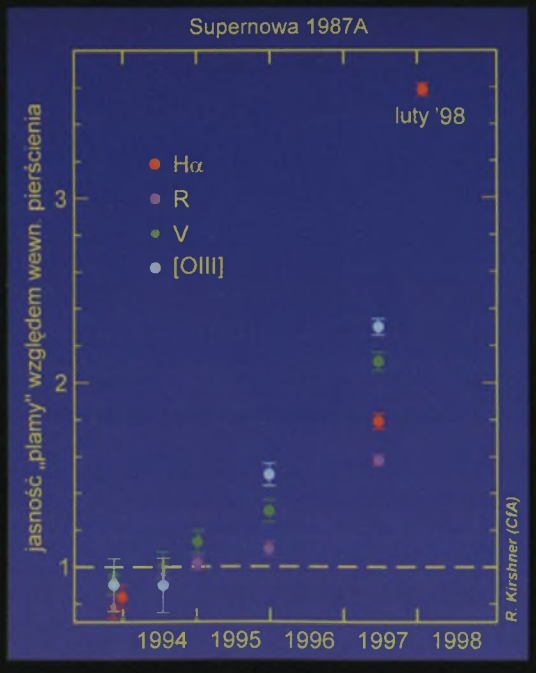


Fot. P. Garnavich (CfA) i NASA

Fot. P. Garnavich i R. Kirshner (CfA)



Fot. P. Garnavich (CfA) i SINS



Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Oddajemy w Wasze ręce drugi zeszyt nowej URANII. Pracę nad jego treścią i kształtem zakończyliśmy w dniach bliskich 525 rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika. Tej rocznicy poświęcone było wiele imprez w różnych ośrodkach naukowych naszego kraju. W Toruniu na przykład, zgodnie z przeszło 120-letnią tradycją, odbyły się stosowne posiedzenia naukowe, wieczornice, akademie i koncerty — słowem cały festiwal kopernikowski, którego głównymi organizatorami byli (jak co roku) Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Towarzystwo Naukowe, Muzeum Okręgowe z Domem Kopernika i oczywiście PTMA. W Olsztynie świętowano 25-lecie Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego. Podobnie było w wielu innych miastach i ośrodkach naukowych. Poświęciliśmy już tej rocznicy trochę miejsca w poprzednim zeszycie, ale mamy zamiar wracać do niej także w kolejnych numerach. Teraz przypominamy genezę i działalność ***Polskiego Towarzystwa Astronomicznego****, które powstało w Toruniu 75 lat temu, w czasie pierwszego po odzyskaniu niepodległości zgromadzenia polskich astronomów w 450 rocznicę urodzin Kopernika.*

Jednym z podstawowych artykułów tego zeszytu jest, adaptowany dla nas przez Autora, wykład dra ***Andrzeja Kułaka*** *z Krakowa wygłoszony na zeszłorocznym Walnym Zjeździe PTA w Zielonej Górze, poświęcony polom elektromagnetycznym o ekstremalnie niskiej częstotliwości. Jak one powstają, jaki mają wpływ na życie, czy stanowią zagrożenie dla naszej biosfery? Proszę o tym czytać na stronach 60-67.*

Astronomowie zaglądają czasem tam, gdzie ani oko, ani ucho nic zdziałać nie mogą — do wnętrza gwiazd. Trzeba się przy tym posłużyć matematyką i prawami fizyki. Nowa fala zainteresowania strukturą wewnętrzną gwiazd została sprowokowana nowymi, bardziej precyzyjnymi danymi obserwacyjnymi, m.in. uzyskanymi przez satelitę Hipparcos. Pisze o tym na str. 54-57 profesor ***Evry Schatzman****, znakomity astrofizyk francuski.*

„Niebo nieznane" to tytuł artykułu doktora ***Stanisława Bajtlika*** *z Warszawy (str. 58-59). Dowiadujemy się z niego m.in. o odkryciu nowej galaktyki , dotychczas skrytej za gwiazdami bliskimi środka naszej Drogi Mlecznej. Mgr* ***Jarosław Dyks*** *z Torunia przedstawia nam planetę Jowisz i jej rodzinę (str.68-72). Krąży wokół niej stacja kosmiczna Galileo, której odkrycia mamy zamiar przybliżać w następnych naszych zeszytach.*

Miłośnicy astronomii znajdą w tym zeszycie m.in. podsumowanie obserwacji roju meteorów w artykule ***Arkadego Olecha*** *z Warszawy pt. „Perseidy 1997" i sprawozdanie* ***Karola Wenerskiego*** *z Bydgoszczy ze Zlotu Miłośników Astronomii OZMA '97 wraz z zaproszeniem na następny zlot. W „Elementarzu Uranii" kontynuujemy opowieść doktor* ***Magdaleny Sroczyńskiej-Kożuchowskiej*** *ze „starej Uranii"o podstawowych zjawiskach i prawach, na których opiera się współczesna astronomia. W tym roku pani Magda pragnie odkrywać przed czytelnikami tajemnice o ciałach niebieskich zawarte w docierającym do nas promieniu świetlnym. Doktor* ***Kazimierz Schilling*** *z Olsztyna prowadzi nas „po krętych ścieżkach nauki" w swym przeglądzie nowo wydanych ksiażek, natomiast* ***Wiesław Skórzyński*** *doradza, jak fotografować niebo przy pomocy nieruchomego aparatu fotograficznego.*

Doktor ***Tomasz Ściężor*** *z Krakowa opracował „Kalendarzyk astronomiczny" na kolejne 3 miesiące. W ten sposób uzyskamy dwumiesięczne wyprzedzenie „Kalendarzyka" w stosunku do nominalnej daty zeszytu. Gdyby zdarzyło się jakieś nieprzewidziane opóźnienie w ukazywaniu się naszego pisma, obserwatorzy nie będą pozbawieni możliwości wcześniejszego planowania i następnie wykonywania obserwacji. Kolejne „Kalendarzyki" będą obejmowały okresy dwumiesięczne.*

Zeszyt dopełniają: przepiękne zdjęcia wykonane teleskopem kosmicznym Hubble'a, kilka krótkich informacji o najnowszych odkryciach, konkurs dotyczący znajomości ciał Układu Słonecznego, krzyżówka i listy naszych Czytelników. A na okładce prezentujemy zdjęcie niewidocznego w Polsce zaćmienia Słońca w dniu 26 lutego 1998 roku.

Życzę Państwu przyjemnej lektury,

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu

Toruń, w lutym 1998 roku

Szanowna i Droga Redakcjo,

Nie wiem, czy Redakcja zgodzi się opublikować ten tekst, gdyż stanowi on polemikę z wcześniej opublikowanym w rubryce „Czytelnicy piszą..." listem Pana Jerzego Strzei; *Urania-PA* nie jest wszak skrzynką kontaktową. Uważam jednak, że poglądy zawarte w wyżej wymienionym liście są na tyle absurdalne i szkodliwe, że należy im się przeciwstawić publicznie tak, jak publicznie zostały przedstawione.

Krytyka i „zjadliwość" Pana Strzei w stosunku do Autorów protestu skierowanego do Prezesa TVP S.A. jest nieusprawiedliwiona. Przypomnijmy, że pismo do Prezesa dotyczyło treści pseudonaukowych w programach dla młodzieży, mających ambicje edukacyjne. Zatem, po pierwsze, ośmieszanie problemu przez porównywanie popularyzacji astronomii i szerzej — nauki — do dobranocki „Miś Kolargol w Kosmosie" jest pozbawione podstaw logicznych. Po drugie, propozycja korzystania z opinii rzeczoznawców, to nie „domaganie się powołania Neoinkwizycji". Pan Strzeja być może nie zdaje sobie sprawy, że na każdym niemal kroku jest chroniony opiniami rzeczoznawców: gdy idzie do lekarza czy apteki — ma do czynienia z fachowcami od medycyny, czyli z *rzeczoznawcami*, gdy wsiada do samolotu, żeby polecieć do Krakowa czy Nowego Jorku — chce tego czy nie chce — jego bezpieczeństwo jest zapewnione przez niezliczone komisje kontroli technicznej funkcjonujące w przemyśle lotniczym, czyli również przez *rzeczoznawców*. Wierzę, że Pan Strzeja jest w stanie dać jeszcze kilka przykładów korzystania z rzeczoznawców, którzy dobrze wypełniają swoje obowiązki. Nawet do dobranocek przydają się rzeczoznawcy — psychologowie (i nie tylko), aby np. dzieciom nie śniły się potem koszmary.

Program edukacyjny, żeby był programem dobrym, **musi** nieść treści zgodne ze współczesnym stanem wiedzy (nie jest to warunek wystarczający, ale na pewno konieczny). O tej zgodności powinni decydować rzeczoznawcy. Nie warto się upierać, czy jedynie osoby wybrane przez Ministerstwo Edukacji Narodowej do tego się nadają, ale widać jak na dłoni, że nie każdy jest dobrym fachowcem od popularyzacji astronomii w telewizji. Autorzy listu do Prezesa nie zabraniają nikomu zapisania się do „Towarzystwa Płaskiej Ziemi", ponieważ jednak są astronomami — mają obowiązek protestować, gdy w programie edukacyjnym ktoś pod pozorami naukowości będzie uzasadniał, że Ziemia tak naprawdę jest płaska. Przyjmuję do wiadomości stwierdzenie Pana Strzei, że „społeczeństwu (...) nie jest potrzebna do szczęścia wiedza, jak funkcjonuje Wszechświat". Gdy jednak młodemu człowiekowi do szczęścia akurat tego zabraknie, może zdoła zaspokoić swoje pragnienia, oglądając *Telewizję Edukacyjną*.

Dziwne czy wręcz bzdurne treści pojawiające się w podręcznikach szkolnych stanowią doskonały przykład na słabą efektywność systemu opiniowania podręczników szkolnych przez MEN. Stąd jednak nie wynika, że należy zaniechać zabiegów o wyższą jakość tych podręczników, a jedynie, że należy to robić dobrze, a przynajmniej lepiej. W tym kontekście niechęć Pana Strzei do rzeczoznawców z listy Ministerstwa Edukacji Narodowej jest być może uzasadniona, gdyż nie widać dotąd pozytywnych skutków ich istnienia. Problem w tym, że Pan Strzeja wyciąga błędne wnioski. Gdy w wyniku operacji pacjent umrze, nie należy domagać się zamknięcia Akademii Medycznej.

Prawdą jest, że nauka często również prowadziła na manowce. Historia poznania pokazuje, że poglądy człowieka na przyrodę zmieniały się wielokrotnie i głęboko. Jest zatem oczywiste, że za sto lat programy edukacyjne będą przekazywały inne treści niż najlepsze, współczesne nam książki popularnonaukowe. Czy zwalnia to dzisiejszych popularyzatorów nauki z rzetelnego informowania społeczeństwa o stanie wiedzy? Czy wolno naukowcom mówić cokolwiek, np. że Księżyc jest pusty w środku i znajduje się tam gigantyczna baza ufoludków? Kopernik zaproponował system heliocentryczny w wyniku krytycznej analizy istniejącego modelu geocentrycznego. Można śmiało twierdzić, że dzieło *De revolutionibus* nie powstałoby w pustce naukowej albo gdyby w młodości przyszły Ksiądz Kanonik nie zdobywał wiedzy w najlepszych ówczesnych ośrodkach naukowych, choć dziś wiemy, że wiedza ta była bardzo niedoskonała. Ważne jest jednak, że była ona w danym momencie najlepsza. Tak więc, gdybyśmy *teraz* zaczęli mówić w szkole (lub programach edukacyjnych telewizji publicznej) o modelu geocentrycznym lub horoskopach, oznaczałoby to karmienie młodego pokolenia bezwartościową papką, mimo że w czasach Kopernika była to działalność owocna i pozytywna.

Pan Strzeja pisze: „Ludzie płacą abonament — wszyscy — i nie mają wpływu, na co te pieniądze zostaną wydane". Autorzy listu nie chcą z tego wpływu rezygnować. Myślę, że warto podejść bardziej pozytywnie do obecnej rzeczywistości i zacząć wreszcie wierzyć, że dzięki demokratycznym wyborom ludzie kompetentni zaczną decydować również o edukacji. (...)

Andrzej Sołtan
Warszawa

***

(...) Myślę, że nowa *Urania* ma szansę stać się pismem, na które wszyscy czekamy, ale to my, czytelnicy, musimy służyć pomocą, pomysłami — aby *Urania* stała się dla nas źródłem wiedzy, dobrych rad — po prostu przyjacielem w pasji poznawania otaczającego nas Wszechświata. (...)

Karol Wenerski
Bydgoszcz

***

Szanowny Panie Profesorze,

Jestem szczęśliwym posiadaczem „kawałka prawdziwego nieba" dzięki „Postępom Astronomii", które otrzymuję pocztą.

Do napisania listu zainspirował mnie artykuł Pana dr. Schillinga w „Gazecie Olsztyńskiej" 20-22.02.98r. z okazji 25 rocznicy otwarcia Olsztyńskiego Planetarium.

Czytając o działalności popularyzatorskiej Planetarium, pomyślałem, iż w tak szacownej instytucji są dostępne „Postępy Astronomii", które doskonale popularyzują astronomię. Niestety, poinformowano mnie, że takiego czasopisma nie dostanę z niewiadomych przyczyn. Dziwna to sprawa, bo w „Postępach Astronomii" są artykuły Pani dyrektor Planetarium dr Jadwigi Białej. Smutna to rzecz i wielka strata dla tych, którzy odwiedzając Planetarium Olsztyńskie nie wiedzą, iż jest czasopismo, które w przystępny sposób opisuje Wszechświat i informuje o aktualnym stanie nauki, jaką jest astronomia. Moim skromnym zdaniem „Urania-Postępy Astronomii" (obecny tytuł) powinny witać wszystkich przekraczających próg Planetarium, wyeksponowane we właściwym miejscu. Gdyby tak się stało, Olsztyńskie Planetarium skuteczniej upowszechniałoby wiedzę o bliskim i dalekim Kosmosie, a przy tym piękniej spłacało dług zaciągnięty u Mikołaja Kopernika.

Korzystając z okazji, przesyłam na Pana ręce wyrazy wdzięczności i podziękowania wszystkim, którzy redagują tak wspaniałe czasopismo (...).

Z poważaniem

Andrzej Żuk
Olsztyn

Od Redakcji. *Pięknie dziękujemy naszemu Czytelnikowi za tak gorące słowa pod adresem naszej Redakcji. Zgadzamy się w całej rozciągłości z opinią Pana na temat sprzedaży „Postępów Astronomii" w Olsztyńskim Planetarium i o to od kilku lat wielokrotnie, niestety, z niewiadomych nam powodów, nieskutecznie, prosiliśmy Panią Dyrektor. Ostatnio, na obchodach 25-lecia Planetarium, Pani Dyrektor publicznie obiecała nam, że będzie starała się załatwić tę (wydaje się nam wstydliwą) sprawę. Miejmy więc nadzieję, że wreszcie „Urania-Postępy Astronomii" będą dostępne w sprzedaży zarówno w gmachu Planetarium, jak i Obserwatorium w Olsztynie.*

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe poprzez połączenie się „**Uranii**" — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 roku i **„Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 roku. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii".

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK W-wa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet M.Kopernika
ul.Chopina 12/18
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 260-18 w. 51
fax. (0-56) 62 19 381

Poczta elektroniczna (E-mail adress):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Barbara Gertner, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 65 40 676 w. 14
E-mail: basia@astri.uni.torun.pl

Numer zamknięto w lutym 1998

Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania*Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji.*Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw

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

W NUMERZE

52 ***Polskie Towarzystwo Astronomiczne ma 75 lat!***
Adam Michalec
Polskie Towarzystwo Astronomiczne zapoczątkowało swoją działalność na Zjeździe Naukowym w Warszawie w roku 1920, zaś za faktyczne jego zawiązanie się należy przyjąć Zjazd Astronomów w ***Toruniu w dniu 19 lutego 1923 roku****, zatem w tym roku PTA będzie obchodziło swoje 75-lecie.*

54 ***Współczesny powrót do badań struktury wewnętrznej gwiazd***
Evry Schatzman
Znajdujemy się dzisiaj przed wielką odnową teorii struktury wewnętrznej. Nowe dane obserwacyjne i doświadczalne zmusiły teoretyków do przyjrzenia się z bliska naturze rozbieżności pomiędzy teorią i obserwacjami. Doprowadziło to do uwzględnienia procesów fizycznych, które pomijano, a których znaczenie wydaje się być dzisiaj znaczne. Zmierzamy do lepszego zrozumienia własności gwiazd. I, jak to historia już nam pokazała, do lepszego zrozumienia Wszechświata.

58 ***Niebo nieznane***
Stanisław Bajtlik
Jeszcze kilka lat temu mapy rozkładu galaktyk na niebie zawierały wielką białą plamę, obszar nieba nieznanego, w miejscu zajmowanym przez dysk Drogi Mlecznej. Tak jak wyprawy Marco Polo, Magellana i Stanleya dawno temu pokryły ziemski globus kolorami, tak obserwacje wysłużonego, 40-letniego, małego radioteleskopu w Dwingeloo nanoszą na białą plamę na mapie nieba punkty i plamy, reprezentujące galaktyki i obłoki gazu.

60 ***Kosmiczne pochodzenie pól elektromagnetycznych ekstremalnie niskiej częstotliwości na powierzchni Ziemi***
Andrzej Kułak
Okazało się, że mieszkamy w wielkiej wnęce rezonansowej wypełnionej polem elektromagnetycznym o ekstremalnie niskich częstotliwościach. Pojawiły się pytania — skąd się ono bierze i czy ma jakiekolwiek znaczenie?

68 ***Układ Jowisza***
Jarosław Dyks
System Jowisza, oprócz samej planety, tworzą jego satelity, pierścienie oraz rozległa magnetosfera z towarzyszącą jej plazmą. Prezentowany tekst zwięźle przedstawia oddziaływania zachodzące pomiędzy tymi elementami systemu..

teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje: Najmasywniejsze znane gwiazdy (76); Odchudzanie gwiazd (77)

rozmaitości: Niebo w podczerwieni (73); Voyager liderem (73); Nowe zagadki na Io (74); Los Wszechświata (74); Polarna fontanna Ziemi (75)

78 ***recenzje:*** Trzeci etap wędrówki po krętych ścieżkach nauki

81 ***w kraju:*** Zlot Miłośników Astronomii czyli OZMA 1997

82 ***miłośnicy astronomii obserwują:*** Perseidy 1997

87 ***poradnik obserwatora:*** Fotografowanie nieruchomym aparatem

88 ***elementarz Uranii:*** Promieniowanie elektromagnetyczne jako źródło informacji o Wszechświecie

90 ***konkurs:*** Czy znasz Układ Słoneczny?

92 ***kalendarz astronomiczny '98:*** kwiecień – czerwiec

96 ***krzyżówka***

NA OKŁADCE

Taką koronę słoneczną mogli podziwiać 26 lutego br. świadkowie całkowitego zaćmienia Słońca w Ameryce Środkowej. Już następne tego rodzaju zjawisko zobaczymy w Europie 11 sierpnia przyszłego roku. Do tego tematu wrócimy na łamach „Uranii-PA". (fot. J. Horne, Sky & Telescope)

Adam Michalec

POLSKIE TOWARZYSTWO ASTRONOMICZNE ma 75 lat!

Awers i rewers medalu im. prof. Włodzimierza Zonna przyznawanego przez PTA za popularyzację wiedzy o Wszechświecie.

Polskie Towarzystwo Astronomiczne (PTA) zapoczątkowało swoją działalność na Zjeździe Naukowym w Warszawie w roku 1920, zaś za faktyczne jego zawiązanie się należy przyjąć Zjazd Astronomów w **Toruniu w dniu 19 lutego 1923 roku**, zatem w tym roku PTA będzie obchodziło swoje **75-lecie**. Okazją do utworzenia takiej organizacji były obchody 450 rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika. Podczas Zjazdu przedyskutowano problemy związane z potrzebami i przyszłym rozwojem nauki polskiej w warunkach odzyskanej niepodległości. Na tym Zjeździe ogłoszono „*Odezwę do Społeczeństwa*", której pierwszą część warto tu przytoczyć (pisownia oryginalna), gdyż po latach, chociaż zmieniły się uwarunkowania, niewiele straciła ona ze swej aktualności:

Astronomowie polscy, reprezentujący wszystkie uniwersytety Rzeczypospolitej, zebrani w Toruniu, w kolebce Kopernika, w uroczystym dniu 450-ej rocznicy urodzin wielkiego naszego rodaka, nie spełniliby swego wielkiego obowiązku wobec Ojczyzny i nauki, gdyby nie oświadczyli Społeczeństwu, co następuje:

Skutkiem wieloletniej niewoli narodu, obserwatorja astronomiczne doszły w Polsce do stanu zupełnego wyniszczenia. Astronomja polska znajduje się w niebezpieczeństwie! Według jednomyślnej opinji Zjazdu, honor Ojczyzny Kopernika, największego astronoma wszystkich czasów, wymaga założenia Instytutu astronomicznego, któryby dał możność astronomom polskim wykonywać prace obserwacyjne, stojące na poziomie nauki współczesnej i któryby jednocześnie zaspakajał pierwszorzędne potrzeby państwowe astronomiczno-geodezyjne. Instytut taki powstać musi i dlatego, abyśmy nie postradali moralnego prawa do chlubienia się Kopernikiem.(...)

W okresie międzywojennym głównym celem działalności PTA było urzeczywistnienie idei budowy Narodowego Instytutu Astronomicznego, pomyślanego jako „placówka oderwana od życia i kłopotów uniwersyteckich, poświęcona wyłącznie pracy naukowej". Jednakże oparcie finansowej strony przedsięwzięcia tylko na ofiarności osób prywatnych i instytucji czyniło projekt niemożliwym do zrealizowania. Dotacje udzielane Towarzystwu ze strony ówczesnego Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia były raczej symboliczne.

Za cenne osiągnięcie PTA należy uznać uzyskanie w 1927 r. środków na wydawanie centralnego czasopisma naukowego astronomów polskich. Czasopismo to pod nazwą „Acta Astronomica" ukazało się po raz pierwszy w 1929 r. Jego założycielem i redaktorem naczelnym był prof. Tadeusz Banachiewicz, dyrektor Obserwatorium w Krakowie, wieloletni Prezes PTA.

Pierwszy po II wojnie światowej Zjazd Naukowy Astronomów Polskich odbył się w 1948 r. we Wrocławiu. Celem tego Zjazdu było reaktywowanie istniejącego przed wojną PTA oraz podzielenie się wzajemnie wiadomościami o pracach wykonanych przez polskich astronomów w okresie wojennym. Podjęto zarazem odpowiednie kroki celem zarejestrowania Towarzystwa, opracowano jego Statut. Po przeniesieniu w 1954 r. siedziby władz PTA z Wrocławia do Warszawy, oficjalnie zarejestrowano Towarzystwo w Prezydium Rady Narodowej m.st. Warszawy z dniem 31 grudnia 1955 r.; zaś 20 marca 1957 r. Wydział Naukowy PAN objął opiekę nad PTA, przejmując jednocześnie na siebie obowiązek finansowania jego działalności.

Statutowym celem Towarzystwa, jako zrzeszenia o charakterze nauko-

wym, jest popieranie rozwoju nauk astronomicznych, ich dydaktyki oraz popularyzacji astronomii w społeczeństwie. Dla osiągnięcia tych celów Towarzystwo:

— organizuje zjazdy i wyprawy naukowe, konkursy, zebrania naukowe, kursy, odczyty, wykłady i wystawy, seminaria i szkoły letnie;

— prowadzi własną działalność wydawniczą (kwartalnik: „*Postępy Astronomii*", od tego roku wspólnie z PTMA — dwumiesięcznik: „*Urania-Postępy Astronomii*") oraz może wspierać działalność wydawniczą z dziedziny astronomii, jej dydaktyki, historii i zastosowań;

— wydaje opinie o stanie i potrzebach astronomii polskiej oraz kieruje dezyderaty do właściwych władz, urzędów i instytucji;

— utrzymuje łączność z pokrewnymi stowarzyszeniami w kraju i za granicą.

W chwili obecnej Towarzystwo liczy 218 członków zwyczajnych. Członkowie Towarzystwa dzielą się na: zwyczajnych, wspierających i honorowych. Członkiem zwyczajnym Towarzystwa może zostać każda osoba posiadająca obywatelstwo polskie (lub cudzoziemiec — bez względu na miejsce zamieszkania), która opublikowała co najmniej jedną pracę naukową z dziedziny nauk astronomicznych lub posiada dyplom ukończenia studiów astronomicznych.

Członkami wspierającymi Towarzystwo mogą być osoby prawne lub fizyczne.

Członkiem honorowym może zostać osoba zasłużona dla rozwoju astronomii w Polsce lub posiadająca wybitne osiągniecia naukowe w dziedzinie astronomii. Godność tę nadaje Walne Zebranie Towarzystwa, na wniosek Zarządu Głównego.

Najwyższą władzą Towarzystwa jest Walne Zebranie, które zwołuje Zarząd Główny PTA raz na dwa lata. Natomiast organem kontrolnym pracy Zarządu jest Komisja Rewizyjna.

Wszystkie dotychczas odbyte zjazdy oraz prezesów Towarzystwa przypomina tabela 1.

Pewną formą popierania badań naukowych prowadzonych przez młodych astronomów jest przyznawanie przez PTA od 1959 roku tzw. „*Nagrody Młodych*". Natomiast za popularyzację wiedzy o Wszechświecie, PTA przyznaje od 1983 roku medal im. prof. Włodzimierza Zonna. Oba wyróżnienia wręczane są uroczyście co 2 lata przy okazji statutowych Zjazdów i Walnych zebrań PTA. Osoby wyróżnione dotychczas medalami PTA im. prof. Włodzimierza Zonna prezentuje tabela 2.

Z okazji zbliżającego się Jubileuszu 75-lecia Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, należałoby Mu życzyć dalszego rozwoju i spełnienia zamierzeń Statutowych Towarzystwa, pamiętając jednocześnie o sentencji: „*Per aspera ad astra*".

Tabela 1

Wykaz dotychczasowych Zjazdów Członków PTA, oraz Prezesi PTA

Nr	Termin	Miejsce Zjazdu /Walnego Zebrania/	Wybrany Prezes
1	19 II 1923	TORUŃ	T. Banachiewicz
2	29-30 VIII 1934	WARSZAWA	W. Dziewulski
3	10-11 X 1948	WROCŁAW	E. Rybka
4	IX 1950	POZNAŃ	J. Witkowski
5	16-17 XII 1952	WARSZAWA	W. Zonn
6	1 VII 1954	SUWAŁKI	W. Zonn
7	14-16 XII 1955	POZNAŃ	W. Zonn
8	16 XII 1956	WROCŁAW	S. Piotrowski
9	25-27 VI 1959	WROCŁAW	A. Opolski
10	14-16 IX 1961	WARSZAWA	A. Opolski
11	19-21 IX 1963	TORUŃ	W. Zonn
12	10-13 IX 1965	OLSZTYN	W. Zonn
13	26-28 X 1967	WROCŁAW	W. Zonn
14	24-27 IX 1969	CHORZÓW/JASZOWIEC	W. Zonn
15	6-9 IX 1971	POZNAŃ/KÓRNIK	W. Zonn
16	12-15 II 1973	CHORZÓW	W. Zonn
17	16-19 IX 1975	GDAŃSK	J. Stodółkiewicz
18	20-23 IX 1977	KORTOWO k.Olsztyna	J. Stodółkiewicz
19	24-27 IX 1979	WARSZAWA	J. Stodółkiewicz
20	15-18 IX 1981	KRAKÓW/WIELICZKA	J. Stodółkiewicz
21	20-23 IX 1983	FROMBORK	J. Stodółkiewicz
22	17-20 IX 1985	WROCŁAW	J. Stodółkiewicz
23	16-19 IX 1987	GDAŃSK	J. Stodółkiewicz
24	19-22 IX 1989	BACHOTEK k.Torunia	R. Głębocki
25	10-13 IX 1991	PRZEGORZAŁY k.Krakowa	R. Głębocki
26	21-23 IX 1993	WARSZAWA CAMK	R. Głębocki
27	12-15 IX 1995	POZNAŃ OA UAM	J. Kreiner
28	09-12 IX 1997	ZIELONA GÓRA IA	J. Kreiner

Tabela 2

Lista laureatów nagrody im. W. Zonna oraz miejsce i rok wręczenia medalu.

1	Stanisław Brzostkiewicz	Frombork	1983
2	prof. Jan Mergentaler	Wrocław	1985
3	prof. Michał Heller	Gdańsk	1987
4	dr Krzysztof Ziołkowski	Bachotek	1989
5	mgr Edith i Andrzej Pilscy	Przegorzały	1991
6	mgr Małgorzata Śróbka-Kubiak, mgr Mirosław Kubiak, dr Kazimierz Schilling	Warszawa	1993
7	dr Jarosław Włodarczyk	Poznań	1995
8	dr Henryk Chrupała	Zielona Góra	1997

Adam Michalec pełni obecnie obowiązki Sekretarza PTA.

Evry Schatzman

Współczesny powrót do badań struktury wewnętrznej gwiazd

Znajdujemy się dzisiaj przed wielką odnową teorii struktury wewnętrznej. Nowe dane obserwacyjne i doświadczalne zmusiły teoretyków do przyjrzenia się z bliska naturze rozbieżności pomiędzy teorią i obserwacjami. Doprowadziło to do uwzględnienia procesów fizycznych, które pomijano, a których znaczenie wydaje się być dzisiaj istotne. Zmierzamy do lepszego zrozumienia własności gwiazd. I, jak to historia już nam pokazała, do lepszego zrozumienia Wszechświata.

Ruch plazmy słonecznej od równika ku biegunom odkryty przez satelitę SOHO.

Gwiazdy są złożonymi układami fizycznymi, w których zachodzi jednocześnie wiele zjawisk fizycznych. Można założyć *a priori*, że procesy zachodzące w gwiazdach są takie same jak te, którymi zajmują się fizycy. Nie wiadomo jednak z góry, które z nich są najważniejsze, a które można zaniedbać. To na tym właśnie polega podstawowa trudność wytłumaczenia obserwowanych zjawisk.

Nie ma dwu identycznych gwiazd. Porównując dane pochodzące z obserwacji dwu gwiazd podobnych do siebie, znajdujemy zawsze różnice pomiędzy badanymi obiektami. Znalezienie natury tych różnic i wyjaśnienie ich, to jedno z podstawowych zagadnień w badaniu struktury wewnętrznej gwiazd.

Z drugiej strony, badanie układów gwiazdowych pozwala ocenić ich wiek. W ostatnich latach nastąpił olbrzymi postęp w dokładności dokonywanych pomiarów i obliczeń, dotyczy to w szczególności pomiarów odległości gwiazd. Bardzo precyzyjne ustalenie odległości pozwala na ściślejsze wyznaczenie ilości energii emitowanej przez gwiazdy w gromadach i umożliwia lepsze określenie ich wieku. W ten właśnie sposób poprawiono ostatnio (1996) wartości wieku gromad kulistych. Dane te są teraz zgodne z danymi dotyczącymi ekspansji Wszechświata. Widoczny tutaj związek problemu dotyczącego struktury wewnętrznej gwiazd z zagadnieniami kosmologii uzmysławia nam, jak podstawową rolę w astrofizyce odgrywają badania dotyczące gwiazd, ich struktury i ewolucji.

Tekst niniejszy nie jest przeglądem problemów dotyczących budowy wewnętrznej wszystkich gwiazd. W szczególności nie dotyczy on gwiazd nowych, supernowych, gwiazd neutronowych i gwiazd o dużych masach (100 mas Słońca). Dotyczy natomiast zagadnień bliskich tym, jakimi zajmował się autor podczas swojej pracy naukowej.

Struktura wewnętrzna

Przypomnijmy w skrócie, z czego zbudowane jest wnętrze gwiazdy i jaki ma to związek z danymi obserwacyjnymi. Podstawami tych rozważań są stwierdzenia, że gwiazdy są stabilnymi, nie rozpadającymi się ani nie zapadającymi kulami gazu, które produkują dokładnie tyle energii, ile wysyłają. Piszemy więc odpowiednie równania równowagi hydrostatycznej, energetycznej i równanie stanu gazu.

Istotą teorii budowy wewnętrznej gwiazd jest wyliczenie własności, znajdującej się w równowadze grawitacyjnej, kuli zbudowanej z gazu i określenie ich związku z danymi obserwacyjnymi: masą, temperaturą, dzielnością promieniowania, promieniem i składem chemicznym na powierzchni. Próby takie podejmowano w XIX wieku, ale pierwsze spójne podejście do tego problemu zawdzięczamy Eddingtonowi (1926). Na początku stulecia wielu danych fizycznych wciąż brakowało. Teoria transferu promieniowania była jeszcze w powijakach i pomysł, że energia gwiazd może pochodzić ze źródeł jądrowych (Henry Norris Russell, 1919; Jean Perrin, 1920) pozostawał wciąż w sferze rozważań jakościowych.

Można było jednak uzgodnić określony w ten sposób wiek Słońca z geologicznie wyznaczonym wiekiem Ziemi. W 1938 roku Bethe wytłumaczył moc promieniowania gwiazd zakładajac, że pochodzi ona z reakcji termojądrowych. Wydajność reakcji termojądrowej zależy od temperatury i gestości oddziałujących ze sobą czastek, a ekran ujemnie naładowanych elektronów wokół każdego jądra (gaz elektronowy) ułatwia przenikanie bariery potencjału (Schatzman, 1948). Cykle reakcji zależą oczywiście od przekrojów czynnych i Schatzman (1951) wykazał tuż przed Fowlerem (1951) rolę reakcji:

$$^3He + ^3He \rightarrow ^4He + ^1H + ^1H$$

w procesie produkcji energii gwiazd.

Fowler (1957) podaje inne reakcje termojądrowe, które kolejno zachodzą, wymieniając reakcje wytwarzania berylu, litu i boru. Podaje w ten sposób różne sposoby produkcji neutrin . Prawie natychmiast potem Ray Davis rozpoczyna słynne doświadczenie polegające na pomiarze strumienia neutrin słonecznych za pośrednictwem obserwacji przemiany pod ich wpływem chloru ^{37}Cl w promieniotwórczy argon ^{37}Ar.

Fale akustyczne

Właściwości opisywane w tym rozdziale są zapewne wspólne dla wszystkich gwiazd, ale obserwowano je tylko na przykładzie Słońca. Właśnie ono służy tutaj za model w oczekiwaniu na techniczne możliwości obserwacji tego zjawiska dla innych gwiazd. Cechy charakterystyczne obserwowanych fal akustycznych pozwalają nam wyciagać wnioski dotyczące wnętrza Słońca.

Wiadomo, od czasu prac Unsolda (1938) i przede wszystkim prac Eriki Bohm-Vitense (1953), że pod atmosferą Słońca istnieje głęboka warstwa konwektywna. W taki sam sposób jak w atmosferze Ziemi, jeśli spełnione są odpowiednie warunki, ruchy konwekcyjne stają się turbulentne. Fale akustyczne pozwalają nam oszacować przede wszystkim głębokość warstwy konwektywnej. Wynosi ona około 200 000 km, prawie jedną trzecią promienia Słońca.

W obszarze bliskim powierzchni Słońca, na głębokości około tysiąca kilometrów, związek między ciśnieniem i gęstością zależy od sposobu, w jaki odbywa się transport energii. Energia termiczna jest przenoszona częściowo poprzez ruch materii. W tym środowisku związek pomiędzy ciśnieniem P w funkcji promienia i gęstością ρ w funkcji promienia:

$$(d \log P/dr) / (d \log \rho/dr)$$

różni się znacznie od równania adiabatycznego, które lokalnie zależy tylko od równania stanu, a więc tylko od wartości lokalnych ciśnienia, gęstości i temperatury:

$$((d \log P) / (d \log \rho))_{ad}$$

Ruch materii wzdłuż promienia gwiazdy można opisać jako ruch „bąbelków gazu". Wznoszące się w kierunku powierzchni bąbelki gazu mają średnią gęstość mniejszą niż średnia gęstość ośrodka i zawdzięczają swój ruch archimedesowskiej sile wyporu. Prędkość tego wznoszenia po przebyciu pewnej drogi staje się tak wielka, że bąbelek silnie oddziałuje z otoczeniem i traci swoją energię kinetyczną na rzecz otaczającego gazu. Część energii bąbelka bierze udział w transporcie energii gwiazdy, inna część służy do wytworzenia fal ciśnieniowych i fal akustycznych.

Te fale akustyczne rozprzestrzeniają się aż do powierzchni Słońca i ruch z tym związany obserwujemy poprzez efekt Dopplera. Badanie linii widmowej w funkcji czasu umożliwia zaobserwowanie zmian częstości i odkrycie, przy pomocy analizy fourierowskiej, dużej liczby oscylacji o niewielkiej amplitudzie, które są odzwierciedleniem, na powierzchni Słońca, modów własnych o małej amplitudzie. Te oscylacje są powodowane przez turbulencje królujące w strefie konwekcji w rejonie usytuowanym zaledwie tysiąc kilometrów pod powierzchnią Słońca. Efekt Dopplera uwidacznia w ten sposób prędkości rzędu 10 cm/s, a nawet 1cm/s.

Pożytek z badania tych ruchów jest taki, że mamy tu do czynienia ze wzbudzeniem modów własnych. Od 1983 roku zaobserwowano blisko 3000 różnych modów, które odzwierciedlają poprzez współczynnik refrakcji fale ciśnienia lub jeszcze poprzez prędkość rozchodzenia się, ważną właściwość fizyczną wnętrza Słońca: rozkład temperatury wzdłuż promienia.

Od początku lat osiemdziesiątych, nagromadzenie danych obserwacyjnych pozwala wprowadzić podpodział modów spowodowany rotacją i oszacować prędkość rotacji we wnętrzu Słońca w funkcji głębokości. Najnowsze wyniki to seria pomiarów dokonanych z przestrzeni kosmicznej podczas ekspedycji SOHO. Wnioski z nich płynące, schematycznie opisane, są następujące. W warstwie konwektywnej Słońca prędkość rotacji zależy od szerokości heliograficznej i ulega niewielkim zmianom wzdłuż promienia. W wewnętrznej stabilnej warstwie promienistej rotacja jest bardzo podobna do rotacji ciała stałego. Te nowe dane obserwacyjne są całkowicie inne od wszystkiego, co modele struktury wewnętrznej dotychczas przewidywały. Konieczne stało się więc sięgnięcie do zapomnianych już działów fizyki, aby zrozumieć wyniki najnowszych obserwacji.

Fale grawitacyjne

Znamy typowe fale grawitacyjne na morzu — są to fale, które wywołuje siła ziemskiego przyciągania. Fale te rozchodzą się w ośrodku jednorodnym. Na Słońcu ma to miejsce w warstwie o równowadze radiacyjnej, usytuowanej pod warstwą konwektywną. To na razie pozostaje w zgodzie z teorią! Fale grawitacyjne, przechodząc przez obszar konwekcji, podlegają amortyzacji (wygaszaniu). Oczywiście chcemy dowiedzieć się pod jaką postacią będzie je można zaobserwować na powierzchni Słońca. Niestety, ich amplitudy stają się tak małe, że wszelkie wysiłki czynione w celu detekcji fal grawitacyjnych na powierzchni Słońca są, jak dotąd, bezowocne.

Można jednak rozważać trzy efekty fal grawitacyjnych. Pierwszy, opisany przez Pressa (1981), jest procesem transportu za pomocą dyfuzji, co pozwala wytłumaczyć w sposób spójny problemy obfitości litu. Drugi dotyczy przenoszenia momentu kątowego przez fale grawitacyjne i pozwala wyjaśnić quasi-rotację ciała stałego w pobliżu środka Słońca. Trzeci, jeszcze subtelniejszy efekt, odnosi się do bardzo niewielkich zmian struktury wewnętrznej Słońca, przy pomocy których być może

uda się wytłumaczyć deficyt neutrin słonecznych. To wszystko kolejno omówimy.

Lit

Duże różnice w obfitości litu w atmosferach gwiazd zostały zauważone już trzydzieści lat temu przez Herbiga. Zdobywając stopniowo coraz to nowe dane obserwacyjne, opisano to zjawisko, jednak pewna liczba cech pozostała nie wyjaśniona. Taki niedosyt inspiruje do poszukiwania możliwości wyjaśniania nowych procesów fizycznych.

Podstawowe cechy charakterystyczne odnoszą się do gwiazd ciągu głównego. Badanie gromad otwartych pozwala zaobserwować różnice obfitości pomiędzy gromadami w różnym wieku. Stwierdza się duży rozrzut obfitości litu w gromadach „młodych" i, przeciwnie, bardzo niewielkie różnice wśród gromad „starych".

Najlepszym przykładem są Hiady, liczące sobie 600 milionów lat. W tej gromadzie obserwujemy dla gwiazd typu widmowego G regularny spadek obfitości litu w funkcji typu widmowego, od typu F8 do typu K0.

Dla gwiazd gorętszych niż F8, znajdujemy w wąskim przedziale widmowym gwałtowny spadek, a następnie szybki wzrost obfitości litu, którą chciałoby się uważać za wyjściową obfitość w momencie powstania tych gwiazd.

W przedziale gwiazd typów widmowych F8 – K0 regularny spadek obfitości litu wydaje się być związany z pogłębianiem się strefy konwekcji.

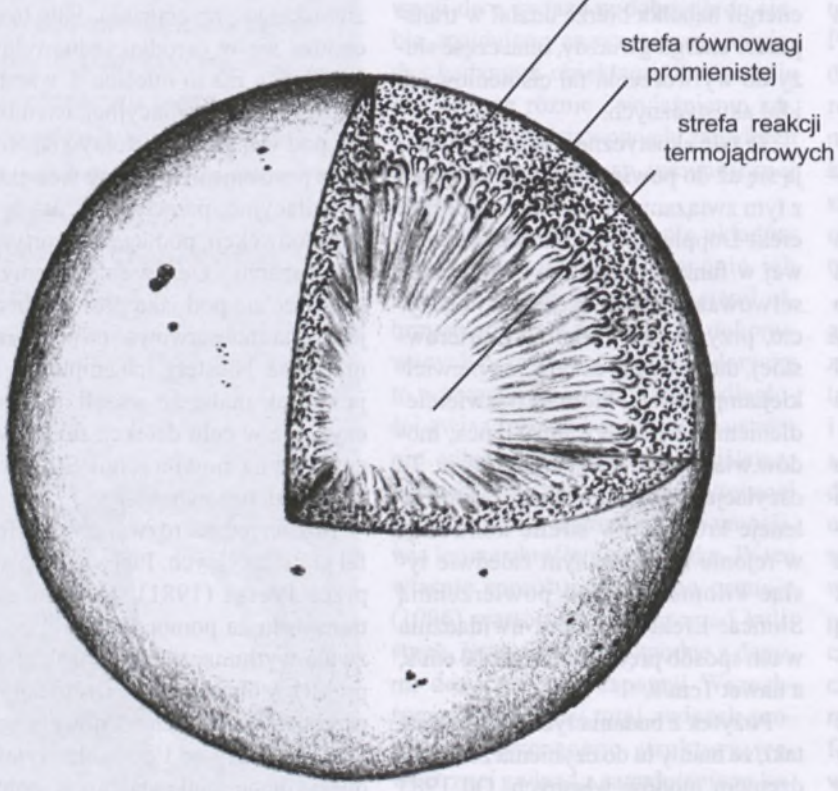
Początkowo usiłowano interpretować deficyt litu przy pomocy procesu dyfuzji, wynikającego z rotacji gwiazdowej. Miałby on zapewniać transport litu od podstawy strefy konwekcji do poziomu rozpadu termojądrowego tego pierwiastka. Jednakże taki model transportu zależy w znacznym stopniu od prędkości rotacji gwiazdowej i należałoby znaleźć związek pomiędzy obfitością litu i rotacją gwiazdową. W braku takiego związku stało się niezbędne znalezienie innego prawdopodobnego sposobu transportu materii, od podstawy strefy konwekcji do obszaru spalania litu.

Takim sposobem jest proces makroskopowej dyfuzji powodowanej przez fale grawitacyjne. Jest on inicjowany na granicy warstwy promienistej przez turbulencje, obecne w warstwie konwekcji. Prędkość tego transportu zależy od odległości pomiędzy podstawą warstwy konwekcji i strefą spalania litu. Dochodzimy w ten sposób do spójnego przedstawienia deficytu litu w gromadach otwartych. Deficyt litu w wąskim przedziale gwiazd typów F2 – F7 wynika prawdopodobnie z większej głębokości warstwy konwekcji niż w gwiazdach sąsiednich, bardziej gorących lub chłodniejszych. Ta kwestia jest wciąż jeszcze badana.

Rotacja

Przed rokiem 1933 przypuszczano, że przenoszenie momentu kątowego we wnętrzu gwiazd było zapewniane przez turbulencje obecne zarówno w strefie konwekcji, jak i w warstwie promienistej. W strefie konwekcji, rolę determinującą odgrywają konwekcja i związane z nią turbulencje. Naturalnie przypadkiem szczególnym jest Słońce, po prostu dlatego, że dzięki heliosejsmologii, możemy „zajrzeć" do wnętrza Słońca. Upraszczając, powiedzmy, że przenoszenie momentu kątowego za pośrednictwem cyrkulacji południkowej z jednej strony i konwekcji z drugiej strony wyjaśnia zmiany prędkości rotacji warstw powierzchniowych Słońca, od równika ku biegunom.

Przypuszczano, że turbulencje w obszarze radiacji są warunkowane przez rotację różnicową. Prowadziło to do modelu prędkości rotacji jako funkcji promienia we wnętrzu Słońca. Okazało się jednak, że nie można powiązać tego modelu z wynikami osiąganymi przy pomocy heliosejsmologii. Zaskakująca wydajność przenoszenia momentu kątowego przy pomocy fal grawitacyjnych rozwiązuje problem, przynajmniej w jego zasadniczej części. Pozostaje jeszcze niewątpliwie wiele do zrobienia. W szczególności spe-



Model budowy wewnętrznej Słońca

cjaliści muszą uzgodnić amplitudę fal grawitacyjnych, wywoływanych na granicy warstwy konwekcji.

Należy zastosować ten model do gwiazd w ogólności i do sytuacji dość nieoczekiwanej, gdy warstwa konwekcji położona jest w środku. W przypadku Słońca, gdzie warstwa konwekcyjna jest „zewnętrzna", moment kątowy obecny w warstwie radiacyjnej „wewnętrznej" jest przenoszony w kierunku „na zewnątrz".

Można oczekiwać, gdy mamy do czynienia z wewnętrzną warstwą konwekcji, że moment kątowy będzie przenoszony do wnętrza. Rezultatem będzie centralna warstwa konwekcji wirująca szybciej niż otaczająca ją warstwa radiacji. Propozycja ta prowokuje i należy ją sprawdzić. Należy podejść do problemu w sposób spójny i uwzględnić jednocześnie przenoszenie momentu kątowego i proces makroskopowej dyfuzji za pomocą stochastycznych fal grawitacyjnych. Jak widać, perspektywy są bogate i ta ważna dziedzina badań pozostaje otwarta.

Neutrina słoneczne

Jest to pasjonująca dziedzina, łącząca fundamentalny problem fizyki cząsteczkowej z zagadnieniami z obszaru astrofizyki. W Słońcu neutrina są produkowane podczas trzech reakcji termojądrowych:

— pierwsza reakcja, podstawowa, to reakcja proton-proton, której towarzyszy wytworzenie pozytonu i neutrina;

— drugą reakcją jest wychwyt elektronu przez beryl ^{7}Be, będący produktem reakcji $^{3}He + {}^{3}He$;

— trzecia grupa reakcji polega na produkcji boru ^{8}B przez wychwycenie protonu przez beryl. Bor, emitując pozyton i neutrino staje się ^{8}Be, który rozpada się natychmiast na dwa jądra helu. Maksymalna energia tych neutrin wynosi 14 MeV.

Doświadczenie Davisa w starej kopalni złota Homestake Goldmine polegało na pomiarze strumienia neutrin przy pomocy ^{37}Cl. W wyniku tego doświadczenia obserwujemy strumień neutrin o energiach wyższych niż 0,816 MeV, pochodzących z wymienionych wyżej reakcji drugiej i trzeciej.

Eksperyment SAGE (rosyjsko-amerykański, na Kaukazie) i GALLEX (europejski, na Gran Sasso) pozwalają zaobserwować głównie neutrina powstałe w wyniku pierwszej reakcji.

Tabela 1

	Przewidywane	Obserwowane
Eksperyment z chlorem:	7 SNU	2.5 SNU
Eksperyment z galem:	120 SNU	80 SNU
Efekt Czerenkowa:	$4.4 \times 10^{6}/cm^{2}$	$2.9 \times 10^{6}/cm^{2}$

Detekcja neutrin w doświadczeniu Kamionkande i następnie super-Kamionkande dotyczy tylko neutrin o energiach powyżej 7 MeV powstałych w wyniku trzeciej reakcji.

Już pierwsze pomiary Raya Davisa (eksperyment z chlorem) uwidoczniły sprzeczność z modelem struktury słonecznej — obserwacje wykazywały znaczny niedobór neutrin w porównaniu ze standardowym modelem. Ta niezgodność została potwierdzona przez kolejne doświadczenia. Jako podsumowanie możemy porównać przewidywanie i obserwowane ilości neutrin zebrane w tabeli 1.

Rozważano dwa wyjaśnienia:

1. mamy do czynienia z efektem spowodowanym własnościami neutrin. Neutrina posiadają masę i przekształcenie neutrina ν_e w neutrino ν_m podczas przejścia przez Słońce tłumaczyłoby niedobór neutrin.

2. mamy do czynienia z błędem przewidywania, charakterystycznym dla standardowego modelu słonecznego.

Oczywiście, to ta druga hipoteza jest bliższa astrofizykom. Opisanie roli fal grawitacyjnych otwiera możliwości wprowadzenia poprawek do modelu standardowego. Makroskopowy proces dyfuzji zmienia nieznacznie strukturę Słońca , gdzie rejony centralne zostają wzbogacone w ^{3}He. Powoduje to spadek temperatury w centrum, a więc i zmniejszenie strumienia neutrin. Do tego dodają się efekty nieliniowe, będące wynikiem oscylacji w rejonach centralnych. To także powoduje spadek temperatury, a więc zmniejszenie strumienia neutrin. Połączenie efektów termicznych i nowego rozkładu zagęszczeń różnych rodzajów jąder może w znaczący sposób przybliżyć przewidywany strumień neutrin do danych obserwacyjnych. Wystarczyłyby prawdopodobnie małe modyfikacje przekrojów czynnych i dokładniejsze uwzględnienie fizyki plazmy, aby uzyskać zgodność teorii z obserwacjami. Można by wówczas zapewne potwierdzić zerową masę neutrin.

Podsumowanie

Znajdujemy się dzisiaj przed wielką odnową teorii struktury wewnętrznej. Nowe dane obserwacyjne i doświadczalne zmusiły teoretyków do przyjrzenia się z bliska naturze rozbieżności pomiędzy teorią i obserwacjami. Doprowadziło to do uwzględnienia procesów fizycznych, które pomijano, a których znaczenie wydaje się być dzisiaj istotne. Zmierzamy do lepszego zrozumienia własności gwiazd. I, jak to historia już nam pokazała, do lepszego zrozumienia Wszechświata.

Uwagi:

1. Słowo „powierzchnia" określa granicę pomiędzy wnętrzem i zewnętrzną warstwą gwiazdy. Na zewnątrz materia gwiazdowa jest przezroczysta, podczas gdy wewnątrz jest ona nieprzezroczysta. Oznacza to, że wewnątrz gwiazdy swobodna droga fotonów jest krótka w stosunku do promienia gwiazdy. Istnieje oczywiście konwencjonalny wzór matematyczny, definiujący tę granicę.

2. W notach bibliograficznych książki Chandrasekhara „Wstęp do badania struktury gwiazd" znajdujemy doskonałe przedstawienie danych historycznych (aż do 1938!) dotyczących struktury wewnętrznej.

3. SNU = jednostka neutrin słonecznych.

Niniejszy artykuł został pierwotnie opublikowany w kwartalniku francuskich nauczycieli astronomii „Les Cahiers Clairaut" nr 80, zima 1997 i nosił tytuł „Retour sur la structure interne des étoiles".

Dla „Uranii" tłumaczyła go J.W.

Evry Schatzman, znakomity astrofizyk francuski, pracujący w różnych dziedzinach astrofizyki teoretycznej, jest członkiem tamtejszej Akademii Nauk. Był profesorem Sorbony i Collège de France.

Stanisław Bajtlik

Niebo nieznane

Każdego, kto choć raz spojrzał na nocne niebo z dala miejskich zabudowań, uderza jego ogrom. Gwiazdy nad głową, gwiazdy z przodu, z tyłu, z prawej i z lewej. Wschodzący lub zachodzący Księżyc czy Słońce wydają się wielkie. Widziane wysoko na niebie zaskakują swoimi małymi rozmiarami. Skąd ta zmiana? Przecież ich odległość od Ziemi nie zmienia się w ciągu tych kilku godzin (w istocie niemal w ogóle się nie zmienia; zarówno orbita Ziemi wokół Słońca jak i Księżyca wokół Ziemi są niemal kołowe). Odpowiedź jest prosta: jest to złudzenie. Tuż nad horyzontem porównujemy rozmiary tarcz Słońca czy Księżyca ze znanymi sobie obiektami: domem, drzewem, górą, wieżą kościelną. Wysoko na niebie i Słońce, i Księżyc giną w bezmiarze sfery niebieskiej. Jak duże jest niebo? Jaka jest jego powierzchnia?

Nowo odkryta galaktyka Dwingeloo 1 — patrz kolorowe zdjęcie na ostatniej stronie okładki.

Odległości na sferze niebieskiej wygodnie jest mierzyć miarą kątową. Mówimy, że dwie gwiazdy są odległe od siebie o n stopni (lub, przy mniejszych odległościach, części stopnia: minuty lub sekundy łuku), jeśli kierunki pomiędzy obserwatorem i tymi gwiazdami tworzą kąt n stopni (minut, sekund). Kątowe rozmiary mówią więc, jak ma się rozmiar danego obiektu czy dana odległość do rozmiarów nieba. Nie świadczą o rozmiarach własnych (fizycznych) danego obiektu. I tak, średnice kątowe i Słońca, i Księżyca są niemal dokładnie takie same i wynoszą ok. 1/2 stopnia łuku. Można się o tym przekonać przypominając sobie, że w czasie zaćmienia Słońca, Księżyc niemal dokładnie zakrywa tarczę gwiazdy. A przecież rzeczywista średnica Słońca (ok. 1.4 mln km) jest o wiele większa od średnicy Księżyca (ok. 3.4 tys. km). Tak się jednak składa, że Słońce jest (w przybliżeniu) tyle razy bardziej odległe od Ziemi niż Księżyc, ile razy rzeczywista średnica Słońca jest większa od rzeczywistej średnicy Księżyca. Dlatego oba obiekty zajmują na niebie taką samą powierzchnię (w przybliżeniu).

Podobnie jak na płaszczyźnie, powierzchnie na niebie mierzymy w jednostkach będących jednostkami długości, podniesionymi do kwadratu. I tak, wygodną jednostką miary dużych powierzchni jest stopień kwadratowy (czyli powierzchnia fragmentu nieba o boku jednego stopnia łuku), a w przypadku mniejszych poletek na niebie, minuty kwadratowe lub sekundy kwadratowe. Tarcze Słońca i Księżyca zajmują na niebie powierzchnie równe ok. 0.2 stopnia kwadratowego (czyli nieco ponad 700 minut kwadratowych). Jaka jest powierzchnia całego nieba? Ile wynosi w stopniach kwadratowych, albo inaczej, ile tarcz Słońca lub Księżyca można by na niej zmieścić? Jest to łatwe ćwiczenie rachunkowe, które polecam czytelnikom. Powierzchnia całej sfery niebieskiej wynosi 41252.96 stopnia kwadratowego — czyli jest około 200 tys. razy większa od powierzchni tarcz Słońca lub Księżyca. To właśnie dlatego wysoko na niebie, pozbawione porównania z ziemskimi obiektami o znanych rozmiarach, Księżyc czy Słońce wydają się nam być niewielkie.

Oczywiście, nie można widzieć naraz całego nieba (chyba że wyprawimy się w podróż kosmiczną). Ziemia pod nogami zasłania nam połowę sfery niebieskiej (góry na horyzoncie lub budynki mogą dodatkowo zmniejszać widoczną cześć nieba). Zauważmy jednak, że tylko obserwatorzy na biegunach ziemskich widzą zawsze te same połowy sfery niebieskiej. Obserwator na równiku, również widzący w danej chwili tylko połowę nieba, jest jednak w lepszej sytuacji: obrót kuli ziemskiej powoduje, że może zobaczyć praktycznie całe niebo (musi co prawda poczekać na to pół roku: jedną połowę nieba widzi bowiem w dzień, a drugą w nocy, ale po upływie pół roku sytuacja odwraca się i połowa obserwowana kiedyś w dzień jest teraz widoczna w nocy i na odwrót). Obserwatorzy znajdujący się na innych szerokościach geograficznych mogą oglądać (w ciągu całego roku) więcej niż połowę, ale mniej niż całą sferę niebieską. Na równiku nie ma dobrych miejsc do budowania dużych obserwatoriów astronomicznych. Dlatego, aby móc oglądać całe niebo, astronomowie umieszczają teleskopy zarówno na północnej, jak i na południowej półkuli (najważniejszymi miejscami na półkuli południowej, w których prowadzi się obserwacje astronomiczne są Chile i Australia, a także ... Biegun Południowy).

Dostrzegalna gołym okiem, najbliższa nam duża galaktyka — Wielka Mgławica w Andromedzie (M31) — zajmuje na niebie kilka (ok. pięciu) stopni łuku! Gołym okiem dostrzegamy jedynie jej najjaśniejszą, małą część, ale proste porównanie średnicy gazowego dysku (obserwowanego przez radioteleskopy), przekraczającej 50 kpc (kiloparseków, 1 kpc $\approx 3 \times 10^{16}$ km = 3.3 lat świetlnych) z odległością do galaktyki, wynoszącą ok. 600 kpc mówi nam, że średnica kątowa M31 (dostrzegana przez teleskopy bądź radioteleskopy) wynosi ok. 5 stopni łuku. Stanowi to już dużą część nieba!

Obserwacje rozkładu galaktyk we Wszechświecie przyniosły odkrycie największego, pobliskiego skupiska świecącej materii, Wielkiego Atraktora (zwanego też Supergromadą Hydra-Centaur-Paw-Indianin-Teleskop, od nazw gwiazdozbiorów, w których się znajduje), będącego ogromnym skupiskiem gromad galaktyk, rozciągającym się przez kilka gwiazdozbiorów na przeszło połowie nieba. Dyski odległych galaktyk zakrywają sporą część nieba. Nie stanowi to jednak większej przeszkody w badaniu Wszechświata. Widziane w kierunku prostopadłym do płaszczyzny dysków są niemal przezroczyste i możemy obserwować położone za nimi obiekty, np. kwazary. Czy zatem umieszczenie obserwatoriów zarówno na północnej, jak i na południowej półkuli pozwala nam obserwować całe niebo?

Niebo widoczne w miejscach odległych od świateł miast przecięte jest mglistym, na przemian jasnym i ciemnym pasem Drogi Mlecznej. Jest to dysk naszej własnej Galaktyki, nazwany tak jeszcze przez starożytnych Greków. Ten pas tworzą niezliczone gwiazdy, a także gaz i pył międzygwiezdny, pochłaniający i rozpraszający (stąd miejscami łuk Drogi Mlecznej jest jasny, a miejscami ciemny) światło gwiazd. Droga Mleczna jest tak jasna i tak nieprzezroczysta, że nie tylko nie możemy zobaczyć galaktyk położonych za nią, ale nawet nie możemy dotrzeć naszymi obserwacjami do środka własnej Galaktyki. To właśnie dysk naszej własnej Galaktyki stanowi główne ograniczenie obszaru nieba dostępnego obserwacjom dalekich obiektów. Możemy je prowadzić jedynie w kierunkach dostatecznie odległych od płaszczyzny dysku Drogi Mlecznej (bo w tych kierunkach, podobnie jak dla odległych galaktyk, dysk jest przezroczysty).

Jaką część nieba zasłania całun Drogi Mlecznej? To zależy od wielkości naszego teleskopu oraz od tego, czy prowadzimy obserwacje światła widzialnego, podczerwonego czy promieniowania radiowego. W większości przypadków, dla dużych teleskopów optycznych niedostępna obserwacjom jest część nieba położona w odległości od 5 do 10 stopni po obu stronach płaszczyzny galaktyki — czyli obiegający niebo pas o szerokości ok. 10 – 20 stopni. Stanowi to aż od ok. 7 do prawie 20 procent powierzchni całego nieba!

Jeśli chcemy zrozumieć budowę i ewolucję Wszechświata, powinniśmy, o ile tylko to możliwe, poznać świat galaktyk położonych w obszarze tych 7-20 % powierzchni nieba. Astronomowie wykorzystują do tego promieniowanie radiowe o długości 21 cm, dla którego nasza Galaktyka jest niemal przezroczysta. Jest to promieniowanie wysyłane przez atomy neutralnego wodoru w chwili, gdy elektron zmienia swoje ustawienie w stosunku do protonu. Obserwacje tego promieniowania pozwoliły już uprzednio na poznanie struktury ramion spiralnych naszej Galaktyki.

Cztery lata temu jeden z najstarszych radioteleskopów, 40-letni już teleskop w Dwingeloo w Holandii, o średnicy czaszy 25 metrów, został całkowicie przeznaczony do poszukiwania galaktyk położonych w obszarze zajmowanym przez Drogę Mleczną. W wyniku tych obserwacji odkryto dużą galaktykę, nazwaną przez odkrywców (międzynarodowy zespół astronomów z Holandii, Anglii i USA, kierowany przez R.C. Kraan-Kortewega z Kapteyn Astronomical Institute w Greningen w Holandii) Dwingeloo 1 (patrz zdjęcie). Galaktyka została znaleziona bardzo blisko płaszczyzny Drogi Mlecznej — zaledwie 0.1 (czyli 6 minut) stopnia od niej. Jak się przypuszcza, odkryta galaktyka jest położona około 3 Mpc (3 mln pc, czyli około 10 milionów lat świetlnych) od nas. Nie wydaje się zatem, by mogła należeć do Grupy Lokalnej — skupiska ok. 30 galaktyk (w większości bardzo małych, takich jak Obłoki Magellana), do których należy i Droga Mleczna, i Wielka Mgławica w Andromedzie. Sądzimy, że nowo odkryta galaktyka związana jest z grupą zawierająca galaktykę IC342 i galaktyki Maffei'ego. Jej masa jest prawdopodobnie około 3 razy mniejsza od masy naszej Galaktyki. Jest to kolejna już nowo odkryta, pobliska galaktyka. Wcześniej odkryto karłowatą galaktykę, położoną zaledwie ok. 24 kpc od środka Drogi Mlecznej (Słońce znajduje się około 14 kpc od centrum Drogi Mlecznej) — na tyle blisko, że siły grawitacyjne naszej Galaktyki rozrywają sąsiada (którego część spadnie do środka naszej Galaktyki, a pozostała, dalsza część oddali się).

Skąd to spore zainteresowanie poszukiwaniami galaktyk położonych w obszarze zakrytym przez Drogę Mleczną? Gdyby udało się odtworzyć orbity galaktyk, które doprowadziły do ich obecnych położeń i prędkości w Grupie Lokalnej, to dowiedzielibyśmy się bardzo dużo o ewolucji rozkładu masy i o warunkach początkowych, które doprowadziły do obecnej budowy Wszechświata. Pierwszym krokiem w tym kierunku musi być „zinwentaryzowanie" wszystkich mas (galaktyk) znajdujących się w pobliżu, w tym również położonych w pasie Drogi Mlecznej. Innym powodem dużego zainteresowania wynikami obserwacji w Dwingeloo jest ich znaczenie dla szczegółowego poznania budowy naszej własnej Galaktyki. Poszukując położonych poza nią obiektów, zbieramy też dane o rozkładzie i prędkościach materii położonej w dysku naszej Galaktyki. Poza wartością samą w sobie, szczegółowe poznanie budowy Drogi Mlecznej jest konieczne dla prawidłowego interpretowania obserwacji kosmologicznych.

Odkrycie pierwotnych zaburzeń w rozkładzie promieniowania tła — niejako fotografia Wszechświata w okresie jego wczesnej młodości, przed powstaniem galaktyk — przez satelitę COBE — wymagało starannego usunięcia z danych znacznie silniejszych sygnałów, pochodzących od położonej na pierwszym planie materii w naszej Galaktyce. To z kolei wymaga bardzo szczegółowej wiedzy na temat budowy Drogi Mlecznej. Interpretacja obserwacji mikrofalowego promieniowania tła wymaga znajomości lokalnego pola prędkości, a do tego potrzebna jest informacja o rozkładzie materii w naszym sąsiedztwie.

Jeszcze kilka lat temu mapy rozkładu galaktyk na niebie zawierały wielką białą plamę, obszar nieba nieznanego, w miejscu zajmowanym przez dysk Drogi Mlecznej. Tak jak wyprawy Marco Polo, Magellana i Stanleya dawno temu pokryły ziemski globus kolorami, tak obserwacje wysłużonego, 40-letniego, małego radioteleskopu w Dwingeloo nanoszą na białą plamę na mapie nieba punkty i plamy, reprezentujące galaktyki i obłoki gazu.

Doktor Stanisław Bajtlik jest astrofizykiem pracującym w CAMKu w Warszawie. Przedmiotem jego zainteresowań i badań naukowych jest pochodzenie i ewolucja Wszechświata.

Andrzej Kułak

Kosmiczne pochodzenie pól elektromagnetycznych ekstremalnie niskiej częstotliwości na powierzchni Ziemi

Do końca lat 40. zgodnie sądzono, że nie ma niczego interesującego w badaniu pól elektromagnetycznych o ekstremalnie niskich częstotliwościach (ang. Extremely Low Frequency — ELF; zakres o częstotliwościach 3 – 300 Hz).

Odkrycie tego zapomnianego zakątka widma wiąże się z ogłoszeniem w 1957 roku Międzynarodowego Roku Geofizycznego. Jeden z programów badawczych zakładał wówczas obserwację mikropulsacji pola magnetycznego Ziemi w tym zakresie częstotliwości. Wkrótce doszło do odkrycia bogatego świata naturalnych pól elektromagnetycznych powstających w magnetosferze ziemskiej, którego istnienia przedtem nie przeczuwano. Nieco później, w 1960 roku, zaobserwowano rezonanse pola elektromagnetycznego zachodzące w układzie Ziemia-jonosfera, przewidziane już w 1952 roku przez W. O. Schumanna. Nagłe okazało się, że mieszkamy w wielkiej wnęce rezonansowej wypełnionej polem elektromagnetycznym o ekstremalnie niskich częstotliwościach. Pojawiły się pytania — skąd się ono bierze i czy ma jakiekolwiek znaczenie?

Trudno dzisiaj zrekonstruować poglądy, jakie istniały na temat pól ELF przed podjęciem ich systematycznych badań. Początki zainteresowania nimi były bardzo wczesne. W roku 1890 T.A. Edison powziął zamiar badania emisji radiowej Słońca w tym zakresie częstotliwości. Pod wpływem prac Hertza wyraził on przypuszczenie, że równolegle z zaburzeniami elektromagnetycznymi, które dochodzą ze Słońca pod postacią ciepła i światła, powinny docierać w pobliże Ziemi zaburzenia o częstotliwościach tak małych, że mogłyby być słyszane jako dźwięki [F.G. Smith 1960]. Edison był zapalonym eksperymentatorem i nie poprzestał na spekulacjach. Aby odebrać fale ze Słońca, zbudował wielką 7 zwojową cewkę rozpostartą na słupach otaczających złoża rudy żelaza w New Jersey. Wspomniana ruda ferromagnetyczna miała wzmocnić strumień magnetyczny przechodzący przez uzwojenie. Prądy powstające w cewce zostały zapewne doprowadzone do słuchawki telefonicznej lub czułego, szybkiego galwanometru lusterkowego, które w tym czasie konstruowano. Niestety, nie wiemy, czy próby detekcji się powiodły. Nie zachowały się żadne notatki dotyczące wyników eksperymentu. Dzisiaj wiadomo, że Edison nie mógł bezpośrednio obserwować Słońca w zakresie częstotliwości akustycznych i podakustycznych, jest ono zasłonięte obszarem korony, magnetosfery ziemskiej i jonosfery. Rozmiary jego anteny były jednak wystarczające, by w słuchawkach pojawiły się np. dźwięki towarzyszące świstom, tj. fenomenom związanym z procesami zachodzącymi w magnetosferze ziemskiej. Pomiar prądów wolnozmiennych indukowanych w antenie pozwoliłby na obserwacje mikropulsacji geomagnetycznych, zarówno niskojak i wysokoczęstotliwościowych (omówienie w dalszej części tekstu).

Innym badaczem, który pasjonował się badaniami pól ELF, był Nicola Tesla. Ogłosił on i opatentował spostrzeżenie, że Ziemia jako planeta powinna przejawiać warunki do powstawania rezonansu elektromagnetycznego na częstotliwości własnej 6 Hz [N. Tesla 1905]. Stał się w ten sposób prekursorem odkrytego po latach rezonansu Schumanna (choć przypuszcza się, że znał on raczej rozwiązanie równań Maxwella dla doskonale przewodzącej kuli, mającej przy rozmiarach Ziemi podstawową częstotliwość własną równą 6.6 Hz). Potem przez wiele lat uparcie budował urządzenia do przesyłania energii przy pomocy pól ELF na duże odległości, nim w końcu wydatki związane z tymi badaniami doprowadziły go do bankructwa.

Późniejszy brak zainteresowania polami ELF związany był prawdopodobnie z rozwojem energetyki prądu zmiennego. Pola sieciowe o częstotliwości 60 Hz w Stanach Zjednoczonych i 50 Hz w Europie zaczęły być obecne wszędzie. Jako zakłócenia, ogólnie dostępne, nie stanowiły obiektu godnego badań. Nie interesowano się mechanizmami ich generacji ani sposobami rozchodzenia w przestrzeni.

Podobnie późno dostrzeżono rolę pól o ekstremalnie niskich częstotliwościach w biologii. Pierwsze eksperymenty wpływu pól ELF na układy biologiczne przeprowadzono dopiero w końcu lat pięćdziesiątych. Odkryto wtedy, że wrażliwość układów biologicznych na pola elektromagnetyczne

w tym zakresie jest tysiące razy większa niż w zakresie częstotliwości radiowych [M. Balser, C.A. Wagner 1960]. Nagle zdano sobie sprawę z tego, że jeżeli pola elektromagnetyczne odgrywają jakąś regulacyjną rolę w świecie organizmów żywych, to odbywa się to właśnie w tym zakresie częstotliwości.

Falowód jonosferyczny, wnęka Ziemia – jonosfera i rezonanse Schumanna

Najprostszymi źródłami pól na powierzchni Ziemi są elementarne dipole elektryczne i magnetyczne. Obydwa rodzaje tych źródeł działają np. w komórce burzowej, która jest naturalnym emiterem pola ELF. Podstawowe różnice we własnościach pól pomiędzy zakresem radiowym a ELF wynikają z długości rozważanych fal. Dla źródła o częstotliwości 100 Hz długość fali w próżni jest równa 3000 km, co oznacza, ze względów oczywistych, że w praktyce najczęściej przebywamy w tzw. strefie bliskiej źródła. Niska częstotliwość pól jest przyczyną, dla której głęboko wnikają one w Ziemię (5 km dla 100 Hz). Inną cechą charakterystyczną propagacji pól ELF jest duży wpływ jonosfery.

Wpływ jonosfery na ruch fal elektromagnetycznych wzdłuż powierzchni Ziemi uwidacznia się w miarę, jak obniżamy częstotliwość fal. W zakresie fal ultrakrótkich (VHF: 300 – 30 MHz) obserwujemy tylko ich sporadyczne oddziaływania z jonosferą (odbicia od tzw. warstwy E). W miarę obniżania częstotliwości, poprzez fale krótkie (HF: 30 – 3 MHz), średnie (MF: 3 MHz – 300 kHz) do fal długich (LF: 300 – 30 kHz) jonosfera i powierzchnia Ziemi stają się coraz bardziej doskonałymi lustrami, zapewniającymi drogą kolejnych odbić rozchodzenie się fal w skali globalnej.

W zakresie niskich częstotliwości propagacja fal jest już tylko możliwa w kierunku horyzontalnym. Fale poruszają się w falowodzie jonosferycznym, którego właściwości określają wysokość jonosfery i średnica Ziemi. Falowód ten ma dwie częstotliwości krytyczne. Pierwsza z nich związana jest z częstotliwością, dla której wysokość jonosfery (ok. 100 km) zrównuje się z połową długości rozchodzącej się fali. Dzieje się to dla częstotliwości ok. 1500 Hz. Fale o większych długościach „nie mieszczą" się już w falowodzie w kierunku pionowym. Mieszczą się jednak w poprzek i propagacja falowodowa jest nadal możliwa. Zmiana charakteru rozwiązań przynosi tu pewną korzyść, zmniejsza się bowiem współczynnik tłumienia falowodu. Na częstotliwości 100 Hz tłumienie radiowej trasy antypodalnej (20000 km) wynosi już tylko 20 dB. Są to parametry bardzo atrakcyjne i w tym właśnie zakresie częstotliwości powstały niedawno najbardziej niezawodne systemy łączności radiowej, obejmujące całą Ziemię. Z tego też względu badania jonosfery przeżywają obecnie autentyczny renesans.

Przy dalszym obniżaniu częstotliwości pola tłumienie falowodu ciągle maleje, osiągając na częstotliwości 10 Hz wartość zaledwie 1 dB. Jesteśmy tu już blisko drugiej częstotliwości krytycznej: 6 Hz. Długość fal o częstotliwościach mniejszych od 6 Hz jest tak duża, że „nie mieszczą" się one na obwodzie Ziemi. Wyczerpany zostaje tym samym drugi wymiar przestrzenny i układ jonosfera — Ziemia traci ostatecznie własności falowodowe.

Falowód jonosferyczny ma specyficzną topologię: w każdym miejscu jego koniec jest połączony z początkiem. Oznacza to możliwość krążenia fal wokół Ziemi w każdym kierunku i powstawanie fal stojących. Związane z tym zjawisko powstawania echa radiowego jest obserwowane w szerokim zakresie częstotliwości, będąc niekiedy przeszkodą w łączności radiowej. Gdy spojrzymy jednak na układ jonosfera — Ziemia z punktu widzenia ekstremalnie długich fal, porównywalnych z jego rozmiarami, nagle uzmysławiamy sobie, że stanowi on dla pola elektromagnetycznego identyczną pułapkę jak rezonatory wnękowe znane z zakresu mikrofalowego. Pierwszy zwrócił na to uwagę W. O. Schumann w 1949 roku. Wkrótce znalazł on rozwiązania równań Maxwella dla wnęki o tak nietypowej geometrii i obliczył jej częstotliwości własne. Przy założeniu idealnego przewodnictwa jonosfery i powierzchni Ziemi, dla częstotliwości tych otrzymał wartości: 10.6, 18,3, 25.8, 33.4, 40.9, (...) Hz [Schumann 1952].

Schumann podjął próby obserwacyjnego potwierdzenia istnienia rezonansów. Trafnie przypuszczał, że jeżeli istnieją jakiekolwiek szumy elektryczne w układzie jonosfera — Ziemia, to powinny mieć one maksima na wyliczonych przez niego częstotliwościach. Pierwszych przekonywających dowodów na istnienie tych rezonansów dostarczyli jednak M. Balser i C.A. Wagner z Lincoln Laboratory. Przeprowadzili oni w 1960 roku w Nowej Anglii szerokopasmową rejestrację składowej elektrycznej pola w zakresie częstotliwości 4 – 34 Hz. Odkryli, że w widmie szumów są wyraźne linie o częstotliwościach 8, 14, 20, 26 i 32 Hz. Mimo że częstotliwości te okazały się niższe niż przewidywane, to nie ulegało wątpliwości, że są to poszukiwane linie. Jak się okazało, przyczyną rozbieżności była stosunkowo duża stratność wnęki jonosferycznej, której Schumann nie brał pod uwagę. Po zmierzeniu szerokości obserwowanych linii rezonansowych i uwzględnieniu poprawek do formuły Schumanna, odkrywcy uzyskali bardzo dobrą zgodność teorii z obserwacją. Opracowane później bardziej realistyczne modele rezonatora Ziemia — jonosfera, uwzględniające profil przewodności atmosfery, są w pełni zgodne z wynikami obserwacji (patrz ramka 1).

Aż do lat osiemdziesiątych badania rezonansów Schumanna nie były zbyt intensywne. Wielokrotnie podejmowano próby obserwacji składowej elektrycznej i magnetycznej pola w różnych miejscach globu, uzyskując podobne rezultaty. Okazało się przy tym, że obserwacja pól jest niemożliwa na terenach zamieszkałych, gdyż wokół sieci energetycznych roztacza się „swoisty" smog elektromagnetyczny, obejmujący nie tylko sąsiedztwo częstotliwości sieciowych, ale i całe widmo ELF.

Za ważny problem uznano wyjaśnienie pochodzenia energii zasilającej rezonator. Od samego początku było wiadomo, że głównym jej źródłem powinny być wyładowania elektryczne zachodzące gdziekolwiek w atmosferze ziemskiej. Pojedyncze wyładowanie jest ciągiem od kilkunastu do kilkudziesięciu impulsów prądu o czasie trwania ok. 1/100 s i niesie ze sobą przeciętnie energie ok. 5×10^8 J. Część energii rozchodzi się w postaci pola elektromagnetycznego o szerokim widmie częstotliwości. Z kolei tylko niewielki ułamek tej energii, związany

ze składowymi spektralnymi pola elektromagnetycznego leżącymi w pasmie linii rezonatora, zasila pole fali stojącej rezonatora. W ciągu każdej sekundy na całej kuli ziemskiej ma miejsce ok. 100 wyładowań atmosferycznych, co zapewnia stosunkowo płynne pompowanie rezonatora energią. Średnia energia podstawowego pola rezonansowego o częstotliwości 8 Hz zawarta w rezonatorze globalnym jest niewielka i wynosi ok. 100 J. Odpowiada to średniej amplitudzie pola magnetycznego na powierzchni Ziemi równej ok. 3 pT. Ze względu na specyficzny rozkład wyładowań atmosferycznych, częstsze wyładowania o małych energiach, rzadsze o dużych, amplituda drgań rezonansu Schumanna podlega charakterystycznym wahaniom.

Pierwszym przekonywającym dowodem na burzowe pochodzenie energii w rezonatorze były wieloletnie obserwacje E.R. Wiliamsa, zakończone w 1982 r. Wykazał on, że średnia amplituda składowej magnetycznej pola 8 Hz jest ściśle zależna od średniej temperatury panującej w obszarze podzwrotnikowym, gdzie powstaje większość komórek burzowych.

Wielkie wzbudzenia rezonansu Schumanna. Wnęka Ziemia-jonosfera jako detektor globalny

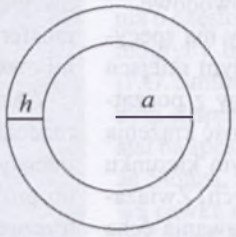
Pole rezonatora jonosferycznego ma charakter globalny, jest wspólne dla wszystkich obserwatorów przebywających w jego wnętrzu, oczywiście z uwzględnieniem przestrzennego rozkładu pola wynikającego z równań Maxwella. Fakt ten nie budził wątpliwości i dlatego dopiero w 1991 r. D.D. Sentman i B.J. Fraser przeprowadzili eksperyment korelacyjny o bazie

ramka 1

Pole elektromagnetyczne we wnęce rezonansowej Ziemia-jonosfera

W roku 1949 fizyk niemiecki W.O. Schumann zauważył podobieństwo układu Ziemia – jonosfera do rezonatora elektromagnetycznego zbudowanego z dwu współśrodkowych przewodzących sfer. W 1952 roku opublikował ścisłe rozwiązania równań Maxwella dla tej niezwykłej wnęki. Przy założeniu idealnego przewodnictwa ścian, przyjmując promień wewnętrznej kuli równy a (promień Ziemi), a zewnętrznej, gdzie h jest odległością pomiędzy sferami (wysokością jonosfery)

Rys. 1. Geometria rezonatora Ziemia-jonosfera



uzyskał przybliżoną formułę na częstotliwości własne rezonatora w postaci

$$f_l = \frac{4\pi c}{2a+h}\sqrt{l(l+1)},$$

gdzie $l = 1, 2, \ldots$ Dla Ziemi, gdy a=6370 km i h=50 km, pierwszych pięć częstotliwości własnych przyjmuje wartości: 10.6, 18.3, 25.8, 33.4 i 40.9 Hz.

Schumann podjął próbę obserwacji szumów atmosferycznych, spodziewając się występowania maksimów rezonansowych na obliczonych przez siebie częstotliwościach. Eksperymenty te były prawdopodobnie nieudane. W oparciu o prace Schumanna, M. Balser i C.A. Wagner z Lincoln Laboratory przygotowywali w 1960 roku obserwację składowej elektrycznej pola ELF w Nowej Anglii. W eksperymencie zastosowali najnowocześniejsze zdobycze techniki tego czasu: 6 bitowy lampowy przetwornik analogowo-cyfrowy opracowany w IBM i szybką lampową maszynę cyfrową do analizy sygnałów.

Po 12 min obserwacji uzyskali próbkę sygnału, na podstawie której wyznaczyli widmo mocy szumów atmosferycznych (rys. 2). Częstotliwości obserwowanych maksimów szumów: 8, 14, 20, 26 i 32 Hz okazały się inne niż przewidywane. Przyczyną była stosunkowo duża stratność wnęki jonosferycznej, której Schumann nie wziął pod uwagę. Po zmierzeniu szerokości linii rezonansowych i wyznaczeniu współczynników dobroci Q_l poszczególnych rezonansów, Balser i Wagner zastosowali poprawkę na częstotliwości własne, zapożyczoną z technik mikrofalowych

$$f_l = \frac{4\pi c}{2a+h}\sqrt{l(l+1)}\sqrt{1-\frac{1}{Q_l^2}}$$

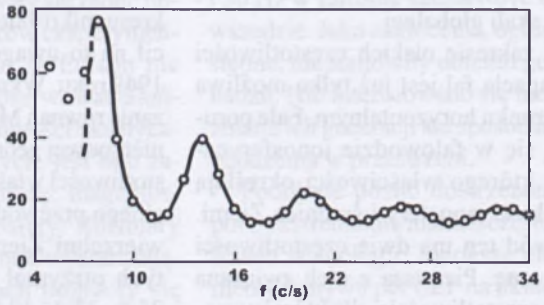
uzyskali dobrą zgodność teorii z obserwacją. Ich wyniki ilustruje tabela:

l = 1	$f_{obserw.}$ = 7.8	$Q_{obserw.}$ = 4.0	$f_{teoret.}$ = 7.9
2	14.1	4.5	14.2
3	20.3	5.0	20.6
4	26.4	5.5	27.3
5	32.5	6.0	34.1

Później konstruowano bardziej realistyczne modele rezonatora Ziemia-jonosfera; są one w pełni zgodne z wynikami obserwacji.

Podstawowym źródłem energii zasilającej wnękę Ziemia- jonosfera są wyładowania elektryczne zachodzące w komórkach burzowych, niezależnie od ich lokalizacji. Na całej kuli ziemskiej ma miejsce średnio 100 wyładowań w ciągu sekundy, co zapewnia stosunkowo płynne pompowanie rezonatora energią. Średnia amplituda składowej pola magnetycznego 8 hercowego rezonansu głównego jest równa ok. 3 pT. Wydaje się to wartością niewielką. Odpowiada to jednak strumieniowi mocy równemu ok. 2×10^{-9} W/m^{2}Hz i równoważnej temperaturze T = 7×10^{28} K.

Wyraźnie odrębną składową pola są sporadyczne, krótkotrwałe wzbudzenia rezonatora — ekscesy — o energiach przekraczających setki razy stan średni. Wzbudzenia te mają różnorodny przebieg i widma. Przyczyny ich powstawania są obecnie przedmiotem badań.



Rys. 2. Widmo mocy szumów atmosferycznych uzyskane przez M. Balsera i C.A. Wagnera w 1960 roku.

15000 km (Kalifornia-Australia) potwierdzający globalność pola. Wyznaczony przez nich średni współczynnik korelacji ma wartość 0.85. Występowanie składowych nie skorelowanych wynika z obecności pól lokalnych, pochodzących bezpośrednio ze źródeł wzbudzających pole globalne.

Istnienie uwspólnionego (kolektywnego) pola elektromagnetycznego obejmującego całą Ziemię otwiera nowe możliwości badania zjawisk geofizycznych i kosmicznych. Niezależnie od tego, gdzie znajduje się źródło pobudzające rezonator jonosfera-Ziemia (choćby na antypodach), to efekt jego działania może być dostrzeżony przez pojedynczego obserwatora znajdującego się na powierzchni Ziemi. Daje to zatem gwarancje, że nie zostaną przeoczone żadne zjawiska, które wywołują mierzalne efekty w rezonatorze. Szybkość samouzgodniania się pola w rezonatorze jest na tyle duża, że można wyznaczyć moment pierwotnego pobudzenia z dokładnością 0.1 s.

Jakie mogłyby być owe hipotetyczne źródła? Systematyczne obserwacje prowadzone na częstotliwościach kilku pierwszych rezonansów Schumanna ujawniają wielką różnorodność stanów pola w rezonatorze globalnym (patrz ramka 2). Podstawową składową jest składowa spokojna pola, która charakteryzuje się ograniczoną zmiennością o średniej amplitudzie składowej magnetycznej pola równej ok. 3 pT. Jej widmo spektralne jest harmonijne, widoczne są wyraźnie podstawowe linie rezonansu Schumanna, o amplitudach malejących w miarę wzrostu częstotliwości. Pochodzenie składowej spokojnej można przypisać aktywności elektrycznej komórek burzowych, choć przy obecnym stanie badań nie da się wykluczyć innych źródeł. W oparciu o obserwacje składowej spokojnej możliwe jest badanie aktywności burzowej w skali globalnej, zapoczątkowane przez E.R. Wiliamsa. Wystarczy w tym celu śledzenie uśrednionego pola rezonansowego pojedynczym lub co najwyżej kilkoma magnetometrami rozmieszczonymi w różnych miejscach (aby wyeliminować efekty lokalne), by mieć wgląd w stan wszystkich komórek burzowych na całej Ziemi.

Wyraźnie odrębną składową pola są sporadyczne, krótkotrwałe wzbudzenia rezonatora — tzw. ekscesy — o energiach przekraczających setki razy stan średni. Wzbudzenia te mają różnorodny przebieg. Ich widma są nieregularne, często brakuje w nich poszczególnych linii rezonansowych. Można wyróżnić cztery klasy ekscesów:

- pojedyncze impulsowe — są to krótkie stany pola, podobne do odpowiedzi impulsowej rezonatora (tzw. Q-bursty), trwające ok. 1 sekundy,
- ekscesy podwójne i wielokrotne, mające podobną strukturę i będące odpowiedziami rezonatora na szereg po sobie następujących pobudzeń impulsowych oraz
- ekscesy ciągłe — stany pobudzeń długotrwałych, trwające do kilkunastu sekund, o charakterze koherentnym i ograniczone zazwyczaj do jednej z częstotliwości własnych (najczęściej 8 Hz).

Wszystko wskazuje na to, że zwykłe wyładowania atmosferyczne nie mogą być źródłem ekscesów, gdyż mają na to zbyt małe energie. Pewne światło na powstawanie ekscesów impulsowych rzuciły ostatnio prace D.J. Boccippio i E.R. Williamsa. Potwierdzili oni hipotezę, że mogą je powodować wielkie wyładowania elektryczne zachodzące w komórkach burzowych, połączone z przepływem ładunków dodatnich w kierunku Ziemi i towarzyszącymi im wyładowaniami przebiegającymi pomiędzy szczytami komórek burzowych a jonosferą. Wyładowania te o długości rzędu 50 km, przyjmujące w mezosferze postać „krasnoludków" (sprites) lub „elfów" (elves), były obserwowane od dawna przez pilotów samolotów stratosferycznych, lecz nie dawano wiary ich istnieniu. Dopiero dobrze udokumentowane obserwacje, wykonane w 1990 r. przez J.R. Winklera z University of Minnesota sprawiły, że stały się obecnie przedmiotem intensywnych badań. Boccippio i Williams obserwowali wraz ze współpracownikami niebo w kierunku horyzontalnym, w rejonie częstego powstawania burz i odkryli koincydencję kilkunastu wyładowań połączonych z „elfami", z pojedynczymi ekscesami rezonansu Schumanna. Wyładowania elektryczne w górnych warstwach atmosfery są obecnie słabo zbadane i szereg zespołów badawczych na świecie gromadzi informacje, które powinny doprowadzić do poznania mechanizmów fizycznych tych zjawisk. Dopiero w dalszej kolejności można będzie budować modele pozwalające szukać ich związków z ekscesami.

Jeszcze innym źródłem ekscesów mogą być procesy zachodzące na zewnątrz rezonatora Ziemia-jonosfera, w magnetosferze ziemskiej. Magnetosfera jest obszarem występowania plazmy uwięzionej w ziemskim polu magnetycznym, oddzielonym od plazmy wiatru słonecznego magnetopauzą a od strony Ziemi jonosferą. W rozrzedzonej plazmie magnetosferycznej mogą się rozchodzić wzdłuż linii sił ziemskiego pola geomagnetycznego fale magnetohydrodynamiczne (MHD) o częstotliwościach leżących w zakresie ELF. Źródłem, które generuje tego rodzaju fale, są wysokoenergetyczne protony (10 – 50 keV) wpadające do magnetosfery i poruszające się ruchem śrubowym w polu magnetycznym. Pole elektryczne rotujących protonów prowadzi do tzw. niestabilności falowej ośrodka. Konsekwencją jest zmiana znaku współczynnika tłumienia fal MHD na ujemny, co jest równoważne ich wzmacnianiu. Paczki falowe poruszające się wzdłuż linii sił pola geomagnetycznego są uwięzione w magnetosferze, gdyż poruszając się w kierunku Ziemi napotykają gęste warstwy jonosfery, które odbijają je jak lustro. W konsekwencji paczka falowa wraca, porusza się wzdłuż linii sił w kierunku drugiej półkuli, gdzie ponownie ulega odbiciu, itd. (patrz ramka 3). Ruch ten może trwać długo, gdyż fala stale zyskuje na energii. Po pewnej liczbie odbić amplitudy paczek uzyskują duże wartości. Ruch paczek falowych na powierzchni Ziemi pozostałby nie zauważony, gdyby warstwa jonosfery i atmosfery nie była częściowo przenikliwa dla pól elektromagnetycznych MHD odbijających się od granic magnetosfery. Współczynnik osłabienia pola magnetycznego mierzony na powierzchni Ziemi jest na tyle mały, że pola paczek w chwili ich odbicia w jonosferze mogą być rejestrowane przez stacje ziemskie jako tzw. mikropulsacje pola Pc1 i Pi1. Obecnie, dzięki magnetometrom umieszczanym na satelitach, można także śledzić ruch paczek MHD w całej magnetosferze.

Opisane wyżej pulsacje geomagnetyczne stanowią podstawową składową pól naturalnych w dolnej części zakresu ELF, występującą na średnich

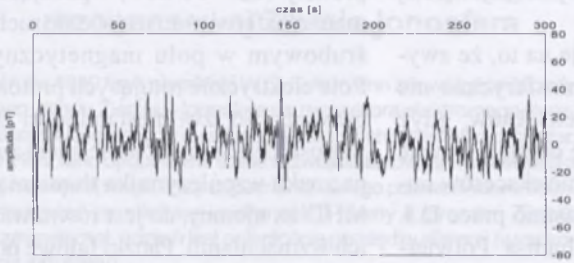
ramka 2

Obserwacje rezonansów Schumanna

Technika detekcji pól ELF jest bardzo zbliżona do używanej w zakresie radiowym. Podobnie jak w zakresie HF stosuje się tu anteny elektryczne lub magnetyczne, w zależności od potrzeby. Antenę do detekcji składowej elektrycznej pola stanowi zazwyczaj pionowy odcinek drutu, współpracujący z uziemieniem. Anteny do detekcji składowej magnetycznej pola przypominają radiowe anteny ferrytowe, są od nich jednak znacznie dłuższe (nawet 2 metrowe).

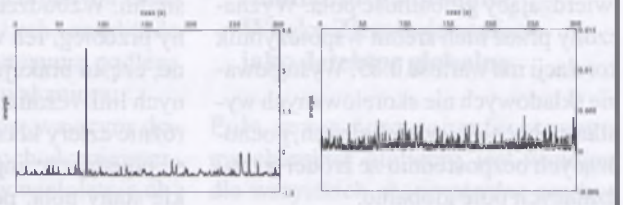
Anteny współpracują ze specjalnymi wzmacniaczami o niskich szumach w zakresie niskich częstotliwości. Odbiorniki ELF pracują w układzie o bezpośrednim wzmocnieniu i są zazwyczaj szerokopasmowe. Detektorami są przetworniki analogowo-cyfrowe o dużej dynamice. Analizę czasową i spektralną sygnałów prowadzi się numerycznie.

Typowy przebieg amplitudy składowej magnetycznej pola naturalnego obserwowanego w szerokim zakresie częstotliwości (od 30 mHz do 55 Hz), przedstawia rys. 1. Rejestracji dokonano w Bieszczadach, w dniu 9 sierpnia 1995 r. o godz. 12:00 UT.



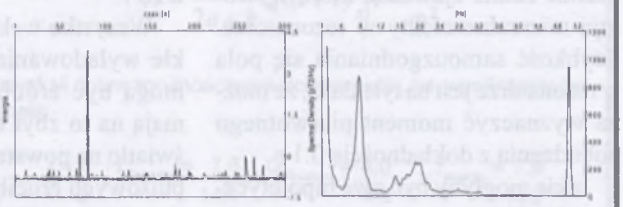
Rys. 1 Przebieg amplitudy naturalnego pola magnetycznego obserwowanego w pasmie częstotliwości 30 mHz – 55 Hz w ciągu 5 min. Rejestracji dokonano w Bieszczadach, 9 sierpnia 1996 r. o godz. 12:00 UT.

Przedstawiona reprezentacja sygnału jest nieczytelna i wynika to z faktu złożenia w jednym przebiegu wielu sygnałów o różnych okresach pochodzących z różnych źródeł. Pole naturalne na powierzchni Ziemi to zarówno składowe związane z rezonansem Schumanna, jak i pola elektromagnetyczne przenikające z jonosfery i magnetosfery. Sygnał z rys. 1 można poddać analizie spektralnej, np. przy pomocy przekształcenia Fouriera, ale metoda ta jest niewystarczająca, gdy chce się badać dynamikę różnych zjawisk z osobna. Dlatego w praktyce stosuje się bardziej subtelne sposoby analizy. Np. w celu wyodrębnienia składowej pola związanej z rezonansem Schumanna wygodnie jest przeprowadzić najpierw filtrację sygnału przy pomocy filtrów cyfrowych zestrojonych na częstotliwości schumannowskie (8, 14, 20 .... Hz). Można w ten sposób ocenić zmienność energii pola poszczególnych linii i ustalić momenty czasu, w których dochodziło do gwałtownych wzrostów pola — ekscesów. Dopiero w dalszej kolejności można przeprowadzić szczegółową analizę wybranych fragmentów próbki. W Obserwatorium Astronomicznym UJ stosuje się w tym celu 8 hercowy filtr środkowo-przepustowy o pasmie przenoszenia 0.4 Hz. Sygnał ukazany na rys. 1, po przejściu przez taki filtr ma przebieg energii przedstawiony na rys 2. Widoczna jest gwałtowna zmienność energii, charakterystyczna dla rezonansu Schumanna. Jest to zmienność wyraźnie inna niż dla szumu o widmie termicznym, którego energia po filtracji wąskopasmowej tym samym filtrem zachowuje się tak, jak na wykresie poniżej. Zwraca uwagę gwałtowny wzrost energii, który wystąpił w 80 sek. obserwacji. Przekroczył on umowny próg i został zakwalifikowany jako eksces rezonansu Schumanna. Eksces ten był poprzednio praktycznie niewidoczny na tle innych sygnałów przedstawionych na rys. 1. Dzięki analizie energii (na linii 8 Hz) można znaleźć odpowiadający mu 2 sek. fragment próbki sygnału i wykonać widmo mocy. Wyniki analizy przedstawia rys. 3.



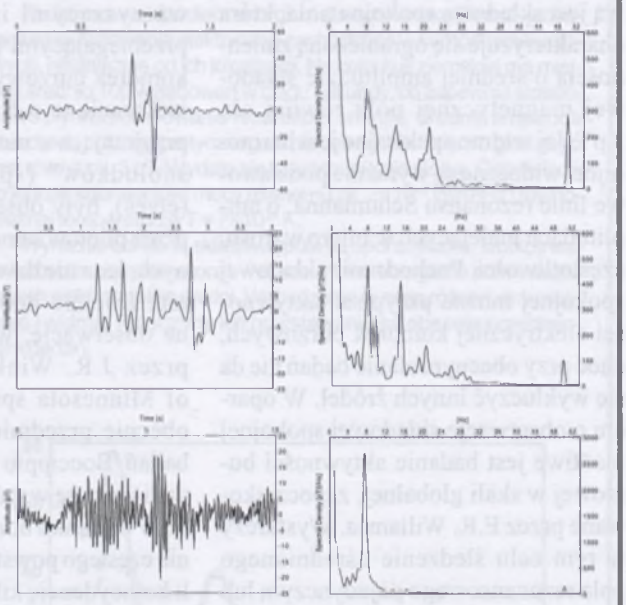
Rys. 2 Po lewej — przebieg energii podstawowego 8 hercowego rezonansu Schumanna. W 80 sekundzie obserwacji widoczny jest gwałtowny wzrost energii pola — eksces. Po prawej — dla porównania pokazano przebieg energii szumu termicznego na wyjściu filtru identycznego jak poprzednio, otrzymany po włączeniu do wejścia odbiornika sztucznej anteny.

Zarejestrowany eksces należy do typowych przedstawicieli pojedynczych ekscesów impulsowych, tzw. Q-burst'ów, wywoływanych m.in. wielkimi wyładowaniami ładunków dodatnich pomiędzy komórkami burzowymi a ziemią, połączonych z występowaniem „elfów". Zanikająca oscylacja pola przypomina typową odpowiedź impulsową oscylatora tłumionego, gdyż w ekscesie zazwyczaj dominuje składowa pola związana z podstawową 8 hercową linią rezonansu Schumanna.



Rys. 3. Przebieg ekscesu z rys. 2 i jego widmo mocy. Jest to typowy przykład tzw. Q-burst'u.

Oprócz Q-burstów spotyka się inne formy ekscesów: podwójne impulsowe, wielokrotne impulsowe i ekscesy ciągłe. Typowe ich przebiegi i widma mocy przedstawia rys. 4.



Rys. 4 Kolejno od góry: przykłady ekscesów impulsowych podwójnych, wielokrotnych i ciągłych. Ekscesy ciągłe stanowią najmniej liczną grupę. Wyróżnia je długi czas trwania, rzędu 10 s i prawie monochromatyczne widmo.

W przedstawionej próbce sygnału można zidentyfikować szereg innych sygnałów pochodzących m. in. z magnetosfery ziemskiej. Niektóre z nich przeanalizowano w ramce 3.

i dużych szerokościach geograficznych. Ich cechą charakterystyczną jest zależność częstotliwości i intensywności od szerokości geomagnetycznej miejsca obserwacji. W Polsce charakterystyczny zakres częstotliwości występowania tych pól wynosi 2 – 4 Hz. Jeżeli pola wzbudzeń MHD mają częstotliwości schumannowskie, wtedy wnikając do wnęki Ziemia-jonosfera mogą także generować w niej drgania. Ponieważ w magnetosferze występują sporadycznie warunki sprzyjające generacji 8 hercowych fal MHD, powyższy mechanizm generacji ekscesów musi być brany pod uwagę.

Można spekulować, czy istnieją także inne naturalne mechanizmy generacji dużych wzbudzeń rezonansu Schumanna, takie jak przeloty bolidów przez atmosferę czy wielkie pęki promieniowania kosmicznego. Na razie brakuje na to dowodów i modeli pozwalających na ocenę współczynnika konwersji energii elektromagnetycznej do rezonatora podczas takich zdarzeń. Istnieją natomiast możliwości sztucznego wzbudzania pól rezonansowych w rezonatorze globalnym. Wiadomo, że ogromne wzbudzenia rezonansu wywołują szoki elektromagnetyczne powstające podczas eksplozji jądrowych, prowadzonych zarówno w atmosferze, jak i pod ziemią (głębokość wnikania pól o częstotliwości 10 Hz w ziemię jest rzędu 10 km). Jest także technicznie możliwe, przynajmniej w zasadzie, wzbudzanie pól koherentnych wybranego rezonansu Schumanna. Do dyspozycji są tu dwa znane mechanizmy: periodyczne grzanie plazmy jonosferycznej, prowadzące poprzez modulację przewodności do modulacji prądów stałych płynących w jonosferze oraz mechanizm mieszania pól dwóch sygnałów zakresu radiowego na nieliniowościach jonosfery. Drugi z mechanizmów został wypróbowany w 1986 roku przez S. Ganguly. W eksperymencie tym zastosowano dwa nadajniki krótkofalowe dużej mocy, pracujące na częstotliwościach różniących się o 5 Hz, wyposażone w promieniujące pionowo anteny kierunkowe. Rezultatem jednoczesnego oświetlania jonosfery wiązkami radiowymi było powstawanie na powierzchni ziemi mierzalnego pola magnetycznego o częstotliwości różnicowej 5 Hz. Nic nie stoi więc na przeszkodzie, aby wytworzyć tą metodą pole o którejś z częstotliwości Schumanna. Uzyskiwany tą drogą współczynnik przemiany energii jest jednak na tyle mały, że nie wystarczyłby do wzbudzenia mierzalnego rezonansu globalnego.

W miarę odkrywania powiązań ekscesów z rozmaitymi pobudzeniami pierwotnymi nasuwa się pytanie, czy jest możliwe odróżnianie pobudzeń na podstawie analizy związanych z nimi ekscesów? Okazuje się, że po części tak, dzięki znajomości odpowiedzi impulsowej rezonatora i zastosowaniu metody rozplatania do obserwowanych sygnałów. Metoda ta pozwala na podstawie specyficznej odpowiedzi rezonatora-ekscesu odtworzyć formę pobudzenia pierwotnego. W ten sposób rezonansowa wnęka schumannowska urasta do roli wielkiego detektora globalnego, zdolnego do odróżniania różnych pobudzających ją sygnałów. Jak dotąd możliwości prowadzenia globalnych obserwacji tą metodą nie są w pełni wykorzystane.

Czy można jeszcze obserwować naturalne pola ELF?

Są dwa powody, dla których stan pól elektromagnetycznych w zakresie ekstremalnie niskich częstotliwości powinien być przedmiotem szczególnej troski.

Pierwszy wynika z roli tych pól w biosferze. Chociaż jest za wcześnie na ostateczną ocenę wyników badań, już teraz można powiedzieć, że są one ważne dla funkcjonowania życia. Stale odkrywane są nowe mechanizmy oddziaływań świadczące o dużym wpływie pól elektromagnetycznych o częstotliwościach od 1 do 20 Hz. Dotyczy to zarówno struktur komórkowych, w których odkryto reakcje biochemiczne o kinetyce silnie zależnej od częstotliwości zewnętrznego pola elektrycznego, jak i układów złożonych, takich jak sieci neuronalne, silnie reagujących na zmienne pola magnetyczne. W wielu przypadkach obserwuje się znaczące reakcje na słabe pola i nieliniowe zachowanie układów, polegające na tym, że przestają one reagować na pola silne (blokada).

Prawdopodobną przyczyną dużej wrażliwości układów biologicznych na pola dolnej części zakresu ELF jest ich ewolucyjna pamięć, dotycząca oddziaływania z polami naturalnymi. Uśrednione widmo mocy pól naturalnych gwałtownie opada i w zakresie wyższych częstotliwości energie pól są małe. Częstotliwość sieciowa 50 Hz leży na granicach istotnego dla biologii zakresu, gdyż energie pól są tu kilkadziesiąt razy mniejsze niż na częstotliwości 10 Hz. Jeżeli w procesie ewolucji biologicznej pola naturalne pełniły rolę regulacyjną (lub pełnią ją nadal), układy żywe wytworzyły przystosowane do tego celu odpowiednio czułe układy detekcyjne w zakresie, który był dla nich istotny. Pewną rolę mogło np. odegrać pole 8 Hz podstawowego rezonansu Schumanna, gdyż było jedynym w przyrodzie zegarem pracującym w zakresie ELF. Uważa się, że spełniło ono rolę pierwotnego wzorca rytmów obserwowanych w sieciach neuronalnych zwierząt i ludzi (rytm wypoczywającego mózgu — zwany rytmem alfa).

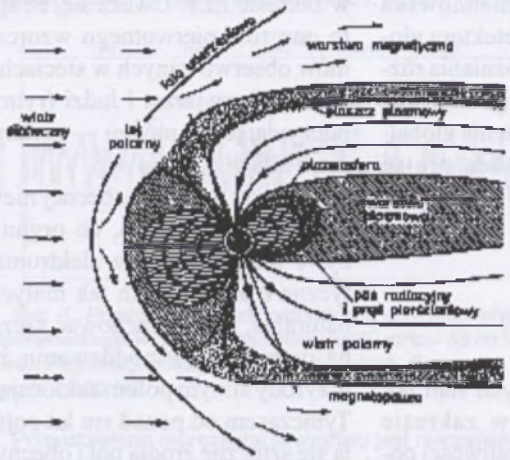
Chociaż w chwili obecnej niewiele jest dowodów na to, że organizmy żywe reagują na pola elektromagnetyczne o amplitudach tak małych jak naturalne, należy zachować szczególną ostrożność w poddawaniu żywej przyrody silnym polom zakłócającym. Tymczasem od ponad stu lat pojawiają się sztuczne źródła pól i obecny stan środowiska elektromagnetycznego w zakresie ELF jest dramatyczny. W centrach miast poziom energii składowej magnetycznej pola na częstotliwości 8 Hz stale przekracza tysiące razy poziom naturalny (w ekstremalnych przypadkach przekroczenie sięga miliona razy). Jest to niepokojące, tym bardziej że mechanizmy generacji pól w tej części widma nie są do końca wyjaśnione. Jedną z przyczyn są stany nieustalone w sieciach energetycznych, stale generowane przez skokowe zmiany obciążenia sieci. Pola niskoczęstotliwościowe propagują się z małym współczynnikiem tłumienia wzdłuż sieci energetycznych i rozprzestrzeniają na wielkich obszarach poza miastami. W Europie istnieją już nieliczne miejsca, w których niezakłócona obserwacja pól naturalnych jest możliwa.

Drugi powód skłaniający do ostrożności, to wszechobecność globalnego rezonansowego pola ELF. Niebezpieczeństwo tkwi w tym, że jeżeli nawet skutki działania tego pola globalnego

ramka 3

Mikropulsacje geomagnetyczne — magnetosfera jako rezonator

Magnetosfera jest obszarem występowania plazmy uwięzionej w ziemskim polu magnetycznym, oddzielonym od strony wiatru słonecznego magnetopauzą i jonosferą od strony Ziemi. W namagnesowanej plazmie zaburzenia elektromagnetyczne mogą rozchodzić się na dwa sposoby: w postaci fal magnetohydrodynamicznych (MHD), wzdłuż linii sił pola magnetycznego lub prostopadle do linii sił, w postaci fal magnetodźwiękowych. Linie sił pola magnetycznego Ziemi przebiegają w magnetosferze w taki sposób, że fale poruszające się wzdłuż nich zawsze docierają do jonosfery (rys. 1). Jonosfera, będąca obszarem silnie zagęszczonej plazmy, doprowadza do odbicia fal MHD — podobnie jak lustro. Fala odbita porusza się z powrotem wzdłuż linii sił pola magnetycznego i napotyka na przeciwległej półkuli na identyczną sytuację, tj. na odbijające ją lustro jonosfery. W ten sposób zaburzenie falowe porusza się i odbija wielokrotnie w dwu sprzężonych, leżących na przeciwnych półkulach punktach jonosfery, aż zaniknie wskutek strat energii.



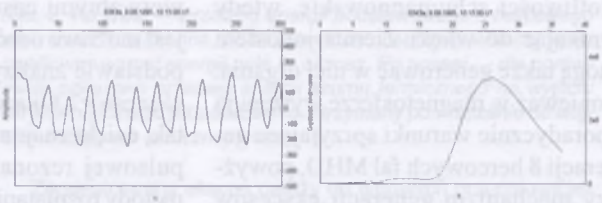
Rys. 1. Uproszczony schemat magnetosfery ziemskiej. Od strony Słońca jest ona ograniczona tzw. magnetopauzą (w odległości ok. 10 promieni ziemskich), a od strony powierzchni Ziemi — jonosferą. Z powodu istnienia wiatru słonecznego, linie sił pola magnetycznego Ziemi znacznie odbiegają od geometrii pola dipolowego. Wnętrze magnetosfery wypełnione jest plazmą o niskiej gęstości i temperaturze.

Linie sił pola magnetycznego w plazmie zachowują się podobnie do strun, wzdłuż których mogą rozchodzić się fale mechaniczne. Podobnie jak w instrumencie muzycznym końce strun w magnetosferze są zaczepione na końcach — w jonosferze. Odbicia fal, chociaż zachodzą na wysokości kilkuset kilometrów, są możliwe do śledzenia z pewnym osłabieniem na powierzchni Ziemi. W celu klasyfikacji pól magnetosferycznych wprowadzono podział uwzględniający ich okres oscylacji:

zakres Pc1 : 0.2 – 5 s (5 – 0.2 Hz)
Pc2 : 5 – 10 s (0.2 – 0.1 Hz)
Pc3 : 10 – 45 s (100 – 22 mHz)
Pc4 : 45 – 150 s (22 – 6.6 mHz)
Pc5 : 150 – 600 s (6.6 – 1.6 mHz)

W naszej szerokości geomagnetycznej (ok. 50°), magnetosferyczne pola elektromagnetyczne leżą w zakresach Pc3 i Pc1.

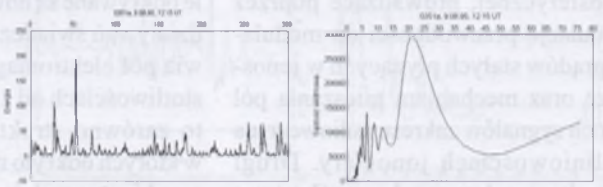
Co pobudza ten kosmiczny instrument? W magnetosferze istnieje szereg źródeł, które mogą generować zaburzenia falowe. Jednym z nich jest, drgająca pod wpływem wiatru słonecznego, zewnętrzna ściana magnetosfery — magnetopauza (z powodu istniejących w tym obszarze turbulencji), która generuje fale magnetodźwiękowe poruszające się prostopadle w kierunku Ziemi. Fale te, wskutek niejednorodności plazmy, wzbudzają w kolejno mijanych liniach sił pola magnetycznego fale MHD, poruszające się wzdłuż „strun magnetycznych". Analogia do instrumentu strunowego jest tu zupełna. Szum fal magnetodźwiękowych porusza kolejne struny, które drgają z częstotliwościami zależnymi od ich długości i prędkości rozchodzenia się fal. Długość strun zależy z kolei od długości geomagnetycznej, na której się je obserwuje. Ich okresy drgań własnych mieszczą się w zakresie od 600 s (obszar polarny, Pc5) do 10 s (obszary podzwrotnikowe, Pc3). W Polsce typowy okres drgań wynosi ok. 30 s, co odpowiada zakresowi oscylacji Pc3 (rys. 2).



Rys. 2. Przebieg oscylacji i widmo mocy mikropulsacji geomagnetycznych Pc3 obserwowanych w Bieszczadach 9 sierpnia 1995 roku o godz. 10:15 UT. Okres mikropulsacji równy 26 s jest typowy dla szerokości geomagnetycznej ok. 50°, na której przeprowadzono obserwację.

Omówione oscylacje „strun magnetycznych" są bardzo powolne z punktu widzenia rezonansu Schumanna. W magnetosferze mogą jednak powstawać drgania o znacznie krótszym okresie. Częstotliwości tych wzbudzeń leżą w zakresie Pc1, odpowiadającym polom z zakresu ELF. Standardowy model tych zjawisk został opracowany przez J. M. Cornwalla. Wyjaśnia on generację fal w oparciu o zjawisko tzw. niestabilności falowej ośrodka. Jest ono wywołane przez wysokoenergetyczne protony (10 – 50 keV) wpadające do magnetosfery i rotujące w polu magnetycznym z częstotliwością cyklotronową. Pole elektryczne protonów oddziaływuje z falami MHD, prowadząc do zmiany znaku współczynnika tłumienia fal na ujemny. Jest to równoważne wzmacnianiu fal. Ruch paczki falowej poruszającej się wzdłuż linii sił pola magnetycznego i odbijającej od zwierciadeł — w postaci jonosfery, może dzięki temu trwać dowolnie długo. Amplituda paczki może nawet ulegać zwiększeniu, gdyż fala może zwiększać swą energię. Po pewnej liczbie odbić amplitudy paczek uzyskują więc duże wartości.

Opisane wyżej pulsacje geomagnetyczne stanowią podstawową składową pól naturalnych w dolnej części zakresu ELF, występującą na powierzchni Ziemi na średnich i dużych szerokościach geograficznych. Cechą charakterystyczną tych pól jest, podobnie jak dla oscylacji Pc3, zależność częstotliwości i intensywności od szerokości geomagnetycznej miejsca obserwacji. W Polsce charakterystyczny zakres częstotliwości wynosi 2 – 4 Hz. Przykład pól Pc1 obserwowanych w Bieszczadach ilustruje rys. 3.



Rys. 3. Amplituda oscylacji Pc1 obserwowanych 9 sierpnia 1995 r. o godz. 12:15 UT poprzez filtr środkowoprzepustowy o częstotliwości 3 Hz. Po prawej stronie przedstawiono widmo mocy amplitudy, wskazujące na powtarzanie się paczek falowych co ok. 21 s. Tyle czasu upływa pomiędzy kolejnymi pojawieniami się paczki falowej nad Bieszczadami.

Ze względu na wysokie możliwe częstotliwości cyklotronowe protonów w magnetosferze, sięgające kilkunastu herców, pola wzbudzeń MHD mogą osiągać częstotliwości zbliżone do schumannowskich. Pola te, wnikając do wnęki Ziemia – jonosfera mogą z kolei generować w niej drgania. Powyższy mechanizm wzbudzania drgań rezonansu Schumanna jest obecnie przedmiotem badań krakowskiej grupy astronomów.

są słabe, działają one na całą biosferę jednocześnie. W takiej sytuacji nie można nawet znaleźć miejsca, które byłoby punktem odniesienia do badań porównawczych. Tymczasem, nawet znikomy czynnik, działając na całą populację, może wywoływać w niej mierzalne statystycznie zmiany. Powyższe uwagi dotyczą zarówno działań celowych, jak i nieświadomych. Jeżeli powstaną techniczne możliwości generacji pól rezonansowych, skutki takich eksperymentów dotkną wszystkich na powierzchni Ziemi. Z tego względu duży niepokój budzą programy aktywnego badania jonosfery — takie jak amerykański program HAARP (**H**igh Frequency **A**ctive **A**uroral **R**esearch **P**rogram), realizowany w Gakonie na Alasce czy europejski EISCAT (**E**uropean **I**ncoherent **Scat**ter), realizowany w Tromsø w Norwegii. Istnieje także groźba, że już obecnie część cywilizacyjnych zakłóceń lokalnych transformuje się do rezonatora globalnego, tworząc dodatkową składową pola tła. W przeszłości prowadzono zbyt mało pomiarów, aby efekt ten mógł być obecnie wiarygodnie oceniony.

Problem ochrony środowiska elektromagnetycznego w zakresie ELF zaczyna być coraz częściej podnoszony w kręgach osób mających kontakt z badaniami biomedycznymi. W innych budzi raczej niedowierzanie, że efekty słabych oddziaływań mogą mieć jakiekolwiek znaczenie. Najczęściej w tym kontekście dyskutowany jest problem wpływu pól o częstotliwościach sieciowych. Dopuszczalne natężenia tych pól są w wielu krajach normowane na bardzo wysokim poziomie, przy czym przeważnie nie podlega ograniczeniu składowa magnetyczna. Ponieważ dyskusja o szkodliwości tych pól, mimo wielu lat badań, nie przyniosła rozstrzygnięcia, ich względnie słaby wpływ jest często przytaczanym mylnie argumentem za tym, że nie należy się również obawiać pól o niższych częstotliwościach.

Kosmiczne uwarunkowania pól ELF na powierzchni Ziemi

Możliwość przenikania składowej magnetycznej wzbudzeń z magnetosfery ziemskiej do falowodu jonosferyczne-

go oznacza, że stan pól ELF na powierzchni Ziemi staje się zależny od czynników pozaziemskich. Bezpośredni wpływ na procesy zachodzące w magnetosferze mają czynniki pochodzenia kosmicznego, szczególnie zjawiska zachodzące na Słońcu. Nieoczekiwanie okazuje się, że istnieje jeszcze jedno okno w widmie promieniowania elektromagnetycznego, przez które wnikają sygnały z otaczającego nas świata. Intuicja Edisona, że można obserwować Słońce w zakresie ELF, nie była zupełnie bezpodstawna, choć stan pól obserwowanych na powierzchni Ziemi zależy od stanu Słońca w bardziej skomplikowany sposób, niż on to sobie wyobrażał.

Zreasumujmy ostatecznie obraz świata widziany oczyma czułymi na ekstremalnie niskie częstotliwości. Jest to świat nie mniej kolorowy jak w świetle widzialnym. W dolnej części zakresu (0.2 – 6 Hz), w kolorach odpowiadających barwom czerwieni, pojawiają się mikropulsacje geomagnetyczne, pobłyskujące na wysokości jonosfery. Wywołują je fale MHD generowane w magnetosferze przez wpadające tam od czasu do czasu wysokoenergetyczne protony. Kolor obserwowanych błysków i częstotliwość ich powtarzania są zależne od szerokości geograficznej, na której przebywamy. Dzieje się to w określonych porach dnia i zależy od fazy cyklu aktywności słonecznej. W zakresie wyższych częstotliwości, z powodu rezonansu globalnego (6 – 40 Hz), zmienia się raptownie obraz pól. Występują intensywnie te barwy, które odpowiadają częstotliwościom Schumanna. Szczególnie silna jest barwa 8 hercowego rezonansu podstawowego. W tym zakresie barw obraz jest wspólny dla wszystkich mieszkańców Ziemi. Światło to ulega ciągłym wahaniom, a od czasu do czasu silnie rozbłyskuje. Barwa niektórych rozbłysków — ekscesów — jest monochromatyczna, o kolorze odpowiadającym którejś z linii rezonansowych. Rozbłyski mają wiele przyczyn zarówno w atmosferze, jak i poza Ziemią, a mechanizmów ich powstawania jeszcze do końca nie rozumiemy.

Taki obraz możemy ujrzeć tylko z dala od miast i przy idealnej pogodzie. Gdy zbliża się burza, pojawiają się niebieskawe błyski. To zapowiedź potężnych wyładowań, które niczym się nie różnią od dobrze nam znanych błyskawic. Gdy spoglądamy w kierunku obiektów cywilizacyjnych, świecą one różnymi barwami. Nawet w czasie dobrej pogody zastanawiająco wyglądają linie energetyczne. Unosi się nad nimi niebieska poświata. Jest ona zapowiedzią tego, co ujrzymy w pobliżu miast. Gdy się do nich zbliżamy, są tak oślepiające, że nie możemy już na nie patrzeć. Świecą intensywnie jak wnętrza gwiazd. Musimy konstruować specjalne, mało czułe detektory, aby mogły zarejestrować ich promieniowanie.

Od poświaty miast można jeszcze uciec. Przed rozbłyskami pochodzenia kosmicznego ucieczki nie ma. Może się to wydawać niepokojące, gdyż na czynniki kosmiczne nie mamy wpływu. Są one jednak częścią natury. Możemy je tylko badać i prognozować.

Polecana literatura uzupełniająca

S.B. Mende, D.D. Sentman, E.M. Wescott, „Wyładowania atmosferyczne ponad chmurami", *Świat Nauki*, 10 (74), str. 40, 1997

W.N. Orajewski, „Plazma na Ziemi i w kosmosie", str. 175, *PWN*, Warszawa 1989

Dr Andrzej Kułak pracuje w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego i w Katedrze Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

ERRATA

Do poprzedniego zeszytu *Uranii-PA* (1/98) zakradło się kilka istotnych błędów, które niżej prostujemy:

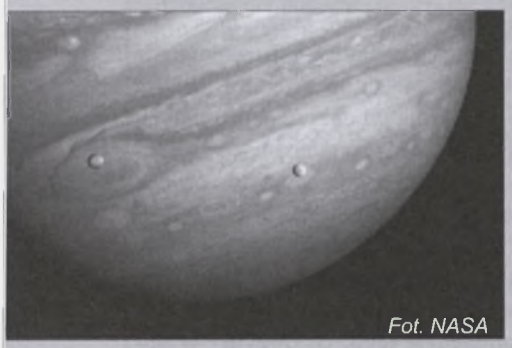
Na stronie 19 zabrakło przy rysunku 2 opisu krzywych — od góry: V, B, U.

Natomiast na stronie 20 zdanie w nawiasie w trzeciej kolumnie powinno brzmieć:
„główne procesy depozycji energii neutrin to reakcje $\nu_e + n \rightarrow p + e^-$ i $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$."

Przepraszamy!

Jarosław Dyks

Układ Jowisza



Fot. NASA

Tabela 1.
Dane o Jowiszu i jego orbicie (wg P. Artymowicz, 1995).

Parametr	Jednostka	Wartość parametru
Elementy orbity:		
1. a	j.a.	5.203
2. e	1	0.0485
3. i	1°	1.30
4. P_{orb}	1 rok	11.86
5. Ω	1°	99.4
6. ω	1°	12.7
Parametry fizyczne:		
7. R_r	km	71400
8. f	1	0.064
9. M	M_z	317.9
10. P_{rot}	1 doba	0.414
11. ϕ	1°	3.08
12. $<\rho>$	$Mg \cdot m^{-3}$	1.34
13. T	1 K	125
14. m	10^{22} G·cm^3	$1.55 \cdot 10^8$
15. M_{atm}	kg·m^{-2}	$>10^9$
16. skład atmosfery (% masy)		H_2 (89) He (19)
17. główne składn.(% obj.)		H+He (>99)

Uwagi: R_r — promień równikowy odpowiadający ciśnieniu 1 bar = 10^5 Pa; f — stopień spłaszczenia; M — masa; M_z = $5.98 \cdot 10^{24}$ kg; P_{rot} — okres obrotu wokół osi; ϕ — nachylenie równika do ekliptyki; $<\rho>$ — gęstość średnia; T — średnia temperatura umownej powierzchni; m — moment magnetyczny.

Wstęp

System Jowisza, oprócz samej planety, tworzą jego satelity, pierścienie oraz rozległa magnetosfera z towarzyszącą jej plazmą. Poniższy tekst zwięźle przedstawia oddziaływania zachodzące pomiędzy tymi elementami systemu. Nie zawiera on natomiast opisu własności fizycznych i składu chemicznego atmosfery planety oraz powierzchni większości jej księżyców. Aktualne informacje z zakresu tych zagadnień znaleźć można w ostatnich numerach „Postępów Astronomii" (4/95; 1, 2, 4/96; 2, 4/97).

Jowisz jest najmasywniejszą planetą Układu Słonecznego. Jego masa wynosi 1.9×10^{27} kg, czyli około 318 mas ziemskich lub ponad dwa i półkrotnie więcej niż suma mas pozostałych ośmiu planet. Środek masy układu Jowisz – Słońce leży 80 tysięcy kilometrów ponad powierzchnią Słońca. Okres obrotu Jowisza jest najkrótszym spośród okresów rotacji planet Układu Słonecznego — na równiku wynosi 9 godzin 51 minut (9 godzin 56 minut przy biegunach), co powoduje wyraźne jego spłaszczenie. Dane dotyczące planety oraz jej orbity zawiera tabela 1.

Obecnie krąży wokół Jowisza 17 znanych satelitów, wśród których jednego znamy jak własną kieszeń (mianowicie sondę Galileo, która dotarła do planety siódmego grudnia 1995 roku), a dane dotyczące szesnastu naturalnych satelitów zawiera tabela 2.

Dynamika satelitów Jowisza

Podobnie jak pod względem fizycznym, tak i dynamicznie księżyce te tworzą bardzo zróżnicowaną grupę. Osiem wewnętrznych satelitów (w tym 4 galileuszowe) poruszają się po orbitach o małej ekscentryczności oraz niewielkim nachyleniu do płaszczyzny równika Jowisza. Orbity ośmiu zewnętrznych księżyców są znacznie nachylone do płaszczyzny równika oraz posiadają dużą ekscentryczność. Dwa najbardziej zbliżone do planety księżyce trzymają się w pobliżu zewnętrznego brzegu głównego (lecz jakże ezoterycznego) pierścienia Jowisza. Cztery najbardziej oddalone od Jowisza księżyce poruszają się ruchem wstecznym. Różnorodność orbit satelitów Jowisza przedstawia rys. 1. Dla przejrzystości rysunku przyjęto, że długości węzłów wstępujących wszystkich orbit są jednakowe. Orbity czterech najbliższych Jowiszowi księżyców oraz Io, Europy i Ganimedesa mieszczą się wewnątrz orbity Callisto.

Obiekt astronomiczny jest satelitą danej planety wtedy, gdy jego ruch odbywa się w sferze oddziaływania tejże planety względem Słońca. Owa sfera oddziaływania to obszar, w którym trajektoria obiektu w układzie związanym z planetą jest bardziej zbliżona do krzywej stożkowej niż jego trajektoria w układzie związanym ze Słońcem. (Poza obszarem oddziaływania planety przeciwnie: odchylenia toru obiektu, którego ruch opisywany jest względem Słońca, od przecięcia stożkowego, są mniejsze od odchyleń obserwowanych w układzie odniesienia związanym z planetą). Ruch księżyca „zasadniczo" odbywa się więc pod wpływem grawitacyjnego przyciągania planety. Chociaż ta planetocentryczna siła jest dominująca, inne siły — pochodzące od Słońca, innych planet, innych satelitów czy niesferyczności — mogą być względnie

Tabela 2. Dane o satelitach Jowisza.

Nazwa	a (10^3 km)	e	i (°)	R (km)	M (kg)	<ρ> ($Mg \cdot m^{-3}$)	$T \cdot Q^{-1}$ (10^4 lat)
Metis	127.96	0.00	0	20 × ? × 20	?	?	0.023
Adrastea	128.98	0	0	13 × 10 × 8	?	?	0.096
Amaltea	181.3	0.00	0.4	135 × 82 × 75	?	?	0.012
Tebe	221.9	0.01	0.8	55 × 45 × ?	?	?	0.013
Io	421.6	0.00	0.04	1815	$8.94 \cdot 10^{22}$	3.57	0.005
Europa	670.9	0.01	0.47	1569	$4.80 \cdot 10^{22}$	2.97	0.11
Ganimedes	1070	0.00	0.19	2631	$1.48 \cdot 10^{23}$	1.94	0.67
Kallisto	1883	0.01	0.28	2400	$1.08 \cdot 10^{23}$	1.86	24.1
Leda	11094	0.15	27	7	?	?	$9.1 \cdot 10^{10}$
Himalia	11480	0.16	28	90	?	?	$8.7 \cdot 10^{8}$
Lizytea	11720	0.11	29	15	?	?	$2.0 \cdot 10^{10}$
Elara	11737	0.21	28	40	?	?	$5.1 \cdot 10^{9}$
Ananke	21200	0.17	147	30	?	?	$1.2 \cdot 10^{11}$
Carme	22600	0.21	163	20	?	?	$8.5 \cdot 10^{11}$
Pazyfae	23500	0.38	147	30	?	?	$4.2 \cdot 10^{11}$
Synope	23700	0.28	153	15	?	?	$1.5 \cdot 10^{12}$

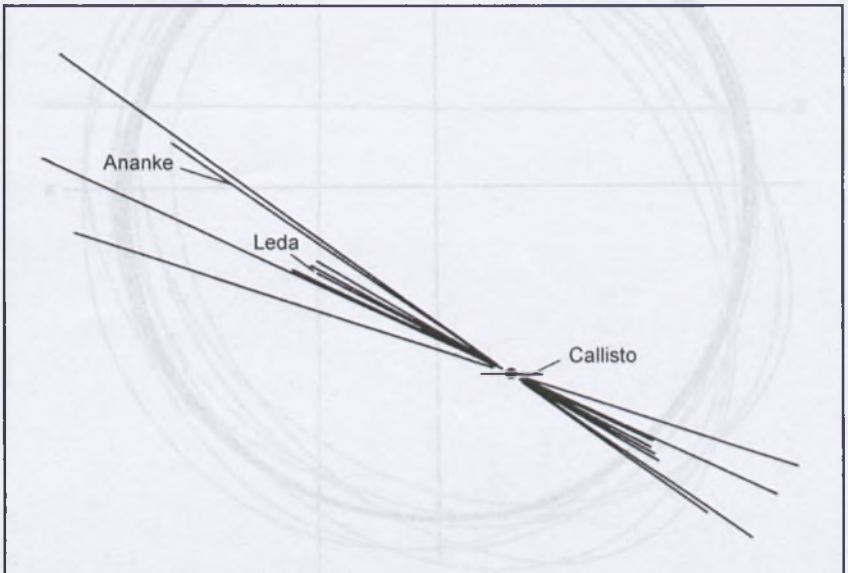
ważne i powodować duże perturbacje orbity. Wielkość zaburzenia eliptycznego ruchu satelity zależy od odległości satelity od Słońca, odległości i mas pobliskich planet, mas i okresów pobliskich satelitów i wreszcie odległości satelity od planety.

Zaburzenia ze strony planet charakteryzowane są przez małą wielkość $(m_p/m_\odot) \times (n_p/n)^2$, gdzie m_p, n_p są masą oraz ruchem własnym planety zaburzającej ruch satelity, n jest ruchem średnim satelity, a $m_\odot$ oznacza masę Słońca. W Układzie Słonecznym są one zawsze znacznie mniejsze od perturbacji pochodzących od Słońca charakteryzowanych przez $(n_p/n)^2$.

Perturbacje ruchu bliskich satelitów są natomiast zdominowane przez spłaszczenie planety. W układzie Jowisza dotyczy to szczególnie czterech księżyców wewnętrznych. Teoria ich ruchu przypomina teorię stosowaną do opisu ruchu sztucznych satelitów Ziemi. Przykładowym skutkiem tychże oddziaływań jest szybkie cofanie się linii węzłów orbity Amaltei.

Galileuszowe satelity Jowisza podlegają przede wszystkim zaburzeniom spowodowanym wzajemnymi oddziaływaniami. Niewielka wartość siły zaburzającej jest w tym przypadku spowodowana małą wartością stosunku m_s/M, gdzie m_s jest masą zaburzającego satelity, a M masą Jowisza. Sytuacja ta podobna jest do tej, która istnieje wśród planet Układu Słonecznego. Teoria ruchu tych satelitów jest taka sama jak dla ruchu planet. Pojawia się jednak nowy problem: obserwacje planet rozciągają się na przestrzeni kilkuset lat, dla którego to przedziału czasu teoria ruchu satelitów musi opisać dziesiątki tysięcy ich obiegów wokół macierzystych planet.

Poza tym, ponieważ Io, Europa i Ganimedes uczestniczą w potrójnym rezonansie, ich ruch jest o wiele bardziej złożony niż którychkolwiek innych ciał w Systemie Słonecznym. Ich ruchy średnie bliskie są stosunkowi 4:2:1, natomiast ich średnie długości spełniają warunek: $\lambda_1 - 3 \cdot \lambda_2 + 2 \cdot \lambda_3 = \pi$ z precyzją lepszą od błędów obserwacyjnych. (Zależność pomiędzy ruchami średnimi tych satelitów dana jest



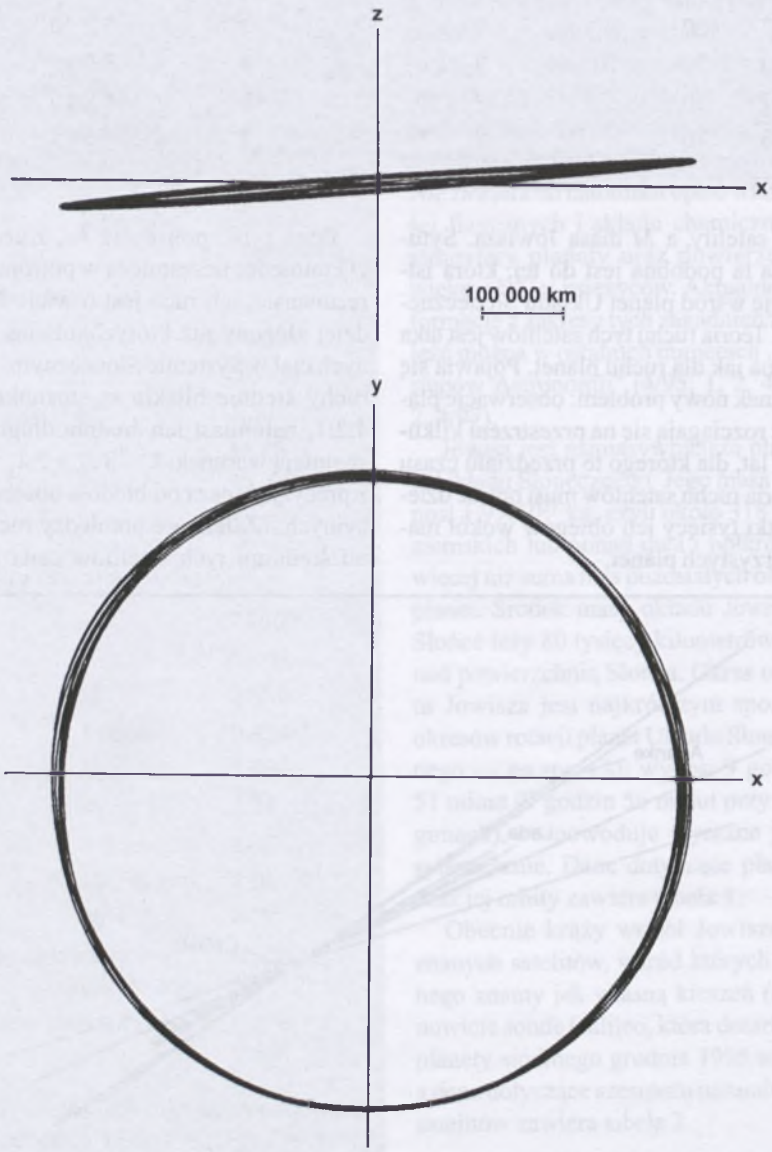
Rys. I. Orbity satelitów Jowisza widoczne w płaszczyźnie równikowej planety. Spośród trajektorii ośmiu satelitów wewnętrznych pokazano tylko orbitę Callisto; długości węzłów wstępujących wszystkich orbit przyjęto za jednakowe.
Wg B.W. Jones, „The Solar System", Pergamon Press, 1984.

przez zróżniczkowanie zmiennej rezonansowej (tzn. powyższego równania) po czasie: $n_1 - 3 \cdot n_2 + 2 \cdot n_3 = 0$.) Wyrażenie to implikuje, że kiedykolwiek Europa i Ganimedes są w koniunkcji względem Jowisza (tj. gdy $\lambda_2 = \lambda_3$), to Io odległy jest od nich o 180 stopni. Satelity te powstrzymywane są przed ustawieniem się w rzędzie po tej samej stronie Jowisza.

Osobliwy jest fakt, że chociaż Callisto jest drugim pod względem masy księżycem galileuszowym, jego ruch nie wykazuje rezonansu z pozostałymi trzema księżycami.

Ruch kolejnych czterech satelitów Jowisza (tzn. 9–12, licząc od planety) zaburzany jest głównie przez oddziaływanie Słońca. Wielkość siły zakłócającej jest dla tych księżyców nie większa niż 1 procent głównej siły centralnej. Perturbacje są duże, ale ogólnie rzecz ujmując ruch jest eliptyczny. Typowym przykładem jest tutaj ruch Księżyca (rys. 2).

Gdy perturbacje słoneczne stają się bardzo silne (co ma miejsce dla czterech zewnętrznych satelitów Jowisza), orbita nie przypomina już eliptycznej. Jako przykład może służyć porównanie orbity Księżyca zakreślonej podczas jednego roku (rys. 2) z orbitą piętnastego księżyca Jowisza — Pazyfae (rys. 3). Co ciekawe, numeryczne całkowanie równań ruchu Pazyfae dla przedziału czasu ±50 tysięcy lat wskazuje, że Pazyfae wydaje się być w rezonansie wiekowym z Jowiszem, tzn. tempo zmian długości ekliptycznej orbity Pazyfae jest bardzo bliskie częstości własnej Układu Słonecznego ν_5, charakteryzującej rytm zmian mimośrodu i długości peryhelium orbity Jowisza. Zjawisko to działałoby wówczas jako mechanizm ochronny, gdyż izoluje ono częściowo Pazyfae od perturbacji słonecznych. Fakt, że zewnętrzne księżyce Jowisza poruszają się ruchem wstecznym, ma prawdopodobnie przyczynę kosmogoniczną: obserwacje ich widma wskazują, że mogą być one wyłowionymi przez Jowisza planetoidami typu Hilda.



Rys. 2. Orbita Księżyca zakreślona w ciągu jednego ziemskiego roku.
Wg J.A. Burns (red.), „Planetary Satellites", The University of Arizona Press, 1977.

Oczywiście dla każdej z wymienionych grup satelitów ważnych może być kilka typów perturbacji. Na przykład satelity galileuszowe silnie oddziałują ze sobą, ale równocześnie pierwsze dwa z nich: Io i Europa są silnie zaburzane przez niesferyczność planety, podczas gdy Callisto ulega dużym wpływom oddziaływania Słońca.

Właśnie oddziaływania pływowe pomiędzy Io a Jowiszem oraz rezonans Io–Europa–Ganimedes są odpowiedzialne za fantastyczną aktywność wulkaniczną piątego księżyca.

Io

Wszystkie niepływowe źródła ciepła mają wydajność energetyczną około dwa rzędy wielkości mniejszą od tempa utraty energii przez Io, które wynosi przynajmniej 4×10^{13} W. Przez źródła niepływowe rozumie się, np. wywołane akrecją, rozpadem izotopów promieniotwórczych czy też grzaniem powierzchni przez prądy elektryczne płynące pomiędzy Io a jonosferą Jowisza. Szeroko akceptowany jest natomiast model źródeł energii cieplnej Io oparty na zjawiskach pływowych.

Pole grawitacyjne Jowisza powoduje pływowe odkształcenia jego satelitów do kształtu trzyosiowej elipsoidy. Moment sił, jakimi planeta działa na tak zdeformowany księżyc, powoduje spowalnianie jego obrotu aż do wartości synchronicznej z okresem orbitalnym.

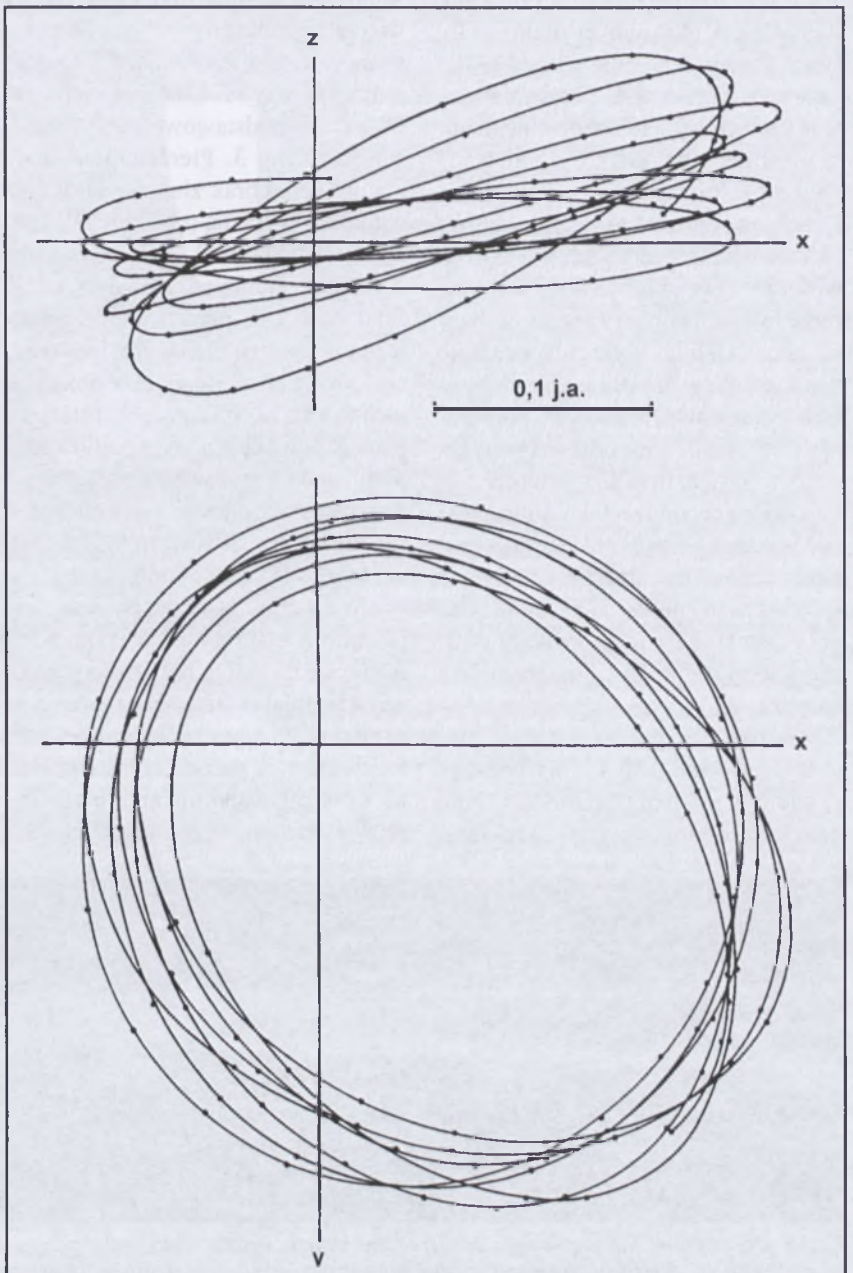
Czas wymagany, by pływy zmieniły prędkość kątową rotacji $\dot{\phi}$ o $\Delta\dot{\phi}$, wynosi:

$$T = 2.4 \times 10^{10} \times (P_0^4 \times \Delta\dot{\phi} \times Q/R^2) \text{ lat},$$

gdzie P_0 jest okresem orbitalnym w dniach, R jest promieniem satelity w kilometrach, a Q jest funkcją parametryzującą dyssypatywne własności oscylującego systemu (satelity). Jak wykazują obserwacje Ziemi i Marsa oraz laboratoryjne badania skał, wartość Q jest bliska 100 dla większości satelitów Układu Słonecznego. Tempo spowalniania obrotu satelitów krążących blisko macierzystej planety jest zatem większe niż dla satelitów bardziej odległych. Maksymalny czas spowalniania obrotu satelitów od okresu 2.3 h do tempa rotacji synchronicznej z ich obecnym ruchem średnim dany jest w ostatniej kolumnie tabeli 2 (2.3 h to okres, dla którego płynne, sferyczne ciało staje się rotacyjnie niestabilne). Wynika z niej, że Io, pozostałe satelity galileuszowe oraz 4 satelity położone najbliżej Jowisza od dawna już rotują synchronicznie ze swym ruchem orbitalnym (mimochodem warto chyba odnotować, że ta dowolność warunków początkowych, które i tak prowadzą do rotacji synchronicznej, wyklucza poznanie pierwotnego okresu rotacji satelitów zaawansowanych w ewolucji pływowej oraz uniemożliwia zależne od rotacji satelitów ograniczenia teorii ich powstawania).

Io, Europa i Ganimedes są jednak w rezonansie orbitalnym, który wymusza eliptyczność orbity Io równą $e = 0.0041$. Prędkość kątowa obiegu Jowisza przez Io jest więc zmienna w czasie — występują wahania położenia Jowisza na niebie Io. Tak więc, mimo że Io nie rotuje względem Jowisza, jego kilkukilometrowe wybrzuszenie przypływowe odkształca się, podążając za środkiem tarczy planety. Zwykle, szybka zamiana energii orbitalnej na ciepło spowodowałaby spadek e (co obserwuje się u Merkurego), ale w przypadku Io niezerowa wartość mimośrodu wymuszana jest przez wyżej wymieniony rezonans. Generowane przez periodyczne odkształcenia ciepło przypływowe utrzymuje wnętrze Io w stanie stopionym i powoduje największą obserwowaną w Układzie Słonecznym aktywność wulkaniczną. Nowe fotografie wybuchów wulkanów na Io (fot. 2 na wkładce) oraz licznych zmian wyglądu powierzchni księżyca, które zaszły od czasu misji sond Voyager, dostarczyła niedawno sonda Galileo.

Część materii, wyrzuconej przez wulkany, opadając odświeża powierzchnię Io, czyniąc ją geologicznie młodą; część materii wulkanicznej tworzy wokół Io zmiennych rozmiarów „atmosferę". W październiku 1996 roku sonda Galileo odkryła jonosferę Io na niezwykle dużej wysokości dziewięciuset kilometrów nad powierzchnią księżyca (jonosfera jest obszarem zawierającym znaczną ilość swobodnych elektronów i jonów, występującym w szczytowych partiach pewnych atmosfer planetarnych. Jonizacja atomów gazu atmosferycznego, będąca źródłem naładowanych cząsteczek, zachodzi głównie pod wpływem nadfioletowego promieniowania słonecznego i promieniowania kosmicznego). Obserwacje sondy Pioneer 10 z 1973 roku wykazały istnienie jonosfery Io na wysokości 50–100 kilometrów nad powierzchnią księżyca, co wskazuje na to, że atmosfera oraz jonosfera Io są zmienne i mogą rozrastać się lub zanikać wraz z większą lub mniejszą aktywnością wulkaniczną. Pozostała część materii wulkanicznej opuszcza Io, między innymi tworząc na jego orbicie torus gazowej materii. Pierścień ten zasilany jest także przez atomy wybijane przez energetyczne cząstki z powierzchni Io. Atomy te (tzn. atomy gazów takich jak Na, K, O, S oraz SO_2) są jonizowane pod wpływem zderzeń z elektronami oraz na skutek innych reakcji z wymianą ładunku, za-



Rys. 3. Orbita piętnastego księżyca Jowisza — Pazyfae.
Wg J.A. Burns (red.), „Planetary Satellites", The University of Arizona Press, 1977.

chodzących w torusie i oddziałują z magnetosferą Jowisza. Z powodu wysokiej gęstości energii pola magnetycznego cząstki te korotują z magnetosferą. Okres obrotu Jowisza jest bardzo krótki, plazma więc dogania Io, wpada w jego atmosferę z prędkością około 60 km/s i powoduje obfitą ucieczkę kolejnych atomów z atmosfery księżyca. Io jest głównym źródłem plazmy w magnetoferze Jowisza. Szacuje się, że księżyc ten wyrzuca do magnetosfery około tonę materiału w każdej sekundzie.

Magnetosfery, plazma, pył

Naładowane cząstki w magnetosferze Jowisza powodują emisję radiową modulowaną z okresem orbitalnym Io. Poza tym zarówno obłoki opuszczające atmosferę Io, jak i torus świecą w liniach emisyjnych widzialnego obszaru widma (np. [SII] 67.3 nm, Na D 58.9 nm). Ruch plazmy w magnetosferze powoduje także wielkoskalowe (w stosunku do ziemskich, fot. 3) zjawiska zorzowe obserwowane w atmosferze Jowisza. Pomiary przeprowadzone przez Galileo wykazały istnienie dwukierunkowego strumienia elektronów o energiach 15–190 keV poruszające się wzdłuż linii pola magnetycznego w sąsiedztwie Io. Strumień ten odpowiada deponowaniu w atmosferze Jowisza energii w tempie jednego miliarda watów. Jest on prawdopodobnie spowodowany procesami przyspieszania cząstek, które mają związek z ruchem Io przez plazmę i magnetosferę Jowisza.

Galileo odkrył również pole magnetyczne o indukcji 475 nT podczas przelotu w pobliżu Ganimedesa. Pole magnetyczne Jowisza w pobliżu Ganimedesa jest rzędu 100 nT. Wydaje się więc, że Ganimedes obdarzony jest własnym polem magnetycznym. Z powodu złożoności dynamiki plazmy trudno jest jednoznacznie stwierdzić na podstawie obserwacji Galileo istnienie własnego pola magnetycznego Io.

Wybijanie mikrokraterów na powierzchni wewnętrznych satelitów Jowisza jest źródłem pyłu, który między innymi tworzy subtelne pierścienie Jowisza. Ich podstawowe cechy przedstawia tabela 3. Pierścieniom: halo i ażurowemu brak złożonej struktury, natomiast wyraźną (choć nie tak finezyjną jak u Saturna) strukturę radialną wykazuje pierścień główny (fot. 4) Jako że, jak na pierścienie przystało, leżą one bardzo blisko Jowisza (chociaż pierścień ażurowy leży poza granicą Roche'a), spłaszczenie rotacyjne planety powoduje precesję orbit ziaren pyłu i nadaje im kształt rozetek. Ruch ziaren submikronowych określony jest również przez siły elektromagnetyczne, które stają się dominujące dla rozmiarów ziaren rzędu nanometra. Jony i elektrony mają tendencję do przyczepiania się do ziaren pyłu, fotony natomiast wybijają elektrony z powierzchni ziaren. W warunkach typowych dla rozrzedzonych pierścieni Jowisza ziarna są naładowane ujemnie przez dopływ elektronów z plazmy. Oddziaływanie ziaren z silnie nachylonym do równika polem magnetycznym Jowisza unosi je na orbity o dużym nachyleniu, skąd bierze się znaczna grubość halo pierścienia głównego.

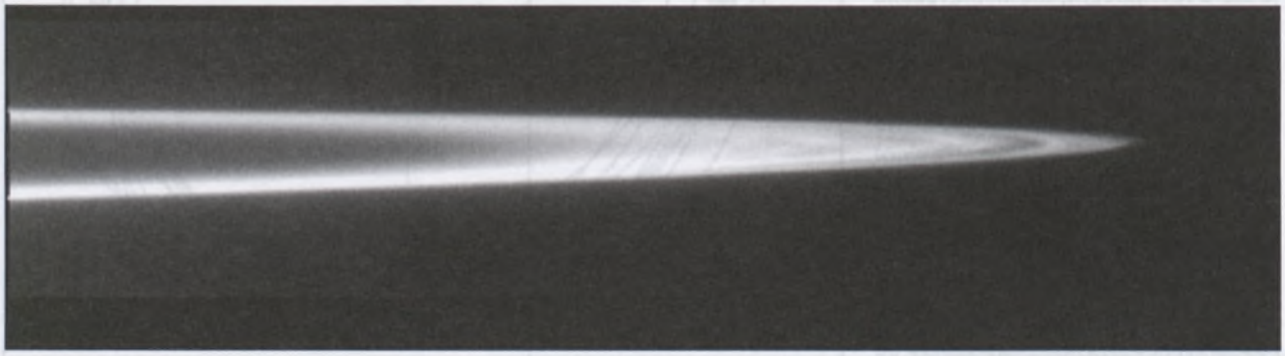
Oddziaływanie z magnetosferą submikronowych ziaren pyłu pierścienia ażurowego może powodować nawet ich ucieczkę z systemu Jowisza i osiągnięcie przestrzeni międzyplanetarnej, gdzie zostały one wykryte przez sondy Ulysses i Galileo.

Siły ciśnienia promieniowania słonecznego powodują dryf cząstek ku Jowiszowi wskutek efektu Poytinga-Robertsona. Dla małych cząstek (powiedzmy mikronowych) czas spadku na planetę jest bardzo krótki. Dlatego jeżeli pierścienie pyłowe Jowisza są zjawiskiem trwałym, zostały już one całkowicie odnowione 10^4 razy od początku swego istnienia.

Tabela 3. Obserwowane właściwości pierścieni Jowisza.

Oznaczenie	a [R_J]	Grubość [km]	Grubość optyczna τ
Halo	~ 1.40–1.72	$2 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^{-6}$
Główny	1.72–1.81	≤30	$5 \cdot 10^{-5}$
Ażurowy	1.81–(~3)	?	10^{-7}

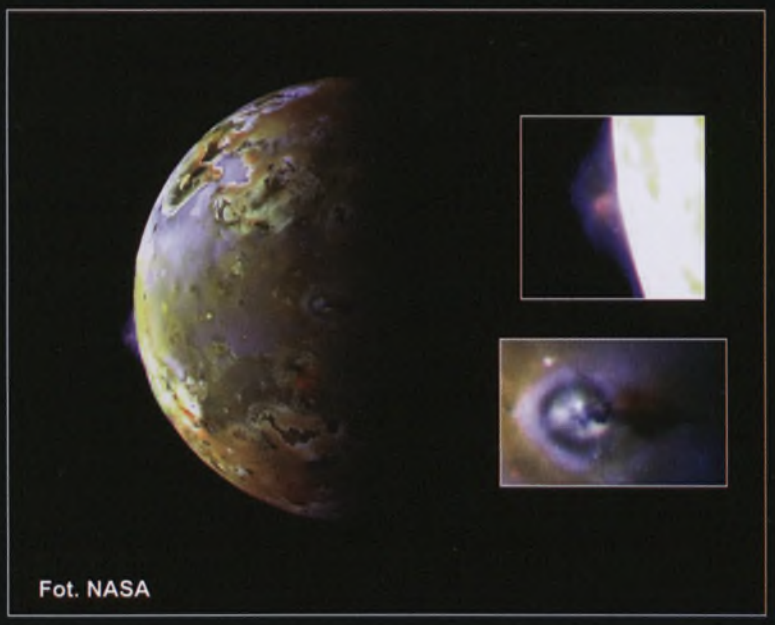
Jarosław Dyks jest obecnie pracownikiem Centrum Astronomicznego Mikołaja Kopernika w Toruniu i zajmuje się badaniami pulsarów gamma.



Fot. 4. Obraz głównego pierścienia Jowisza, uzyskany w świetle widzialnym przez sondę Galileo 9 listopada 1996; rozdzielczość 24 km na piksel. Wyraźnie widoczna jest radialna struktura pierścienia (wywołana perturbacjami od strony satelitów), którą można było jedynie sugerować, opierając się na zdjęciach sond Voyager. W pobliżu planety, tam gdzie spada jasność pierścienia głównego, widoczny staje się pierścień halo. Pomimo tego, że pierścień główny złożony jest zasadniczo z małych ziaren, których ruch powinien być znacznie zaburzany przez silną magnetosferę Jowisza, jego jasność spada gwałtownie na zewnętrznej krawędzi.

Fot. 1. Obraz małego obszaru (30× 70 km) cienkiej, popękanej skorupy lodowej Europy, będący kombinacją danych uzyskanych podczas trzech różnych obiegów orbitalnych sondy Galileo wokół Jowisza. Niskiej rozdzielczości dane uzyskane w barwach: fioletowej, zielonej i w bliskiej podczerwieni, z września 1996 r. zostały połączone z obrazami o średniej rozdzielczości z grudnia '96 w celu uzyskania obrazów w barwach syntetycznych. Te z kolei powiązano z mozaiką obrazów o wysokiej rozdzielczości (54 m na piksel) uzyskanych 20 lutego 1997 z odległości 5340 km.

Widoczne lodowe tratwy, przypominające kry lodowe ziemskich obszarów polarnych, są jednym z przejawów dużej aktywności „geologicznej" Europy. Do innych należą struktury interpretowane jako świadectwa erupcji gejzerów czy globalna sieć długich, ciemnych pasm — pęknięć pokrywających powierzchnię księżyca, najprawdopodobniej wywołanych przez naprężenia spowodowane pływowymi oddziaływaniami z Jowiszem. Twory te, być może, dowodzą istnienia wody (w stanie płynnym) pod lodową skorupą księżyca, topioną dzięki cieplu generowanemu przez grzanie pływowe. O możliwości istnienia życia w owym oceanie traktuje ciekawy artykuł w „Sky & Telescope" z grudnia 1997 roku. Fotografie prezentowane w tym artykule są małą próbką obrazów udostępnionych przez Jet Propulsion Laboratory na stronie WWW poświęconej misji Galileo: http://www.jpl.nasa.gov/galileo/.

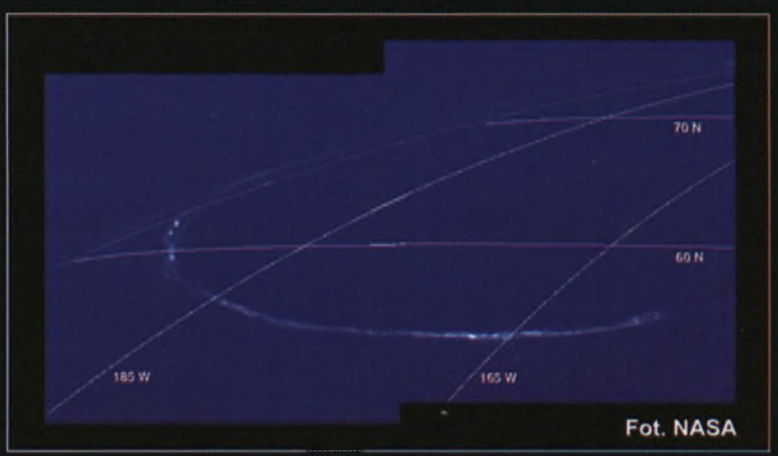


Fot. 2. Dwa pióropusze wulkaniczne na Io sfotografowane podczas dziewiątego obiegu Jowisza przez sondę Galileo. Jeden z nich (widoczny na jasnej krawędzi księżyca) wznosi się nad kalderą (rozległym zagłębieniem w szczycie wulkanu) nazwanym od imienia południowo-amerykańskiego boga burz, ognia i wulkanów Pillan Patera. Pióropusz ten (o niebagatelnej wysokości 140 km) został również wykryty przez Teleskop Kosmiczny. W 1999 roku Galileo przemknie prawie dokładnie nad nim w odległości zaledwie 600 km. Dotychczasowe fotografie najbliższego Jowiszowi, galileuszowego księżyca wykonywane były jedynie ze znacznej odległości (rzędu miliona km), ponieważ Io leży głęboko w obrębie pasów radiacyjnych Jowisza. W trosce o (i tak już szwankującą) aparaturę badawczą, która mogłaby zostać uszkodzona przez wysokoenergetyczne cząstki plazmy pasów radiacyjnych i która miała zebrać decydujące dane z próbnika atmosferycznego, zrezygnowano z obserwacji Io nawet podczas jedynego w ramach głównej misji zbliżenia sondy do tego księżyca. Program badawczy Galileo został jednak rozszerzony, dzięki czemu zbliży się ona jeszcze ośmiokrotnie do intrygującej Europy, a następnie wykona cztery bliskie przeloty w pobliżu Callisto, aby w końcu zanurkować w okolice Io, wykonując uniemożliwione wcześniej obserwacje.

Drugi, 75 kilometrowy pióropusz o nazwie Prometeusz widoczny jest w pobliżu terminatora, w pobliżu centrum jasnego i ciemnego pierścienia. Jego czerwonawo zabarwiony cień (pióropusze wulkaniczne na Io mają barwę niebieską) rozciąga się na prawo od krateru. Prometeusz widoczny jest na każdym obrazie z sondy Galileo o odpowiedniej geometrii oraz na każdym takim obrazie z sond Voyager. Te ostatnie zbliżyły się na najmniejszą odległość do Jowisza w roku 1979 — możliwe więc, że pióropusz ten jest stale aktywny od ponad 18 lat. Pióropusz nad kalderą Pillan Patera przeciwnie — nie był widoczny na obrazach uzyskanych przed fotografiami Galileo i Teleskopu Hubble'a.

Zdjęcie, uzyskane 18 czerwca 1997 roku z odległości przekraczającej 600 000 km, jest złożeniem obrazów uzyskanych przez filtry: fioletowy, zielony i bliskiej podczerwieni. Rozdzielczość: 6 km na piksel.

Fot. 3. Zorza polarna po nocnej stronie Jowisza. Biegun północny leży poza fotografią, po prawej stronie u góry. Obrazy uzyskano w świetle widzialnym, którego natężenie prezentują odcienie błękitu. Według danych widmowych zorza ma barwę czerwoną, czego należało się spodziewać po emisji atomowego wodoru w atmosferze planety. Widoczne słabe tło stanowią fotony pochodzące z oświetlonej strony Jowisza (poza fotografią, po prawej stronie), rozproszone w kierunku kamery. Niewidoczne z Ziemi szczegóły zorzy są zmienne w czasie, a śledzenie ich ewolucji umożliwiają sekwencje obrazów Galileo. Obraz uzyskano 5 listopada 1997 z odległości 1.3 mln km. Naniesiono nań siatkę szerokości i długości planetocentrycznych.



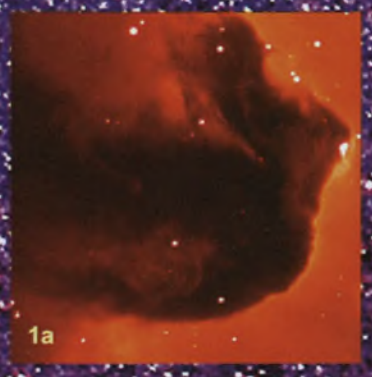
Perły Oriona

Żegnając się powoli z zimowym niebem, proponujemy raz jeszcze przyjrzeć się jednemu z najpiękniejszych obszarów nieba. Część gwiazd konstelacji Oriona wchodzi w skład olbrzymiego kompleksu obłoków gazowych, odległego od Ziemi o 1500 lat świetlnych, a rozciągającego się na przestrzeni ponad 100 l.św. To gigantyczne kłębowisko jest prawdziwym skarbcem cudów natury — zawiera m.in. Mgławicę Koński Łeb (Fot. 1, 1a) i Wielką Mgławicę Oriona (Fot. 2).

W dolnej części Fot. 2 widzimy czerwono zabarwione obłoki, oznaczone symbolami M 42 i M 43. Doskonałej jakości obrazów mgławicy dostarczył Teleskop Hubble'a (Fot. 3). W jej centralnym obszarze znajduje się gromada otwarta gwiazd — Trapez (Fot. 4), swego rodzaju wylęgarnia gwiazd i planet (Fot. 5 przedstawia „proplydy" — patrz „Postępy Astronomii" nr 1/96).

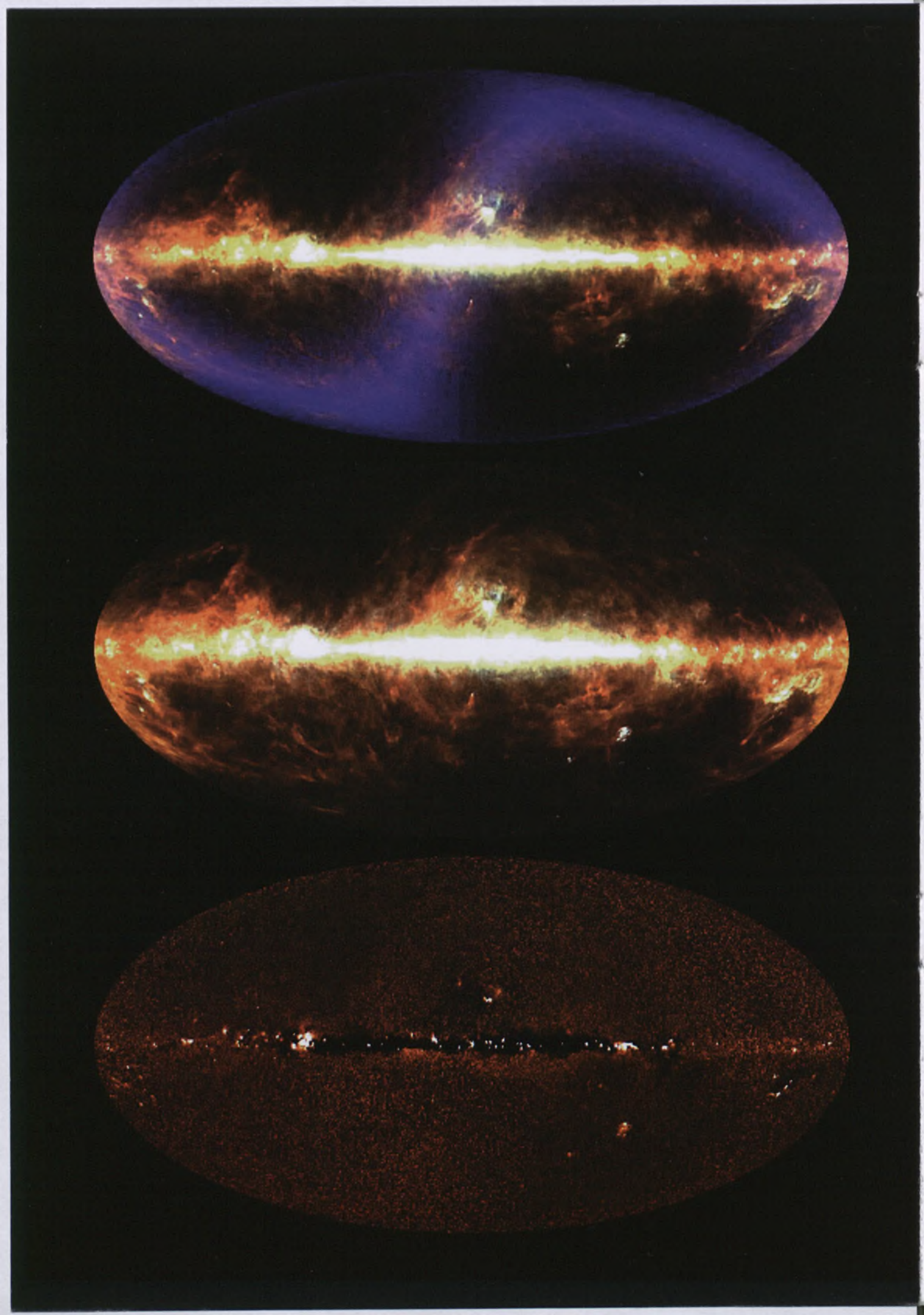
Górna część Fot. 2 zajmuje mgławica refleksyjna NGC 1977, którą w całej krasie możemy podziwiać na Fot. 6.

Amatorów tego rodzaju estetycznych wrażeń ucieszy zapewne wiadomość, że redakcja „Uranii-PA" przygotowuje systematyczną prezentację obiektów z katalogu Messiera.



Zdjęcia: 1,1a,6) David Malin (AAO), 2) J.Ware, 3) C.R. O'Dell (Rice Univ., HST, NASA), 4) J. Bolbe, D. Devine, R. Sutherland, D. Johnson, HST, NASA), 5) C.R. O'Dell i S. Wrong (Rice University, NASA), tło: J.C. Casado

Urania
Postępy Astronomii



Niebo w podczerwieni

Satelita COBE (Cosmic Background Explorer) badał promieniowanie docierające z kosmosu nie tylko w zakresie mikrofalowym. Raz w tygodniu, pomiędzy grudniem 1989 a wrześniem 1990, podczerwone detektory sondy omiatały niebo, tworząc jego portret w pasmach 140 i 240 mikrometrów (górna część ilustracji na wkładce).

Tymczasem wcale nie ten najefektowniejszy z obrazów jest dla astronomów najważniejszy. Postanowiono bowiem dotrzeć do podczerwonego tła: termicznej emisji pyłu międzygalaktycznego, który od Wielkiego Wybuchu nie ostygł tak bardzo, jak wypełniające Wszechświat promieniowanie — grzejąc się nieco w blasku gwiazd. Jednak w przeciwieństwie do promienistego tła fotonów, które na falach milimetrowych „zagłusza" wszystkie kosmiczne źródła, tło podczerwone ginie w powodzi promieniowania pochodzącego od pyłu i gwiazd naszej Galaktyki (płaszczyzna Drogi Mlecznej to centralny, jasny pas na górnej i środkowej części ilustracji) oraz od pyłu międzyplanetarnego (światło zodiakalne, które obejmuje górny obraz w kształcie litery S).

Z „wygaszeniem" pyłu obecnego w Układzie Słonecznym nie było większego problemu: jego świecenie zmieniało się z tygodnia na tydzień, w miarę jak Ziemia przemieszczała się po swej orbicie (rezultat tej redukcji widzimy na środkowej ilustracji). Znacznie więcej pracy wymagało usunięcie z obrazu składowej pyłowej naszej Galaktyki oraz (w oparciu o skonstruowane na podstawie zliczeń gwiazd różnych typów modele ich rozkładu) wypełniających ją gwiazd. To dlatego końcowy rezultat (dolny obraz) ujawniono dopiero w styczniu br.

Jak twierdzą specjaliści — warto było czekać nawet te kilka lat. Wolna od „szumów" emisja Wszechświata w podczerwieni okazała się silniejsza niż przypuszczano. Być może pył jest tak gęsty, że kryje w swym wnętrzu gwiazdy, których światło do nas nie dociera. Albo też gwiazd po Wielkim Wybuchu było znacznie więcej. Tak czy inaczej — dzięki dokonanej analizie można oszacować całkowitą ilość energii, którą wyprodukowały gwiazdy. Ucieszy to badaczy zajmujących się zagadnieniami narodzin galaktyk i gwiazd w młodym Wszechświecie. (*kr*)

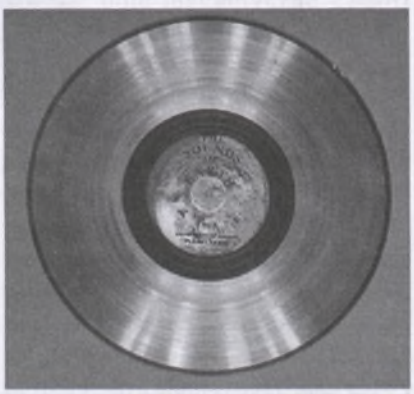
Voyager liderem

17 lutego br. Voyager 1 „wyprzedził" Pioniera 10 — najdalszy do tej pory statek kosmiczny z planety Ziemia. Sondy zmierzają w różnych kierunkach, nie było to więc może widowiskowe przejęcie pałeczki w międzygwiezdnej sztafecie, ale warto odnotować fakt, że rozpoczął się kolejny etap ich wędrówki w nieznane.

Choć Pionier 10 oficjalnie zakończył swą misję 31 marca ubiegłego roku, jego sygnały odbierane są jeszcze sporadycznie przez ośrodek NASA. Natomiast dane z sondy Voyager 1 są wciąż z uwagą śledzone przez system trzech 34-metrowych anten rozmieszczonych w Kalifornii, Australii i Hiszpanii. Pierwszy „Podróżnik" jest obecnie oddalony o prawie 70 jednostek astronomicznych od Ziemi, pozostając w obrębie tzw. heliosfery, czyli obszaru zdominowanego przez wiatr słoneczny. Uzyskiwane dane sugerują jednak, że już za kilka lat wkroczyć może w granice heliopauzy, odgraniczającej sferę oddziaływania Słońca od właściwego ośrodka międzygwiazdowego.

W odległości sondy — 10.4 miliarda kilometrów — Słońce świeci około 5000 razy słabiej niż na Ziemi. Ta ilość promieniowania nie wystarczyłaby na zasilanie urządzeń Voyagera; umożliwiają to natomiast specjalnie w tym celu skonstruowane generatory radioizotopowe, które działają nieprzerwanie już od ponad 20 lat. Pędzące z prędkością światła sygnały sondy trafiają na Ziemię po 9 godzinach i 36 minutach. Nadane przy użyciu 20-watowego nadajnika, są przez nas odbierane jako miliardy razy słabsze od mocy bateryjki z elektronicznego zegarka...

Zasilanie powinno wystarczyć do roku 2020, więc jeśli wszystko pójdzie dobrze, ostatnie sygnały odbierzemy z Voyagera 1 odległego o 150 j.a. (tj. ponad 20 miliardów km), sonda oddala się bowiem z każdą sekundą o ponad 17 kilometrów. Bliźniaczy Voyager 2 (obecnie w odległości 8.1 mld km) przemierza przestrzeń z prędkością prawie 16 km/s. W skali kosmicznych odległości to jednak prawdziwie żółwie tempo: przyjdzie nam czekać kilkadziesiąt tysięcy lat, nim dzieło ludzkich rąk dotrze do gwiazd. (*kr*)



Sonda Voyager wiezie na pokładzie płytę „Odgłosy Ziemi" z nagranymi dźwiękami i widokami z Ziemi. Czy znajdzie się Ktoś, kto będzie chciał i mógł jej wysłuchać?

Nowe zagadki na Io

Jakby mało było aktywnych wulkanów, sięgających swymi wybuchami setek kilometrów ponad powierzchnię Io, jezior roztopionej siarki i rozległych pól „śnieżnych" dwutlenku siarki, Teleskop Kosmiczny Hubble'a dostarczył nowej rewelacji. Na biegunach tego niezwykłego księżyca Jowisza znajdują się czapy świecącego gazu wodorowego. Odkrył to zespół uczonych pod kierownictwem Fredericka Roeslera, dzięki obserwacjom przy pomocy Spektrografu Obrazującego Teleskopu Kosmicznego (STIS).

Na razie najlepszym wyjaśnieniem zagadki jest postulowane istnienie z jakichś bliżej nie znanych powodów na biegunach Io koncentracji wodoru w formie odparowującego z powierzchni księżyca siarczku wodoru. Uwolnione molekuły mogą być następnie rozbijane na tworzące je atomy wodoru i siarki, przy czym atomy wodoru świecą pod wpływem promieniowania nadfioletowego pochodzącego ze Słońca. Alternatywne rozwiązanie jako winowajcę całego „zamieszania" wskazuje potężny prąd elektryczny przepływający pomiędzy Jowiszem a Io, w którym atomy wodoru są popychane w kierunku księżyca z bogatej w wodór atmosfery Jowisza.

Co prawda już wcześniej w okolicach równikowych Io odkryto świecące pasy złożone z atomów tlenu i siarki, to jednak poświata wodorowa wydaje się nie mieć żadnego powiązania z tamtymi znaleziskami.

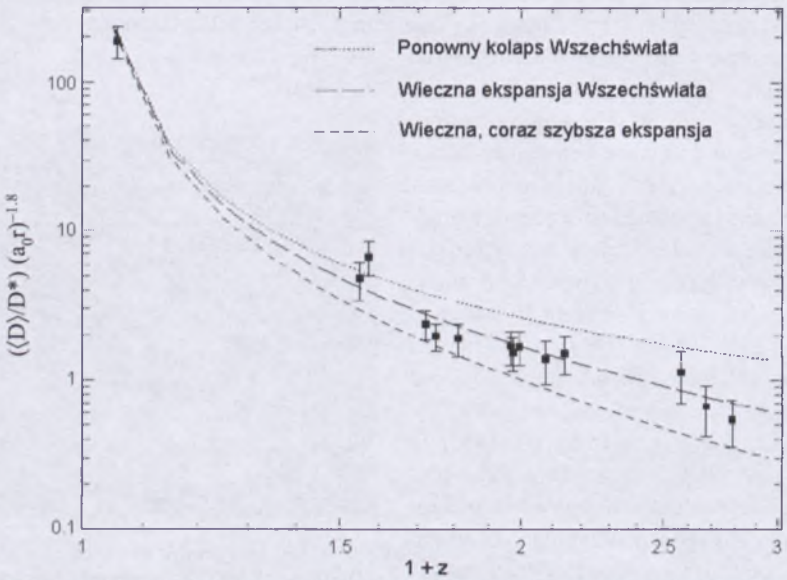
(*mag*)

Los Wszechświata

Dwoje astronomów z Princeton University, Ruth A. Daly i Erick Guerra, zaprezentowało niedawno nowe przewidywania w materii ostatecznego losu naszego Wszechświata, oparte na pomiarach wielkości bardzo odległych radiogalaktyk.

Skupiono się na 14 obiektach, legitymujących się przesunięciami ku czerwieni w zakresie 0 do 2. Wszystkie one są klasycznymi podwójnymi radioźródłami, podobnymi do znanego powszechnie Cygnusa A: w kształcie cygara, z czarną dziurą w centrum i „gorącą plamą" (w zakresie radiowym) na obu końcach struktury gazowej. Astrofizycy jako wielkość takich klasycznych podwójnych radioźródeł przyjmują właśnie odległość pomiędzy tymi dwoma radiowymi gorącymi plamami — jest to tzw. wielkość charakterystyczna lub maksymalna.

Uprzednie rozważania dowiodły tego, że wszystkie te klasyczne obiekty w danej odległości od Ziemi (o tym informuje wielkość ich przesunięcia ku czerwieni), mają podobną wielkość charakterystyczną — zależy ona od odwrotności tej odległości. Widoma wielkość charakterystyczna całkowitej populacji radiogalaktyk o tym samym przesunięciu ku czerwieni zależy od odległości do tych źródeł. Na podstawie obu tych informacji można oszacować odległość do źródeł, a jej znajomość oznacza wiedzę o globalnej geometrii Wszechświata, a zatem i o jego ostatecznym losie.



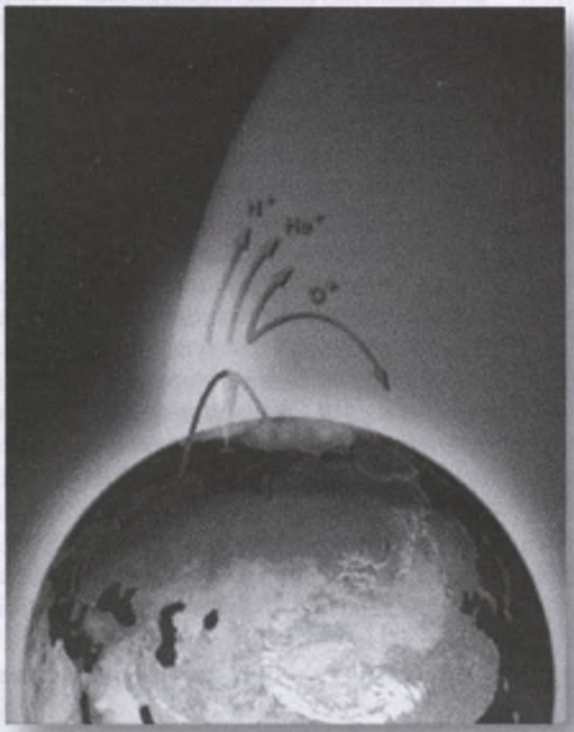
Zależność wielkości charakterystycznej radioźródła od jego przesunięcia ku czerwieni dla trzech różnych modeli kosmologicznych.

Widoma wielkość, czyli odległość pomiędzy gorącymi plamami, radiogalaktyk o dużym przesunięciu ku czerwieni jest wskazówką pomagającą rozstrzygnąć, który model opisuje Wszechświat najtrafniej (patrz ramka obok). Jeśli parametr ten jest względnie mały — czeka nas kiedyś zahamowanie ekspansji i ponowny kolaps. Jeśli gorące plamy zaś są bardziej rozdzielone, oznaczać to może jedynie nie kończącą się ekspansję — spowalniającą lub przyspieszającą. Omawiane badania wskazują na to, że na wielkich odległościach od nas galaktyki mają potężne rozmiary — stąd konkluzja o wiecznej ekspansji Wszechświata i to z biegiem czasu coraz szybszej. Informacje o globalnej geometrii Wszechświata uzyskuje się również z analizy maksymalnej jasności supernowych — konkluzje są identyczne.

(*mag*)

Polarna fontanna Ziemi

Od czasu odkrycia wiatru słonecznego ogólnie przyjęty był pogląd, że jest on jednocześnie głównym źródłem plazmy wypełniającej magnetosferę Ziemi. Wiemy, że w Układzie Słonecznym nie jest to jedyna możliwa sytuacja, spektakularnym przykładem jest magnetosfera Jowisza, w której obserwujemy silne źródło plazmy w postaci wykazującego dużą aktywność wulkaniczną satelity Io. W roku 1980 instrumenty zainstalowane na pokładzie amerykańskiego satelity DE-1 (Dynamics Explorer) zarejestrowały strumienie gazu emitowane do góry z jonosfery ziemskiej. Znaleziono jony wodoru, helu, tlenu i azotu, poruszające się z różnymi prędkościami i po różnych torach. Atmosfera Ziemi traci w ten sposób około 50 ton gazów w ciągu dnia. Zjawisko ma miejsce w obszarach zorzowych, ściślej w obszarze tzw. czap polarnych — dotyczy to zarówno okolic bieguna północnego jak i południowego. Podejrzewa się, że te polarne fontanny, jak je nazwano wkrótce po odkryciu, powstają w wyniku oddziaływania gazów jonosferycznych ze strumieniami energetycznych cząstek, przychodzących z odległych obszarów magnetosfery Ziemi i odpowiedzialnych m.in. za zorze polarne. Szczegóły mechanizmu odpowiedzialnego za rozpędzanie fontanny polarnej nie są jeszcze jasne. Dziesięć lat temu nie było też całkiem oczywiste, czy obserwowane strumienie jonów nie mają jednak bezpośredniego związku z wiatrem słonecznym. Jedną z przeszkód była niemożność obserwacji w pobliżu satelity jonów o najniższych energiach z powodu ich odpychania przez obłok ładunków elektrycznych otaczających satelitę. Zjawisko spowodowane jest ładowaniem się korpusu satelity, oświetlanego światłem ultrafioletowym Słońca i poruszającego się w plazmie. Satelita ładuje się do potencjału 5 – 10 V. Tworzy się wokół niego ekran plazmowy, składający się z dodatnich jonów odpychających wszystkie jony o niższej energii. Można jednak taką chmurę jonową zneutralizować, umieszczając na pokładzie urządzenie zdolne wyprodukować plazmę wystrzeliwaną następnie w bliskie otoczenie obiektu. Wtedy niskoenergetyczne cząstki staną się widoczne dla urządzeń znajdujących się na pokładzie satelity. Taką technikę zastosowano na niedawno wystrzelonym amerykańskim satelicie POLAR, badającym obszary polarne



magnetosfery Ziemi na wysokościach sięgających do prawie 8 promieni ziemskich. Trzeba sobie jednak zdać sprawę z tego, że neutralizowanie ładunku satelity może zaburzać pracę innych przyrządów i dlatego stosuje się je w wybranych okresach czasu.

Na ostatnim zjeździe Amerykańskiej Unii Geofizycznej w grudniu 1997 roku, Charles R. Chappel i Barbara L. Giles z NASA Marshall Space Flight Center przedstawili wyniki pomiarów przeprowadzonych wraz ze współpracownikami w ramach eksperymentu TIDE (Thermal Ion Dynamics Experiment) znajdującego się na pokładzie wspomnianego już satelity POLAR. Do tego dodana została interpretacja teoretyczna, o której za chwilę.

Na różnych wysokościach zaobserwowano wiązki niskoenergetycznych jonów. Niektóre opadały z powrotem do jonosfery, inne jednak poruszały się do góry nawet na największych wysokościach, osiąganych przez POLARa. Zaobserwowano nawet jony o energiach rzędu dziesiątych części elektronowolta. Najciekawsze są chyba jednak wyniki symulacji numerycznych przeprowadzonych przez Dominika Delcourt z Centre d'Étude des Environnements Terrestre et Planétaires w Velizy, współpracującego z grupą z Centrum im. Marshalla. Okazało się, że jony fontanny polarnej mogą przedostawać się do odległych obszarów ogona magnetosfery Ziemi, gdzie są przyspieszane do energii tysiąc razy wyższych, rzędu kiloelektronowoltów (jeden elektronowolt jest energią, jaką uzyskuje cząstka naładowana po przejściu różnicy potencjałów równej jednemu woltowi). Tak przyspieszone cząstki, pochwycone przez pole magnetyczne Ziemi, mogą przebywać w jej magnetosferze duże odległości, a w szczególności powracać w okolice jej biegunów magnetycznych. W ten sposób koło się zamyka — cząstki fontanny polarnej wyrzucane przez przychodzące z odległej magnetosfery energetyczne cząstki powracają po pewnym czasie „do miejsca urodzenia". Jeśli przedstawiony obraz się potwierdzi, to może okazać się, że rola wiatru słonecznego jako głównego źródła plazmy magnetosferycznej może być mniejsza niż się wydawało do tej pory.

(*rs*)

Najmasywniejsze znane gwiazdy

Najwyraźniej Wszechświat nie ma zamiaru zaprzestać zadziwiania nas swymi cudami, każąc nam co i rusz weryfikować nasze poglądy na jego temat. A do tego, że za przeważającą częścią doniesień o nowych odkryciach kryje się *Teleskop Kosmiczny Hubble'a* (*HST*), zdążyliśmy się już chyba przyzwyczaić. Tym razem szczęście uśmiechnęło się do doktorów astronomii Phila Masseya z National Optical Astronomy Observatories (NOAO) w Tucson (Arizona) i Deidre Hunter z Lowell Observatory we Flagstaff, również w Arizonie. Swoją uwagę zwrócili oni na młodą gromadę R136.

Była ona już wcześniej obserwowana, jeszcze przed „epoką *HST*"; astronomowie przypuszczali, że może ona zawierać pojedynczą, supermasywną gwiazdę. Rzeczywistość wszakże okazała się, zresztą nie po raz pierwszy i zapewne nie ostatni, jeszcze ciekawsza. Odkryto bowiem siedlisko wielkiej ilości bardzo masywnych gwiazd, co więcej — dogodnych do obserwacji, bo znajdujących się niedaleko od nas. Przedstawmy zatem naszą bohaterkę i jej „skarby".

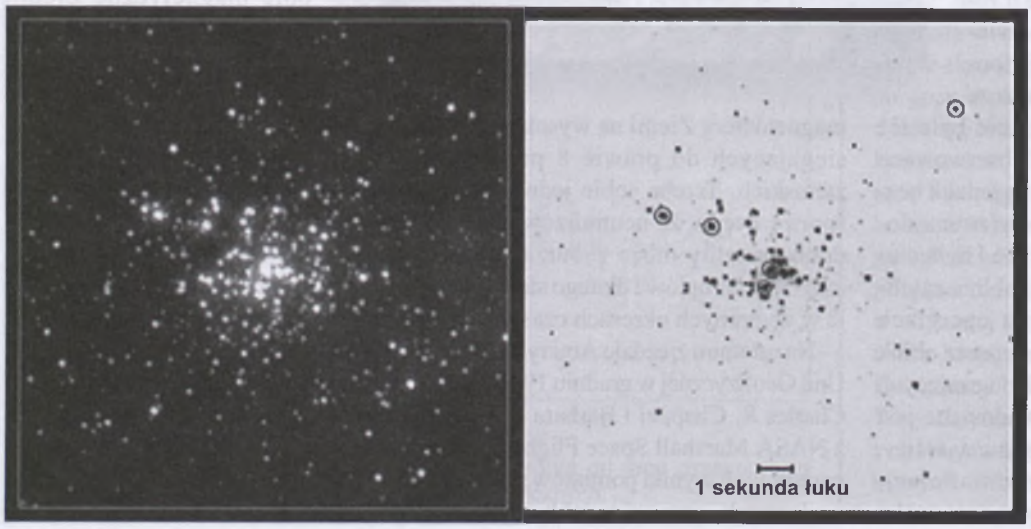
R136 to gromada skupiająca bardzo gorące i bardzo młode gwiazdy, sama będąc w mgławicy 30 Doradus, olbrzymim obszarze H II w Wielkim Obłoku Magellana, odległym od nas o około 163 tysiące lat świetlnych. Zważywszy na to, iż jej wiek zawiera się pomiędzy zaledwie jednym a dwoma milionami lat, astronomowie nie wykluczają możliwości, że oto jesteśmy świadkami rodzenia się gromady gwiazd, dopiero rozpoczynającej swój kosmiczny żywot. Ściślej mówiąc — gromady kulistej, gdyż w samym tylko jej środku dzięki *HST* udało się wyodrębnić ponad 3500 gwiazd, a jak widać na zdjęciu, w całej gromadzie również ich z pewnością nie brakuje.

Massey i Hunter wykorzystali *Spektrograf Słabych Obiektów* (*FOS*) zainstalowany na *HST*, by uzyskać widma 65 najjaśniejszych niebieskich gwiazd w R136. Jak wynika z analizy otrzymanego materiału obserwacyjnego, temperatury tych obiektów sięgają około 50 tysięcy kelwinów. Oznaczałoby to, że są to przedstawicielki typu widmowego O3. Innymi słowy, mamy do czynienia z najjaśniejszą i najmasywniejszą podklasą wśród gwiazd. Co więcej, omawiane obserwacje doprowadziły do zidentyfikowania większej ilości gwiazd typu O3 w tym jednym obszarze, w stosunku do uprzednio znanych w całej reszcie Wszechświata! Ponad tuzin spośród nich szczyci się masą przekraczającą 100 mas Słońca. Najmasywniejsza zaś może mieć nawet 150 $M_{\odot}$(!), co jest absolutnie bezkonkurencyjną wartością wśród znanych nam dotychczas gwiazd.

Nie jest to koniec ciekawostek, jakie ma nam do zaoferowania R136. Jak wynika z badań historii powstawania gwiazd tej gromady, mimo niebywałego „tłoku", jaki w niej panuje, ścieżki ewolucyjne są podobne, jeśli nie takie same, jak w bardziej pospolitych, nie tak gęstych obszarach powstawania gwiazd w naszej Galaktyce. Bardzo ważne spostrzeżenie to fakt, że rozkład gwiazd według masy jest taki sam w R136, jak w bardziej typowych miejscach narodzin gwiazd. Natomiast fakt obecności wielkiej ilości bardzo masywnych gwiazd może być po prostu bezpośrednią konsekwencją tego, że obszar zajmowany obecnie przez gromadę, zawierał u zarania jej historii wyjątkowo zasobne pokłady gazu i pyłu. Wypływa stąd wreszcie frapujący wniosek, że tak naprawdę to nie napotkaliśmy jeszcze na fizyczną granicę masy, którą może posiadać gwiazda. Wszystkie dotychczasowe „rekordy" są rezultatem jedynie statystyki dostępnych naszym obserwacjom obiektów, a nie ich fizyki.

Pod koniec stycznia bieżącego roku Massey i Hunter będą kontynuować obserwacje, wykorzystując już nowy instrument badawczy *HST* — *Spektrograf Obrazujący Teleskopu Kosmicznego* (*STIS*). Spodziewają się oni, że uda się dokładniej określić temperaturę i masę największych członkiń gromady R136.

(mag)



Z lewej: ***R136 — gęsta gromada młodych, gorących gwiazd, będąca w centrum olbrzymiego obszaru H II w Wielkim Obłoku Magellana. Zawiera ona najmasywniejsze spośród dotąd znalezionych gwiazd.***

Po prawej: ***w kółkach zaznaczono gwiazdy, których masy przekraczają 100 $M_{\odot}$; skala u dołu obrazuje najlepszą rozdzielczość uzyskiwaną przez teleskopy naziemne.***

Zdjęcia: ***WFPC2 Science Team i NASA/NOAO.***

Odchudzanie gwiazd

Rys. 1. Artystyczna wizja systemu φ Persei. Masywniejszy niegdyś składnik to niepozorna gwiazdka w lewym dolnym rogu, która wkrótce stanie się białym karłem. Towarzysz „przejął" większość materii, częściowo tworzącej rozległy dysk.

Niektóre gwiazdy w układach podwójnych znalazły sposób szybkiego pozbycia się zbędnych „kilogramów", przerzucając część masy na swoich towarzyszy. Teleskop Kosmiczny zaobserwował efekty takiej diety-cud w przypadku φ Persei. Masywna początkowo gwiazda wieńczy swój żywot z masą bliską słonecznej, podczas gdy jej niegdyś lżejszy towarzysz ma obecnie masę dziewięciokrotnie większą.

W Galaktyce znanych jest kilkadziesiąt masywnych układów podwójnych, w których jeden ze składników jest gwiazdą neutronową. Do tej pory nie udawało się jednak obserwować dramatycznych losów takiej pary w nieco wcześniejszej fazie ewolucji. Nowe dane z teleskopu Hubble'a pokazują, jak gwałtownie materia gwiazdy może zostać przejęta przez jej towarzysza.

W badanym układzie masywniejszy pierwotnie składnik po wypaleniu wodoru począł się rozdymać, z czego skwapliwie korzystał jego towarzysz, zagarniając zewnętrzne warstwy materii. Z rozrzutnego nieszczęśnika pozostało praktycznie gołe jądro — podkarzeł, zmieniający się stopniowo w białego karła. Jego istnienia mogliśmy się tylko domyślać, gdyż pozostający pierwotnie „w cieniu" towarzysz w międzyczasie potężnie się rozrósł i to on obecnie bryluje. Tylko jego ruch przestrzenny podlega niewielkim zakłóceniom, co stwarzało szansę zidentyfikowania sprawcy.

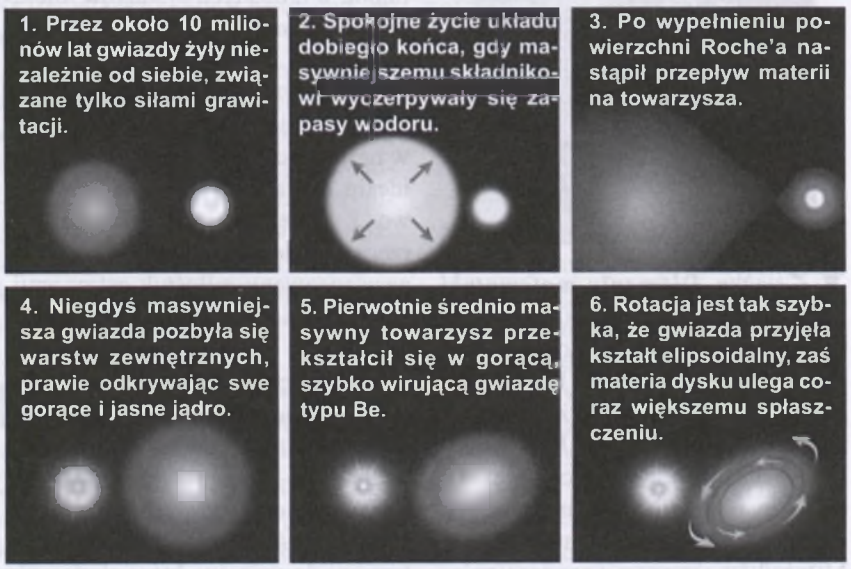
φ Persei to gwiazdka czwartej wielkości, położona nieco poniżej konstelacji Kasjopei. Pomiędzy listopadem 1995 a październikiem roku następnego pięciokrotnie znalazła się na celowniku teleskopu Hubble'a. Spektrografem wysokiej rozdzielczości (GHRS) wykonano obserwacje w ultrafiolecie, które na łamach *Astrophysical Journal* (z 20 stycznia br.) analizuje Douglas Gies.

Podkarła udało się wreszcie zaobserwować bezpośrednio. Gdyby nie rozdęty towarzysz, żyjący częściowo jego kosztem, byłaby to bodaj najjaśniejsza tego typu gwiazda na całym niebie, nawet z odległości 720 lat świetlnych świecąca blaskiem szóstej wielkości. Przy temperaturze powierzchni przekraczającej 50 tysięcy stopni promieniuje bowiem 200 razy silniej od Słońca. Cóż — wobec 10-krotnie większej mocy promieniowania masywnego towarzysza jest to i tak niewiele...

Towarzysz nie tylko zajaśniał ze zwielokrotnioną siłą — zyskał też dodatkowe miliony lat życia, gromadząc ogromny zapas paliwa jądrowego. Jednak „nabieranie ciała" w takim tempie nie mogło pozostać bez śladu: gwiazda przekształciła się w obiekt typu Be, w którym gorące, szybko rotujące ciało centralne otacza rozległy, spłaszczony dysk (rys. 1). Do tej pory nie jest w pełni jasne, co powoduje szybką rotację gwiazd Be. W przypadku φ Persei podejrzewa się, że strumień gazu ściąganego z drugiego składnika „uderzał" w gwiazdę niecentralnie, zmuszając ją do coraz szybszego obracania się. Przy obecnej prędkości rotacji (450 km/s na równiku) gwiazda z trudem utrzymuje zewnętrzne obszary dysku w swym polu grawitacyjnym.

Zebranie nowych danych obserwacyjnych dotyczących φ Persei pozwoliło odtworzyć dotychczasowe losy systemu. Rozpoczął on swą ewolucję jako układ gwiazd o masach około 6 i 5 mas Słońca (rys. 2.1). Pojedyncze gwiazdy o takiej masie kończą swoje życie, wybuchając jako supernowe. Natomiast w rozważanym tu układzie podwójnym towarzysz nie dopuszcza do tak gwałtownego finału. Gdy po kilku milionach lat masywniejszemu składnikowi wyczerpuje się zapas wodoru i (w odpowiedzi na kurczenie się jądra) jego warstwy zewnętrzne ulegają rozdęciu (rys. 2.2), towarzysz bierze na siebie lwią część jego materii, która w końcu utworzy ogromny dysk (rys. 2.3–2.6).

Po upływie kolejnych 10 milionów lat wyczerpywanie się jądrowego paliwa zacznie odczuwać także towarzysz. Jego ekspansja spowoduje, że świeżą materię będzie mógł zbierać biały karzeł. Po przekroczeniu pewnej krytycznej masy dane mu będzie raz jeszcze zabłysnąć jako gwieździe nowej. (*kr*)



Rys. 2. Ewolucja układu φ Persei (rysunki nie zachowują skali rozmiaru obiektów).

Trzeci etap pasjonującej wędrówki po krętych ścieżkach nauki

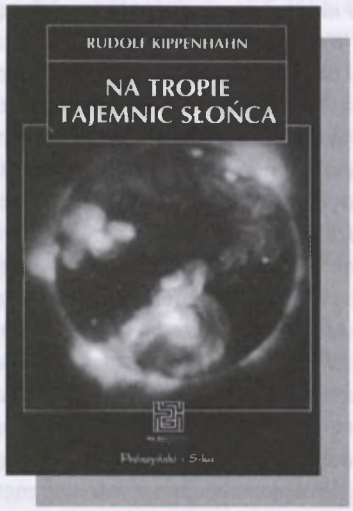
W *Postępach Astronomii*, w zeszytach 2/96 i 4/97 dzieliłem się z Czytelnikami swoimi wrażeniami z lektury 18 pozycji serii *Na ścieżkach nauki* wydawnictwa „Prószyński i S-ka". Dzisiaj leży na moim biurku pięć kolejnych książek tej serii, wydanych w 1997 roku: *Diamenty matematyki, Na tropie tajemnic Słońca, Alchemia nieba, Zdumiewająca hipoteza i Czas Marsa.* Zachęcam do przeczytania wszystkich, bo są tego warte, ale omówię tylko cztery. Książki *Zdumiewająca hipoteza, czyli nauka w poszukiwaniu duszy*, której autorem jest noblista Francis Crick, zajmujący się badaniami mózgu, nie odważyłbym się recenzować. Dotyczy bowiem dziedziny prawie zupełnie mi nie znanej, chociaż nie mniej pasjonującej niż astronomia.

Książkę ***Diamenty matematyki*** (str. 248, cena 17.50 zł, w tekście około 100 rysunków oraz 20 żartów rysunkowych Pawła Pasternaka) napisali polscy autorzy Krzysztof Ciesielski i Zdzisław Pogoda. Jest ona jedną z nielicznych, wydanych w języku polskim pozycji, popularyzujących „królową nauk", czyli matematykę. Miłośników astronomii powinny zainteresować szczególnie dwa ostatnie rozdziały: *Theorema egregium, czyli twierdzenie o krzywiźnie* oraz *Anomalie cztrowymiarowe, czyli wyniki Freedmana i Donaldsona.* Omawiane są w nich mianowicie zagadnienia, występujące w kosmologii. Między innymi, dowiedzieć się można, kto i kiedy wymyślił płaszczaki. Niewątpliwą atrakcją książki są liczne anegdoty o słynnych matematykach. W tym także o wybitnych matematykach polskich, którzy bardzo dużo wnieśli do współczesnej nauki.

Nie mogę powiedzieć, że przeczytałem książkę jednym tchem. Muszę wręcz wyznać, iż większość tekstu czytać musiałem bardzo wolno i uważnie. No cóż, matematyka nie jest dziedziną tak wdzięczną w popularyzacji jak astronomia.

O tym, że popularyzowanie astronomii też nie jest łatwe, niemiecki astrofizyk Rudolf Kippenhahn wyznaje we wstępie do książki ***Na tropie tajemnic Słońca*** (przekład — Paweł Rudawy, str. 360, cena 18.50 zł, w tekście aż 114 bardzo przemyślanych i starannie wykonanych rysunków, literatura uzupełniająca w języku polskim, indeks).

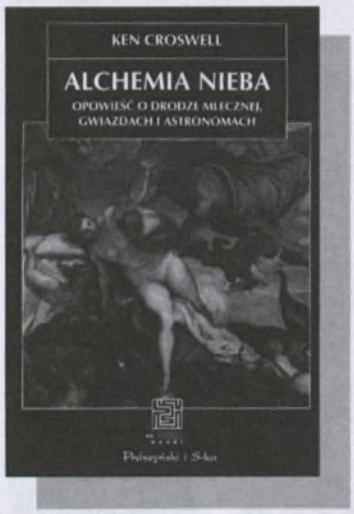
Samokrytycyzm autora uważającego, że dopiero w przyszłości, czyli w następnych książkach zbliży się do ideału, uzasadniony jest tylko częściowo. Z jednej bowiem strony, książka rzeczywiście nie jest zbyt łatwa. Niezaawansowany miłośnik astronomii, a tym bardziej zupełny laik, może przy pierwszym czytaniu mieć trudności ze zrozumieniem pewnych partii tekstu. Z drugiej jednak strony, poszczególne zagadnienia omawiane są bardzo dogłębnie — bez uproszczeń, stosowanych zwykle w literaturze popularnonaukowej. Autor nie ucieka się przy tym ani do wzorów, które skutecznie odstraszają czytelników, ani do prymitywnych analogii. W efekcie, otrzymaliśmy dzieło, w którym szczegółowo omówiona jest fizyczna natura także takich zjawisk, jakie w innych książkach pomijane były milczeniem lub tylko wzmiankowane — na przykład supergranulacji i oscylacji Słońca. Dzięki temu, książka stanowi prawdziwą „słoneczną encyklopedię" i można w niej znaleźć informacje, które dotąd „ukrywane" były w fachowej literaturze heliofizycznej. Z tego chociażby powodu powinna się znaleźć w biblioteczce każdego miłośnika astronomii.



Jak wiadomo, materia słoneczna znajduje się w stanie plazmy, a większość zachodzących na i w Słońcu zjawisk związana jest z polem magnetycznym. Autor podejmuje, chyba pierwszą w popularnonaukowej literaturze, próbę przedstawienia całej złożoności podstaw fizyki plazmy i jej współoddziaływania z polem magnetycznym. Aby w popularny sposób omówić te niezmiernie skomplikowane sprawy, autor ucieka się do pomocy pana Mayera. Wspólnie z panem Tompkinsem, znanym już z książki George'a Gamowa *Pan Tompkins w Krainie Czarów* (Prószyński i S-ka, *Na ścieżkach na-*

uki, Warszawa 1995), zabiera on Czytelnika na fascynujące przedstawienia w cyrku Plazmoland.

W dowolnym tłumaczeniu na język polski, tytuł niemieckiego oryginału brzmi: „Gwiazda, pod którą żyjemy — na tropie tajemnic Słońca". Zgodnie z tym tytułem, dwa ostatnie, krótkie rozdziały poświęcone są perspektywom bezpośredniego gospodarczego wykorzystania energii słonecznej oraz zagrożeniom ze strony rozbłysków słonecznych i związkom pomiędzy aktywnością słoneczną a ziemskim klimatem. Szkoda, że ten ostatni problem potraktował autor bardzo pobieżnie. Moim zdaniem, cenne byłoby, gdyby w takiej właśnie książce bardziej dobitnie powiedziano, że bezpośrednie zależności miedzy klimatem, pogodą i różnymi innymi zjawiskami przyrodniczymi, medycznymi a nawet społecznymi nigdy nie zostały naukowo udowodnione i, być może, po prostu ich nie ma. Większość ludzi jest bowiem głęboko przekonana, że związki takie istnieją — czytają bowiem o tym w różnorodnych pseudonaukowych wydawnictwach.

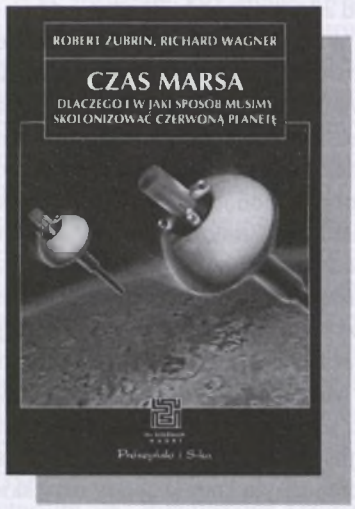


Tradycyjnie czarną okładkę książki ***Alchemia nieba. Opowieść o Drodze Mlecznej, gwiazdach i astronomach*** (przekład — Michał Jaroszyński i Michał Szymański, str. 456, cena 21.50 zł, 15 czarno-białych fotografii na kredowej wkładce oraz 22 rysunki w tekście, słowniczek, noty redakcyjne, bibliografia, obszerny indeks) ozdabia kolorowa reprodukcja pięknego obrazu *Powstanie Drogi Mlecznej* Jacopo Tintoretto. Przedstawia on grecki mit o powstaniu i naturze Drogi Mlecznej. Natomiast treścią książki jest z jednej strony historia Naszej Galaktyki, czyli jej powstanie, ewolucja i ewolucja jej składników, a z drugiej strony — niezmiernie ciekawa historia badań naszej gwiezdnej wyspy — od Demokryta z V wieku p.n.e. do roku 1993.

Autor — amerykański astronom i znany popularyzator — Ken Croswell nie ogranicza się do suchego relacjonowania wyników badań, lecz co chwilę cytuje fragmenty oryginalnych naukowych artykułów, wspomnień wybitnych astrofizyków i kosmologów oraz osobistych z nimi rozmów. Wiele cytatów ma charakter anegdotyczny. W efekcie, otrzymujemy wspaniałą, czytaną jednym tchem opowieść o kształtowaniu się naszej obecnej wiedzy o Galaktyce i jej najbliższym sąsiedztwie. Poznając całą złożoność prezentowanych zjawisk i obiektów, możemy śledzić, jak bardzo krętymi ścieżkami wędrowała astronomiczna myśl. Podobnie jak w poprzedniej pozycji, także i w tej książce omawiane są zagadnienia, które w popularnonaukowej literaturze były dotąd pomijane lub tylko sygnalizowane — na przykład populacje gwiazd czy metaliczność gwiazd jako wskaźnik ich wieku. A wszystko opowiedziane jest z poczuciem humoru, językiem prostym, w sposób zrozumiały nawet przez osoby nie interesujące się specjalnie astronomią. Nie wyobrażam sobie miłośnika astronomii, nie posiadającego tej pozycji.

Dołączony do książki „słowniczek", z powodzeniem mógłby być oddzielną publikacją, ponieważ na 50 stronach zawiera aż 360 haseł. Do tego dochodzą obszerne noty redakcyjne (przypisy i źródła cytatów) do każdego rozdziału oraz bardzo obszerna bibliografia. Obejmują one odpowiednio 10 i 25 stron drobnego druku.

Czas Marsa. Dlaczego i w jaki sposób musimy skolonizować Czerwoną Planetę (przekład — Leszek Kallas, przedmowa — Arthur C. Clarke, str. 420, cena 18.50 zł, kredowa wkładka z 26 czarno-białymi rysunkami i fotografiami oraz 28 rysunków w tekście, 18 tabel, słowniczek terminów, literatura uzupełniająca w języku angielskim i polskim, indeks), to napisane z pasją wezwanie do niezwłocznego podjęcia przygotowań do załogowych lotów na najbardziej do Ziemi



podobną planetę Układu Słonecznego. Głównym autorem książki jest amerykański „inżynier astronautyk" Robert Zubrin, który jako współautora zaangażował Richarda Wagnera, mającego doświadczenie w popularyzowaniu astronautyki. Pisząc dalej „autor", będę miał na myśli Roberta Zubrina.

Zdaniem autora już dawno nadszedł czas, aby na miejscu badać i zagospodarowywać Czerwoną Planetę. Aby ludzie mogli tam polecieć, wylądować i żyć, nie potrzeba ani żadnych cudownych, nie znanych jeszcze technologii, ani ogromnych pieniędzy. Z Ziemi nie potrzeba wozić prawie niczego — wystarczy umiejętnie wykorzystać ogromne miejscowe zasoby naturalne. W książce przedstawione są szczegółowe scenariusze lotów na trasie Ziemia-Mars, zestawienia kosztów, projekty marsjańskich pojazdów, baz i osiedli, przepisy na produkcję energii oraz potrzebnych surowców i materiałów, a wreszcie w detalach zaprezentowana jest koncepcja terraformowania planety, czyli takiego jej przekształcenia, aby człowiek mógł tam żyć tak samo jak na Ziemi. Odpowiadając na zawarte w tytule pytanie: „Dlaczego musimy skolonizować Czerwoną Planetę", autor stwierdza, że jak najszybsza kolonizacja Marsa jest dla

ludzkości jedyną szansą na uniknięcie widocznego już dzisiaj zastoju i następującego za nim regresu ziemskiej cywilizacji.

Po tych uwagach, zachęcających do przeczytania książki, czas na kilka uwag krytycznych. Zacznę od uwag pod adresem redakcji.

W kilku miejscach książki jest mowa o przyszłych poszukiwaniach ewentualnych śladów dawnego marsjańskiego życia. Szkoda, że nie dano redakcyjnego przypisu z informacją o prawdopodobnym znalezieniu skamieniałych mikroorganizmów w pochodzącym z Marsa meteorycie. Tym bardziej, że na str. 65 jest redakcyjny przypis o wydarzeniach, jakie nastąpiły później, a mianowicie o starcie sondy Mars Global Surveyor oraz lądowaniu sondy Mars Pathfinder. W redakcyjnym przypisie na str. 7 mówi się o nieudanym starcie sondy rosyjskiej. A tymczasem, na okładce książki, widzimy spadające na Marsa penetratory, które miała na pokładzie właśnie ta sonda.

Żaden z autorów nie jest astronomem, więc nie zdziwiłem się, gdy znalazłem potknięcia astronomiczne. Z tekstu na str. 114 wynika, że podczas każdej opozycji Marsa jego odległość od Ziemi wynosi nieco ponad 56 milionów km (na str. 12 napisano 60). Tymczasem, z powodu wyraźnej eliptyczności marsjańskiej orbity (mowa o tym na str. 48) a także niewielkiej eliptyczności ziemskiej orbity, „opozycyjny" dystans Ziemia-Mars zawiera się w przedziale od około 56 do 101 milionów km. Przy lotach kosmicznych, różnica 45 milionów km nie jest bagatelna. Na str. 12 i 50 napisano, iż Mars, podobnie jak Ziemia, obraca się wokół osi, nachylonej do płaszczyzny orbity pod kątem 24 stopni. Autorzy pomylili tutaj nachylenie osi, wynoszące 65 stopni, z kątem pomiędzy płaszczyzną orbity a płaszczyzną równika, wynoszącym 25 stopni. Te dwa kąty dopełniają się do 90 stopni i często są mylone.

Absolutnie nie mogę się zgodzić ze stwierdzeniem ze str. 46, jakoby Mikołaj Kopernik: „od nowa opracował dawno już zapomnianą teorię heliocentryczną (...) Arystarcha z Samos". Takich dyskusyjnych kwestii z zakresu historii astronomii znalazłem jeszcze kilka, ale odłożę je do oddzielnego omówienia. Swoje dzisiejsze wywody zakończę zabawną informacją, znalezioną na str. 12: „Wprawdzie w dzień temperatura osiąga czasem 17°C, nocą słupek rtęci wskazywałby jednak aż –90°C". Przysłowiowy słupek rtęci wskazać może co najwyżej lub może lepiej „co najniżej" minus 39 stopni Celsjusza, bo przy takiej temperaturze rtęć krzepnie. Ponieważ średnia temperatura Marsa wynosi około –50°C, przyszli marsonauci na pewno nie będą używać termometrów rtęciowych.

Kazimierz Schilling

Z życia Miłośników Astronomii...

Zbiorowy portret uczestników OZMA 1997 (fot. K. Wenerski)

ZLOT MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII czyli OZMA 1997

W dniach od 7 do 10 sierpnia 1997 roku na terenie Szkoły Podstawowej w Niedźwiadach koło Szubina odbył się I Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii. Patronat nad imprezą objął Oddział Toruński PTMA i Szubiński Dom Kultury. Wzięło w nim udział blisko trzydziestu zaproszonych gości oraz sprawcy tego całego zamieszania, czyli członkowie Bydgoskiego Klubu Astronomicznego „Antares" i Szubińskiego Klubu Przyjaciół Astronomii „SzKaPA" — w sumie ponad czterdzieści osób. Organizatorzy do momentu rozpoczęcia imprezy nie byli pewni jej powodzenia. Niewiadomymi była pogoda i ... uczestnicy, ale zacznijmy od początku.

Spotkanie w gronie ludzi dzielących wspólną pasję, wymiana doświadczeń, pochwalenie się swoimi dokonaniami i po prostu możliwość wzajemnego poznania na nieco mniej oficjalnej płaszczyźnie było tym, co w naszej (PTMA) działalności nie w pełni potrafiliśmy wykorzystać. Pomysł zorganizowania takiej imprezy chodził mi po głowie od kilku lat, lecz nie umiałem się zmobilizować i podjąć tego wyzwania aż do pewnej czerwcowej nocy. Wtedy to podczas pikniku, jaki zorganizowali sobie członkowie SzKaPy i „Antaresa", nagle wszystko stało się proste. Mieliśmy miejsce i ludzi, którzy poświęcą swój czas na przygotowania. Machina ruszyła. Czasu było niewiele — nieco ponad miesiąc — zdecydowanie za mało na zamieszczenie ogłoszeń w prasie branżowej. Zdecydowaliśmy się na indywidualne zaproszenia. Mieliśmy świadomość, że wielu zaproszonych zrezygnuje z różnych przyczyn z przyjazdu na OZMA. Rozesłaliśmy około siedemdziesięciu listów z informacją o zlocie, głównie do członków PTMA, ale nie tylko. Kluczem było posiadanie adresów miłośników astronomii. Tydzień po wysłaniu listów (te siedem dni zapamiętam na długo — najczęstszą myślą była ta, czy w ogóle ktoś przyjedzie) nadeszły pierwsze odpowiedzi. Otrzymaliśmy w sumie 28 potwierdzeń przyjazdu i około 20 odmów. Wszyscy jednak chwalili pomysł przeprowadzenia takiego zlotu, a zdecydowana większość deklarowała chęć wzięcia udziału w następnym, pod warunkiem znacznie wcześniejszego rozesłania zawiadomień. To już ostatecznie przekonało mnie o celowości organizowania takiej imprezy.

To lato nie rozpieszczało nas. Ulewne deszcze i powódź na południu Polski nie nastrajały optymistycznie. Im mniej czasu pozostało do rozpoczęcia zlotu, z tym większym niepokojem śledziliśmy prognozy pogody. Przygotowani byliśmy na najgorsze, tzn. zakwaterowanie wszystkich uczestników w szkole. Ewentualnej nudzie miała zapobiegać bogata filmoteka, komputery, slajdy. Widocznie jednak opatrzność czuwała nad nami, ponieważ pogodę mieliśmy „jak drut". Wystarczy wspomnieć, że ze wspomnianej filmoteki zdążyliśmy zobaczyć tylko jeden film, za to maniacy komputerowi drążyli pokłady astronomicznego sharewaru. Jednak najbardziej oblegane były rozstawione na polu teleskopy. „Oglądactwo" nieba dosłownie kwitło. Najbardziej wytrwali chodzili spać dopiero po wschodzie Słońca. Bartek Pilarski ze Żnina był przewodnikiem po letnich „eMach", Marek Muciek z Kołobrzegu zachęcał do obserwacji gwiazd zmiennych, a Artur Wrembel namawiał do „łapania" zakryć gwiazd przez Księżyc, ze szczególnym uwzględnieniem zakryć brzegowych. Z sensownych obserwacji wykonano jedynie zliczenia meteorów — a trzeba przyznać, że Perseidy nie zawiodły. Szczególne walory miejsca, w którym odbywał się zlot (absolutny brak świateł cywilizacji), zaowocowały wieloma zdjęciami nieba. Droga Mleczna rozciągała się ponad naszymi głowami od horyzontu do horyzontu.

A co się działo, gdy Słońce świeciło już wysoko? W piątek 8 sierpnia około godziny 17 udaliśmy się do Szubińskiego Domu Kultury na otwarcie wystawy „Astrofotografia — barwy Wszechświata". Swoje osiągnięcia prezentowali: Zdzisław Szałkowski, Artur Wrembel, Krzysztof Rumiński, Jerzy Marcinek i autor tej notatki. Po części oficjalnej gospodarze zafundowali nam spotkanie przy kawie. Jak przystało na wernisaż, nie obyło się bez szampana. Nazajutrz przed południem wsiedliśmy do autokaru, który zawiózł nas do Torunia. Większość uczestników wycieczki skierowała swe kroki do Planetarium im. Władysława Dziewulskiego. Seans, który nosił tytuł „Śladami Voyagerów" — był rewelacyjny! Autorzy seansu (Jurek Rafalski i Staszek Rokita) przeszli samych siebie. Tuż po godzinie 15 zjawiliśmy się w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach. Dla większości uczestników możliwość zobaczenia na własne oczy tego, o czym wcześniej jedynie czytali lub co widzieli na zdjęciach, była sporą atrakcją. Po obserwatorium optycznym oprowadzał nas dr Alojzy Burnicki — Prezes Oddziału Toruńskiego PTMA. Natomiast w „radioastronomii", w cieniu 32-metrowej anteny rozmową zabawiał nas prof. Stanisław Gorgolewski, z którym wprost nie mogliśmy się rozstać.

Wieczorami, w oczekiwaniu na rozpoczęcie obserwacji, gromadziliśmy się przy ognisku, a konsumpcję pieczonej kiełbasy umilali swym śpiewem „borówniacy" (członkowie klubu astronomicznego „Milky Way" z Borówna, gdzie odbędzie się następny zlot).

Podsumowując: nasz OZMA 1 był imprezą udaną i potrzebną. Okazało się, że może ona spełniać ważną rolę w popularyzacji działań PTMA i samej astronomii. Świadczy o tym zainteresowanie OZMĄ ze strony mediów i odwiedzających nas gości nie związanych

dokończenie ze str. 86.

Perseidy 1997

Rój Perseid, którego meteory możemy obserwować każdego roku od 15 lipca do 25 sierpnia, jest jednym z najbardziej znanych rojów. Swoją sławę zawdzięcza kilku cechom. Po pierwsze, jest to jeden z najaktywniejszych rojów północnego nieba. W występującym w okolicach 12 sierpnia maksimum aktywności, przy dobrych warunkach atmosferycznych obserwuje się ponad 50 zjawisk w ciągu godziny. Po drugie, okres jego aktywności pokrywa się z ciepłymi, wakacyjnymi nocami, kiedy pogoda i chęci obserwatorów przeważnie dopisują. Nic więc dziwnego, że wiele osób biwakujących choćby pod gołym niebem natyka się często na „spadające gwiazdy" z tego roju.

Wstęp

Zainteresowanie tym rojem wzrosło znacznie pod koniec lat 70-tych naszego stulecia. Powodem tego zainteresowania były obliczenia Briana Marsdena, które pokazywały, że kometa macierzysta roju Perseid — 109P/Swift-Tuttle (1862 III) powinna powrócić ponownie w najbliższe okolice Słońca na początku lat 80-tych. Niestety, pomimo znacznej aktywności Perseid w tych latach, komety nie udało się zaobserwować. Wszyscy już zdążyli pogodzić się z jej rozpadem, gdy tymczasem natura spłatała nam figla. W roku 1988 obserwatorzy meteorów odnotowali bardzo interesujące zjawisko. Otóż w profilu aktywności Perseid w okolicach zwykłego maksimum o Zenitalnej Liczbie Godzinnej (ang. ZHR — jest to liczba meteorów, jaką obserwowałby jeden obserwator w ciągu jednej godziny przy widoczności granicznej 6.5 mag. i w momencie, gdy radiant roju jest w zenicie) ZHR= 106 ± 22, które wystąpiło w momencie o długości ekliptycznej Słońca (epoka 2000.0) $\lambda_{\odot} = 140.08°$, pojawiło się drugie maksimum. Wystąpiło ono 6 godzin wcześniej ($\lambda_{\odot} = 139.78°$) i miało aktywność ZHR = 86 ± 4. Sytuacja powtórzyła się rok później. Nowe maksimum pojawiło się w momencie $\lambda_{\odot} = 139.59°$ z ZHR = 102 ± 10, a zwykłe w momencie $\lambda_{\odot} = 139.80°$ z ZHR= 94 ± 6. W roku 1990, pomimo pełni Księżyca, która wystąpiła 6 sierpnia, udało się także odnotować oba maksima. Pierwsze miało ZHR= 75 ± 10, a drugie 81 ± 6.

Rok 1991 przyniósł kolejną niespodziankę. Zwykłe maksimum wystąpiło w momencie $\lambda_{\odot} = 139.94°$ z ZHR= 97 ± 2. Niespodzianką była jednak aktywność nowego maksimum, które pojawiło się w $\lambda_{\odot} = 139.55°$ z ZHR wynoszącym aż 284 ± 63. Podobną aktywność nowego maksimum odnotowano także rok później.

Stało się więc jasne, że nowy pik w profilu aktywności nie jest żadną przypadkową fluktuacją gęstości, lecz czymś poważniejszym. Skłoniło to Briana Marsdena do ponownego przeliczenia orbity komety 109P/Swift-Tuttle. Nowe obliczenia dały inne wyniki. Według nich kometa macierzysta roju Perseid miała przejść przez peryhelium w połowie grudnia 1992 roku. Tym razem Marsden trafił w dziesiątkę. We wrześniu 1992 roku kometę wreszcie dostrzeżono i po obliczeniu jej dokładnej efemerydy okazało się, że przez peryhelium przejdzie ona 12 grudnia 1992 roku. Pojawienie się komety macierzystej roju Perseid wyjaśniło powstanie nowego piku aktywności. O ile zwykłe maksimum jest powodowane przez cząstki wyrzucone z komety wiele tysięcy lat temu, to nowy pik jest związany z dużo świeższym materiałem. Jego aktywność w latach 1988–1990 to pozostałość materiału z powrotu komety z lat 1610 i 1737, natomiast znacznie wyższa aktywność w roku 1991 i w latach późniejszych spowodowana została przez meteoroidy wyrzucone z komety podczas dwóch ostatnich powrotów, które wystąpiły w latach 1862 i 1992.

Wszyscy zaczęli się jednak zastanawiać, co będzie działo się 12 sierpnia 1993 roku, kiedy to Ziemia wpadnie w nowy i gęsty materiał meteoroidów świeżo pozostawionych przez kometę 109P/Swift-Tuttle. Symulacje komputerowe pokazywały, że aktywność Perseid 1993 może być porównywalna ze sławnymi deszczami Leonid z lat 1833 i 1966. I tu natura sprawiła kolejną niespodziankę. Aktywność nowego piku w roku 1993 była wysoka, bowiem ZHR-y osiągały poziom 264 ± 17, lecz deszczem meteorów trudno było ją nazwać. Stare maksimum wystąpiło w momencie $\lambda_{\odot} = 139.91°$ i miało ZHR= 86 ± 2.

Modele komputerowe roju otrzymane przez I. Williamsa i Z. Wu z Queen Mary and Wesfield College w Londynie pokazywały jednak, że nieznacznie wyższej aktywności niż w roku 1993 powinniśmy oczekiwać w roku 1994, a wzmożona aktywność roju Perseid powinna potrwać do końca wieku. Aktywność Perseid 1994 nie była jednak wyższa. W momencie

$\lambda_\odot$ = 139.59° ZHR-y wyniosły 238 ± 17, a około 6 godzin później w starym maksimum 86 ± 2.

W roku 1995 znów pełnia Księżyca utrudniła obserwacje, więc błędy wszelkich wyznaczeń były duże. Nowe maksimum wystąpiło w $\lambda_\odot$ = 139.62° z ZHR = 171 ± 30, a stare w $\lambda_\odot$ = 139.90° z ZHR= 65 ± 20. W roku 1996 fazy Księżyca były dużo bardziej korzystne. Wyższy pik wystąpił w $\lambda_\odot$ = 139.66° z ZHR = 121 ± 17, a stary w $\lambda_\odot$ = 140.08° z ZHR = 85 ± 10. Więcej informacji na temat aktywności Perseid w ostatnich latach Czytelnicy mogą znaleźć w *Uranii 4/1997, 5/1996, 6/1995, 2/1994*.

Warunki obserwacji i obserwacje w roku 1997

Rok 1996 był bardzo dobry dla Pracowni Komet i Meteorów (PKiM). Analiza momentów maksimów Perseid z poprzednich lat wykazała, że nowego i wysokiego maksimum aktywności możemy oczekiwać w okolicach północy z 11 na 12 sierpnia, czyli w czasie bardzo korzystnym dla obserwatorów w Polsce. W rzeczywistości maksimum spóźniło się o około godzinę, lecz i tak mieliśmy frajdę z podziwiania aktywności o ZHR= 121 ± 17 według obserwacji International Meteor Organisation lub ZHR= 162 ± 26 według obserwacji PKiM. Dość dobra pogoda i korzystne warunki spowodowały, że 50 obserwatorów PKiM przesłało aż 719 h 14 min obserwacji Perseid wraz z 6706 meteorami z tego roju i 3505 zjawiskami sporadycznymi. Liczba ta spowodowała, że zamknęliśmy rok 1996 z liczbą obserwacji przekraczającą 1000 godzin. Dało to PKiM III miejsce w świecie (po Słowacji i USA).

Przewidywania odnośnie momentów maksimów w roku 1997 były dużo mniej korzystne. Nowe maksimum miało wystąpić 12 sierpnia około godziny 8:00 UT, a więc w czasie korzystnym dla obserwatorów w Ameryce Płn., a stary pik tego samego dnia około godziny 18 UT, a więc korzystnie dla obserwatorów w Azji. Fazy Księżyca też nie były tak dobre jak w roku 1996. Nów wystąpił bowiem 3 sierpnia, a I kwadra 11 sierpnia. W momencie maksimum aktywności Księżyc przeszkadzał więc tylko w pierwszej połowie nocy.

Pogoda w lipcu i sierpniu 1997 r. była bardzo zmienna. Pierwszy okres fatalnej pogody trwający od 3 do 9 lipca spowodował tak tragiczną w skutkach pierwszą falę powodziową. Potem pogoda nieznacznie polepszyła się, by znów w okresie 18–22 lipca znacznie się pogorszyć. Warunki w tych dniach były tak fatalne, że w całej Polsce nie wykonano wtedy żadnej obserwacji meteorów. Końcówka lipca przyniosła kolejną poprawę pogody, sierpień jednak przeszedł wszelkie nasze oczekiwania. Jego początek jeszcze niczego nie zapowiadał, ale począwszy od 5 sierpnia zapanował okres bezchmurnego nieba, który w prawie całej Polsce trwał nieprzerwanie aż do 25 sierpnia. Tak wspaniałej pogody w okolicach maksimum Perseid nie było w naszym kraju od lat.

Wszystko to zaowocowało niezwykłym plonem obserwacyjnym. Przejdźmy do konkretów. W okresie 15 lipca – 25 sierpnia 1997 roku 28 obserwatorów PKiM wykonało 937 godzin i 23 minuty prawidłowych obserwacji meteorów, odnotowując pojawienie się 8273 Perseid i 5742 meteorów sporadycznych. Wyniki uzyskane przez poszczególnych obserwatorów prezentuje Tabela 1. Zawiera ona imię i nazwisko obserwatora, miejsce obserwacji, liczbę godzin obserwacji, liczbę meteorów z roju Perseid, liczbę meteorów sporadycznych i liczbę wyznaczeń ZHR.

Wyżej wymieniona liczba obserwacji to obserwacje w pełni nadające się do dalszego wykorzystania. Wcześniej odrzuciliśmy kilkadziesiąt godzin, które nie spełniały następujących warunków:

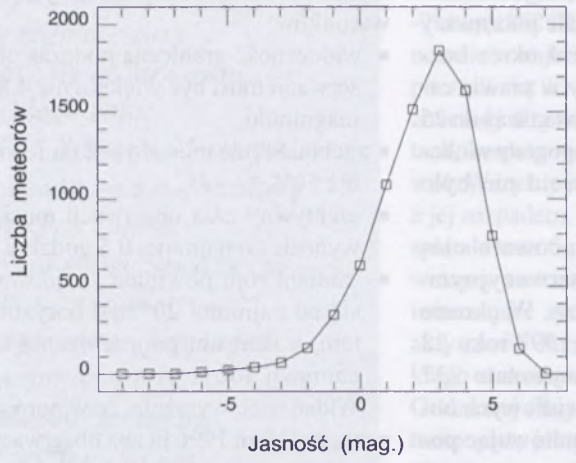
- widoczność graniczna podczas obserwacji musi być większa niż 4.80 magnitudo,
- zachmurzenie musiało być mniejsze niż 50%,
- efektywny czas obserwacji musiał wynosić co najmniej 0.5 godziny,
- radiant roju powinien znajdować się co najmniej 20° nad horyzontem, a centrum pola widzenia co najmniej 40°.

Widać więc wyraźnie, że w porównaniu z rokiem 1996 liczba obserwacji

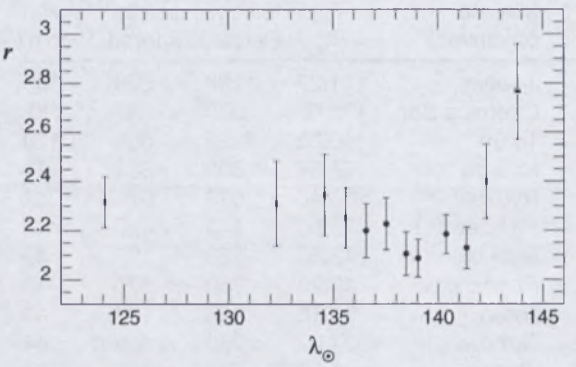
Tabela 1.

Obserwator	Miejsce obserwacji	T_{eff} [h]	Liczba Perseid	Liczba sporad.	Liczba wyzn.
Konrad Szaruga	Telatyn	141.27	1258	529	135
Jarosław Dygos	Czernice Bor.	125.85	570	567	132
Tomasz Fajfer	Toruń	116.00	1225	807	120
Maciej Kwinta	Kraków	67.67	605	383	74
Robert Szczerba	Rydzew	66.40	623	971	62
Arkadiusz Olech	Pruszcz Gd.	55.50	542	422	61
Wojciech Jonderko	Rybnik	42.30	263	197	39
Marcin Konopka	Rogóźno	42.23	380	373	43
Gracjan Maciejewski	Toruń	39.75	353	109	41
Andrzej Skoczewski	Tarnów	34.67	180	116	44
Tadeusz Sobczak	Złoczew	31.33	379	163	32
Krzysztof Socha	Piórków	25.50	365	210	27
Marcin Gajos	Opole	24.00	316	162	29
Paweł Trybus	Łajsce	22.43	418	290	23
Krzysztof Kamiński	Babimost	20.97	200	112	19
Krzysztof Wtorek	Grudziądz	18.17	88	83	19
Artur Szaruga	Telatyn	14.28	87	57	16
Łukasz Sanocki	Wola Dębow.	11.60	111	44	12
Maciej Kania	Lubomir	8.72	100	24	10
Łukasz Pospieszny	Ostroróg	5.48	30	36	5
Katarzyna Skoczewska	Tarnów	5.43	33	8	6
Michał Jurek	Opole	5.00	0	33	5
Adam Pisarek	Świerklany	5.00	60	24	5
Marcin Jarski	Obliźniak	2.70	41	13	3
Tomasz Żywczak	Kraków	1.90	3	2	2
Marek Piotrowski	Świdnik	1.15	6	4	1
Marek Wojdat	Darłowo	1.08	29	2	1
Maria Woźniak	Klonowo	1.00	8	1	1
RAZEM	—	937.38	8273	5742	967

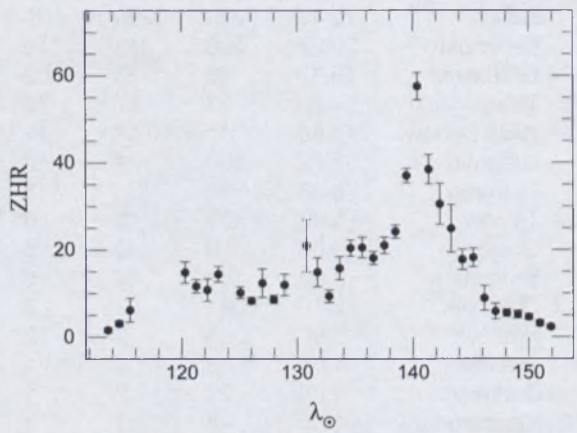
wyraźnie wzrosła, przy czym dramatycznie, bo aż o 22 spadła liczba obserwatorów. Jakie z tego wnioski? Jeden wydaje się być pocieszający. Świadczy on o tym, że PKiM dorobiło się grupy bardzo doświadczonych i aktywnych obserwatorów, dla których wykonanie kilkudziesięciu lub nawet ponad stu godzin obserwacji Perseid nie stanowi problemu. Martwi jednak inna rzecz. Co roku sporą grupę stanowili obserwatorzy nowi, którzy dzięki akcji Perseidy rozpoczynali swoją współpracę z PKiM. W roku 1997 grupa ta była bardzo mała. Jeśli więc PKiM chce nadal zachować tak doskonałą formę, liczba takich osób w roku 1998 musi ulec zdecydowanemu zwiększeniu. To jednak zależy tylko od Was. Zachęcam więc wszystkich Czytelników *Uranii-Postępów Astronomii* do kontaktu z PKiM i wsparcia nas swoimi obserwacjami. Więcej informacji na ten temat pod koniec artykułu.



Rys. 1. Rozkład jasności meteorów z roju Perseid przed redukcją.



Rys. 2. Rzeczywisty rozkład jasności meteorów z roju Perseid.



Rys. 3. Wykres aktywności roju Perseid w 1997 roku.

Wyniki

Prosto z obserwacji otrzymuje się dwie ważne rzeczy, które mogą powiedzieć nam sporo o fizyce roju. Pierwszą z nich jest rozkład jasności obserwowanych zjawisk, a drugą liczba godzinna. Obie te wartości są niezbędne do obliczenia ZHR.

Rys. 1 przedstawia nam „surowy" rozkład jasności meteorów z roju Perseid. Widać, że począwszy od jasności około 3 mag. liczba obserwowanych meteorów o danej wielkości zaczyna spadać. Nie jest to żaden wynik fizyczny, tylko efekt rosnącego prawdopodobieństwa przegapienia słabych zjawisk. „Surowy" rozkład jasności należy więc poprawić, uwzględniając znane skądinąd prawdopodobieństwa zaobserwowania meteoru o danej jasności, uzyskując w ten sposób prawdziwy rozkład tej wartości. Można go teraz użyć do obliczenia współczynnika r (ang. population index), który mówi o rozkładzie masy strumienia. Współczynnik ten jest zdefiniowany następująco:

$$r = \frac{\Phi(m+1)}{\Phi(m)}$$

gdzie $\Phi(m)$ to poprawiona liczba meteorów o jasności m lub jaśniejszych.

Uzyskane wyniki przedstawione są na Rys. 2. Z poprzednich lat wiadomo, że daleko poza okolicami maksimum r wynosi około 2.6 i maleje, osiągając minimum w maksimum aktywności. Rok 1997 potwierdza te fakty z dużą dokładnością. Minimum r z wartościami 2.10 ± 0.09, 2.09 ± 0.08 i 2.18 ± 0.08 odnotowano odpowiednio w ciągu nocy z 10/11, 11/12 i 12/13 sierpnia. Interpretacja fizyczna tego zjawiska mówi nam o tym, że w maksimum aktywności obserwujemy po prostu cząstki najbardziej masywne.

Mając już r i zakładając wartość innego współczynnika charakteryzującego rój γ równą 1.0, możemy wyliczyć średni ZHR dla każdej nocy. Korzystamy ze wzoru:

$$\mathrm{ZHR} = \frac{N_h \cdot r^{(6.5-LM)}}{(\sin H)^{\gamma}}$$

gdzie N_h to liczba godzinna z obserwacji, LM to średnia widoczność graniczna, a H to wysokość radiantu roju nad horyzontem.

Uzyskany wykres aktywności zaprezentowany jest na Rys. 3. Widać na nim wyraźnie lukę pomiędzy 18 a 22 lipca, o której wspominałem wcześniej. Wyraźne maksimum aktywności odnotowaliśmy w nocy z 12 na 13 sierpnia ($\lambda_\odot$ = 140.4°), kiedy to ZHR wyniosła 57.5 ± 3.1. Nie jest to wartość wysoka, ale nie powinna nas dziwić. Według danych International Meteor Organisation (IMO) główne maksimum aktywności z wartością ZHR = 137 ± 7 wypadło 12 sierpnia o godzinie 8:50 UT ($\lambda_\odot$ = 139.72°) i z przyczyn oczywistych nie mogło być w Polsce obserwowane. Do obserwacji występującego niecałe 12 godzin później starego maksimum aktywności też nie mieliśmy najlepszych warunków, tak więc pozostawała nam tylko do obserwacji opadająca gałąź starego maksimum. Uśrednienie po całej nocy zaowocowało więc tak niskim punktem maksymalnym naszego wykresu aktywności.

Co najciekawsze, w wydrukowanym niedawno artykule R. Arlta i J. Rentela omawiającym wyniki IMO stwierdzono występowanie trzeciego, bardzo wyraźnego maksimum w momencie $\lambda_\odot = 140.32°$ (co odpowiada dacie 12 sierpnia godz. 23:50 UT). Jego aktywność osiągnęła poziom ZHR= 105 ± 6, a więc zdecydowanie więcej niż nasze średnie 57.5 ± 3.1. Biorąc jednak pod uwagę fakt, że nasz punkt maksymalny to średnia z prawie 80 wyznaczeń ZHR, stwierdziliśmy, że być może po rozbiciu go na kilka punktów (a przez to uśrednianie po krótszych odcinkach czasowych) otrzymamy wynik podobny do IMO. Efekt takich zabiegów dla nocy z 11 na 12 i z 12 na 13 sierpnia możemy obejrzeć na Rys. 4. Widać wyraźnie, że podczas pierwszej nocy aktywność rośnie od 34 ± 4 wieczorem do 42 ± 8 nad ranem.

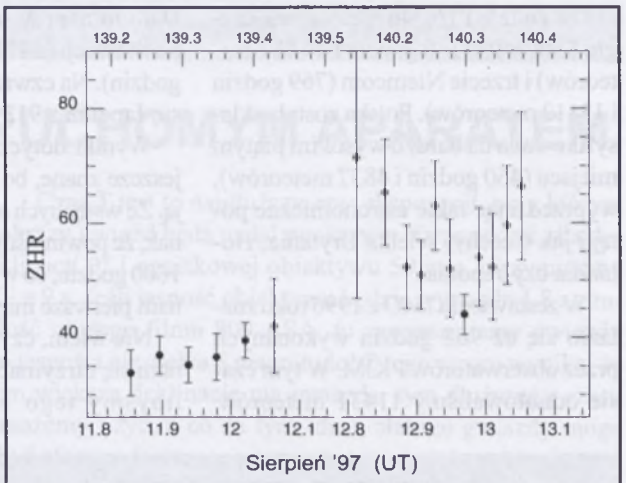
Podczas nocy z 12 na 13 sierpnia dzieją się jednak dziwne rzeczy. ZHR-y mają spore błędy i wydają się oscylować chaotycznie w okolicach wartości 60. Co najciekawsze, najwyższą aktywność z ZHR ≈ 70 odnotowaliśmy na początku i na końcu nocy. W momencie, kiedy IMO obserwowało maksimum z ZHR powyżej 100, my odnotowujemy jeden z najniższych punktów tej nocy z ZHR= 54 ± 9. Wygląda więc na to, jakbyśmy obserwowali zupełnie inny rój niż IMO. Bardzo jestem ciekaw, co wyszłoby z uśrednienia obserwacji IMO i naszej niemałej przecież próbki.

Kolejną rzeczą, którą zdecydowaliśmy się zająć, było wtórne minimum aktywności występujące około $\lambda_\odot$ = 129°, które udało nam się zauważyć w danych z 1995 i 1996 roku. Ponieważ pogoda na przełomie lipca i sierpnia tego roku nie była idealna, postanowiliśmy przedstawić wykres zbierający wszystkie nasze dane z trzech ostatnich lat. Efekt jest zaprezentowany na Rys. 5. Widać wyraźnie, że aktywność rośnie liniowo z podobnym nachyleniem w okresach $\lambda_\odot$=118°–124° i $\lambda_\odot$=131°–136°. Pomiędzy tymi dwoma okresami, tj. od $\lambda_\odot$ = 124° do $\lambda_\odot$ = 131°, występuje wyraźne załamanie aktywności, bez jakiegoś szczególnie widocznego minimum. Nasze odkrycie z zeszłego roku potwierdza się więc bez najmniejszej wątpliwości, z tą różnicą, że zamiast nazywać je minimum, bardziej pasowałoby tu określenie *plateau*.

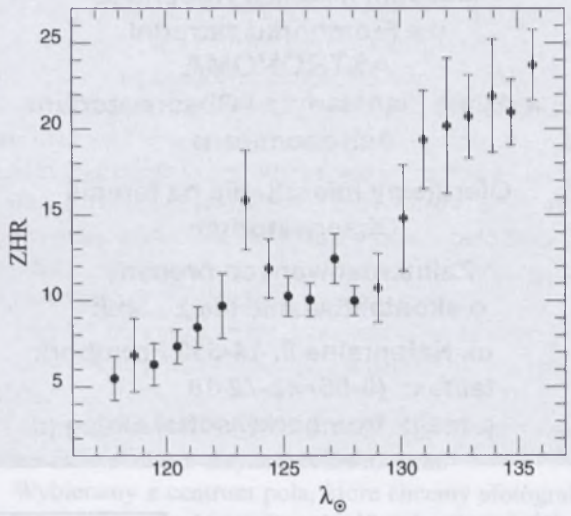
Podsumowanie

Minął kolejny rok. Jak już wspominałem, był on dla PKiM bardzo udany. Jeszcze nie tak dawno w PKiM działało kilkanaście osób, a uzyskanie 200 – 300 godzin rocznie było wielkim sukcesem. Powoli zaczęły jednak przynosić rezultaty artykuły publikowane w *Uranii* i *Wiedzy i Życiu*, zachęcające do podjęcia obserwacji meteorów. Dodatkową atrakcję dla współpracowników PKiM stanowiły bezpłatne spotkania i obozy astronomiczne organizowane corocznie na przełomie lutego i marca oraz w lipcu.

Jak ewoluowała liczba obserwacji PKiM, możemy popatrzeć, biorąc za podstawę coroczne opracowania IMO.



Rys. 4. Wykres aktywności roju uśredniony w krótszych odcinkach czasu.



Rys. 5. Efekt uśrednienia wyników obserwacji Perseid w latach 1985–1997.

W 1994 roku 462 obserwatorów z 30 krajów wykonało w sumie 5431 godzin obserwacji, odnotowując 105 823 meteory. Przypominam, że IMO zalicza do swoich danych tylko obserwacje ze średnią widocznością graniczną wynoszącą co najmniej 5.00 mag, z czasem efektywnym równym lub dłuższym niż 30 minut i z zachmurzeniem mniejszym niż 50%. Najaktywniejsi obserwatorzy IMO w 1994 roku to Graham Wolf z Nowej Zelandii (368 godzin i 1192 meteory), George Zay z USA (308 godzin i 1911 meteorów) i Jurgen Rendtel z Niemiec (216 godzin i 3973 meteory). Najlepsi obserwatorzy PKiM to sklasyfikowany na 42. miejscu Arkadiusz Olech (27 godzin i 176 meteorów), na 48. Maciej Reszelski (25 godzin i 150 meteorów) i na 79. miejscu Krzysztof Socha (16 godzin i 146 meteorów). W klasyfikacji krajów pierwsza trójka przedstawia się następująco: USA (871 godzin i 12 455 meteorów), Japonia (845 godzin i 16071 meteorów) i Niemcy (623 godziny i 18 398 meteorów). Polska znalazła się na 14. miejscu (108 godzin i 888 meteorów).

W 1995 roku 518 obserwatorów z 32 krajów wykonało w sumie 5924 godziny obserwacji, rejestrując 102 804 meteory. Najaktywniejsi obserwatorzy IMO w tym roku to: George Zay z USA (421 godzin i 3748 meteorów), Francisco Sevilla z Hiszpanii (317 godzin i 1912 meteorów) i Robert Lunsford z USA (312 godzin i 4194 meteory). Nasi najlepsi obserwatorzy zajęli następujące miejsca: 5. Maciej Reszelski (151 godzin i 1376 meteorów), 11. Arkadiusz Olech (73 godziny i 1400 meteorów) i 26. Tomasz Dziubiński (40 godzin i 181 meteorów). W klasyfikacji krajów pierwsze miejsce ponownie przypadło USA

(1378 godzin i 16 746 meteorów), drugie Słowacji (1180 godzin i 20 533 meteorów) i trzecie Niemcom (769 godzin i 13112 meteorów). Polska została sklasyfikowana na bardzo wysokim piątym miejscu (460 godzin i 4837 meteorów), wyprzedzając takie astronomiczne potęgi jak Czechy, Wielka Brytania, Holandia czy Japonia.

W zestawieniu IMO z 1996 roku znalazło się aż 968 godzin wykonanych przez obserwatorów PKiM. W tym czasie odnotowaliśmy 11431 meteorów. Dało to nam w sumie trzecie miejsce: po Słowacji (1471 godzin) i USA (1154 godzin). Na czwartym miejscu znalazła się Japonia z 913 godzinami.

Wyniki dotyczące roku 1997 nie są jeszcze znane, bo dane wciąż napływają. Ze wstępnych oszacowań wynika jednak, że powinniśmy przekroczyć poziom 1600 godzin, co w zasadzie powinno dać nam pierwsze miejsce w świecie.

Nie wiem, czy tak dobrą formę uda nam się utrzymać w roku 1998. Chcielibyśmy tego bardzo, dlatego też wszystkich chętnych zapraszamy do kontaktu z PKiM pod adres: Arkadiusz Olech, ul. Sokolicz 3/59, 01-508 Warszawa (prosimy o przesłanie znaczka pocztowego). Ze swojej strony gwarantujemy bezpłatną wysyłkę materiałów do obserwacji, możliwość prenumeraty biuletynu PKiM, możliwość uczestnictwa w seminariach i obozach PKiM, a także atrakcyjne nagrody książkowe dla najaktywniejszych obserwatorów.

Arkadiusz Olech

OGŁOSZENIE!

Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku zatrudni ASTRONOMA w dziale Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne.

Oferujemy mieszkanie na terenie Obserwatorium.

Zainteresowanych prosimy o skontaktowanie się z nami:

ul. Katedralna 8, 14-530 Frombork
tel/fax: (0-55) 43-72-18,
e-mail: frombork@softel.elblag.pl

Jeden z pawilonów obserwacyjnych na terenie fromborskiego obserwatorium.

Wnętrze planetarium ulokowanego w zabytkowych murach gotyckiej wieży.

dokończenie ze str. 81.

z astronomią. Pod względem towarzyskim takie zloty stwarzają okazję poznania ciekawych ludzi, ich dokonań i nawiązanie współpracy. Już teraz zapraszamy do Borówna koło Bydgoszczy na OZMA '98.

Pragnę gorąco podziękować wszystkim, którzy przyczynili się do zorganizowania i sprawnego przeprowadzenia zlotu. Szczególne słowa uznania należą się: Pani Jolancie Masłowskiej za udostępnienie szkoły w Niedźwiadach, Panu Romanowi Kralowi (SzKaPA) za organizację całości, Panu Zbigniewowi Sabacińskiemu — Dyrektorowi Szubińskiego Domu Kultury za pomoc w przeprowadzeniu zlotu i organizacji wystawy, Panu Nikodemowi Drycewiczowi, właścicielowi dużej firmy budowlanej z Bydgoszczy, który już nie raz wspierał nasze poczynania, za udostępnienie transportu, dzięki czemu możliwe było przewiezienie na zlot dużych ilości sprzętu.

Karol Wenerski — „Antares"
PTMA, Oddział Toruń

ZAPROSZENIA

II OZMA — BORÓWNO 1998...

Sukces pierwszego zlotu zachęcił organizatorów do uczynienia go imprezą doroczną. II OZMA odbędzie się w dniach 20 — 23 sierpnia 1998 roku. Dzięki uprzejmemu zaproszeniu gminy Dobrcz, miejscem zlotu będzie wieś Borówno, położona nad jeziorem o tej samej nazwie,17 km od Bydgoszczy. Zakwaterowanie uczestników tradycyjnie w szkole podstawowej (namioty na boisku oraz sale lekcyjne). Do dnia 30 czerwca na zgłoszenia czeka Karol Wenerski, ul. Sowińskiego 3/2, 85-083 Bydgoszcz, tel. (0-52) 28 74 48. Szczegółowy program imprezy jest do wglądu we wszystkich Oddziałach Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

...ORAZ OBÓZ OBSERWACYJNY

Dla młodszych miłośników astronomii, którzy są w wieku licealnym i dopiero zaczynają swoją przygodę z gwiazdami, Klub „Antares" ma drugą propozycję — dwutygodniowy obóz obserwacyjny w Beskidzie Sądeckim, w dniach 17-30 lipca 1998 roku. W programie kurs obserwacji gwiazd zmiennych. Bliższe informacje i zgłoszenia do dnia 30 kwietnia pod adresem jak wyżej.

FOTOGRAFOWANIE NIERUCHOMYM APARATEM

Jedną z najprostszych i najbardziej rozpowszechnionych metod fotografowania nocnego nieba jest fotografowanie za pomocą aparatu fotograficznego, którego położenie względem Ziemi, w czasie ekspozycji nie ulega zmianie. Jednak ciała niebieskie nie spoczywają nieruchomo na naszym firmamencie, lecz się poruszają. Ruch ten jest zauważalny gołym okiem i wynosi 15 stopni kątowych na godzinę. Mam, oczywiście, na myśli ruch dobowy gwiazd, który jest odbiciem ruchu obrotowego naszej planety. Tak więc jeśli nasz aparat będzie nieruchomy względem Ziemi, to gwiazdy będą „defilowały" przed obiektywem, a na kliszy zobaczymy równoległe łuki, które będą torami gwiazd na niebie. Długość tych śladów zależy od czasu ekspozycji, ogniskowej obiektywu oraz deklinacji fotografowanej gwiazdy. Zależność między tymi wielkościami przedstawia wzór:

$$L = FT\cos\delta/13714 \qquad (1)$$

gdzie:

L — długość śladu na kliszy w milimetrach
T — czas ekspozycji w sekundach
F — ogniskowa obiektywu w milimetrach
δ — deklinacja gwiazdy

Ze wzoru tego wynika, że im większe jest F, T oraz cosδ (funkcja cosinus ma maksymalną wartość dla δ = 0), tym ślad na kliszy jest dłuższy. Na przykład, jeśli użyjemy obiektywu o ogniskowej 58 mm i 60 minutowego czasu ekspozycji, to gwiazdy o δ = 0° dadzą 15 milimetrowe ślady, a gwiazdy o δ = 45° niespełna 11 milimetrowe. Metodą tą możemy sfotografować gwiazdy widoczne gołym okiem (światłosiła obiektywu 2, czułość filmu 400 ASA). Również jasność nocnego nieba nie jest bez znaczenia. Jeśli będziemy fotografować z dala od większych miast (powyżej 60 km) i użyjemy obiektywu o światłosile 1.8 oraz filmu o czułości 3200 ASA, to przy dobrej pogodzie uda nam się tą metodą zarejestrować Drogę Mleczną (patrz fot. 1 na trzeciej stronie okładki). Warto pokusić się o wykonanie zdjęcia, na którym będzie widoczna Gwiazda Polarna (najlepiej użyć obiektywu o ogniskowej 28 lub 35 mm). Na takim zdjęciu widoczny będzie sens wzoru 1, a jeśli czas ekspozycji będzie dostatecznie długi, to zauważymy ślad Gwiazdy Polarnej, co będzie oznaczało, że nie leży dokładnie na biegunie niebieskim (δ = 90°).

Nieruchomy aparat fotograficzny umożliwia nam także fotografowanie gwiazd nie tylko w postaci kresek, ale również punktów. Jeśli otworzymy migawkę na dostatecznie krótki czas (czas ekspozycji), to ślad gwiazd będzie wystarczająco mały, aby obrazy uznane zostały za punktowe. Czas ten zależy od ogniskowej obiektywu oraz deklinacji gwiazdy i można go wyznaczyć, korzystając ze wzoru:

$$T = 450/F\cos\delta \qquad (2)$$

gdzie:

T — czas ekspozycji w sekundach
F — ogniskowa obiektywu w mm
δ — deklinacja gwiazdy

Czas T jest to najdłuższy czas ekspozycji, przy którym obrazy gwiazd będą nadal punktowe. Na przykład, dla deklinacji 0° i ogniskowej obiektywu 50 mm, otrzymujemy T = 9 s. Jeśli jasność obiektywu będzie wynosiła 1.8 a czułość użytego filmu 800 ASA, to zarejestrujemy gwiazdy o jasności niespełna 8 magnitudo! Z tego wzoru wynika, że im większą deklinację ma gwiazda, tym dłuższego czasu możemy użyć, a co za tym idzie, słabsze gwiazdy mogą być sfotografowane.

Większość osób poprzestaje na tych dwóch metodach fotografowania nieruchomym aparatem. Pierwsza z nich służy do rejestrowania śladów gwiazd, druga do wykonywania zdjęć, na których obrazy gwiazd są punktowe. Najsłabsze obiekty, które można tymi metodami zarejestrować, nie przekraczają na ogół 8.5 magnitudo. Istnieje jednak możliwość sfotografowania jaśniejszych mgławic lub słabych gwiazd (11–12 magnitudo), nadal używając nieruchomego aparatu. Będziemy jednak w tym celu potrzebowali montażu paralaktycznego (może być bardzo prosty) oraz lunety celowniczej. Metoda ta nie wymaga użycia mikroruchów. Jak zatem, nie posiadając mikroruchów ani mechanizmu zegarowego, wykonać zdjęcia mgławic?

Montaż powinien być odpowiednio ustawiony, przy czym wystarczy ustawienie osi godzinnej na Gwieździe Polarnej.

Aparat mocujemy na lunecie. Luneta powinna być wyposażona w okular z krzyżem celowniczym.

Wybieramy z centrum pola, które chcemy sfotografować, jasną gwiazdę. Ustawiamy lunetę tak, aby ta gwiazda (gwiazda prowadzenia) leżała na przecięciu nitek krzyża. W celu zwiększenia dokładności obraz gwiazdy rozogniskowujemy.

Zakrywamy obiektyw aparatu i otwieramy migawkę (najlepiej przez wężyk spustowy z blokadą).

Korygujemy położenie teleskopu, tak aby nasza gwiazda znajdowała się w miejscu przecięcia się nitek krzyża i delikatnie odsłaniamy obiektyw na czas określony wzorem drugim (dla podanego wcześniej przykładu : F = 50 mm, δ = 0° czas ten wynosi 9 s), po czym delikatnie zasłaniamy obiektyw (migawka jest cały czas otwarta!).

Korygujemy ponownie położenie gwiazdy prowadzenia w lunecie i powtarzamy ekspozycję, odsłaniając i zasłaniając obiektyw.

Ilość ekspozycji zależy od tego, jak długi chcemy mieć czas ekspozycji. Jeśli chcemy naświetlać kliszę przez półtorej minuty, to dla naszego przykładu ilość ekspozycji wynosi 10. Jak widać, jest to prosta metoda, dzięki której możemy nie tylko fotografować słabe gwiazdy, ale także mgławice. Fotografia 2 wykonana została w ten właśnie sposób. Wykonałem 25 ośmiosekundowych ekspozycji, co dało sumaryczny czas około 3.3 minuty.

Wiesław Skórzyński

Promieniowanie elektromagnetyczne jako źródło informacji o Wszechświecie

Promieniowanie elektromagnetyczne, fala elektromagnetyczna — jednoczesne przenoszenie drgań pól elektrycznego i magnetycznego, prostopadłych do siebie oraz do kierunku rozchodzenia się fali. Są to zatem fale poprzeczne. Do rozprzestrzeniania się tego promieniowania nie jest potrzebny żaden ośrodek i bez względu na długość fali, prędkość jej rozchodzenia się w próżni jest stała — około 300 tys. km/s. Jest to tzw. prędkość światła, chociaż często przez światło rozumie się tylko to promieniowanie elektromagnetyczne, na które reaguje ludzki wzrok.

Podział widma fal elektromagnetycznych jest dość umowny. Najkrótsze i bardzo przenikliwe są fale gamma (powstające np. przy przemianach jądrowych we wnętrzach gwiazd), dłuższe — rentgenowskie, następnie nadfioletowe, widzialne, zwane też optycznymi lub po prostu światłem, podczerwone, mikrofalowe i najdłuższe — radiowe.

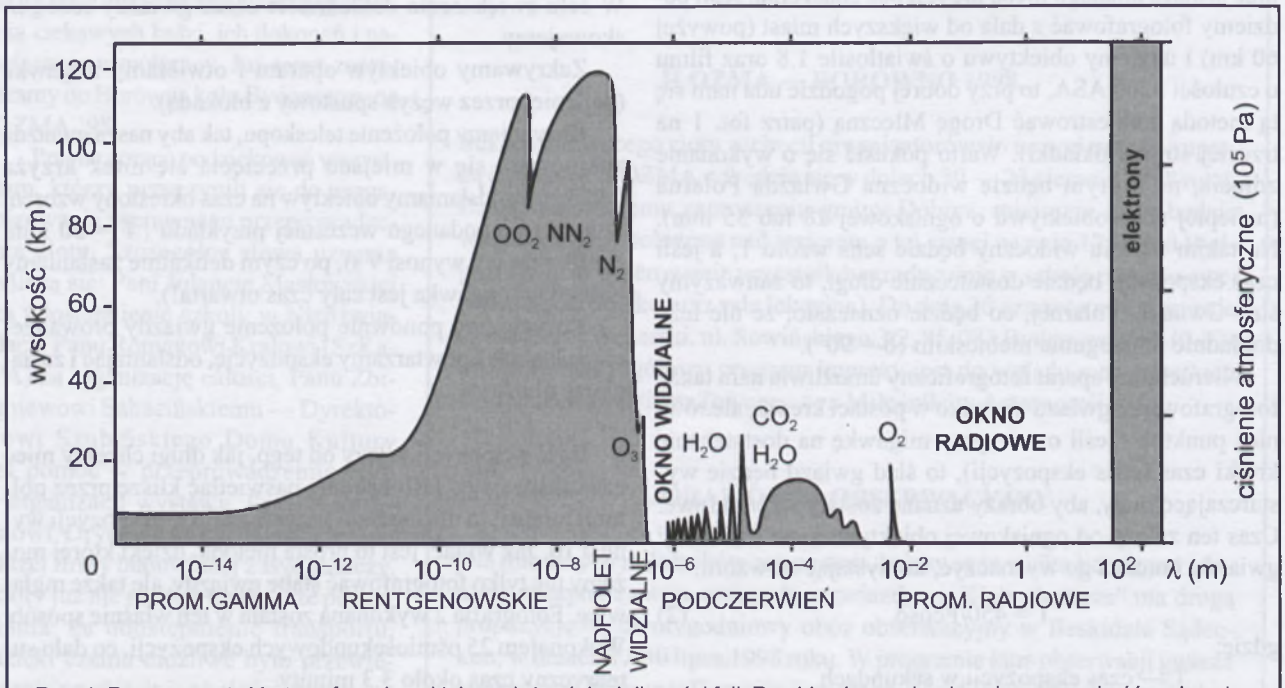
Najczęściej promieniowanie elektromagnetyczne powstaje w wyniku podgrzewania ciał do dostatecznie wysokiej temperatury — jest to tzw. promieniowanie termiczne, wytwarzane jako wynik przejść atomów pomiędzy różnymi stanami energetycznymi. Za każdym razem wysyłana jest wtedy paczka fal elektromagnetycznych. Gorące gwiazdy wysyłają ich tyle, że nawet nieuzbrojonym okiem widzimy je z ogromnych odległości.

Większość innych fal, jak choćby fala dźwiękowa, potrzebuje ośrodka, aby się rozprzestrzeniać (zatem np. na Księżycu, gdzie nie ma atmosfery, nie moglibyśmy się porozumiewać za pomocą głosu, ale możemy za pomocą sygnałów świetlnych). Powtórzmy raz jeszcze — światło ośrodka „przewodzącego" nie potrzebuje!

Dla astronomii jest to niesłychanie ważna cecha promieniowania elektromagnetycznego, bowiem przestrzeń między ciałami niebieskimi jest w większości nieomal pusta (patrz „Urania" 12/97). Mimo to fale wysyłane przez gwiazdy czy galaktyki docierają do Ziemi. Co prawda, nie wszystkie są w stanie przebrnąć przez ziemską atmosferę działającą jak „ciemne okulary". Istnieją tzw. okna atmosferyczne — nazwano tak zakresy długości fal elektromagnetycznych (w tym widzialne i radiowe), docierające do samej powierzchni Ziemi. Inne fale odbieramy za pomocą aparatury umieszczonej na samolotach, balonach czy satelitach.

Wiele osób nie zdaje sobie sprawy z tego, że światło — rozumiane jako całość promieniowania elektromagnetycznego — niesie ogromną ilość informacji zarówno o obiekcie, który to światło wysyła, jak i o ośrodku między tym obiektem a obserwatorem.

Zacznijmy od sprawy najprostszej — to, co można zauważyć bez żadnych instrumentów, to kierunek i natężenie wiązki świetlnej. Na podstawie tych dwóch danych już starożytni określali wzajemne położenie gwiazd na sferze niebieskiej oraz oznaczali ich widomą jasność (patrz „Urania" 5/97).



Rys. 1. Przezroczystość atmosfery ziemskiej w zależności od długości fali. Przebieg krzywej wskazuje na wysokość nad poziomem morza, do jakiej dociera już tylko 1% promieniowania ciał niebieskich; na mniejszych wysokościach obserwacji na danej długości fali prowadzić już nie można.

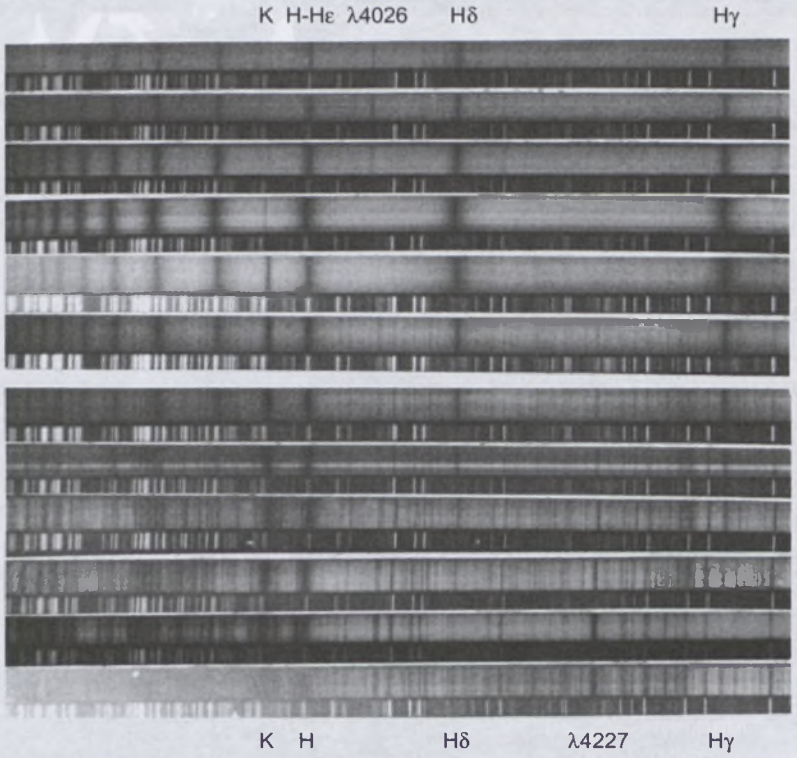
Pamiętajmy jednak, że gwiazda widziana jako bardzo słaba niekoniecznie musi wysyłać mało energii — może być po prostu bardzo daleko od nas (odwołując się do najprostszych doświadczeń — możemy być „oślepieni" blaskiem bliskiej latarki, a z trudem zauważać odległą latarnię morską). Zdarza się też, że obserwacje prowadzimy (przypadkowo) w tej dziedzinie widma, w której obiekt jest słaby (np. w dziedzinie optycznej), a zmieniając dziedzinę okazuje się, że świeci on bardzo intensywnie (np. radiogalaktyki są optycznie mało aktywne).

Gdy udaje się wyznaczyć odległość do badanego obiektu — możemy z natężenia odbieranej na Ziemi wiązki światła określić, ile energii produkuje nasz obiekt (a nie tylko ile jej „widzimy"). Ponadto znajomość odległości pozwala wnosić o tym, czy gromadzenie się obiektów świecących na sferze niebieskiej wynika z przypadku, czy wynika z ich faktycznej bliskości w przestrzeni.

Dodatkowe informacje można uzyskać z wiązki światła, gdy uda się ją rozszczepić np. za pomocą pryzmatu lub siatki dyfrakcyjnej; mówiąc inaczej — gdy uzyskamy widmo badanego obiektu, najczęściej gwiazdy (w świetle widzialnym jest to znana z codziennego życia „tęczka", jaką widać np. przy kryształowych żyrandolach). Inaczej — porównanie energii wysyłanej w różnych długościach fal pozwala określić temperaturę świecącego obiektu. Im wyższa temperatura ciała, tym maksimum promieniowania przesuwa się bardziej w stronę fal krótkich — najgorętsze gwiazdy wysyłają więcej kwantów nadfioletowych, chłodniejsze więcej podczerwonych. Stąd właśnie wiemy, że czerwonawa Betelgeza jest chłodniejsza niż biało-niebieska Spika. Ogólnie — jeśli udaje się zmierzyć rozkład emitowanego promieniowania z długością fali — można określić temperaturę świecącego obiektu.

Z widma daje się też odczytać obecność niektórych pierwiastków w ośrodku, przez który promieniowanie przechodzi (np. atmosfery gwiazdowej czy materii międzygwiazdowej). W widmie ciągłym, tzn. w jednolitej „tęczce", pojawiają się ciemne (absorbcyjne) lub jasne (emisyjne) linie świadczące o obecności tych pierwiastków, które takie linie są w stanie wyprodukować (wiadomo z fizyki, że każdy pierwiastek charakteryzuje się ściśle określonym zespołem linii).

Z widma daje się również odczytać bardzo ważną informację, a mianowicie: czy obiekt oddala się, czy przybliża do obserwatora — jak zauważył w 1842 r. austriacki fizyk Christian Doppler, częstość sygnału (u nas — fali elektromagnetycznej) odbieranego rośnie, jeśli źródło sygnału zbliża się ku nam i maleje, gdy się oddala (stąd poczerwienienie, obniżenie częstotliwości odbieranej fali, oddalających się galaktyk).



Rys. 2. Przykładowe widma gwiazd. Wyraźnie widoczne silne linie zjonizowanego wapnia (K, H) i wodoru neutralnego (Hδ, Hγ, itd.). λ4227 oznacza linię dwukrotnie zjonizowanego wapnia o długości 4227×10^{-10} m. Właśnie zmiany w wyglądzie tych i innych linii pozwalają rozróżniać typy widmowe gwiazd (u góry: O9, na dole:M0).

Promieniowanie elektromagnetyczne musi ze swej natury reagować na pole magnetyczne przenikające ośrodek — okazuje się, że linie widmowe zostają spolaryzowane (uporządkowane; jak potrząsana lina, po której przenoszą się rozmaite fale poprzeczne, garby. Gdy przepuścimy taką linię przez poprzeczną szczelinę — dalej przejdą już tylko fale do tej szczeliny równoległe). Dla obserwatora wygląda to najczęściej jak rozdwojenie się linii (jest to tzw. efekt Zeemana, z którego daje się nawet odczytać natężenie pola magnetycznego polaryzującego światło).

Tak więc niepozorna wiązka światła dochodząca do astronoma na Ziemi jest kopalnią wiedzy. Oczywiście nie zawsze wszystkie pomiary są możliwe — np. aby uzyskać widmo, wiązka musi nieść dostatecznie dużo energii. Tylko dla dostatecznie silnych obiektów jesteśmy w stanie uzyskać widma wystarczająco dobrej jakości — ale to już są problemy czysto „techniczne".

Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska

ASTRO-BIT
Oprogramowanie i materiały astronomiczne

Ireneusz Włodarczyk
ul. Rewolucjonistow 15/13
42-500 Będzin

tel.:(0-32) 761-29-46 e-mail: astrobit@ka.onet.pl

KONKURS!

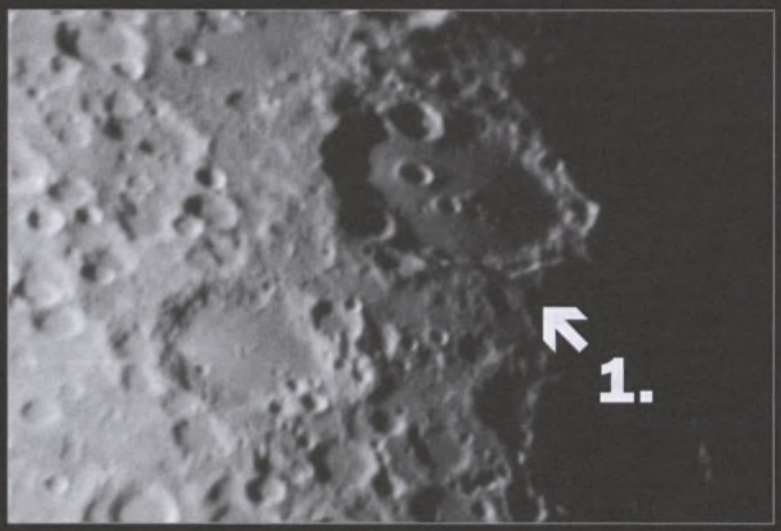
Czy znasz

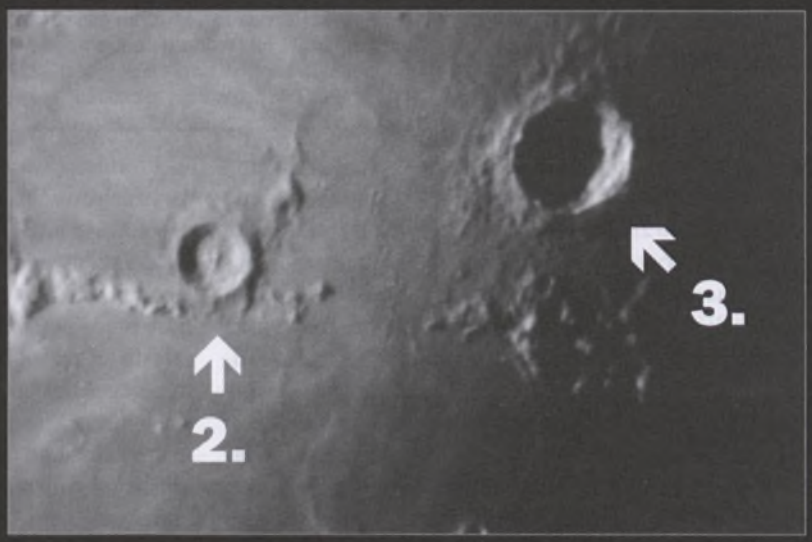
Pod tym hasłem pragniemy zachęcić Was, Drodzy Czytelnicy, do wspólnej zabawy mającej na celu spopularyzowanie obrazów naszego Układu Słonecznego. Wszak żyjemy w czasach, gdy, zgodnie z wizją Konstantego Ciołkowskiego, Człowiek opuścił swą kolebkę — Ziemię — i poznał już jej najbliższe otoczenie! W kilku kolejnych zeszytach Uranii-PA prezentować będziemy zdjęcia wybranych obiektów Układu Słonecznego. W przypadku planet lub ich księżyców będą to pewne fragmenty ich powierzchni.

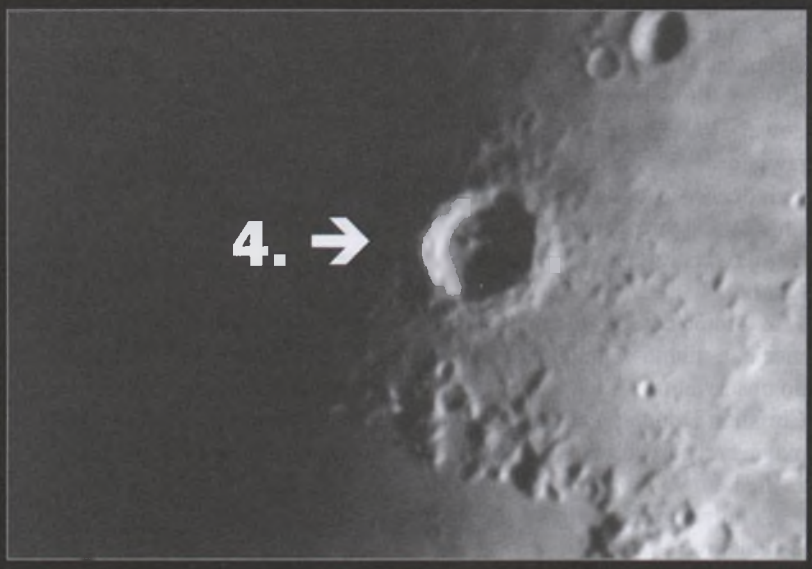
Zadaniem Państwa będzie podanie nazw ukazanych obiektów lub wskazanych szczegółów. Za każdą poprawną odpowiedź przyznawane będą punkty, których liczba zależna będzie od stopnia trudności zadania. Odpowiedzi można nadsyłać do momentu ukazania się kolejnego, następnego numeru naszego pisma. Odpowiedzi oraz lista 10 osób z największą ilością punktów będą publikowane w zeszytach późniejszych. Zdobyte punkty będą sumowane w celu wyłonienia Superznawcy Układu Słonecznego (SUS-a) po zakończeniu całego konkursu. SUS-owi przyznamy nagrodę specjalną (zależną od możliwości Redakcji i hojności sponsorów). Przewidujemy również drobne nagrody dla zwycięzców każdej edycji konkursu.

Zaczynamy od naszego najbliższego sąsiada — Księżyca. Zamieszczone tu zdjęcia ukazują fragmenty jego widocznej z Ziemi powierzchni, a strzałki wskazują obiekty, które należy zidentyfikować. Dla ułatwienia informujemy, iż wszystkie zdjęcia zostały wykonane tym samym instrumentem i względne rozmiary obiektów są zachowane. Na sąsiedniej stronie podajemy ilość punktów, jaką można uzyskać za każdą prawidłową odpowiedź.

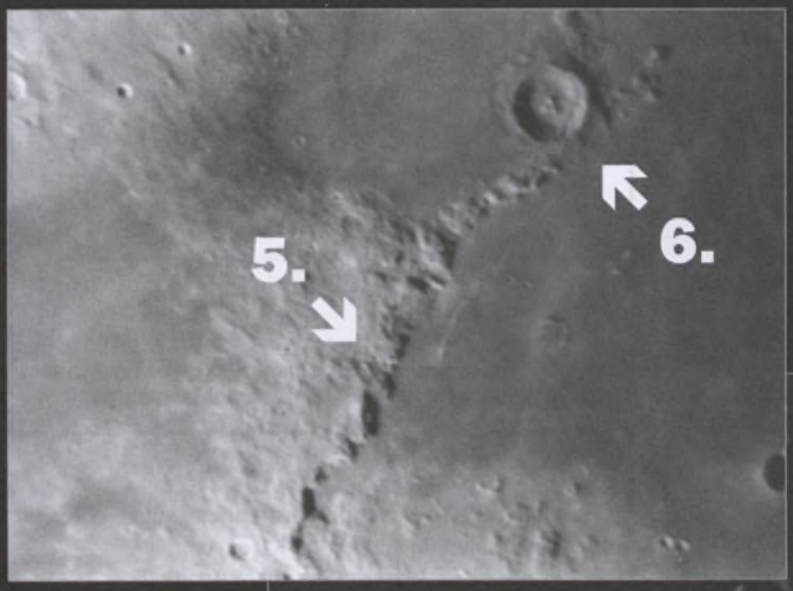
Miłej zabawy!



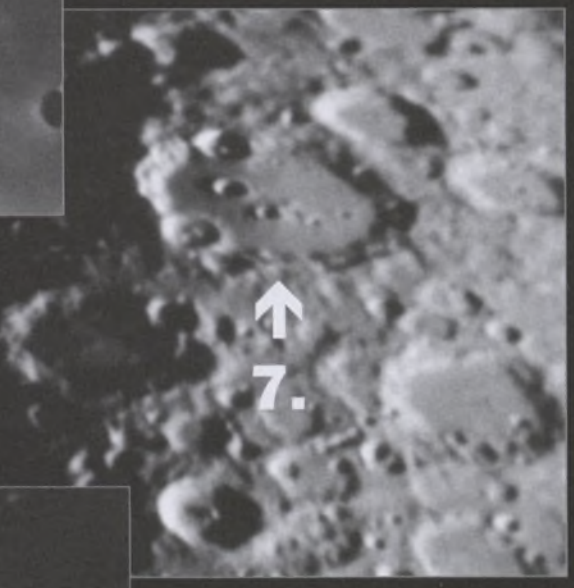


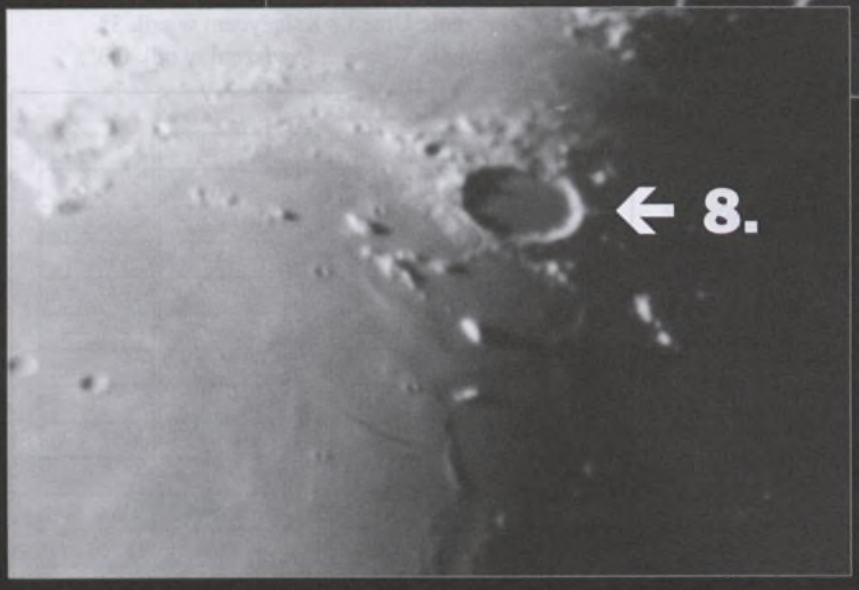


Układ Słoneczny?



1. Krater — 7 pkt.
2. Krater — 5 pkt.
3. Krater — 3 pkt.
4. Krater — 5 pkt.
5. Pasmo gór — 3 pkt.
6. Krater — 5 pkt.
7. Krater — 5 pkt.
8. Krater — 3 pkt.





Autorem wszystkich zamieszczonych tu zdjęć jest Edward Gac z Trelaze (Francja).

Pan Edward jest Polakiem, którego losy przed kilkudziesięciu laty „rzuciły" do Francji. Od wielu lat jest tam członkiem lokalnego Klubu Astronomicznego, buduje teleskopy i modele pojazdów kosmicznych, obserwuje niebo i pokazuje je innym. Wielokrotnie publikowaliśmy w „Postępach Astronomii" zdjęcia różnych obiektów przez niego wykonane.

Na zdjęciu obok pan Edward Gac i zbudowany przez niego teleskop.

Kwiecień

Słońce

Wznosi się po ekliptyce coraz wyżej ponad równik niebieski, w związku z czym dzień jest coraz dłuższy. W ciągu miesiąca dnia przybywa prawie o dwie godziny: w Warszawie 1 kwietnia Słońce wschodzi o 4^h11^m, zachodzi o 17^h09^m, a 30 kwietnia wschodzi o 3^h08^m, zachodzi o 17^h59^m. W kwietniu Słońce wstępuje w znak Byka.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 1998	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
IV 1	–26.16	–6.55	177.63
3	–26.24	–6.44	151.24
5	–26.28	–6.32	124.85
7	–26.29	–6.19	98.46
9	–26.28	–6.06	72.06
11	–26.24	–5.92	45.66
13	–26.17	–5.77	19.26
15	–26.06	–5.62	352.85
17	–25.93	–5.46	326.45
19	–25.77	–5.30	300.03
21	–25.58	–5.12	273.62
23	–25.36	–4.95	247.20
25	–25.11	–4.76	220.78
27	–24.83	–4.57	194.36
29	–24.53	–4.38	167.93
V 1	–24.19	–4.18	141.50

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$14^d11^h01^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

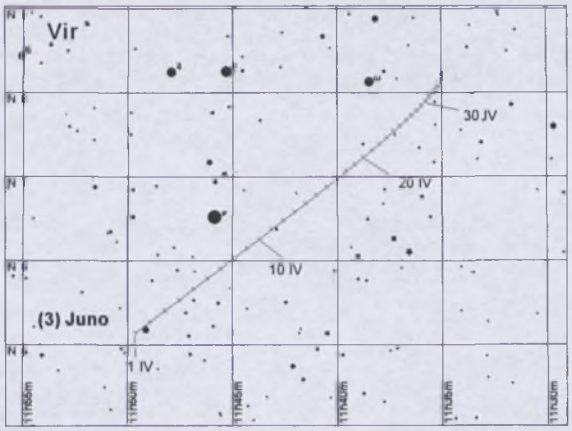
Bezksiężycowe noce będziemy mieli pod koniec miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $3^d20^h18^m$, pełnia $11^d22^h24^m$, ostatnia kwadra $19^d19^h53^m$, nów $26^d11^h41^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się 11 kwietnia o 1^h48^m, w perygeum 25 kwietnia o 17^h56^m.

Planety i planetoidy

Nad ranem w drugiej połowie miesiąca przed wschodem Słońca można próbować odnaleźć Jowisza jako gwiazdę -2.1^m.

Pozostałe planety znajdują się w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

W kwietniu możemy obserwować w pobliżu opozycji planetoidę **(3) Juno**, (jasność 9.4^m). 1 IV: $11^h49.6^m$, 5°08′; 11 IV: $11^h43.1^m$, 6°22′; 21 IV: $11^h38.3^m$, 7°19′, 1 V: $11^h35.6^m$, 7°57′.



Rys. 1. Trasa planetoidy (3) Juno na tle gwiazd gwiazdozbioru Panny w kwietniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

***

W dniach 20-30 kwietnia obserwujemy duże zbliżenie wszystkich planet do siebie i do Księżyca.

3^d12^h Złączenie Marsa z Saturnem w odl. 2°.

$6^d04^h05^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.

6^d16^h Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

13^d11^h Saturn w koniunkcji ze Słońcem.

$15^d03^h37^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.

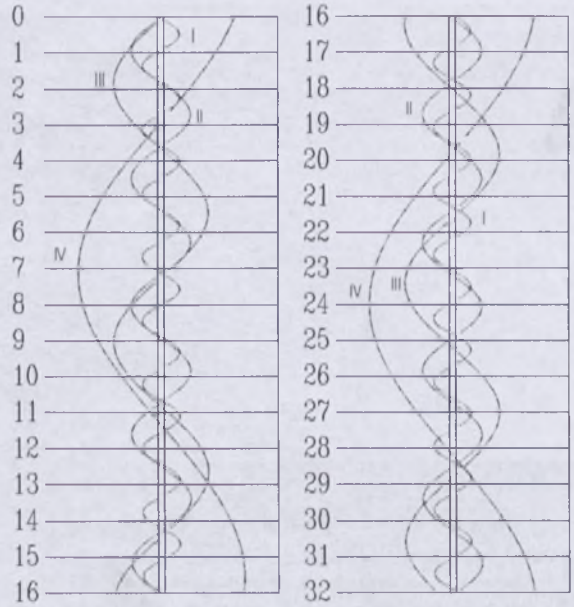
19^d02^h Merkury nieruchomy w rektascensji.

20^d02^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.

$20^d06^h42^m$ Słońce wstępuje w znak Byka, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 30°.

20^d20^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 3°.

23^d03^h Złączenie Wenus z Jowiszem w odl. 0.3°.



Rys. 2. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w kwietniu 1998 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety.

$23^d03^h09^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

23^d07^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 0.2°.

23^d08^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 0.1°.

24^d19^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 1°

$25^d02^h58^m$ Zejście cienia księżyca III (Ganimedesa) z tarczy Jowisza.

25^d17^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.

26^d16^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 5°.

$28^d03^h05^m$ Wejście IV księżyca Jowisza (Callisto) na tarczę planety.

28^d19^h Zakrycie gwiazdy α Tau (Aldebaran) przez Księżyc, widoczne w Polsce (Kraków 18^h53^m, Krosno 18^h54^m, Lublin 19^h01^m, Szczecin 18^h58^m, Warszawa 19^h00^m, Wrocław 18^h52^m, Zielona Góra 18^h53^m). Odkrycie w 15 minut później.

$30^d02^h33^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

Maj

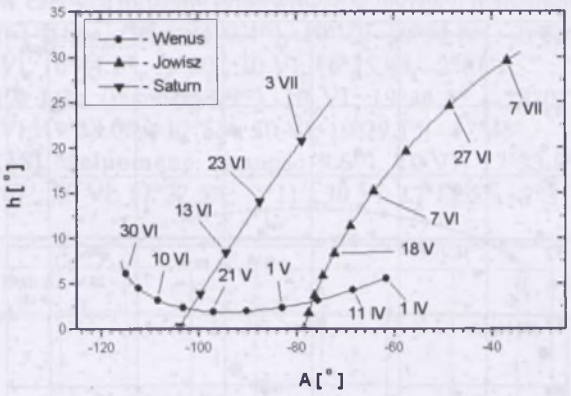
Słońce

Wznosi się po ekliptyce nadal coraz wyżej ponad równik niebieski, w związku z czym dzień jest coraz dłuższy. W ciągu miesiąca dnia przybywa o ponad godzinę: w Warszawie 1 maja Słońce wschodzi o 3^h06^m, zachodzi o 18^h01^m, a 31 maja wschodzi o 2^h22^m, zachodzi o 18^h46^m. W maju Słońce wstępuje w znak Bliźniąt.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 1998	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
V 1	–24.19	–4.18	141.50
3	–23.82	–3.98	115.07
5	–23.43	–3.77	88.63
7	–23.01	–3.56	62.19
9	–22.56	–3.35	35.75
11	–22.08	–3.13	9.30
13	–21.57	–2.91	342.85
15	–21.04	–2.68	316.40
17	–20.48	–2.45	289.95
19	–19.90	–2.22	263.50
21	–19.29	–1.99	237.04
23	–18.66	–1.76	210.58
25	–18.00	–1.52	184.12
27	–17.32	–1.28	157.66
29	–16.62	–1.04	131.20
V 31	–15.89	–0.80	104.73

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$11^d16^h53^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.



Rys. 3. Planety Wenus, Jowisz i Saturn nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego od kwietnia do czerwca 1998 (około godzinę przed wschodem Słońca).

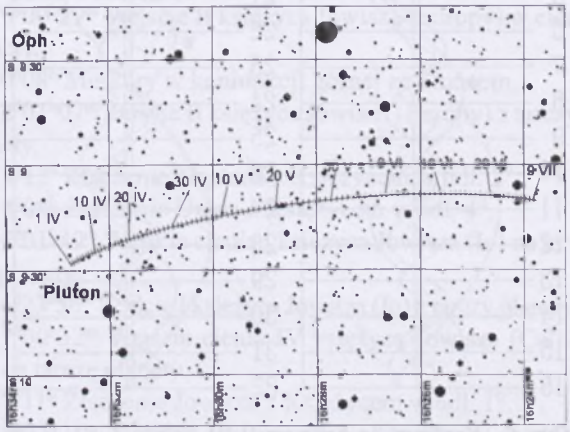
Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli pod koniec maja, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $3^d10^h04^m$, pełnia $11^d14^h29^m$, ostatnia kwadra $19^d04^h35^m$, nów $25^d19^h32^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się $8^d08^h56^m$, a w perygeum $24^d00^h02^m$.

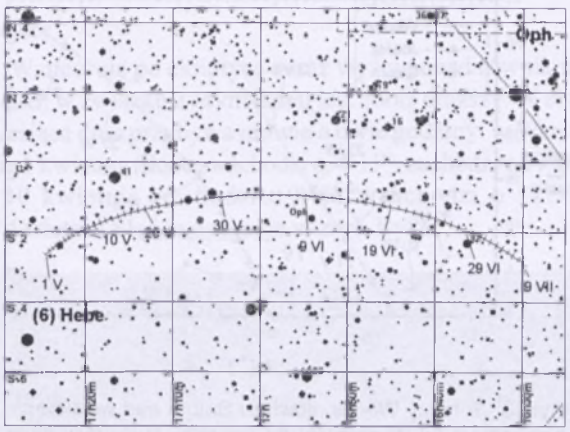
Planety i planetoidy

Nad ranem coraz wyżej nad wschodnim horyzontem wznosi się Jowisz, pod koniec miesiąca osiągając wysokość 13° pod koniec świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca). Planeta ma jasność -2.3^m przy średnicy tarczy 37″. Pozostałe planety znajdują się na niebie w pobliżu Słońca lub bardzo nisko nad horyzontem i są niewidoczne.

Pluton widoczny jest całą noc w gwiazdozbiorze Wężownika, jednakże jego jasność wynosi jedynie 13.7^m i do jego zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.



Rys. 4. Trasa Plutona na tle gwiazd gwiazdozbioru Wężownika od kwietnia do czerwca 1998 (zaznaczone gwiazdy do 15^m).



Rys. 5. Trasa planetoidy (6) Hebe na tle gwiazd gwiazdozbioru Wężownika w maju i czerwcu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

W maju możemy obserwować w pobliżu opozycji planetoidę **(6) Hebe**, (jasność 9.5^m). 1 V: $17^h24.5^m$, $-2°39'$; 11 V: $17^h19.6^m$, $-1°53'$; 21 V: $17^h12.4^m$, $-1°18'$, 31 V: $17^h03.5^m$, $-0°59'$.

***

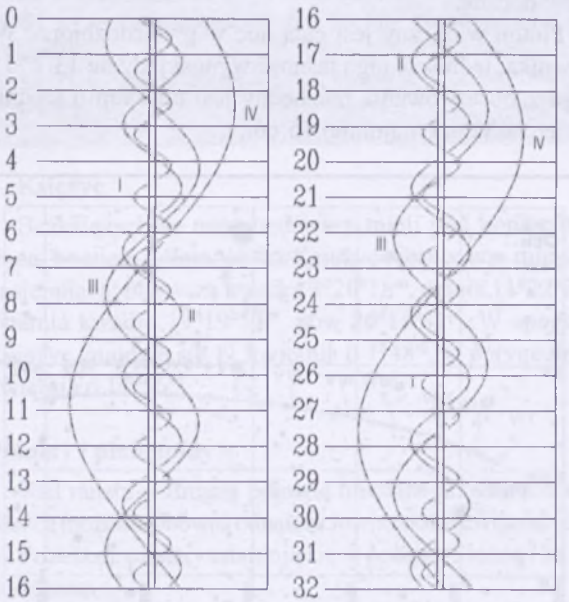
$2^d03^h13^m$ Księżyc II (Europa) wychodzi zza tarczy Jowisza.

4^d07^h Neptun nieruchomy w rektascensji.

4^d17^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca (26°44′)

$6^d02^h44^m$ Wejście IV księżyca Jowisza (Callisto) w cień planety.

12^d16^h Złączenie Merkurego z Saturnem w odl. 1°.



Rys. 6. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w maju 1998 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety.

12^d20^h Koniunkcja Marsa ze Słońcem.

$13^d02^h18^m$ Księżyc III (Ganimedes) znika za tarczą Jowisza.

$15^d02^h35^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.

$15^d02^h35^m$ Zejście IV księżyca Jowisza (Callisto) z tarczy planety.

$16^d02^h02^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.

17^d08^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.

17^d17^h Uran nieruchomy w rektascensji.

18^d03^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 3°.

$20^d01^h28^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) w cień planety.

20^d23^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 0.4°.

$21^d06^h06^m$ Słońce wstępuje w znak Bliźniąt, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 60°

22^d22^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 2°.

$23^d01^h40^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

23^d08^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.

$24^d02^h32^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.

24^d11^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 3°.

$25^d01^h00^m$ Wejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

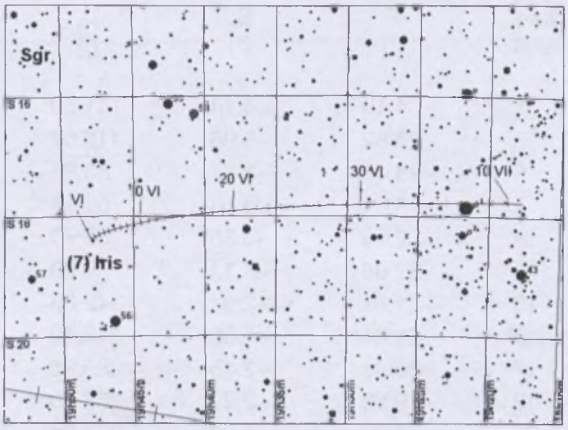
25^d12^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 5°.

28^d05^h Pluton w opozycji ze Słońcem.

29^d02^h Złączenie Wenus z Saturnem w odl. 0.3°.

$31^d00^h52^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.

$31^d01^h03^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.



Rys. 7. Trasa planetoidy (7) Iris na tle gwiazd gwiazdozbioru Strzelca w czerwcu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

Czerwiec

Słońce

W czerwcu deklinacja Słońca wzrasta aż do dnia przesilenia letniego, 21 czerwca, kiedy osiągnie wartość maksymalną: Słońce wstępuje wtedy w zodiakalny znak Raka, rozpoczynając w ten sposób astronomiczne lato. W związku z tym w czerwcu przypada najdłuższy dzień i najkrótsza noc w roku na naszej półkuli.

W Warszawie 1 czerwca Słońce wschodzi o 2^h21^m, zachodzi o 18^h47^m, a 30 czerwca wschodzi o 2^h18^m, zachodzi o 19^h01^m.

Księżyc

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 1998	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
VI 1	–15.52	–0.68	91.50
3	–14.77	–0.44	65.03
5	–14.00	–0.20	38.56
7	–13.21	0.04	12.09
9	–12.40	0.28	345.62
11	–11.58	0.52	319.15
13	–10.75	0.76	292.67
15	–9.90	1.00	266.20
17	–9.04	1.24	239.73
19	–8.17	1.48	213.25
21	–7.29	1.71	186.78
23	–6.40	1.95	160.31
25	–5.51	2.18	133.83
27	–4.61	2.41	107.36
29	–3.70	2.63	80.89
VII 1	–2.79	2.85	54.42

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$7^d21^h56^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Bezksiężycowe noce będziemy mieli pod koniec czerwca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $2^d01^h45^m$, pełnia $10^d04^h18^m$, ostatnia kwadra $17^d10^h38^m$, nów $24^d03^h50^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się $4^d23^h43^m$, a w perygeum $20^d17^h31^m$.

Planety i planetoidy

Rano, krótko przed wschodem Słońca, można znaleźć Wenus bardzo nisko nad wschodnim horyzontem, jako gwiazdę -3.8^m. Pod koniec miesiąca planeta znajduje się na wysokości 6° nad horyzontem pod koniec świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca). Faza Wenus wynosi około 0.8 przy średnicy 13″. O tej samej porze można obserwować Jowisza na wysokości 25° nad horyzontem jako obiekt -2.5^m o średnicy tarczy 41″. Jednocześnie na wysokości 20° można obserwować Saturna o jasności 0.5^m i średnicy tarczy 17″.

Pluton widoczny jest całą noc w gwiazdozbiorze Wężownika, jednakże jego jasność wynosi jedynie 13.7^m i do jego zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

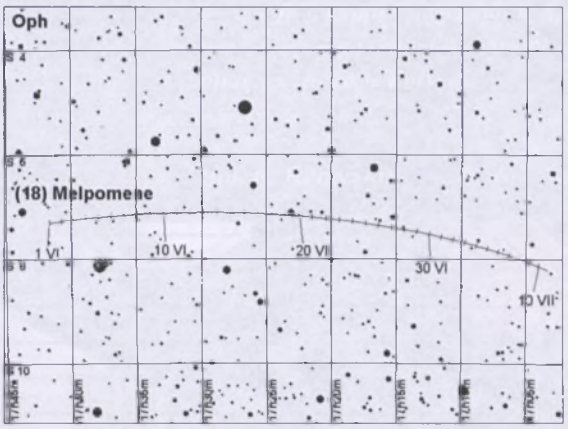
Pozostałe planety znajdują się na niebie w pobliżu Słońca lub bardzo nisko nad horyzontem i są niewidoczne.

W czerwcu możemy obserwować w opozycji planetoidy:

(6) Hebe, (jasność 9.4^m). 10 VI: $16^h53.8^m$, –0°59′; 20 VI: $16^h44.2^m$, –1°20′; 30 VI: $16^h35.8^m$, –2°01′.

(7) Iris, (jasność 8.9^m). 10 VI: $19^h44.5^m$, –18°07′; 20 VI: $19^h38.0^m$, –17°55′; 30 VI: $19^h29.1^m$, –17°48′.

(18) Melpomene, (jasność 9.6^m). 10 VI: $17^h33.0^m$, –7°07′; 20 VI: $17^h22.5^m$, –7°11′; 30 VI: $17^h12.5^m$, –7°31′.



Rys. 8. Trasa planetoidy (18) Melpomene na tle gwiazd gwiazdozbioru Wężownika w czerwcu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

Meteory

W dniach od 10 do 21 czerwca promieniują meteory z roju czerwcowych Lirydów. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma współrzędne: rekt. 18^h22^m, dekl. +35°. Rój nie jest zbyt obfity, a dodatkowo w obserwacjach przeszkadzał będzie Księżyc po pełni.

***

$1^d01^h37^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

5^d11^h Złączenie Merkurego z Marsem w odl. 0.3°.

$8^d01^h17^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

$8^d02^h11^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.

$9^d00^h54^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.

$10^d00^h29^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) w cień planety.

10^d08^h Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.

$12^d01^h07^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

13^d12^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 2°.

14^d08^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 4°.

$15^d01^h49^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

$16^d23^h56^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

$17^d00^h32^m$ Wejście cienia IV księżyca Jowisza (Callisto) na tarczę planety.

17^d11^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 1°.

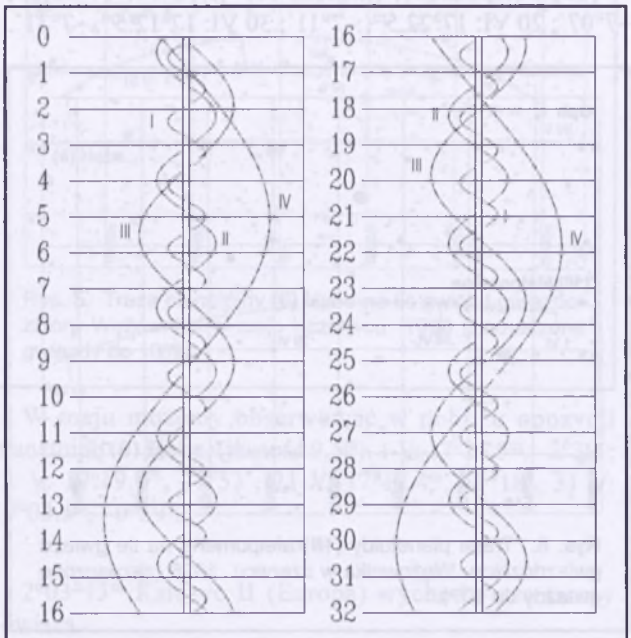
$18^d02^h21^m$ Księżyc III (Ganimedes) wychodzi zza tarczy Jowisza.

$19^d00^h55^m$ Zejście cienia księżyca II (Europy) z tarczy Jowisza.

$19^d00^h58^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

19^d20^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.

$21^d14^h03^m38^s$ Słońce wstępuje w znak Raka, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 90°. Początek astronomicznego lata.



Rys. 9. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w czerwcu 1998 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety.

21^d15^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 3°.

22^d14^h Zakrycie gwiazdy α Tau (Aldebaran) przez Księżyc, widoczne w Polsce (Gdańsk 14^d26^h, Kraków 14^h27^m, Krosno 14^h28^m, Łódź 14^h27^m, Lublin 14^h29^m, Poznań 14^h25^m, Szczecin 14^h24^m, Warszawa 14^h28^m, Wrocław 14^h26^m, Zielona Góra 14^h25^m). Odkrycie około 35 minut później.

$23^d01^h03^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.

23^d08^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 5°.

$23^d23^h34^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

$24^d00^h27^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.

$24^d01^h49^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

$24^d23^h10^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.

$25^d00^h43^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.

25^d13^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 5°.

$26^d00^h46^m$ Wejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

$26^d00^h55^m$ Księżyc IV (Callisto) wychodzi zza tarczy Jowisza.

$28^d00^h26^m$ Księżyc II (Europa) wychodzi zza tarczy Jowisza.

UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby otrzymać datę w obowiązującym w kwietniu, maju i czerwcu w Polsce „czasie letnim", należy dodać 2 godziny.

Momenty złączeń podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. Podane są wszystkie złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Opracował T. Ściężor

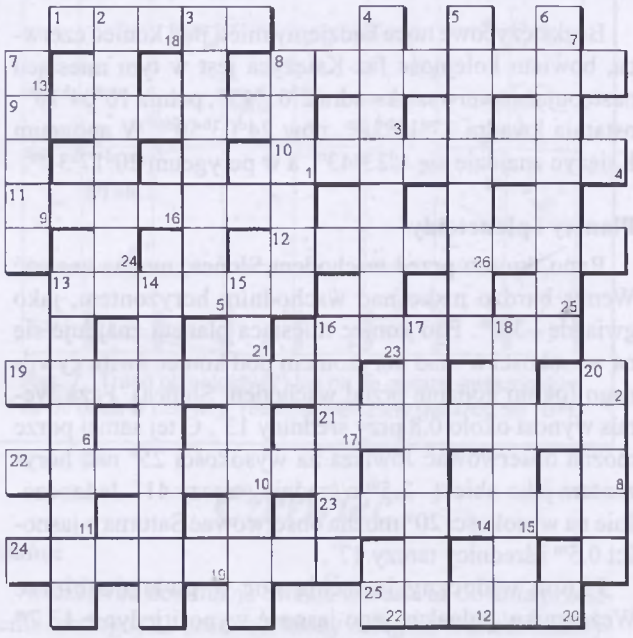
KRZYŻÓWKA

poziomo:

1) tkanina wełniana, podobna do aksamitu
8) często towarzyszy nudzie
9) z ręki do ręki
10) Uranii nad astronomią
11) malarz lub rzeźbiarz
12) samej śmietanki, czyli branie najlepszego
13) polski transatlantyk; pływał do 1969 roku
16) Hale-Bopp'a lub Hyakutake
19) warto ją mieć
21) niepowodzenie
22) piasku
23) do robienia purée
24) zupa mleczna z płatkami
25) mocarny księżyc

pionowo:

2) w psychologii: uczuciowe utożsamianie się z inną osobą i wywoływanie w sobie uczucia, które ona przeżywa
3) rozpadlina, przepaść
4) cząstka elementarna, z łatwością przenikająca przez materię
5) miasto-stolica polskich Tatr
6) grobowiec faraona Cheopsa
7) góry w Azji; najwyższy szczyt — Biełucha
8) gromadzone na zimę
13) miasto w województwie olsztyńskim, nad Pasłęką
14) wspina się na ścianie Kazalnicy Mięguszowieckiej
15) w fizyce: współdrganie, a w przenośni: oddźwięk
16) podniszczone okrycie wierzchnie
17) planeta najbliższa Słońcu
18) warto ją wyrabiać u siebie
20) lektura szkolna ... dla dziewczynek



Litery z pól ponumerowanych w prawym dolnym rogu, uszeregowane od 1 do 26 utworzą rozwiązanie.

Prosimy o nadsyłanie rozwiązań (tylko hasło); najbardziej wytrwałych nagrodzimy pod koniec roku. OPR. JAN MAGOŁ

OZMA 1997

Uczestnicy OZMA 1997 (patrz str. 81) na wystawie „Barwy Wszechświata" w Szubińskim Domu Kultury...

...i w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Piwnicach pod Toruniem we wnętrzu kopuły Teleskopu Schmidta-Cassegraina (największego teleskopu optycznego w Polsce).

(fot. K. Wenerski)

poradnik obserwatora

Fot. 1: obiektyw 20 mm f/2.8; czas eksp. 25 minut; film Scotch 3200 ASA

Fot. 2: obiektyw 50 mm f/2.8; czas eksp. 25×8 sekund; film Fuji Super G 800 ASA (patrz str. 87)

(fot. W Skórzyński)

Dwingeloo 1 – *nowoodkryty sąsiad Drogi Mlecznej*

„Ten obraz nowo odkrytej galaktyki „Dwingeloo 1" uzyskano teleskopem Isaaka Newtona w La Palma na Wyspach Kanaryjskich. Chociaż oddalona od nas tylko 10 mln lat świetlnych (pięć razy dalej niż galaktyka w Andromedzie) pozostawała przez długi czas nieznana, skryta przez materię naszej Galaktyki. Prawdopodobnie należy do pobliskiej gromady galaktyk zawierającej m.in. dwie galaktyki Maffei odkryte przed 25 laty. Na zdjęciu widzimy ją jako typową galaktykę spiralną z poprzeczką, zanurzoną w gęstym polu gwiazd tworzących naszą Galaktykę. Możliwe, że to co widzimy, to tylko słabo widoczna centralna część znacznie większego obiektu przysłoniętego gęstym gazem i pyłem Mlecznej Drogi.

Ta nowa galaktyka została początkowo odkryta przez 25 metrowy radioteleskop Dwingeloo w Holandii podczas poszukiwań galaktyk w płaszczyźnie Mlecznej Drogi. (Więcej informacji można znaleźć w artykule T. Bajtlika na str. 58)

Uzyskane zdjęcie jest kombinacją trzech obrazów uzyskanych za pomocą filtrów V, R, I i obejmuje obszar nieba o rozmiarze ok. 5 minut łuku.

Fot. S. Hughes, S. Maddox/Isaac Newton Telescope (RGO)

Urania

Postępy Astronomii

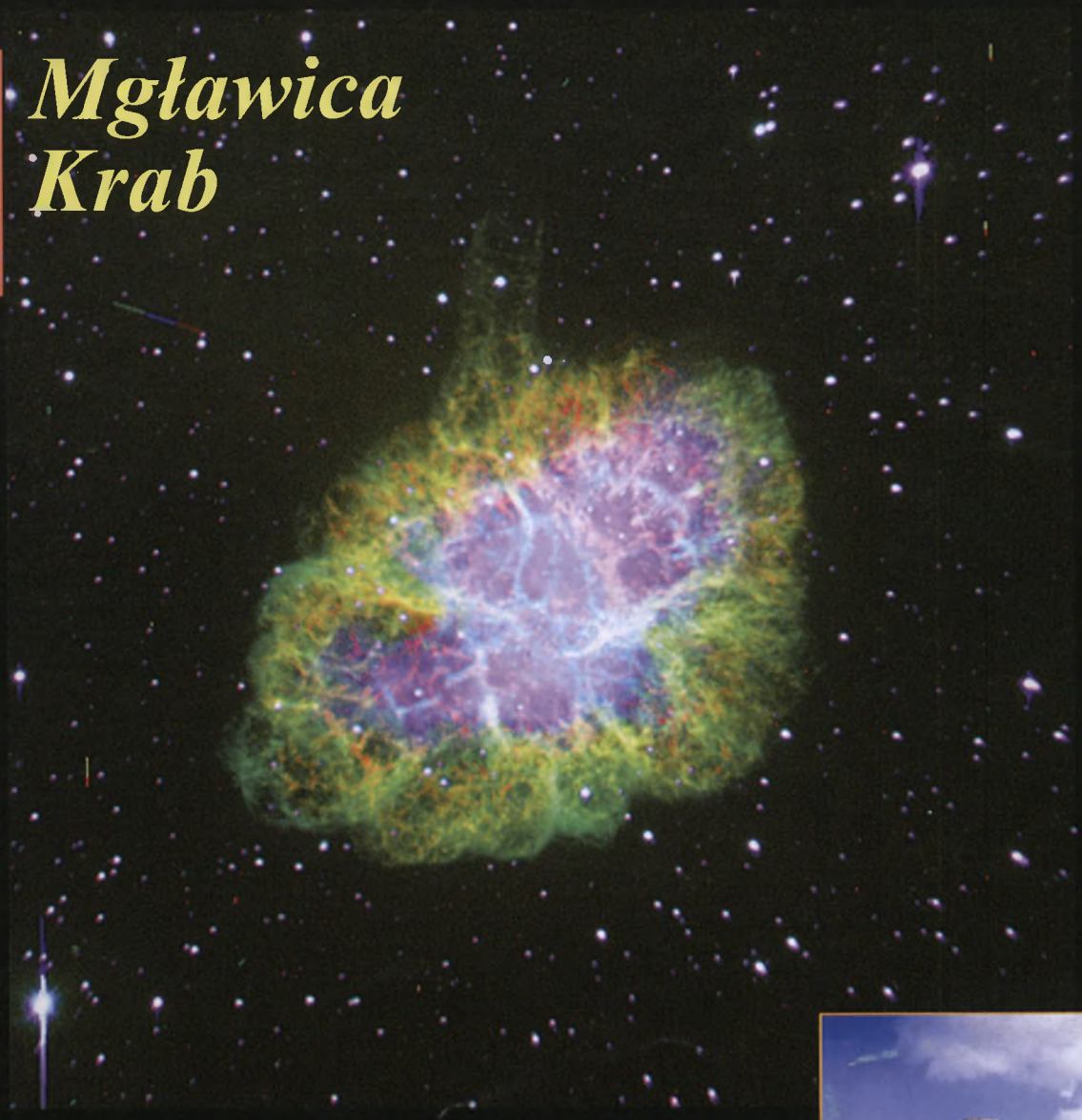
3/98 (675)

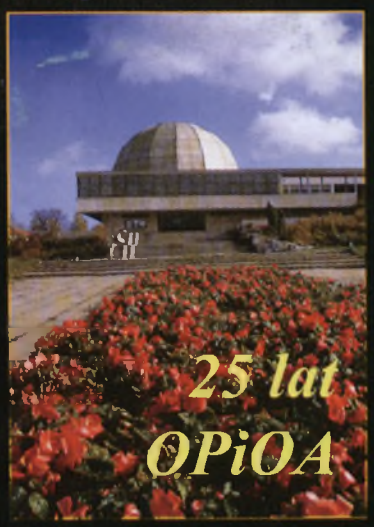
tom LXIX

maj – czerwiec

kolorowa wkładka

Mgławica Krab





Fizyka u progu trzeciego tysiąclecia

Czterdzieści lat badania pulsarów

Dysk Kuipera a pochodzenie komet

Kalendarz Astronomiczny

Zakład Optyki Instrumentalnej "Uniwersał"
34-300 Żywiec ul. Poniatowskiego 9
tel. (0-33) 61-33-74 tel. kom. 0602 788-693, 0601 463-890
www.universe.polbox.com

Dosięgnij gwiazd !

Spośród kilkunastu modeli teleskopów produkowanych przez nas polecamy:

Model nr 10 - teleskop systemu Cassegraina

- średnica zwierciadła 150 mm
- ogniskowa 2800 mm
- powiększenia od 60 do 700 razy

cena: 2400 zł

Wielka Mgławica w Orionie

Model nr 8 - teleskop systemu Newtona
"Szukacz Komet"

- średnica zwierciadła 150 mm
- ogniskowa 900 mm
- powiększenie od 30 do 500 razy
- możliwość podłączenia kamery video

cena: od 1500 do 1800 zł

Kometa Hale'a-Boppa

zdjęcia wykonane "Szukaczem Komet"

Model nr 5 - teleskop systemu Newtona

- średnica zwierciadła 90 mm
- ogniskowa 900 mm
- powiększenie 70, 120, 200 razy

cena: od 700 do 1000 zł

Model nr 2

- średnica zwierciadła 70 mm
- ogniskowa 550 mm
- powiększenia 40, 70, 120 razy

cena: 500 zł

Istnieje możliwość wymiany teleskopu na instrument większy za dopłatą

Mechanizm zegarowy - cena: 900 zł

Udzielamy 5 lat gwarancji.
Prowadzimy sprzedaż wysyłkową.
Naprawiamy mikroskopy i lornetki.

Nowość: Luneta ornitologiczna

Punkty dystrybucji:

Warszawa, tel. (022) 61-26-745
Gdynia tel. (058) 620-16-45
Koszalin tel. (094) 42-51-91
Kraków tel. (012) 647-12-90
Lublin tel. (081) 746-97-48
Ozorków k. Łodzi tel. (042) 18-86-82
Poznań tel. (061) 833-65-40
Szczecin tel. (091) 88-33-91
Wrocław tel. (071) 51-42-49

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Dziękujemy Wam za liczne listy. Cieszymy się bardzo, że wysoko oceniacie nasze pismo i jego Redakcję. Tylko niektóre listy możemy przytoczyć w naszym dziale ***Czytelnicy piszą****. Po stokroć ma rację Pan Karol Wenerski, nasz Czytelnik z Bydgoszczy, który napisał (cytowaliśmy Jego wypowiedź w nr 2.):* ***„Myślę, że nowa Urania ma szansę stać się pismem, na które wszyscy czekamy, ale to my, czytelnicy, musimy służyć pomocą, pomysłami — aby Urania stała się dla nas źródłem wiedzy, dobrych rad — po prostu przyjacielem w pasji poznawania otaczającego nas Wszechświata".*** *Tak, Drodzy Czytelnicy — czekamy na Wasze rady i pomysły. Milo nam słyszeć pochwały, ale potrzebujemy też słów życzliwej krytyki. Nie obejdziemy się również bez Waszej pomocy w zdobywaniu nowych czytelników. Gdyby każdy z Was nakłonił choćby tylko jednego swego znajomego do zaprenumerowania naszego pisma, to czulibyśmy się znacznie lepiej! I mielibyśmy mniej obaw o przyszłość naszego pisma...*

Bieżący zeszyt otwieramy artykułem — relacją profesora Józefa Szudego, Dyrektora Instytutu Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu z obchodów stulecia urodzin Wielkiego Fizyka Aleksandra Jabłońskiego i z dyskusji „okrągłego stołu" na temat ***„Fizyka u progu trzeciego Millenium".*** *Dyskusja ta zgromadziła najwybitniejszych fizyków polskich różnych specjalności. Było to pasjonujące spotkanie. Astronomię reprezentował profesor Józef Smak, Dyrektor Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika w Warszawie. Jego wypowiedź przytaczamy w całości na str. 104.*

Mija obecnie ***30 lat od chwili odkrycia pulsarów****. Docent Tadeusz Jarzębowski z Wrocławia w ciekawym artykule kreśli kolejne etapy poznawania natury i weryfikacji praw fizyki, u podstaw których legło to odkrycie. (str.106)*

Jednym z ciekawszych odkryć ostatnich lat są małe planetki tworzące tzw. pas lub ***dysk Kuipera*** *na peryferiach naszej rodziny planetarnej. Wspominał już o nich dr Krzysztof Ziołkowski w pierwszym zeszycie nowej „Uranii". Teraz mgr Halina Prętka z Poznania te nowo odkryte ciała przedstawia nam nieco bliżej (str.114).*

W dniu 525 rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika ***Planetarium Olsztyńskie*** *świętowało 25 lat swego istnienia. Obraz dokonań i społecznej służby Planetarium w tym czasie przedstawia na str. 124 dr Jadwiga Biała, obecny dyrektor tej placówki.*

W ***Astronomii w szkole*** *publikujemy relację dr Magdaleny Sroczyńskiej-Kożuchowskiej z* ***„Seminarium dla nauczycieli"****, które odbyło się w CAMKu w Warszawie na jesieni ub. roku oraz opowieść mgr Małgorzaty Sróbki-Kubiak o* ***XIV Ogólnopolskim Młodzieżowym Seminarium Astronomicznym w Grudziądzu****. W tej rubryce prof Juliusz Domański podpowiada, jak wykorzystać podwójny układ gwiazd, np. Syriusza, na lekcjach fizyki z astronomią.*

Niedawno odszedł od nas znany poznański miłośnik astronomii, ***profesor Bohdan Kiełczewski****. Jego sylwetkę przypominamy w* ***In memoriam*** *piórem dr Honoraty Korpikiewicz.*

W ***Rozmaitościach*** *znaleźć można doniesienia o najnowszych odkryciach astronomicznych.* ***Poradnik obserwatora*** *przynosi nowe rady i wskazówki Wiesława Skórzyńskiego, a w* ***Kalendarzyku astronomicznym*** *dr Tomasz Ściężor zapowiada nam zjawiska, które pojawią się na gwiaździstym niebie w lipcu i sierpniu br. Ponieważ niektóre listy Czytelników osiągają znaczną długość i są polemiczne wobec wypowiadanych wcześniej poglądów innych Czytelników, postanowiliśmy otworzyć nową rubrykę:* ***Polemiki*** *— w tym zeszycie na str. 136.*

Zdjęcia wykonane przy pomocy teleskopu kosmicznego Hubble'a, jak zwykle stanowią piękną oprawę naszego pisma. Tym razem na rozkładówce prezentujemy różne oblicza mgławicy Krab.

Pozdrawiam Państwa i życzę przyjemnej lektury.

Andrzej Woszczyk

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w Toruniu

Toruń, w kwietniu 1998 roku

Szanowna Redakcjo,

Pełen obaw oczekiwałem przyjścia pierwszego numeru nowego/starego pisma. (...) Pierwsze, co rzuciło się w oczy, to większy format A-4, kolorowa okładka i wkładka wewnątrz. Można nią zwyczajnie cieszyć oczy lub rozwiesić np. na ścianie. Pomysł jest wspaniały i oby nie zabrakło go w następnych numerach.

Bardzo przypadł mi też do gustu kalendarz astronomiczny. Opisy zjawisk wyprzedzające miesiąc wydania numeru pozwalają na wcześniejsze zaplanowanie własnych obserwacji.

Krzyżówka także jest dobrym pomysłem, jednakże wolałbym, by zawierała bardziej astronomiczne hasła; ostatecznie jednak może zostać tylko jej „astronomiczne rozwiązanie".

Z zawartością „Uranii-PA" jest różnie. Część dla mnie, laika, jest zbyt naukowa, większość jednak „przechodzi" przez gardło...

Perły Oriona z nr 2 były wspaniałe! Wielkie brawa oraz stokrotne dzięki za konkurs „Czy znasz Układ Słoneczny?" Jego rozwiązanie sprawiło mi wiele przyjemności, to było niezłe, wręcz podchwytliwe zadanie (...), czekam niecierpliwie na następne...

Na zakończenie życzę, aby nowa „Urania" spełniła nasze — czytelników, jak i Wasze — redakcji oczekiwania...

miłośnik astronomii
Artur Pilarczyk
Gorzów Wlkp.

***

Szanowny Panie Profesorze,

(...) Nowa „Urania" podoba mi się bardzo. Wiele teraz zależy od autorów, ale już dziś można powiedzieć: z taką „Uranią" śmiało możemy „wchodzić do Europy". Jestem szczęśliwy, że mój artykulik znalazł się w pierwszym numerze nowego dwumiesięcznika. Dla mnie ma to duże znaczenie, bo jest to już 40. rocznik „Uranii", w którym znalazł się mój artykuł. Jak ten czas szybko leci... Zadebiutowałem jako młody człowiek, a dziś jestem już starcem (...)

Stanisław R. Brzostkiewicz
Dąbrowa Górnicza

***Red**: Drogi Panie Stanisławie, dziękujemy za miłe słowa i życzymy Panu dużo zdrowia i sił na następne 40 lat współpracy, na którą bardzo liczymy!*

***

Otrzymałam pierwszy zeszyt nowej „Uranii-PA" — jest ładna, kolorowa i mam nadzieję, że będzie ciekawa i atrakcyjna — czego sobie i Redakcji życzę.

Jednak już sama okładka nasunęła mi pewne wątpliwości. Widzimy na niej mgławicę planetarną odległą od nas o 2100 lat św. Jak więc to możliwe, że powstała 1200 lat temu? Jeśli powstała 1200 lat temu, to możemy ją zobaczyć dopiero za 900 lat. Chyba rozumuję poprawnie?

Życzę powodzenia i łączę pozdrowienia

Barbara Falkiewicz
Puszczykowo

***Red**: Oczywiście, 1200 lat to wiek pokazanej mgławicy, ale mierzony w układzie związanym z nią. Będziemy starali się unikać takich nie dość precyzyjnych sformułowań w przyszłości.*

***

Droga Redakcjo!

Z radością witam rozrywkę w postaci krzyżówki, jednak powinna być ona bardziej „astronomiczna". W tej (w U-PA 1/98 — przyp. red.) mamy tylko jedno (na 28) hasło typowo astronomiczne (KOMETA, ale i ta dzieli się warkoczem z dziewczyną)!

Serdecznie pozdrawiam

Jan Maszkowski
Szczecinek

***

Szanowny Panie,

(...) chcę pogratulować Panu i całemu zespołowi nowego czasopisma udanego startu. „Urania-PA" jest obecnie bardzo dobrym czasopismem dla każdego, kto interesuje się astronomią, ale też ma z nią kontakt zawodowy na co dzień. Myślę, że obecne zmiany są bardzo pozytywne, a mam skalę porównawczą: w swojej bibliotece posiadam niemal kompletne zbiory „Uranii" i „Postępów Astronomii" oraz wiele czasopism zagranicznych. Zapewne nowa „Urania-PA" zajmie wśród nich poczesne miejsce.

Z poważaniem

Janusz W. Kosinski
Wyszków

***

W grudniowym numerze „Uranii" Pan Uniwersał zarzuca mi kłamstwo w związku z zamieszczonym w wakacyjnym numerze „Uranii" artykułem na temat zastosowania techniki video w amatorskiej astronomii. Pan Uniwersał twierdzi również, że swoją wypowiedzią obraziłem posiadaczy, wspomnianych w artykule, dwóch modeli Newtonów. Jeśli, w istocie, któregoś z użytkowników tych teleskopów uraził zamieszczony tekst – przepraszam. Mam jednak podstawy twierdzić, że spora grupa posiadaczy tych teleskopów podziela moje zdanie. Faktem jest, że rok temu otrzymałem kasetę z filmem nagranym za pomocą kamery przymocowanej do 15-centymetrowego Newtona. To, że nie polecam tego, nie oznacza, że jest to niemożliwe. Jeśli ktoś się uprze, to może podłączyć kamerę video do lornetki... Ważny jest nie tylko efekt końcowy (w przypadku tej kasety naprawdę dobry; ile szukaczy ma tak dobrą optykę? 5, 10...), ale także komfort pracy. Z racji mało stabilnego montażu i kiepskich mikroruchów prowadzenie teleskopu podczas filmowania było niemożliwe, toteż autor ograniczył się tylko do filmowania przejścia Księżyca w polu widzenia. Jeśli mocowanie kamery do 15-cm Newtona jest trudne, to w przypadku teleskopu 9-cm graniczy z „cudem". Jakość optyki tego modelu jest kiepska, a mocowanie lustra diagonalnego na druciku zapewne nie wpły-

(dokończenie na str. 130)

ZAPROSZENIE
do udziału w XVI Krakowskiej Letniej Szkole Kosmologicznej
Łódź, 14–20 września 1998

Program szkoły będzie obejmował proszone wykłady na temat:

Materia międzygalaktyczna i galaktyczne halo

oraz ogólne dyskusje na ten temat. Językiem szkoły będzie język angielski.

Naukowy Komitet Organizacyjny:
A. W. Wolfendale – Anglia (Przewodniczący)
K. Rudnicki, M. Giller, P. Flin – Polska
J.L. Osborne – Anglia, F. Giovannelli – Włochy

Lokalny Komitet Organizacyjny:
Mieczysław Borkowski (Przewodniczący)
Wiesław Tkaczyk (Sekretarz)

Zaproszeni wykładowcy m.in.:
E. Almozino i G.N. Brosh – **Izrael** , A.W. Wolfendale – **Anglia**, F. Giovannelli – **Włochy**, M. Giller, M. Ostrowski, K. Rudnicki, B. Wszołek – **Polska**.

Wpisowe wynosi równowartość 60 USD. Zakwaterowanie w hotelach (ceny spodziewane od 23 – 80 zł za dobę). Możliwość posiłków w stołówkach studenckich.

Członkowie PTA, PTMA i PTF mający opłacone składki za rok 1998 oraz studenci polskich uczelni mogą być zwolnieni z opłacenia wpisowego, jeśli złożą umotywowaną prośbę.

Zgłoszenia udziału i ewentualne pytania organizacyjne należy nadsyłać pod adres:
Dr Wiesław Tkaczyk, Katedra Fizyki Doświadczalnej, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź. Tel.: 0-42 35-57-20; Fax: 0-42 67-87-87
E-mail: wtkaczyk@krysia.uni.lodz.pl

Dodatkowe i aktualne wiadomości znajdują się w INTERNECIE pod adresem:
http://kfd2.fic.uni.lodz.pl/~szkola/

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe poprzez połączenie się **„Uranii"** — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 roku i **„Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 roku. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN i Komitet Astronomii PAN.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK W-wa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet M.Kopernika
ul.Chopina 12/18
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 62 19 381

Poczta elektroniczna (E-mail adress)**:**
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Barbara Gertner, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: basia@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 1998 kosztuje 36 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 6 zł.

Numer zamknięto w marcu 1998

Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania*Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji.*Opinie i poglądy formulowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw

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

100 ***Fizyka u progu trzeciego tysiąclecia***
Józef Szudy
W dniu 26 lutego 1998 r. minęła setna rocznica urodzin Aleksandra Jabłońskiego, wybitnego uczonego i założyciela toruńskiego ośrodka badań naukowych w dziedzinie fizyki atomowo-molekularnej i fotofizyki. Z tej okazji w Toruniu odbyła się sesja naukowa, z przebiegu której relację przygotował nam dyrektor Instytutu Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika — profesor Józef Szudy.

104 ***Astronomia u progu trzeciego tysiąclecia***
Józef Smak
Przy okazji sesji naukowej, o której pisze wcześniej prof. J. Szudy, odbyła się tzw. dyskusja okrągłego stołu na temat perspektyw rozwojowych fizyki i astronomii. Jaki wkład wnoszą i mogą wnosić tu polscy astronomowie — o tym pisze uczestnik dyskusji — profesor Józef Smak.

106 ***Pulsary wkroczyły w czwarte dziesięciolecie***
Tadeusz Jarzębowski
W latach sześćdziesiątych naszego stulecia miały miejsce cztery ważkie odkrycia. Były to: kwazary, promieniowanie tła, pulsary i błyski gamma. Pierwsze dwa przenosiły nas ku ekstremom czasu i przestrzeni, podczas gdy pobliskie pulsary kierują ku ekstremalnym stanom fizycznym materii. Prezentowany tu tekst stanowi podsumowanie wyników 30 lat badań nad tymi niezwykle ciekawymi obiektami.

114 ***Dysk Kuipera a pochodzenie komet***
Halina Prętka
Poszukiwania dziesiątej planety zakończą się prawdopodobnie zdetronizowaniem dziewiątej i ostatecznym uznaniem istnienia masywnego dysku, rozciągającego się na setki jednostek astronomicznych od Słońca, zawierającego setki milionów drobnych ciał. Teoretyczne dotychczas rozważania o pochodzeniu komet długo- i krótkookresowych znajdują ostatecznie swoje obserwacyjne potwierdzenie.

teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje: *Kwazary pobite przez galaktyki (120); Kanibale żyją dłużej (121)*

rozmaitości: *Nowe spojrzenie na marsjańską dolinę Nirgal Vallis (122)*

astronomia w szkole: *Seminarium dla nauczycieli fizyki, Warszawa, CAMK, 24–26 października 1997 (129); Młodzi miłośnicy astronomii na XIV OMSA w Grudziądzu (131); Psia Gwiazda na lekcjach astrofizyki (132)*

123 ***w kolorze:*** *Mgławica Krab (M1)*

124 ***w kraju:*** *Srebrne wesele Olsztyńskiego Planetarium*

135 ***In Memoriam:*** *Bohdan Kiełczewski (1912–1998)*

136 ***polemiki:*** *Jeszcze o obserwacjach meteorów w Polsce*

137 ***poradnik obserwatora:*** *Jasności gwiazd*

138 ***kalendarz astronomiczny '98:*** *lipiec – sierpień*

144 ***konkurs:*** *Czy znasz Układ Słoneczny? (cz. II)*

144 ***krzyżówka***

NA OKŁADCE

Zdjęcie przedstawia obraz mgławicy Krab, która jest pozostałością wybuchu supernowej z roku 1054. Wykonał je P. Scowen za pomocą 1.5-metrowego teleskopu na Mt Palomar. Jest to kompozycja trzech obrazów: zielonego – emisji w linii wzbronionej tlenu; czerwonego – emisji w linii H_α; niebieskiego – kontinuum.
W środku mgławicy znajduje się pulsar, czyli szybko rotująca gwiazda neutronowa, która swym silnym polem magnetycznym zmiata i rozrzuca w przestrzeń cząstki otaczającej ją materii.
Więcej obrazów Kraba znajdą Czytelnicy na kolorowej rozkładówce tego zeszytu.

Józef Szudy

Fizyka u progu trzeciego tysiąclecia

SESJA NAUKOWA W TORUNIU Z OKAZJI STULECIA URODZIN ALEKSANDRA JABŁOŃSKIEGO

W dniu 26 lutego 1998 r. minęła setna rocznica urodzin Aleksandra Jabłońskiego, wybitnego uczonego i założyciela toruńskiego ośrodka badań naukowych w dziedzinie fizyki atomowo-molekularnej i fotofizyki. Swoimi pionierskimi pracami dotyczącymi zjawisk luminescencji i efektów rozszerzenia linii widmowych wywarł on ogromny wpływ na rozwój fizyki atomowej i molekularnej, w szczególności zaś optyki i spektroskopii. Jego prace dotyczące teorii kształtu i szerokości linii widmowych znalazły także zastosowania astrofizyczne przy wyznaczaniu parametrów atmosfer gwiezdnych na podstawie profilów linii widmowych absorbowanych przez te atmosfery. Z tego względu sądzę, że warto w paru słowach opowiedzieć Czytelnikom Uranii o Ogólnopolskiej Sesji Naukowej na temat „Fizyka u progu Trzeciego Tysiąclecia", która z okazji tej rocznicy odbyła się w dniach 27 – 28 lutego 1998 r. w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu. Organizatorem Sesji oprócz tego Instytutu był Komitet Fizyki PAN i Polskie Towarzystwo Fizyczne.

Otwarcia Sesji w szczelnie wypełnionej Dużej Auli — której Profesor Aleksander Jabłoński był projektantem i w której przez wiele lat po wybudowaniu od podstaw budynku Collegium Physicum UMK w roku 1951 prowadził wykłady fizyki doświadczalnej — dokonał Rektor UMK prof. Andrzej Jamiołkowski, po nim zaś przemówił Przewodniczący Komitetu Fizyki PAN prof. Jan Stankowski.

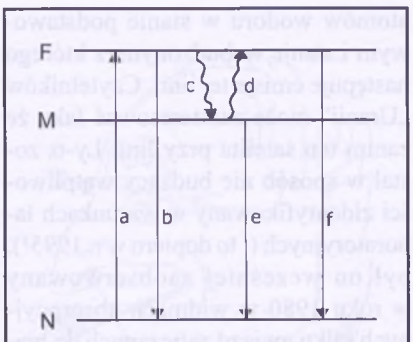
Po ceremonii otwarcia pierwszy referat zatytułowany „Droga życiowa Aleksandra Jabłońskiego" wygłosił prof. Stanisław Dembiński (UMK), omawiając Jego biografię na tle wydarzeń w życiu narodowym i naukowym.

Aleksander Jabłoński urodził się 26 lutego 1898 roku w Woskriesenowce, w guberni kurskiej na Ukrainie. Po ukończeniu gimnazjum w Charkowie w roku 1916 rozpoczął studia fizyki na Uniwersytecie Charkowskim, które wkrótce przerwał, wstępując do Wojskowej Szkoły Inżynierskiej w Kijowie, po ukończeniu której służył początkowo w wojsku rosyjskim, a następnie przeszedł do I Korpusu Polskiego utworzonego w Rosji przez gen. Dowbór-Muśnickiego. Po rozformowaniu tego Korpusu w lecie 1918 r. Jabłoński powrócił do Charkowa i ponownie wstąpił na Uniwersytet, aby kontynuować studia fizyki. W końcu roku 1918 znowu je przerwał i z grupą Polaków studiujących w Charkowie wyjechał do Warszawy, gdzie wstąpił do Wojska Polskiego. Służąc w wojsku w stopniu podporucznika, wstąpił na Uniwersytet Warszawski, aby znów studiować fizykę. Te studia zostały jeszcze raz przerwane w r. 1920 z powodu wojny polsko-bolszewickiej. Służbę wojskową odbywa w 14 Batalionie Saperów. Za budowę w ciągu nocy mostu — w bezpośrednim kontakcie z nieprzyjacielem — i po udanym rannym ataku polskich oddziałów zostaje odznaczony Krzyżem Walecznych. Po zakończeniu działań wojennych Aleksander Jabłoński podejmuje po raz czwarty studia fizyki, powtórnie na UW. Studiując pracował jednocześnie w Teatrze Wielkim w Warszawie, gdzie w latach 1921–1926 grał w orkiestrze w grupie pierwszych skrzypiec. Muzyka stanowiła wielką pasję Jabłońskiego od lat najmłodszych, co sprawiło, że niemal do ostatnich dni życia grywał w prowadzonym przez siebie w Toruniu kwartecie kameralnym. Od roku 1926 pracował jako asystent na Uniwersytecie Warszawskim, gdzie w roku 1930 uzyskał doktorat pod kierunkiem prof. Stefana Pieńkowskiego. Po doktoracie przez dwa lata (1930–1932) przebywał jako stypendysta Fundacji Rockefellera najpierw w Berlinie (laboratorium Petera Pringsheima), a potem w Hamburgu (pracownia Otto Sterna). Międzynarodowy rozgłos zdobył po raz pierwszy w roku 1931, kiedy ogłosił pracę w „Zeitschrift für Physik", w której zaproponował model tłumaczący zjawiska ciśnieniowego rozszerzenia linii widmowych. Warto podkreślić, że ta praca Jabłońskiego nie straciła na aktualności i jest do dziś cytowana. Co więcej, szereg prowadzonych obecnie w wielu laboratoriach na świecie eks-

perymentów, dotyczących zderzeń atomowych zachodzących w obecności promieniowania laserowego, nawiązuje do tej pionierskiej pracy Jabłońskiego z roku 1931.

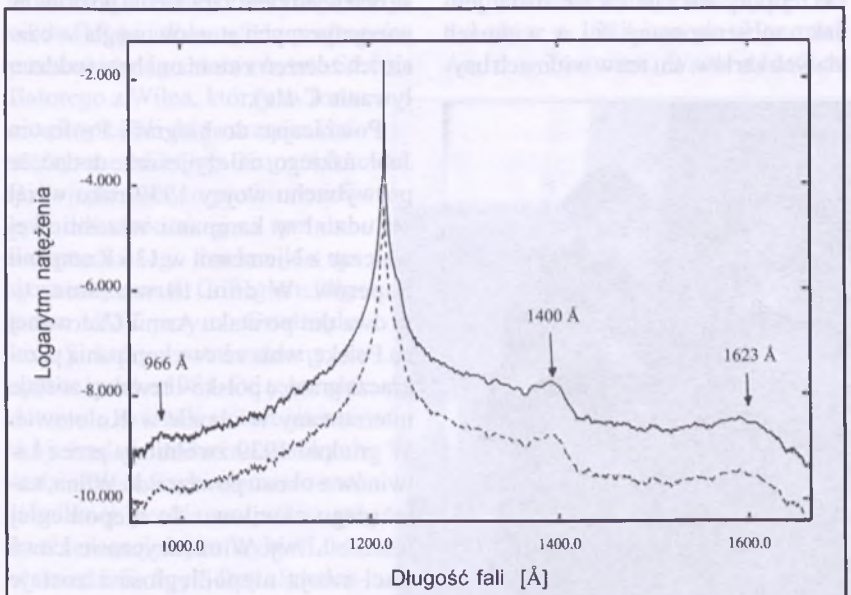
Wielką sławę przyniosły Jabłońskiemu jego dwie prace, z których pierwsza została ogłoszona w „Nature" w roku 1933, a druga w „Zeitschrift für Physik" w roku 1935. W pracach tych zaproponował on powszechnie dziś przyjęty schemat poziomów (zwany dziś schematem Jabłońskiego), tłumaczący zjawiska fluorescencji, fosforescencji i fluorescencji długotrwałej. Obecnie schemat Jabłońskiego stanowi punkt wyjścia każdej monografii poświęconej fotofizyce i fotochemii. W końcu roku 1997 ukazało się w Wydawnictwie PWN polskie tłumaczenie książki Paula Suppana z Cambridge pt. „Chemia i światło", która jest tak napisana, że każdy jej rozdział poświęcony różnym procesom fotochemicznym rozpoczyna się od analizy schematu Jabłońskiego, odpowiednio zmodyfikowanego dla potrzeb danego problemu. Schemat ten (Rys. 1) opisuje wzbudzenie cząsteczki ze stanu podstawowego N do stanu F o krótkim czasie życia, skąd następuje promieniste lub bezpromieniste przeniesienie cząsteczki do stanu M żyjącego dłużej; stan taki jest określany jako stan metatrwały. Jabłoński zwrócił uwagę na to, że różne zjawiska świecenia układów molekularnych znane pod nazwą fluorescencji, fosforescencji lub tzw. fluorescencji długotrwałej występują wskutek przejść pomiędzy stanami N, F i M tak, jak to zaznaczono na Rys. 1. W swoim wystąpieniu na rozpoczęcie Sesji prof. Jan Stankowski podkreślił, że schemat Jabłońskiego poprzedził masery i lasery rubinowe, w których mamy analogiczne wzbudzenie do stanu krótko żyjącego, skąd następuje bezpromieniste przejście do stanu metatrwałego. Schemat Jabłońskiego pracuje też w laserze He-Ne, w którym transfer energii następuje pomiędzy zderzającymi się atomami helu i neonu, w których istotną rolę odgrywają stany metatrwałe. Schemat ten odegrał także ważną rolę w rozwoju badań dotyczących luminescencji ciał stałych. Ostatnio zaś stanowi on podstawę wielu analiz dotyczących zastosowań luminescencji w biologii i medycynie (luminescencyjne metody wczesnego wykrywania raka).

Pod koniec lat trzydziestych, pracując na Uniwersytecie Warszawskim, a potem (od roku 1938) na Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie, Jabłoński sformułował pierwszą kwantowo-mechaniczną teorię ciśnieniowego rozszerzenia linii widmowych. Najogólniejszą wersję tej teorii opracował on pod koniec II wojny światowej,



Rys. 1. Schemat Jabłońskiego tłumaczący zjawiska fluorescencji (b: przejście F → N); fosforescencji (e: przejście M → N); fluorescencji długotrwałej (przejście f: [F → M → F → N] poprzedzone przejściami bezpromienistymi c [F → M] + + d [M → F]). Przejście a: absorpcja.

w czasie gdy pracował jako wykładowca na Polskim Wydziale Lekarskim na Uniwersytecie w Edynburgu. Praca na ten temat, którą opublikował w „Physical Review" w r. 1945 otworzyła nowy etap w spektroskopii atomowej. Miała także istotny wpływ na rozwój spektroskopii i diagnostyki plazmy, przede wszystkim zaś na badania starkowskiego rozszerzenia linii widmowych w plazmie i ich zastosowania astrofizyczne. Jednym z ciekawych efektów, które wynikają z teorii Jabłońskiego, jest pojawianie się tzw. satelitów tęczowych. Tym terminem określa się dodatkowe maksima natężenia położone na skrzydłach linii w pewnej odległości od jej środka, gdzie jest usytuowane główne maksimum (por. Rys. 2). Satelity tęczowe — w zależności od rodzaju atomów — mogą występować zarówno po długofalowej stronie maksimum głównego (czerwone satelity), jak i po stronie krótkofalowej (niebieskie satelity). Klasycznym przykładem takiego satelity jest maksimum natężenia położone na czerwonym skrzydle linii wodoru Lyman α dla długości fali 1623 Å. Jego występowanie zostało przewidziane po raz pierwszy w roku 1973 przez fizyków amerykańskich z Uniwersytetu Harwarda A. Dalgarno i K.M. Sando właśnie na podstawie teorii Jabłońskiego. Stosując tę teorię, pokazali oni, że dodatkowe maksimum (czyli satelita) na skrzydle czerwonym linii Ly-α wodoru powinno wystąpić dla długości fali 1623 Å, jeśli uwzględni się wszystkie szczegóły krzywych opisujących energię potencjalną oddziaływania dwu



Rys. 2. Kształt linii Lyman α wodoru zaburzony przez atomy wodoru (H) i protony (H^+) obliczony przez D. Koestera i N. Allard dla warunków atmosfer białych kar-łów. Temperatura efektywna T_{ef} = 13000 K. Stężenia atomów wodoru (n_H) i protonów (n_{H^+}) przyjęto jako równe sobie: Krzywa ciągła: $n_H = n_{H^+} = 10^{15}$ cm^{-3}. Z pracy: D. Koester, N.F. Allard, w książce: *Spectral Line Shapes*, Vol. 7, eds. R. Stamm and B. Tallin, Nova Science Publishers, Commack, NY, 1993.

atomów wodoru w stanie podstawowym i stanie wzbudzonym, z którego następuje emisja tej linii. Czytelników „Uranii" może zainteresować fakt, że zanim ten satelita przy linii Ly-α został w sposób nie budzący wątpliwości zidentyfikowany w warunkach laboratoryjnych (i to dopiero w r. 1995!), był on wcześniej zaobserwowany w roku 1980 w widmach absorpcyjnych kilku gwiazd zaliczanych do białych karłów (typu widmowego DA), otrzymanych przy pomocy spektrografu orbitalnego International Ultraviolet Explorer (IUE). W roku 1994 te satelity zostały również odkryte na skrzydłach linii Ly-α dla kilku innych białych karłów (typu DA) przy pomocy teleskopu Hubble'a i zinterpretowane w duchu teorii Jabłońskiego. Głównym składnikiem atmosfer białych karłów typu DA jest wodór. Na czerwonym skrzydle linii Ly-α został zaobserwowany jeszcze jeden satelita tęczowy położony przy długości fali 1400 Å. Detlev Koester z Kilonii i Nicole Allard z Meudon wykazali, że ten satelita jest wynikiem zaburzenia poziomów energetycznych atomu wodoru przez otaczające go jony wodoru H, czyli protony (oddziaływanie H-H). W przeciwieństwie do tego, satelita położony przy długości fali 1623 Å powstaje — jak to pokazali już w roku 1973 Dalgarno i Sando — wskutek zaburzenia poziomów atomu wodoru przez otaczające go inne atomy neutralnego wodoru (oddziaływanie H-H). Rys. 2 przedstawia dwa profile linii Ly-α obliczone w ramach modelu Jabłońskiego przez D. Koestera i N. Allard dla warunków odpowiadających atmosferze jednego z białych karłów o temperaturze efektywnej T = 13 000 K dla dwóch różnych stężeń atomów wodoru i protonów. Jak widać, teoria przewiduje dwa satelity na skrzydle czerwonym przy 1400 Å i 1600 Å zgodnie z obserwacjami za pomocą IUE i teleskopu Hubble'a. Warto zauważyć, że teoria przewiduje też pojawienie się satelity po stronie niebieskiej linii (około 966 Å). Do tej pory ten satelita nie został jednak zaobserwowany ani w widmach białych karłów, ani też w widmach uzyskanych w laboratorium. Satelity tęczowe zostały także odkryte na skrzydłach niektórych linii atomu węgla (CI i CII) zaobserwowanych w widmach absorpcyjnych białych karłów typu C i DC również przy pomocy IUE. Atmosfery tych gwiazd praktycznie nie zawierają wodoru, a ich głównym składnikiem jest hel. Okazało się, że w tym przypadku satelity tęczowe pojawiają się po stronie niebieskiej linii węgla. Odpowiednie obliczenia wykonane przez Detleva Koestera i jego zespół na podstawie teorii Jabłońskiego wykazały, że są one wynikiem zaburzenia poziomów energetycznych atomów węgla w czasie ich zderzeń z atomami helu (oddziaływanie C-He).

Pogawędka profesorów Aleksandra Jabłońskiego i Józefa Szudego w 1977 roku.

Afisz Sesji. Obok (z kwiatami) prof. dr hab. Danuta Frąckowiak, córka Profesora Jabłońskiego i dr Cecylia Iwaniszewska. (fot. B. Horbaczewski)

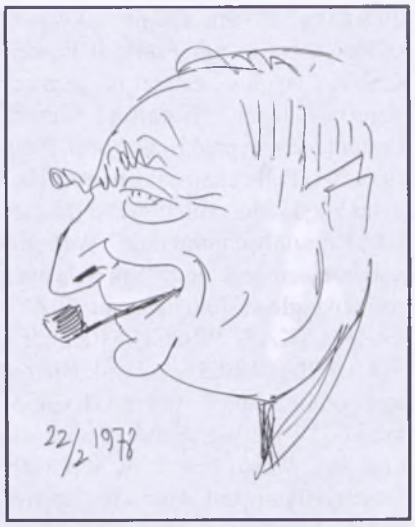
Powracając do biografii Profesora Jabłońskiego, należy jeszcze dodać, że po wybuchu wojny 1939 roku wziął on udział w kampanii wrześniowej walcząc z Niemcami w 136 Kompanii Saperów. W dniu 19 września, tj. w dwa dni po ataku Armii Czerwonej na Polskę, wraz ze swą kompanią przekracza granicę polsko-litewską i zostaje internowany w obozie w Kolotowie. W grudniu 1939 zwolniony przez Litwinów z obozu powraca do Wilna, należącego chwilowo do niepodległej jeszcze Litwy. W międzyczasie Litwa traci swoją niepodległość i zostaje wchłonięta przez imperium sowieckie, stając się republiką radziecką. Jabłoński, jak wielu innych polskich oficerów, zostaje aresztowany przez NKWD i przewieziony w lipcu 1940 r. do obozu w Kozielsku. W tym czasie obóz był

pusty. Wówczas jeszcze nie wiedziano, że dwa miesiące wcześniej, w kwietniu, kilka tysięcy polskich oficerów wiezionych w Kozielsku zostało zamordowanych przez NKWD w pobliskim lesie w Katyniu. W swoich wspomnieniach Aleksander Jabłoński opowiadał, że znalazł w Kozielsku wyskrobane na desce w baraku imię i nazwisko swego brata Feliksa, sędziego z Nowogródka. Sądził wówczas, że tamci więźniowie zmienili obóz. Okazało się potem, że brat był jedną z ofiar katyńskich. Rodzina Profesora w tym czasie i aż do końca wojny przebywała w Wilnie. Po ataku Niemiec na ZSRR w dniu 21 czerwca 1941 r. Jabłoński wraz z innymi polskimi oficerami został przewieziony do obozu w Griazowcu, skąd został zwolniony i udał się do Tockoje, tj. jednego z punktów, gdzie gen. Władysław Anders organizował Polską Armię. Tam zostaje awansowany do stopnia kapitana i następnie wraz z kompanią saperów stacjonuje w Uzbekistanie. Stamtąd wraz z armią gen. Andersa przedostaje się do Iranu, a następnie do Iraku, do centrum szkolenia saperów. W kwietniu 1943 roku zostaje urlopowany z wojska, opuszcza Irak i drogą morską wokół Afryki dociera do Wielkiej Brytanii, obejmując stanowisko wykładowcy fizyki na Polskim Wydziale Lekarskim przy Uniwersytecie w Edynburgu.

W końcu 1945 r. Jabłoński powrócił do Polski i dołączył do profesorów przedwojennego Uniwersytetu Stefana Batorego z Wilna, którzy w Toruniu przystąpili do tworzenia Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Był on pierwszym profesorem fizyki doświadczalnej na tym uniwersytecie. Jego dziełem jest nowoczesny gmach Collegium Physicum UMK przy ul. Grudziądzkiej 5, który został oddany do użytku w roku 1951. Od tego roku datuje się na UMK w Toruniu rozwój badań doświadczalnych w dziedzinie fizyki atomowo-molekularnej, przede wszystkim zaś luminescencji i fotofizyki a także w dziedzinie fizyki fazy skondensowanej.

Powyżej przedstawiłem najważniejsze wątki z wystąpień Profesorów J. Stankowskiego i S. Dembińskiego, wygłoszonych na otwarcie Sesji w Toruniu. Potem nastąpiły już referaty bardziej specjalistyczne. Tę część rozpoczął Profesor Zbigniew R. Grabowski (Instytut Chemii Fizycznej PAN, Warszawa), który wygłosił referat pt. „Dziedzictwo naukowe Aleksandra Jabłońskiego w dzisiejszej fotofizyce". Dotyczył on głównie współczesnych aspektów procesów fotofizycznych i fotochemicznych interpretowanych w oparciu o idee podane przez Jabłońskiego, w tym przede wszystkim w oparciu o słynny schemat Jabłońskiego.

Po południu tego samego dnia prof. Iwo Białynicki-Birula (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, Warszawa) wygłosił niesłychanie ciekawy referat pt. „Wirujące elektronowe paczki falowe w atomach i cząsteczkach". Po nim zaś prof. Roman Micnas (UAM, Poznań) przedstawił bardzo interesujący referat na temat „Aspekty teorii nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego". Oba te referaty dotyczyły najbardziej aktualnych problemów z dwu różnych dziedzin „fizyki u progu Trzeciego Tysiąclecia". Ten pierwszy dzień Sesji w Dużej Auli zakończył prof. Andrzej Kajetan Wróblewski, który wygłosił Jedenasty Wykład imienia Aleksandra Jabłońskiego pt. „FIZYKA W ROKU 1900". Wykłady im. Jabłońskiego mają charakter powszechny i organizowane są raz do roku z okazji kolejnych rocznic Jego urodzin. Pierwszy wykład z tej serii odbył się w r. 1988 i wygłosił go prof. Andrzej Trautman. Warto dodać, że



Karykatura prof. Jabłońskiego wykonana przez prof. Ješmanowicza.

jednym z wykładowców tej serii wykładów był astrofizyk prof. Józef Smak (CAMK, Warszawa), który wygłosił Dziewiąty Wykład w roku 1996. Po wykładzie prof. A. K. Wróblewskiego uczestnicy Sesji udali się do Dworu Artusa na Rynku Staromiejskim, gdzie w Sali Wielkiej odbył się koncert dedykowany pamięci A. Jabłońskiego. Natomiast po koncercie, w pięknej sali Pałacu Dąmbskich należącego do Wydziału Sztuk Pięknych UMK, miało miejsce spotkanie towarzyskie wszystkich osób uczestniczących w Sesji.

Drugi dzień Sesji (28.02.1998) rozpoczął się referatem prof. Jana Mostowskiego (Instytut Fizyki PAN, Warszawa) na temat „Kondensaty Bosego-

Grupa uczestników Sesji na schodach gmachu Instytutu Aleksandra Jabłońskiego UMK w Toruniu. *(fot. B. Horbaczewski)*

-Einsteina". Po nim zaś prof. Krzysztof Parliński (Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków) wygłosił referat pt. „Symulacje własności kryształów". Trzeci tego dnia referat przedstawił prof. Piotr Pierański (Politechnika Poznańska i Instytut Fizyki Molekularnej PAN) na temat „Kryształy konforemne". Ważnym wydarzeniem tego dnia Sesji była dyskusja okrągłego stołu na temat „FIZYKA POLSKA U PROGU TRZECIEGO TYSIĄCLECIA". Dyskusji tej przewodniczył prof. Andrzej Hrynkiewicz (UJ i Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków). Warto dodać, że w latach czterdziestych prof. Hrynkiewicz był współpracownikiem prof. Jabłońskiego i jako młodszy asystent UMK w Toruniu brał udział w organizowaniu I Pracowni Fizycznej. W dyskusji okrągłego stołu brali udział wybitni specjaliści z różnych dziedzin fizyki uprawianych w Polsce „pod koniec Drugiego Tysiąclecia". Brali w niej także udział prelegenci Wykładów imienia Jabłońskiego z poprzednich lat, wśród nich prof. Józef Smak, który przedstawił swoje przemyślenia na temat astrofizyki polskiej u progu Trzeciego Tysiąclecia. Zagadnień na styku astrofizyki i fizyki dotyczył referat wygłoszony po południu drugiego dnia Sesji przez prof. Aleksandra Wolszczana, dyrektora Centrum Astronomii UMK w Piwnicach (pracującego jednocześnie w Penn State University, USA) na temat „Pulsary — kosmiczne laboratoria fizyki grawitacji". Po nim zaś ostatni referat pt. „Fizyka zderzeń elektronowo-atomowych — sto lat po odkryciu elektronu" wygłosił na Sesji prof. Stanisław Chwirot (UMK). Aby podkreślić astrofizyczne aspekty obu tych referatów, temu popołudniowemu posiedzeniu Sesji przewodniczyło dwoje astrofizyków: prof. Wilhelmina Iwanowska i prof. Józef Smak. Na zakończenie Sesji krótkie przemówienie wygłosił Prezes Polskiego Towarzystwa Fizycznego (PTF) prof. Ireneusz Strzałkowski, oddając hołd pamięci Profesora Jabłońskiego nie tylko jako wielkiego uczonego, nauczyciela i twórcy toruńskiej szkoły fizyki, ale także jako byłego Prezesa i kilkakrotnego Wiceprezesa PTF. W uznaniu Jego zasług, w końcu lat sześćdziesiątych PTF przyznało Mu swe najwyższe odznaczenie — Medal Smoluchowskiego oraz godność członka honorowego. Po wystąpieniu Prezesa Strzałkowskiego głos zabrał Przewodniczący Komitetu Fizyki PAN prof. Jan Stankowski, który dokonał krótkiego podsumowania Sesji i oficjalnie ogłosił jej zamknięcie.

Jako jednemu ze współorganizatorów tej Sesji trudno mi ją oceniać. Dochodzą mnie jednak głosy pozytywnie oceniające jej przebieg. Trzeba tu jeszcze dodać, że przy okazji — i niemal w jej ramach — odbywało się w Toruniu kilka innych spotkań. Przede wszystkim, w pierwszym dniu Sesji w Dużej Auli Instytutu Fizyki UMK odbyło się posiedzenie Walnego Zgromadzenia Komitetu Fizyki PAN. W tym samym dniu, w Centrum Astronomii UMK w Piwnicach odbyło się Spotkanie (prawdopodobnie po raz pierwszy?) Dziekanów Wydziałów Fizyki i Astronomii (lub Matematyki i Fizyki, etc.) oraz Dyrektorów Instytutów (lub odpowiednich Katedr) uniwersytetów i politechnik. Odbyło się ponadto Spotkanie Absolwentów Fizyki i Astronomii UMK.

Profesor Józef Szudy jest dyrektorem Instytutu Fizyki UMK w Toruniu. Dziedziną jego badań naukowych jest fizyka atomowo-molekularna i spektroskopia.

GŁOS W DYSKUSJI OKRĄGŁEGO STOŁU

Astronomia u progu trzeciego tysiąclecia

Józef Smak

Zacznę od cytatu pochodzącego z wystąpienia profesora Stefana L. Piotrowskiego w dyskusji nad referatem profesora Leonarda Sosnowskiego pt. „*Rola i perspektywy rozwojowe fizyki polskiej*", wygłoszonym na Sesji Zgromadzenia Ogólnego PAN w dniu 16 grudnia 1966 roku (*Postępy Astronomii*, **15**, str.49–52, 1967):

„...Gdybym był fizykiem, to uległbym pokusie patrzenia na astrofizykę trochę z góry. I chyba tak to jest, że fizyk uważa astrofizykę za dział „mniej podstawowy", a zatem za dział niższy rangą. Po prostu astrofizyk nie odkrywa nowych praw przyrody, a jedynie opisuje układy istniejące we Wszechświecie za pomocą pojęć i aparatu ukształtowanego przez inne, bardziej „podstawowe" działy fizyki. Prowadzi to do braku sprzężenia zwrotnego: astrofizyka czerpie z dorobku fizyki, ale nie stanowi jakoby bodźca stymulującego dalszy rozwój fizyki, a zatem jej atrakcyjność dla fizyka jest ograniczona.

Czy jest tak w istocie? Można się o to sprzeczać nawet w oparciu o dotychczasową historię astrofizyki: że wymienię odkrycie helu, linie wzbronione, hydromagnetykę, nie wspominając już o licznych koneksjach z ogólną teorią względności.

Chciałbym tu postawić tezę, że jakkolwiek było w przeszłości, stosunki między fizyką i astrofizyką w przyszło-

ści będą zdominowane bardzo silnie przez sprzężenie zwrotne. ..."

Rozwój fizyki i astrofizyki na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci w pełni potwierdził słuszność zacytowanej tu prognozy. Wprawdzie główny — objętościowo — nurt współczesnej astrofizyki stanowią nadal obserwacje, umożliwiające odkrywanie i opisywanie obiektów i zjawisk zachodzących we Wszechświecie oraz badania teoretyczne, których celem jest ich modelowy opis, przy czym w obydwu dziedzinach „astrofizyka czerpie z dorobku fizyki", to coraz większa rola przypada tym działom astrofizyki, które — rozwijając się na styku z podstawowymi działami fizyki — wnoszą istotny wkład do rozwoju samej fizyki.

Truizmem jest stwierdzenie, że Wszechświat stanowi rozszerzenie laboratorium fizyka na warunki nieosiągalne w laboratoriach ziemskich. Dzięki temu obserwacje astronomiczne pozwalają m.in. na testowanie teorii fizycznych. Przykładowo, przewidywania ogólnej teorii względności zostały po raz pierwszy potwierdzone przez odkrycie zakrzywienia przestrzeni w pobliżu Słońca oraz przez ruch peryhelium Merkurego. Odkrycie i radiowe obserwacje pulsarów podwójnych przyniosły ilościowe potwierdzenie nie tylko relatywistycznego ruchu peryhelium, ale i szeregu dalszych efektów przewidzianych przez ogólną i szczególną teorię względności, w tym także potwierdzenie istnienia fal grawitacyjnych. Godzi się przypomnieć, że — obok dwu laureatów Nagrody Nobla, Hulse'a i Taylora — istotny wkład wniósł tu polski radioastronom Aleksander Wolszczan.

Szczególnie ważny jest rozwój tych działów astrofizyki i fizyki, dzięki którym następuje pogłębienie naszej wiedzy nie tylko o obiektach i procesach astrofizycznych, ale także o podstawowych własnościach materii. Problemami budowy materii o gęstościach powyżej 10^{14} g/cm^3 zajmują się fizyka materii supergęstej oraz astrofizyka gwiazd neutronowych. Wyznaczone dotąd masy gwiazd neutronowych koncentrują się w wąskim przedziale wokół 1.4 masy Słońca, co — niestety — pozwala jedynie na marginalne wyeliminowanie najbardziej „miękkich" wersji równania stanu. Ważne w tym kontekście są tzw. pulsary milisekundowe, będące szybkorotującymi gwiazdami neutronowymi. Jak pokazali Paweł Haensel i Leszek Zdunik, najkrótszy możliwy okres obrotu jest funkcją masy gwiazdy neutronowej oraz równania stanu. Wprawdzie rekordowo krótki obecnie okres 1.6 ms pulsara PSR 1937+21 dopuszcza jeszcze wszystkie wersje równania stanu, ale już odkrycie pulsara z okresem poniżej 1 ms byłoby wydarzeniem przełomowym.

Profesorowie: Wilhelmina Iwanowska, Aleksander Wolszczan, Józef Smak (astronomowie) i prof. Jan Stankowski, przewodniczący Komitetu Fizyki PAN (fot. B. Horbaczewski)

Od trzydziestu lat nie wyjaśnionym pozostaje tzw. problem neutrin słonecznych, których strumień, rejestrowany na Ziemi, jest w przybliżeniu trzykrotnie za mały w stosunku do przewidywań opartych na modelach Słońca. Dokładność tych modeli została w ostatnich latach potwierdzona przez wyniki analizy oscylacji słonecznych, dostarczające niezależnych danych o budowie wnętrza Słońca. Tu godzi się przypomnieć, że współtwórcą heliosejsmologii i autorem wielu tych wyników był Wojciech Dziembowski. W tej sytuacji rozwiązania problemu należy szukać w fizyce cząstek elementarnych. Oczekuje się, że będzie ono związane z faktem istnienia trzech typów neutrin i umożliwi ocenę ich mas spoczynkowych.

Chciałbym wreszcie wspomnieć o kompleksie problemów, związanych z budową i ewolucją Wszechświata, jakimi zajmują się astronomia pozagalaktyczna, kosmologia, ogólna teoria względności i fizyka cząstek elementarnych. Odnotować tu wypada wkład polskich fizyków-teoretyków, by wymienić choćby nazwiska Andrzeja Trautmana, Marka Demiańskiego czy Andrzeja Staruszkiewicza. Od strony obserwacyjnej zaś — dwa, zainicjowane przez Bohdana Paczyńskiego, programy masowego rejestrowania zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego, których celem — w tym kontekście — jest próba rozwiązania problemu tzw. brakującej masy. Jeden z tych programów (OGLE) jest realizowany przez zespół astronomów z Uniwersytetu Warszawskiego, kierowany przez Marcina Kubiaka.

Omówiłem te przykłady tak obszernie, by pokazać, jak znaczący był dotychczasowy wkład uczonych polskich do tych ważnych, „stykowych" działów astrofizyki i fizyki. Twierdzę, że również w przyszłości ten wkład będzie znaczny. Niezależnie bowiem od innych czynników, np. od tego, jak poprawiać się będą materialne warunki rozwoju nauki w Polsce, czynnikiem decydującym jest tu naturalna atrakcyjność tematyki, będąca magnesem dla badaczy, zwłaszcza dla najmłodszych, najzdolniejszych adeptów fizyki i astrofizyki.

Profesor Józef Smak jest astrofizykiem, członkiem PAN i dyrektorem Centrum Astronomii im. M. Kopernika w Warszawie.

Tadeusz Jarzębowski

Pulsary wkroczyły w czwarte dziesięciolecie

W latach sześćdziesiątych naszego stulecia miały miejsce cztery ważkie odkrycia. Były to kwazary (1963), promieniowanie tła (1965), pulsary (1967), błyski gamma (1969). Pierwsze dwa przenosiły nas ku ekstremom czasu i przestrzeni, podczas gdy pobliskie pulsary kierują ku ekstremalnym stanom fizycznym materii. Zjawisko pulsarów ujawnia się w postaci regularnych impulsów promieniowania; ich źródłami winny by ć gwiazdy neutronowe. Okresowość wynika z ruchu wirowego tych obiektów — a mogą one wykonywa ć i kilkaset obrotów na sekundę. Są to niezwykłe laboratoria kosmiczne, gdzie występują potężne pola magnetyczne. Cząstki elementarne mogą tam być przyśpieszane do energii tysięcy bilionów elektronowoltów. W żadnym z ziemskich akceleratorów nie można marzyć o wytwarzaniu tak wysokoenergetycznych cząstek. Liczba zaobserwowanych pulsarów zbliża się już do tysiąca. Szacuje się, że obiektów takich — tj. gwiazd neutronowych będących w swej aktywnej fazie pulsarów — winno być w naszej Galaktyce co najmniej sto tysięcy.

Od tej jesieni, kiedy to Jocelyn Bell odkryła zjawisko pulsarów, staruszka Ziemia zdążyła wykonać już trzydzieści obiegów wokół Słońca.

Datę 28 listopada 1967 roku wskazywał kalendarz, gdy w Cambridge, w Mullard Radio Astronomy Observatory, rejestrowano powtarzające się co 1.3 sekundy sygnały z pogranicza gwiazdozbiorów Lisa i Strzały. Do końca tegoż roku dostrzeżono jeszcze trzy inne tego typu pulsujące obiekty. Ów pierwszy, znany dziś jako PSR 1919+21, figurował tam wówczas pod oznaczeniem LGM_1, co było skrótem od *Little Green Men*, gdyż wydawało się, że tego typu rytmiczne sygnały radiowe mogłyby pochodzić od obcych cywilizacji. Rewelacyjna koncepcja „małych zielonych" szybko jednak upadła, sprawa przestała być tajną i dnia 24 lutego 1968 roku ukazał się w „Nature" artykuł zatytułowany *Observation of a Rapidly Pulsating Radio Source*.

Datę tę przyjmuje się zwykle za datę narodzin pulsarów.

Odkrycie pulsarów stanowiło niewątpliwie krok milowy w rozwoju astrofizyki. Z przyznanych dotychczas czterech Nagród Nobla z fizyki za osiągnięcia na niwie astronomii, dwie dotyczą tej właśnie tematyki. W roku 1974 nagrodę otrzymali M. Ryle i A. Hewish za prace z dziedziny radioastronomii, związane z odkryciem pulsarów (niestety, absolwentkę Uniwersytetu w Cambridge — właściwego odkrywcę — pominięto). W roku 1993 J. Taylor i R. Hulse zostali nagrodzeni za odkrycie pulsara w układzie podwójnym, gdzie stwierdzony został po raz pierwszy fakt emisji fal grawitacyjnych.

Istotę pulsarów (w przeciwieństwie np. do kwazarów czy błysków gamma) rozszyfrowano bardzo szybko. Źródłami tego pulsującego promieniowania winny być gwiazdy neutronowe. Taka interpretacja pojawiła się już nawet w tej pierwszej wspomnianej publikacji — a kolorowy napis *Possible Neutron Star* ozdabiał okładkę tego zeszytu „Nature"[1]. Zresztą, pojęcie gwiazd neutronowych było w owym czasie już znane. Koncepcja istnienia takich obiektów zaczęła kiełkować wkrótce po laboratoryjnym odkryciu przez Chadwicka neutronu (rok 1932). Temat opracowali bliżej w roku 1939 Oppenheimer i Volkoff; nie rokowano jednak możliwości zaobserwowania tego typu egzotycznych tworów. I oto nie minęły nawet trzy dziesięciolecia, jak one się nam ujawniły.

Tych nadbiegających z kosmosu radiowych sygnałów nikt się nie spodziewał.

Rotacja. Akrecja

Supernowa z roku 1054 i pulsar w pozostałej po tym wybuchu mgławicy wskazują jednoznacznie, że powstawanie gwiazd neutronowych może wiązać się z tego typu kataklizmowymi wydarzeniami. Kolaps grawitacyjny, z jakim mamy tu do czynienia, jest konsekwencją wyczerpania się w pragwieździe zasobów energii jądrowej. Masa powstałego, skondensowanego obiektu, wynosi około półtorej masy Słońca, podczas gdy promień jest rzędu 10^{-5} promienia Słońca (ponad tysiąckrotnie mniejszy od średnicy Ziemi).

Temperatura we wnętrzu młodej gwiazdy neutronowej winna wynosić około miliard kelwinów (Urpin, 1997);

[1] Gwoli ścisłości trzeba zaznaczyć, iż o ile w tej pierwszej publikacji trafnie sugerowano już możliwość związku owych radiowych impulsów z gwiazdami neutronowymi, to przyczynę ich okresowości upatrywano nie w rotacji, lecz w zachodzących w gwieździe oscylacjach.

na powierzchni byłaby 2–3 rzędy wielkości niższa (rys. 1). Winna wiązać się z tym emisja termiczna, niemniej w tematyce promieniowania pulsarów ten mechanizm emisji odgrywa znaczenie drugorzędne.

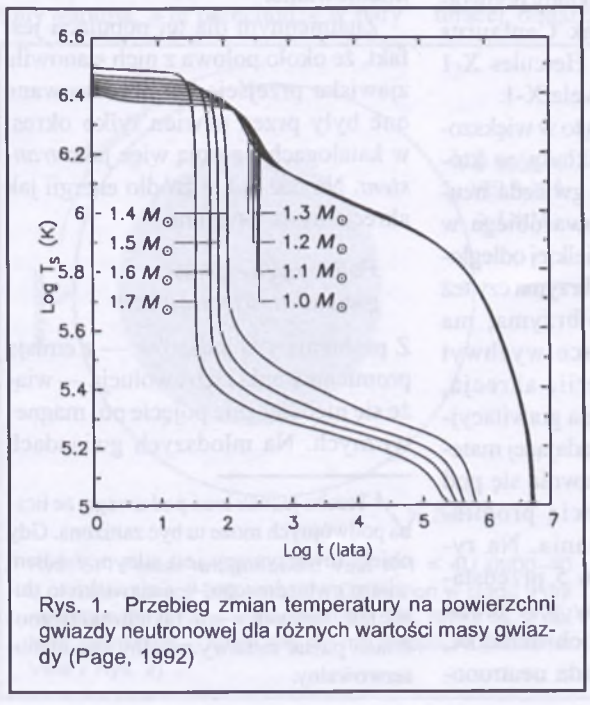
Skoro w obiektach tych nie zachodzą reakcje jądrowe, powstaje zasadnicze pytanie: na koszt czego one świecą? Otóż wchodzą tu w grę dwa źródła energii. Są to:

1) energia kinetyczna ruchu obrotowego gwiazdy neutronowej,

2) energia grawitacyjna, przekazywana gwieździe przez spadającą na nią materię.

Energia, zmagazynowana w ruchu obrotowym, jest głównym źródłem dla gwiazd neutronowych izolowanych, tj. samotnych, ewentualnie wchodzących w skład układów luźnych. W literaturze angielskiej pulsary, emitujące promieniowanie na koszt energii rotacyjnej, nazywane są *rotation-powered pulsars*.

Ta druga możliwość to swego rodzaju zasilanie „z zewnątrz". Na obdarzoną silnym polem grawitacyjnym gwiazdę neutronową spada materia, przekazując jej energię. Tego typu zjawisko wychwytu materii z zewnątrz określane jest w astronomii terminem akrecja — to będą zatem *accretion-powered pulsars*. Najkorzystniejsze warunki do działania tego typu mechanizmu mogą wystąpić, gdy gwiazda neutronowa wchodzi w skład ciasnego układu podwójnego. Wychwyt materii międzygwiazdowej też mógłby tu mieć jakieś znaczenie, ale byłby to już raczej skromny przyczynek do emisji[2].



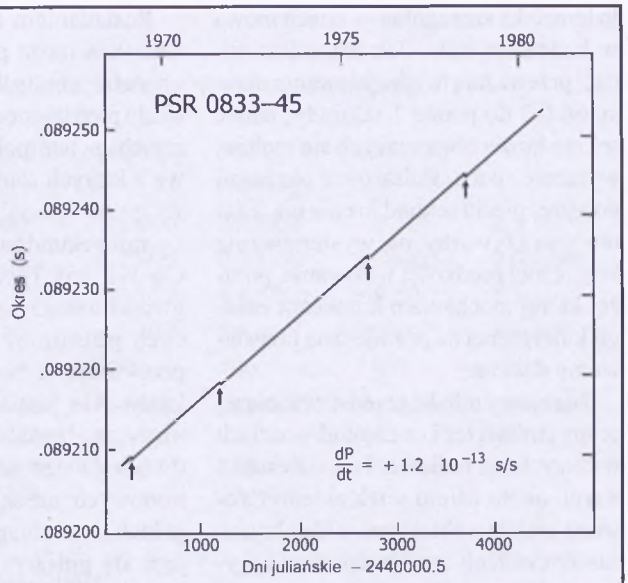
Rys. 1. Przebieg zmian temperatury na powierzchni gwiazdy neutronowej dla różnych wartości masy gwiazdy (Page, 1992)

Grupa radiowa i rentgenowska

Zależnie od tego, który z dwóch przedstawionych tu mechanizmów odpowiedzialny jest za emisję promieniowania, wyodrębniają się dwie wyraźnie różne grupy pulsarów.

Te pierwsze, „żyjące" z energii rotacyjnej, znane są przede wszystkim jako pulsary **radiowe**; to ich trzydziestolecie niedawno minęło, ich dotyczyły wspomniane dwie Nagrody Nobla. Liczba odkrywanych obiektów stale i szybko tu wzrasta. Katalog z roku 1993 zawierał 558 pozycji, późniejszy, z roku 1995, wymieniał 706; obecnie winno ich być już około 800. Są to prawie wyłącznie obiekty Galaktyki. Wskazuje na to w szczególności wyraźna ich koncentracja wokół płaszczyzny naszego skupiska gwiezdnego; sporo odkryto ich też ostatnio w gromadach kulistych (Anderson, 1997). Kilka pochodzi z Wielkiego Obłoku Magellana, wśród nich młodziutki PSR 0540–69, podobny do pulsara w mgławicy Krab, otoczony też synchrotronową mgławicą (Eikenberry, 1998). Mały Obłok Magellana reprezentuje tylko jeden obiekt tej grupy radiowej.

Pulsary radiowe zyskały sobie miano nadzwyczaj precyzyjnych kosmicznych zegarów; stwarzają one konkurencję tym ziemskim, atomowym. Okresy rotacji wielu pulsarów wyznaczono z dokładnością, przewyższającą nominalną atomowej skali czasowej (10^{-14}). Na przykład w katalogu pulsarów (Taylor, 1993) pod pozycją PSR B1937+21 odczytujemy P = 0.00155780644887275 s, błąd ostatniej cyfry ± 3. Odnosi się to oczywiście do ściśle określonej epoki, gdyż wartości okresów wzrastają (z sześcioma, jak dotąd, wyjątkami — Anderson, 1997).



Rys. 2. Pulsar w Żaglach, Vela, PSR 0833–45. Obserwacje radiowe. Częstym zjawiskiem są nagłe zmiany okresu pulsacji (ang. *glitches*). Każdorazowa zmiana pociągała za sobą skrócenie okresu o około 200 nanosekund.

W tematyce okresów pulsacji bardziej kłopotliwym jest jednak inne zjawisko. Na niektórych gwiazdach neutronowych zachodzą czasami nagłe zmiany strukturalne, „*starquakes*", z czym wiąże się zmiana momentu bezwładności gwiazdy, no i skok w okresie rotacji. Najbardziej znanym z urządzania tego typu niespodzianek jest pulsar w Żaglach, Vela (Rys. 2) — znany skądinąd jako najjaśniejszy obiekt na niebie gamma. Jednakże w gwiazdach neutronowych o dłuższych okresach rotacji, przekraczających 0.7 s, żadnych takich nagłych zmian już nie zaobserwowano (Ruderman, 1998).

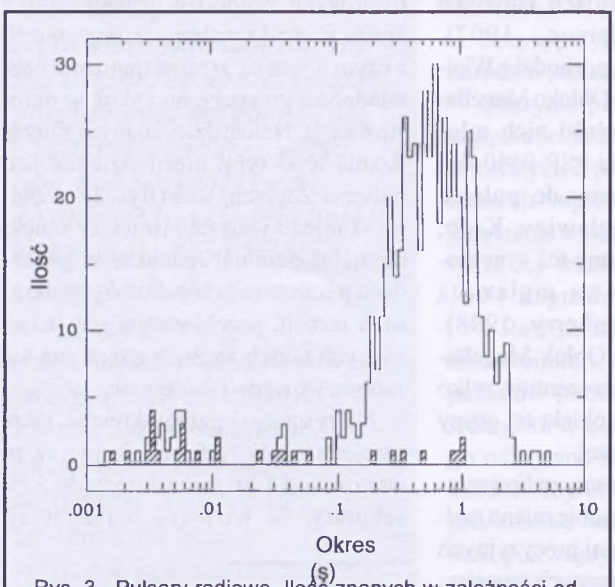
Na rysunku 3 gama okresów, jakie zarejestrowały radioteleskopy; są to wartości od 1.56 milisekundy do 5.09 sekundy. Te wirujące najszybciej,

[2] Przypomnijmy w tym miejscu, że w podobnym zjawisku upatrywano kiedyś źródło świecenia Słońca; nasza gwiazda miałaby czerpać energię ze spadania na nią meteoroidów.

to tematyka szczególna — o nich mowa w końcu artykułu. Jak natomiast widać, przeważają tu zdecydowanie okresy od 0.2 do ponad 1 sekundy; widać też, że liczba obracających się wolniej wyraźnie spada. Pulsarów z okresami powyżej pięciu sekund już nie ma. Fakt ten wskazywałby na występowanie krytycznej prędkości wirowania, poniżej której mechanizm konwersji energii kinetycznej na promienistą przestawałby działać.

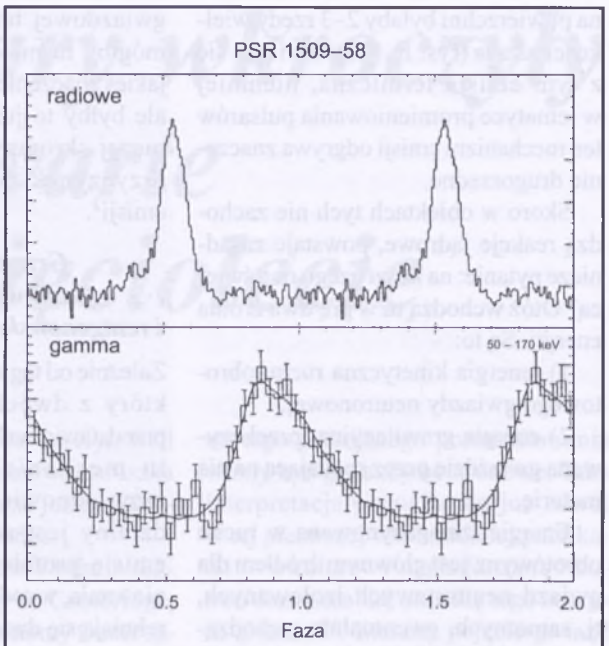
Niektórzy młodsi przedstawiciele tej grupy emitują też i na częstotliwościach wyższych niż radiowe. I tak dziesiątka z tych około ośmiu setek zidentyfikowana została z obiektami widzialnymi, zaś w czterech z tych dziesięciu wykryto okresowość — znamy więc dziś cztery pulsary optyczne (wymienione są one w Tabeli 1). Podobnie 27 pulsarów radiowych figuruje też na mapie nieba rentgenowskiego, a w jedenastu z nich wykryto pulsacje (Becker, 1997; Cheng, 1998). Wreszcie siódemka z tych *rotation-powered* to też pulsary gamma (Rys. 4). Co się zaś tyczy tego najmłodszego, tego beniaminka z mgławicy Krab — jak też pulsara Vela — to emitują one i pulsują we wszystkich zakresach widma elektromagnetycznego.

Populacja pulsarów, dla których źródłem energii jest rotacja, to w zasadzie obiekty samotne. Podwójność jest tu rzadkością, to przypadek jeden na kilkanaście[3].



Rys. 3. Pulsary radiowe. Ilość znanych w zależności od okresu pulsacji. Średnia wartość okresu — wokół którego koncentruje się zdecydowana ich większość — wynosi 0.6 sekundy. Pozycje zakreskowane dotyczą podwójnych (Taylor, 1993).

Posiadaniem towarzysza może pochwalić się tylko około pięćdziesięciu z nich, ponad połowę z których stanowi grupa specjalna — milisekundowe. Co się zaś tyczy gwiazd towarzyszących pulsarom, to przeważają tu białe karły. Ale jest też pięć „małżeństw" dwóch gwiazd neutronowych; nie są to jednak dwa obiegające się pulsary — promieniowanie odbieramy tylko od jednego ze składników, ta druga gwiazda neutronowa daje o sobie znać poprzez swe oddziaływanie grawitacyjne (jedną z takich par jest PSR 1913+16).



Rys. 4. Pulsar 1509–58. Obserwacje radiowe i gamma (Ulmer, 1993). Jak i w kilku innych, impulsy na wyższych częstotliwościach nie przypadają w tej samej fazie co radiowe. (W tym rejonie nieba, w roku 185 n.e., Chińczycy obserwowali „gwiazdę-gościa". Wysuwa się przypuszczenie, że była to supernowa, pozostałością której jest ten pulsar. Jego wiek — Tabela 1 — w przybliżeniu zgadza się.)

Przechodząc do tej drugiej populacji — do gwiazd neutronowych emitujących promieniowanie w następstwie akrecji — to jest to już domena astrofizyki **rentgenowskiej**. Pulsarów tej grupy znamy mniej, jak dotąd, tylko 45 (Bildsten, 1997; Kinugasa, 1998). Ich historia zaczęła pisać się w roku 1971, kiedy to „legendarny" już dziś Uhuru odkrywał takie głośne układy podwójne jak Centaurus X-3, Hercules X-1 czy Vela X-1.

Są to w większości układy, w których gwiazda neutronowa obiega w niewielkiej odległości olbrzyma czy też nadolbrzyma; ma miejsce wychwyt materii, akrecja, energia grawitacyjna spadającej materii ujawnia się pod postacią promieniowania. Na rysunku 5 przedstawiony jest jeden z takich układów; gwiazda neutronowa obiega tutaj nadolbrzyma o masie 23 $M_\odot$ i promieniu 33 $R_\odot$.

Poznane dotąd okresy tych rentgenowskich pulsarów wynoszą od 69 milisekund do 24 minut. Tak jak w pulsarach radiowych, jest to okres obrotu gwiazdy. Ale tutaj spotykamy się i ze znacznie wolniejszą rotacją, gdyż to już nie energia kinetyczna ruchu obrotowego podtrzymuje teraz emisję promieniowania.

Znamiennym dla tej populacji jest fakt, że około połowa z nich stanowiła zjawiska przejściowe, obserwowane one były przez pewien tylko okres; w katalogach figurują więc jako *transient*. No cóż, takie źródło energii jak akrecja bywa zawodne.

Pola magnetyczne gwiazd neutronowych

Z problematyką pulsarów — z emisją promieniowania i ich ewolucją — wiąże się nieodłącznie pojęcie pól magnetycznych. Na młodszych gwiazdach

[3] Trzeba jednak brać pod uwagę, że liczba podwójnych może tu być zaniżona. Gdy obiekt towarzyszący jest silnym źródłem wiatru gwiazdowego — a zjawisko to tłumi fale radiowe — w takich okolicznościach pulsar radiowy mógłby być nieobserwowalny.

Tabela 1.
Niektóre bardziej znane pulsary z grupy emitujących na koszt energii kinetycznej ruchu obrotowego.

PSR B	0531+21 Krab	1509–58	0540–69 LMC	0833–45 Vela	0656+14	0633+17 Geminga	1913+16	1937+21
Wiek (lata)	1250	1550	1650	11 000	110 000	340 000	$1.0\ 10^8$	$2.3\ 10^8$
Okres pulsacji (s)	0.03340	0.15023	0.05037	0.08929	0.38487	0.23709	0.05903	0.00156
dP/dt (s/s)	$4.2\cdot10^{-13}$	$1.5\cdot10^{-12}$	$4.8\cdot10^{-13}$	$1.2\cdot10^{-13}$	$5.5\cdot10^{-14}$	$1.1\cdot10^{-14}$	$8.6\cdot10^{-18}$	$1.1\cdot10^{-19}$
Pole magn. (Gs)	$3.8\cdot10^{12}$	$1.5\cdot10^{13}$	$5.0\cdot10^{12}$	$3.4\cdot10^{12}$	$4.7\cdot10^{12}$	$1.6\cdot10^{12}$	$2.3\cdot10^{10}$	$4.1\cdot10^{8}$
Odległość (pc)	2000	4300	50000	500	760	160	7100	3600
Pulsacje	radiowe	radiowe	radiowe	radiowe	radiowe	radiowe?*	radiowe	radiowe
	optyczne	—	optyczne	optyczne	optyczne	—	—	—
	rentgen.	rentgen.	rentgen.	rentgen.	rentgen.	rentgen.	—	—
	gamma	gamma	—	gamma	—	gamma	—	—

* Wśród pulsarów zasilanych energią rotacyjną Geminga był jedynym, nie emitującym na falach radiowych. Niedawne obserwacje zdają się jednak wykrywać pulsacje radiowe (Malofeev, 1997).

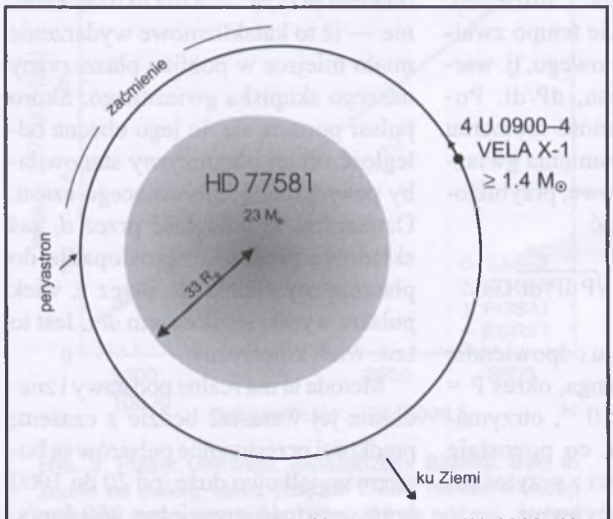
neutronowych indukcja magnetyczna, B, winna wynosić $11^{11} - 10^{13}$ gausów (= $10^7 - 10^9$ tesli). Są to wartości niezmiernie wielkie; dla porównania: na biegunach geomagnetycznych B = 0.6 Gs.

Pole magnetyczne odgrywa zasadniczą rolę w procesie przetwarzania energii kinetycznej ruchu obrotowego w energię promienistą. Wirująca, obdarzona polem magnetycznym gwiazda neutronowa stanowi potężne dynamo; w zachodzącym tam procesie fizycznym energia kinetyczna zamienia się w energię pola elektrycznego. W tych potężnych polach elektrycznych cząstki naładowane rozpędzane są do olbrzymich energii. Produkują one fotony gamma, a te przechodzą w pary elektron-pozyton, które, obiegając linie sił pola magnetycznego, są źródłem obserwowanego przez nas promieniowania.

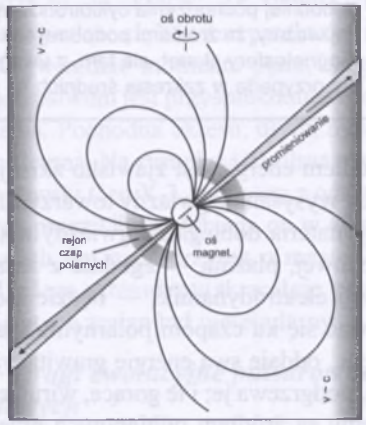
Jest to promieniowanie **synchrotronowe** — promieniowanie relatywistycznych cząstek naładowanych, poruszających się w polu magnetycznym. Za takim nietermicznym mechanizmem przemawiają też dane obserwacyjne: polaryzacja i charakterystyczny płaski kształt widma[4]. Rejony emisji winny tu być oczywiście powiązane z biegunami magnetycznymi, z tzw. czapami polarnymi. Istnieje wiele modeli tej magnetosferycznej emisji, brak jednak jakiejś ogólnie przyjętej teorii.

Na gruncie modelu pulsara jako rotującej, obdarzonej polem magnetycznym gwiazdy neutronowej, okresowość odbieranych impulsów znajduje proste wytłumaczenie (Rys. 6). Oś magnetyczna nie pokrywa się na ogół z osią obrotu ciała niebieskiego (przykładem planety Uran czy Neptun). W tego typu konfiguracji czapy polarne gwiazdy neutronowej biorą udział w jej ruchu wirowym, kierunek emitowanego z tych czap promieniowania przemieszcza się w przestrzeni w okresie obrotu gwiazdy. Przy korzystnej orientacji pulsara względem Ziemi, wraz z każdym jego obrotem rejestrować będziemy przez moment impuls promieniowania. Natomiast w przypadku szczególnym, gdy oś magnetyczna i oś obrotu są bliskie prostopadłości, istnieje możliwość zwracania się ku nam na przemian to jednej, to drugiej czapy polarnej — w trakcie każdego obrotu gwiazdy zarejestrujemy dwa impulsy (Chen, 1998).

Istotną rolę odgrywa też pole magnetyczne i w tych pulsarach, gdzie

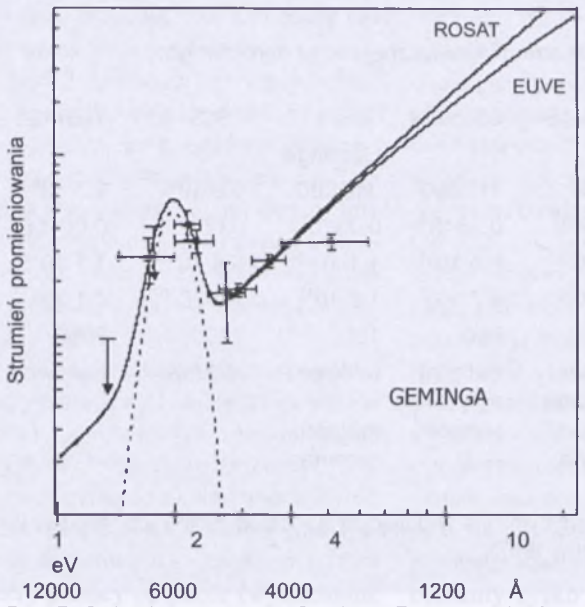


Rys. 5. Pulsar rentgenowski Vela X-1 = 4U 0900–40 o okresie pulsacji 283 sekundy. Obiega on w ciągu 9 dni nadolbrzyma o typie widmowym B0.5 Ib; przez ok. 2 dni trwa zaćmienie. (Obiekt ten nie ma związku z pulsarem Vela z Rys. 2).

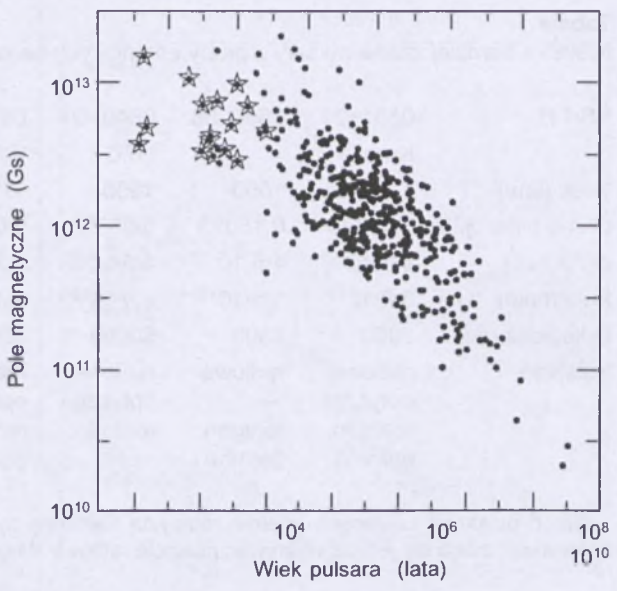


Rys. 6. Model pulsara — wirującej gwiazdy neutronowej. Wraz z gwiazdą obraca się cała magnetosfera; w dostatecznie dużej odległości może być osiągana prędkość zbliżona do prędkości światła.

[4] Fragment widma pulsara z mgławicy Krab opublikowany był niedawno w „Postępach Astronomii", 1/96, str. 31.



Rys. 7. Gwiazda neutronowa Geminga. Fragment ultrafioletowej i widzialnej części widma z linią emisyjną, najprawdopodobniej pochodzenia cyklotronowego. (W ramach analogii zauważmy, że źródłami podobnej emisji cyklotronowej są też magnetosfery planet, ale tam, z uwagi na słabe pole, ta emisja przypada w zakresie średnich fal radiowych).



Rys. 8. Zależność pole magnetyczne-wiek dla 440 pulsarów radiowych. Gwiazdkami wyróżnione są pulsary najmłodsze, zidentyfikowane z mgławicami, pozostałościami po supernowej.

źródłem energii jest zjawisko akrecji. Gdy wysysana z gwiazdy towarzyszącej materia dobiega do gwiazdy neutronowej, plazma — zgodnie z zasadami elektrodynamiki — będzie kierować się ku czapom polarnym. Spadając, oddaje swą energię grawitacyjną, podgrzewa je; i te gorące, wirujące czapy są źródłem odbieranych przez nas impulsów promieniowania rentgenowskiego.

Zarysowują się możliwości bezpośrednich pomiarów pola magnetycznego na gwieździe neutronowej. Szanse takie stwarza promieniowanie cyklotronowe. Podobnie jak w mechanizmie synchrotronowym, źródłem tej emisji są też poruszające się w polach magnetycznych cząstki naładowane, ale w tym wypadku są to cząstki nierelatywistyczne. Tę, tzw. cyklotronową częstotliwość, ν, określa tu zależność

$$\nu = \frac{eB}{2\pi mc}$$

gdzie e i m to ładunek i masa cząstki, c — prędkość światła, B – indukcja magnetyczna. Dla danej wartości pola jest to emisja monochromatyczna, winniśmy więc obserwować linię widmową. Wyznaczenie długości fali tej linii pozwala określić wartość pola magnetycznego.

Przekonywujących danych dostarczyły tu niedawne obserwacje pulsara Geminga (Tabela 1). Obiekt ten zidentyfikowany został z gwiazdą 25.5 magn., w widmie której, w rejonie 600 nm (6000 Å) występuje wyraźna emisja (Rys. 7). Interpretując to jako emisję cyklotronową jonów wodoru, otrzymuje się tu $B = (3–5)\times10^{11}$ Gs. Byłby to pierwszy *in situ* dość wiarygodny pomiar pola magnetycznego na gwieździe neutronowej.

Wartość pola magnetycznego pulsara otrzymać można z obliczeń. Wskazuje na to głównie tempo zwalniania jego ruchu obrotowego, tj. wartość pochodnej okresu, dP/dt. Potrzebna jest też znajomość momentu bezwładności oraz promienia gwiazdy neutronowej. Końcowe, przybliżone wyrażenie ma postać

$$B = 3.2\times10^{19} \times \sqrt{P\,dP/dt}\ \text{Gs}.$$

Jeżeli podstawimy tu odpowiednie dane dla pulsara Geminga, okres P = 0.237 s, $dP/dt = 1.1\times10^{-14}$, otrzymamy $B = 1.6\times10^{12}$ Gs, co pozostaje w dość dobrej zgodności z przytoczonymi danymi obserwacyjnymi.

Pole magnetyczne gwiazdy neutronowej winno mieć wartość największą po uformowaniu się obiektu, w miarę zaś upływu czasu może stopniowo maleć (Mukherjee, 1997). Opartą na obliczeniach zależność ukazuje rysunek 8.

Wiek pulsarów

Oszacowanie wieku pulsara samotnego nie jest trudne. Orientacyjne dane co do daty jego narodzin można uzyskać dwiema różnymi drogami.

Informacja o czasie, jaki minął od powstania pulsara, czyli od wybuchu supernowej, może już być zawarta w jego położeniu w Galaktyce. Można bowiem przyjąć — a ma to uzasadnienie — iż to kataklizmowe wydarzenie miało miejsce w pobliżu płaszczyzny naszego skupiska gwiezdnego. Skoro pulsar porusza się, to jego obecna odległość od tej płaszczyzny stanowiłaby pewną miarę upływającego czasu. Oznaczając tę odległość przez d, zaś składową prędkości, prostopadłą do płaszczyzny Galaktyki, przez v, wiek pulsara wyrazi się ilorazem d/v. Jest to tzw. wiek kinetyczny.

Metoda ta ma realne podstawy i znaczenie jej wzrastać będzie z czasem; prędkości przestrzenne pulsarów są bowiem wyjątkowo duże, od 20 do 1000 km/s, wartość przeciętna 450 km/s. Tak znaczną prędkość nabywa niewątpliwie pulsar w procesie powstawania, w następstwie asymetrii wybuchu — gdyż antenaci pulsarów, gwiazdy

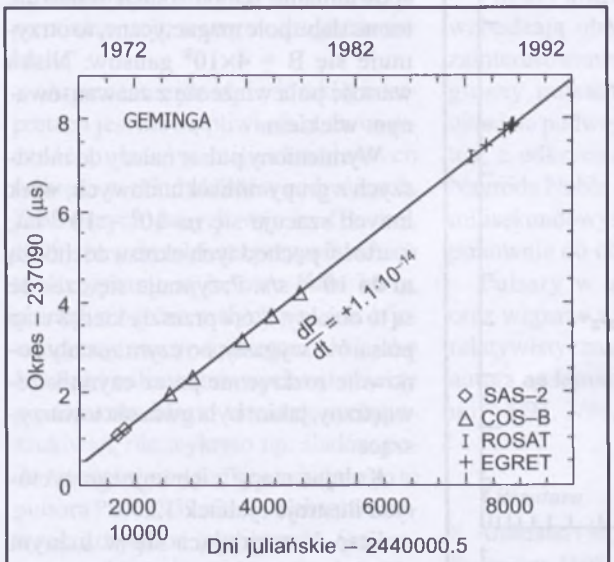
OB, należą do najwolniejszych w Galaktyce.

Bardziej uniwersalną jest tu jednak inna metoda, w której wiek oszacowywany jest w oparciu o okres obrotu P i tempo, w jakim ten okres wzrasta, tj. pochodną dP/dt. Tak określany wiek nazywano charakterystycznym, jakkolwiek coraz częściej używa się tu ostatnio określenia *spin-down age*. Nazwa ta oddaje bardziej sens metody. Gwiazda neutronowa dysponuje największymi zasobami energii kinetycznej po uformowaniu się; energia ta przetwarzana jest na promieniowanie — co objawia się w coraz wolniejszym wirowaniu, we wzroście okresu obrotu (Rys. 9, także Rys. 2).

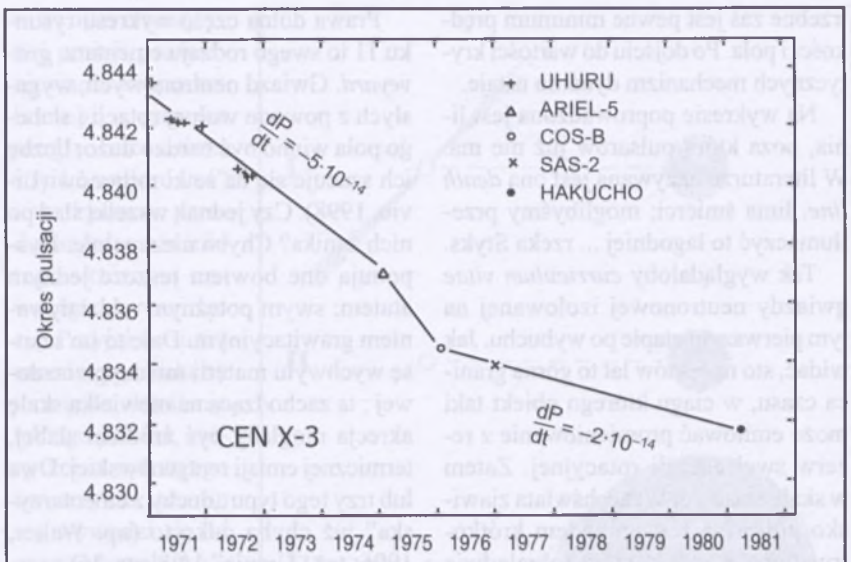
Z elementarnego rozumowania wynika więc, że pulsar winien być tym starszy, im obecny jego okres dłuższy, no i im tempo tego wzrostu wolniejsze. Przyjmowana jest prosta zależność

$$\text{wiek pulsara} = \frac{P}{2\,dP/dt}.$$

W ramach przykładu, pulsar w mgławicy Krab, PSP 0531+21. Jego obecny okres obrotu P = 0.033 s. Tempo wirowania maleje dość spektakularnie: ćwierć wieku temu wykonywał 30.2 obroty na sekundę, obecnie już tylko 29.9. Tutaj $dP/dt = 4.2\times10^{-13}$ s/s.



Rys. 9. Pulsar Geminga, gwiazdozbiór Bliźniąt. Było to znane od ćwierć wieku potężne źródło promieniowania gamma i rentgenowskiego. Okazało się później, że jest to bliska, samotna gwiazda neutronowa (Mattox, 1998). Na ilustracji wzrost okresu obrotu w oparciu o dane z orbitujących obserwatoriów gamma (SAS-2, COS-B, GRO-EGRET) oraz rentgenowskiego (ROSAT).



Rys.10. Pulsar w ciasnym układzie podwójnym, Centaurus X-3. Skracanie się okresu pulsacji (obrotu wokół osi) w ciągu pierwszych dziesięciu lat od odkrycia.

W jego „teoretycznej" metryce urodzenia winno figurować zatem 4×10^{10} sekund, tj. 1250 lat.

W tematyce wieku ów pulsar w Krabie ma znaczenie szczególne, gdyż datę jego narodzin znamy z autopsji, odnotowali ją Chińczycy za czasów cesarskiej dynastii Sung. Informacja o kosmicznym kataklizmie, jaki nastąpił ponad 6 tysięcy lat wcześniej, dotarła do naszej planety dnia 4 lipca 1054 roku. Tę gwiazdę neutronową obserwujemy więc obecnie taką, jaką była w 944 lata po wybuchu jej antenata. Jak widać, wiek obliczony pozostaje we względnie dobrej zgodności z wiekiem faktycznym.

W Tabeli 1 niektóre dane o bardziej znanych pulsarach, w szczególności tych najmłodszych.

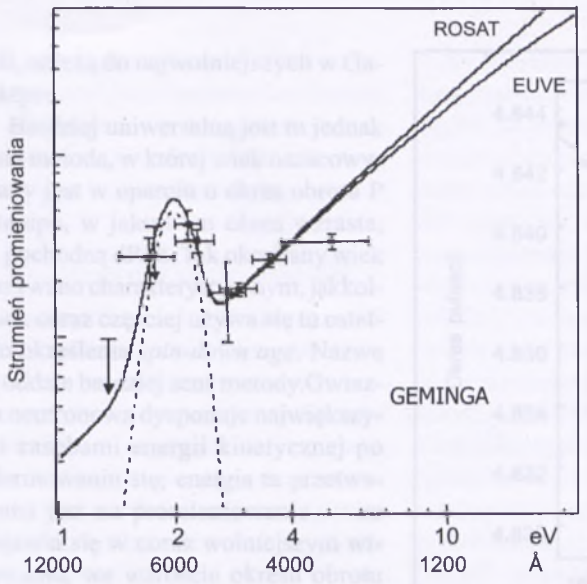
Co się natomiast tyczy pulsarów tej drugiej grupy, tych rentgenowskich z ciasnych układów podwójnych, to tu trudno coś o wieku powiedzieć. W szczególności nie można wyciągać żadnych wniosków z ruchu wirowego, okres obrotu może tu się skracać. Ze zjawiskiem akrecji wiąże się bowiem przekazywanie gwieździe momentu pędu, czego następstwem jest przyśpieszanie wirowania. Pochodna okresu, dP/dt, bywa tu ujemna. Na rysunku 10 pulsar rentgenowski Cen X-3, pierwszy z odkrytych przez Uhuru. Obiega on w ciągu dwóch dni nadolbrzyma o masie 20 $M_\odot$. Jego okres obrotu skracał się, przebieg tych zmian był nieregularny.

Drogi ewolucyjne pulsarów radiowych

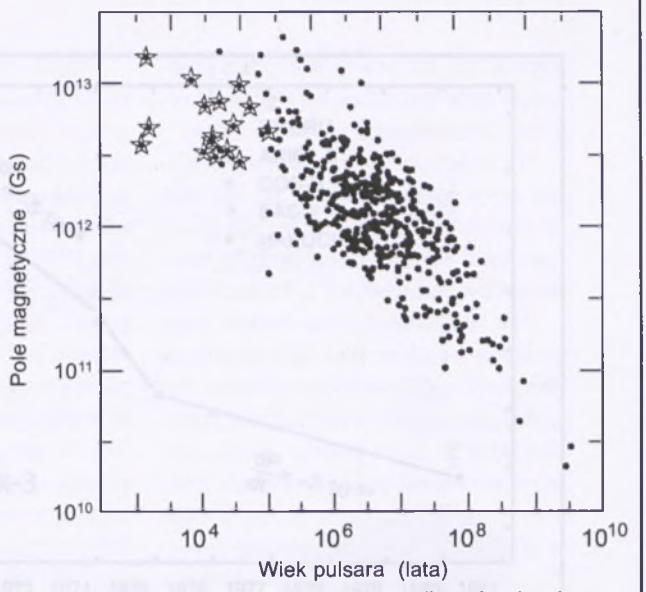
Wykres na rysunku 11 przedstawia pulsary radiowe, rozmieszczone w zależności od ich okresu oraz pochodnej okresu. Zaznaczono wartości wieku oraz pola magnetycznego. Miejsce pulsarów najmłodszych przypada w górnej, lewej części wykresu. Skoro dla określonego P wartość pola magnetycznego jest proporcjonalna do pierwiastka z dP/dt, przeto obiekty o najsłabszych polach winny przypadać w dolnej części wykresu.

Spoglądając na tę najliczniejszą, główną grupę pulsarów, widzimy, że strzałka ewolucyjna skierowana jest w dół, z lekka w prawo. Uwidacznia się też szczegół bardzo znamienny, iż górna granica wieku nie przekracza tu w zasadzie 10^8 lat (por. też Rys. 8). Takiego stanu rzeczy należałoby oczekiwać. Zasoby energii kinetycznej ruchu obrotowego są przecież ograniczone; w miarę upływu lat ruch wirowy słabnie, słabnie też pole magnetyczne. Do podtrzymywania procesu emisji po-

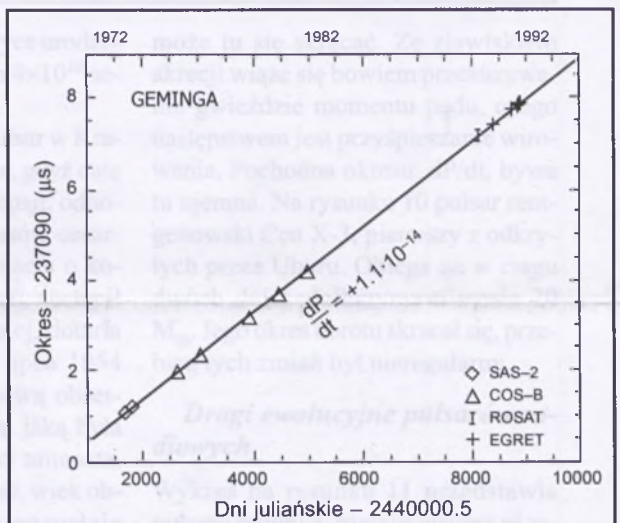
ERRATA do artykułu T. Jarzębowskiego „Pulsary wkroczyły w czwarte dziesięciolecie" w zeszycie 3/98 str. 110–112.



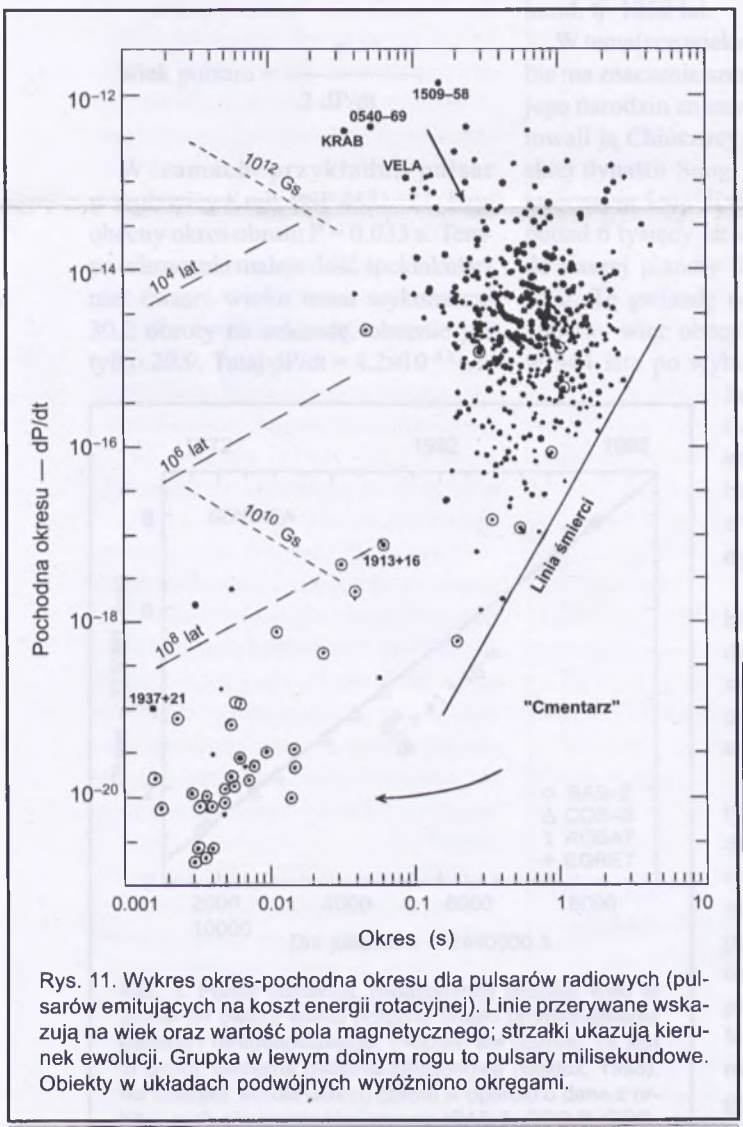
Rys. 7. Gwiazda neutronowa Geminga. Fragment ultrafioletowej i widzialnej części widma z linią emisyjną, najprawdopodobniej pochodzenia cyklotronowego. (W ramach analogii zauważmy, że źródłami podobnej emisji cyklotronowej są też magnetosfery planet, ale tam, z uwagi na słabe pole, ta emisja przypada w zakresie średnich fal radiowych).



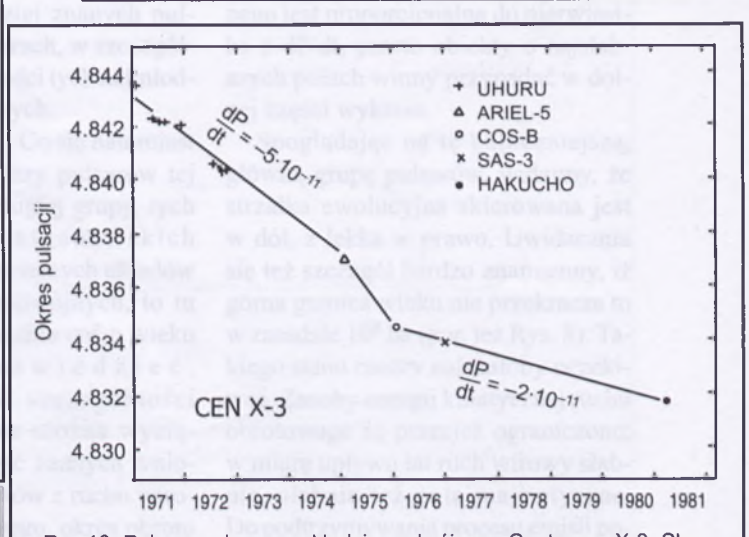
Rys. 8. Zależność pole magnetyczne-wiek dla 440 pulsarów radiowych. Gwiazdkami wyróżnione są pulsary najmłodsze, zidentyfikowane z mgławicami, pozostałościami po supernowej.



Rys. 9. Pulsar Geminga, gwiazdozbiór Bliźniąt. Było to znane od ćwierć wieku potężne źródło promieniowania gamma i rentgenowskiego. Okazało się później, że jest to bliska, samotna gwiazda neutronowa (Mattox, 1998). Na ilustracji wzrost okresu obrotu w oparciu o dane z orbitujących obserwatoriów gamma (SAS-2, COS-B, GRO-EGRET) oraz rentgenowskiego (ROSAT).



Rys. 11. Wykres okres-pochodna okresu dla pulsarów radiowych (pulsarów emitujących na koszt energii rotacyjnej). Linie przerywane wskazują na wiek oraz wartość pola magnetycznego; strzałki ukazują kierunek ewolucji. Grupka w lewym dolnym rogu to pulsary milisekundowe. Obiekty w układach podwójnych wyróżniono okręgami.



Rys.10. Pulsar w ciasnym układzie podwójnym, Centaurus X-3. Skracanie się okresu pulsacji (obrotu wokół osi) w ciągu pierwszych dziesięciu lat od odkrycia.

W związku z przesunięciami w opisach osi odciętych i innymi błędami występującymi na rysunkach zamieszczonych w Uranii-PA 3/98 drukujemy je z odpowiednimi poprawkami i prosimy o zastąpienie nimi wadliwych rysunków. **Autora oraz Czytelników najmocniej przepraszamy.**

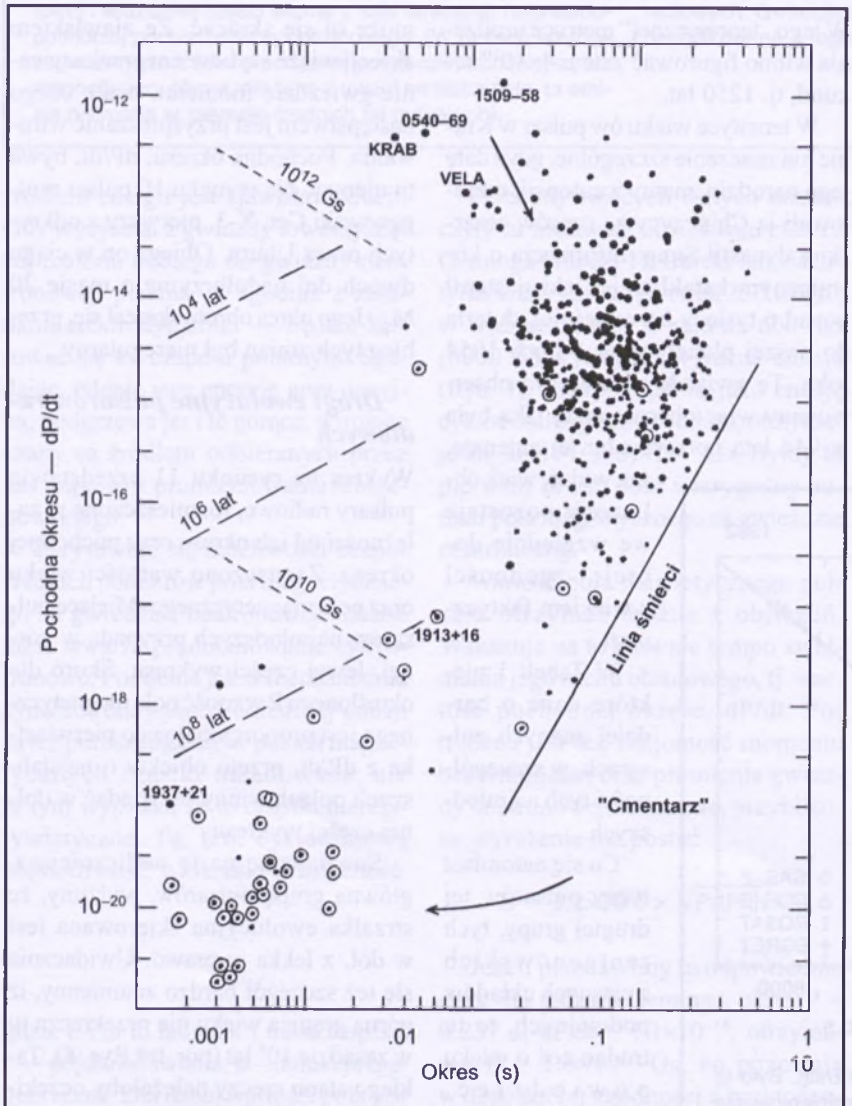
trzebne zaś jest pewne minimum prędkości i pola. Po dojściu do wartości krytycznych mechanizm dynamo ustaje.

Na wykresie poprowadzona jest linia, poza którą pulsarów już nie ma. W literaturze nazywana jest ona *death line*, linia śmierci; moglibyśmy przetłumaczyć to łagodniej ... rzeka Styks.

Tak wyglądałoby *curriculum vitae* gwiazdy neutronowej izolowanej na tym pierwszym etapie po wybuchu. Jak widać, sto milionów lat to górna granica czasu, w ciągu którego obiekt taki może emitować promieniowanie z rezerw swej energii rotacyjnej. Zatem w skali czasowej Wszechświata zjawisko pulsarów jest epizodem krótkotrwałym; czas ich życia to zaledwie parę procent, np. czasu istnienia naszej planety.

Prawa dolna część wykresu rysunku 11 to swego rodzaju cmentarz, *graveyard*. Gwiazd neutronowych, wygasłych z powodu wolnej rotacji i słabego pola winno być bardzo dużo; liczbę ich szacuje się na setki milionów (Livio, 1998). Czy jednak wszelki ślad po nich zanika? Chyba niezupełnie. Dysponują one bowiem jeszcze jednym atutem: swym potężnym oddziaływaniem grawitacyjnym. Daje to im szansę wychwytu materii międzygwiazdowej ; ta zachodząca na niewielką skalę akrecja mogłaby być źródłem słabej, termicznej emisji rentgenowskiej. Dwa lub trzy tego typu „duchy z cmentarzyska" już chyba odkryto (np. Walter, 1996; też „Urania" 1/98, str. 26).

Znacznie bardziej świetlana wizja przyszłości mogłaby jednakże zarysowywać się przed tymi wygasłymi gwiazdami neutronowymi, które nie są samotne, którym towarzyszy inna gwiazda. Istnieje tu bowiem szansa ponownego ich rozkręcenia i wznowienia kariery pulsara.



Rys. 11. Wykres okres-pochodna okresu dla pulsarów radiowych (pulsarów emitujących na koszt energii rotacyjnej). Linie przerywane wskazują na wiek oraz wartość pola magnetycznego; strzałki ukazują kierunek ewolucji. Grupka w lewym dolnym rogu to pulsary milisekundowe. Obiekty w układach podwójnych wyróżniono okręgami.

Milisekundowi staruszkowie

W tematyce pulsarów zasilanych energią rotacyjną, grupka kilkudziesięciu — tych o najkrótszych okresach — to rozdział zawierający więcej chyba znaków zapytania niż odpowiedzi. Niejednemu teoretykowi te milisekundowe spędzały sen z powiek. Na łamach „Postępów Astronomii" zagadnienie poruszał W. Lewandowski (PA, 1/96).

Na wykresie okres-pochodna (Rys. 11) grupa ta zajmuje lewy, dolny róg. Są to pulsary radiowe; było wśród nich i kilka rentgenowskich (Becker, 1997). Liczba tych ostatnich powiększyła się, gdy za pośrednictwem satelity *Rossi X-Ray Timing Explorer* wykryto jeszcze dziesięć obiektów z okresami około 3 ms (White, 1997).

Milisekundowym o najkrótszym okresie jest PSR 1937+21, wykonujący aż 642 obroty w ciągu każdej sekundy. Zdawałoby się, że wobec tak zawrotnego wirowania winien on być bardzo młody. Tymczasem wartość pochodnej okresu jest tu niezwykle mała, 10^{-19} s/s, co wskazywałoby na setki milionów lat istnienia. Tak nieznaczne spowalnianie tempa rotacji wskazuje też na słabe pole magnetyczne, tu otrzymuje się $B = 4\times10^8$ gausów. Niska wartość pola wiąże się z zaawansowanym wiekiem.

Wymieniony pulsar należy do młodszych z grupy milisekundowych; wiek innych szacuje się na $10^9 - 10^{10}$ lat; wartości pochodnych okresu dochodzą tu do 10^{-21} s/s. Przyjmuje się dziś, że są to obiekty, które przeszły kiedyś etap pulsarów, wygasły, po czym zostały ponownie rozkręcone przez czynnik zewnętrzny, jakim była gwiazda towarzysząca.

Kolejne etapy z ich bujnego życiorysu ilustruje rysunek 12.

Etap I: znajdująca się w luźnym układzie podwójnym gwiazda neutronowa emituje promieniowanie na koszt energii rotacyjnej. Etap II: prędkość rotacji spada poniżej wartości krytycznej, mechanizm emisji ustaje. Etap III: towarzysząca gwiazda przechodzi do stadium czerwonego olbrzyma (taki los

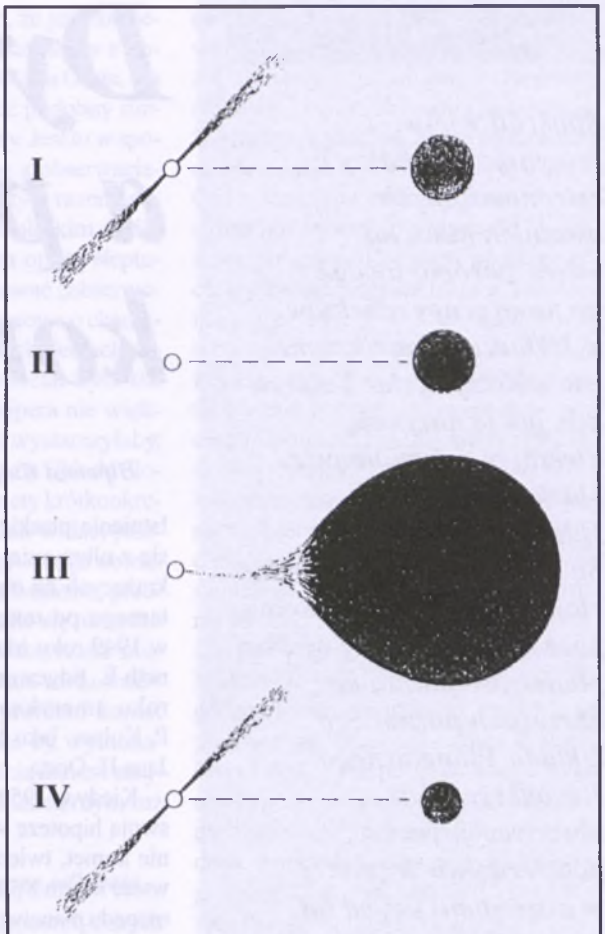
czekałby i nasze Słońce), którego rozmiary rozdymają się, powstają warunki do akrecji, olbrzym przekazuje gwieździe neutronowej materię i moment pędu, następstwem tego jest wzrastanie prędkości wirowania. Etap IV: faza czerwonego olbrzyma zakończyła się, rozkręcona gwiazda neutronowa emituje promieniowanie, jest ponownie pulsarem. Wprawdzie jej pole magnetyczne jest słabsze, niemniej rekompensatą do uruchomienia mechanizmu dynamo jest teraz większa prędkość wirowania.

Drogę ewolucyjną, przebytą przez gwiazdę na końcowym etapie, wskazuje strzałka w dolnej części rysunku 11. Skoro gwiazda wiruje coraz szybciej, okres maleje, to przesuwa się ona z owego cmentarzyska ku lewej stronie, przekracza ponownie „rzekę Styks" — teraz w przeciwnym kierunku — i wędruje ku rejonowi pulsarów milisekundowych.

Tak więc milisekundowe to nie byłyby te młode, które stosunkowo niedawno uformowały się z tak wielkimi prędkościami wirowania, to zapewne obiekty stare, które zużyły już kiedyś całe swe zasoby energii kinetycznej i zostały następnie „rozkręcone", przywrócone ponownie do fazy pulsarów. W języku angielskim używa się tu określenia *recycled pulsars*. Czerpiąc zaś pojęcia z religii Wschodu, powiedzielibyśmy, że są to obiekty po reinkarnacji, w swym „drugim wcieleniu".

Argumentem na korzyść takiej interpretacji jest niewątpliwie fakt, że większość pulsarów milisekundowych wchodzi w skład układów podwójnych. Z nowszych danych wynika (Backer, 1998), że w dwudziestu przypadkach ich towarzyszami są helowe białe karły, obiekty o bardzo małych masach. Niemniej pojawia się tu istotne „ale", jako że wśród milisekundowych są i obiekty pojedyncze. Mimo intensywnych poszukiwań, nie wykryto np. śladów podwójności w przypadku omówionego tu pulsara PSR 1937+21 — a obserwowany on już jest od lat piętnastu. Sugerowano możliwość utraty gwiazdy towarzyszącej, co np. w gromadach kulistych byłoby prawdopodobne.

Pod adresem tych milisekundowych samotników wysuwany jest dziś jednak inny, bardziej wstrząsający scenariusz. Przypuszcza się mianowicie, iż w wyniku intensywnej emisji promieniowania korpuskularnego i gamma mogły one unicestwić, „wyparować" towarzysza — paradoksalnie właśnie tego, któremu zawdzięczają reanimację. Przyjął się tu też mocno wyszukany termin na określenie takiego pulsara, który zniszczył swego towarzysza; termin ten wywodzi się od nazwy owych groźnych czarnych pająków. Tak więc obok pojęcia czarna dziura — które spowszedniało już w literaturze — pojawiło się w słowniku astronomicznym coś nowego: hasłem następnym po *black hole* jest teraz *black-widow pulsar*. O jednej z takich czarnych wdów, o pulsarze 1957+20, pisała Ewa Kuczawska (PA, 3-4/92).



Rys. 12. Reanimacja pulsara — przypuszczalne etapy życiorysu pulsara milisekundowego. Bliższy opis w tekście.

Pulsary milisekundowe i podwójne wzbudzają obecnie chyba najwięcej zainteresowania. A zauważmy, że ów głośny pulsar w relatywistycznym układzie podwójnym, PSR 1913+16 — ten, z odkryciem którego wiązała się Nagroda Nobla — zaliczany jest też do milisekundowych, do tych włączonych ponownie do obiegu, *recycled*.

Pulsary w układach podwójnych oraz wiązane z pulsarami zagadnienia relatywistyczne omawiane były przez autora na łamach „Postępów Astronomii" 3/91, 3/96, 4/96.

Literatura

S. Anderson i in., 1997, ApJ **482**, 870

D. Backer, 1998, ApJ **493**, 873

W. Becker, J. Trümper, 1997, A&A **326**, 682

L. Bildsten i in., 1997, ApJ Suppl. **113**, 367

K. Chen i in., 1998, ApJ **493**, 397

K. Cheng i in., 1998, ApJ **493**, L35

S. Eikenberry i in., 1998, ApJ **492**, 754

K. Kinugasa i in., 1998, ApJ **495**, 435

M. Livio i in. , 1998, ApJ **492**, 298

V. Malofeev, 0. Malov, 1997, Nature **389**, 697

J. Mattox i in., 1998, ApJ **493**, 891

S. Mukherjee, A. Kembhavi, 1997, ApJ **489**, 928

D. Page, J. Applegate, 1992, ApJ **394**, L17

M. Ruderman i in., 1998, ApJ **492**, 267

J. Taylor i in., 1993, ApJ Suppl. **88**, 529

M. Ulmer i in., 1993, ApJ **417**, 738

V. Urpin, D. Konenkov, 1997, MNRAS **292**, 167

F. Walter i in., 1996, Nature **379**, 233

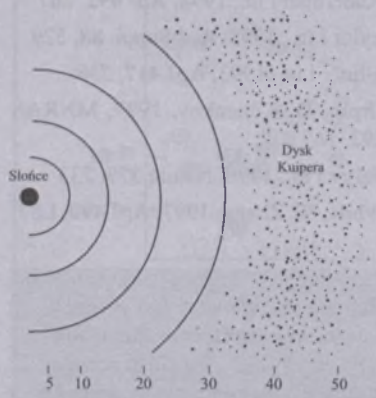
N. White, W. Zhang, 1997, ApJ **490**, L87

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

Halina Prętka

Dysk Kuipera a pochodzenie komet

Spośród wielu fascynujących odkry ć astronomicznych ostatnich kilku lat warto zwrócić uwagę na nową grupę obiektów w Układzie Słonecznym, tzw. obiekty dysku Kuipera lub, jak je nazywają niektórzy astronomowie, obiekty dysku Edgewortha-Kuipera. Są to stosunkowo niewielkie ciała, krążące wokół Słońca poza orbitą ostatniej wielkiej planety, Neptuna, na obrzeżach poznanego Układu Planetarnego. Ich odkrycie jest obserwacyjnym potwierdzeniem znanej w astronomii już od lat 50-tych hipotezy Kuipera o powstaniu i pochodzeniu komet. Przewidziane wówczas, a zaobserwowane po raz pierwszy dopiero po przeszło 40 latach obiekty uzupełniają obraz Układu Słonecznego i prawdopodobnie pozwolą wkrótce wyjaśnić wiele jego, nie rozwiązanych do tej pory, zagadek.



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie dysku Kuipera. Rysunek pochodzi z książki M. Bailey'a, S. Clube'a i W. Napiera „Origin of Comets".

Hipoteza Kuipera

Istnienie płaskiego dysku składającego się z olbrzymiej liczby niewielkich ciał krążących na obrzeżach Układu Planetarnego po raz pierwszy zasugerował w 1949 roku irlandzki naukowiec Kenneth E. Edgeworth, a następnie w 1951 roku amerykański astronom Gerard P. Kuiper, jako kontrteorię do hipotezy Jana H. Oorta.

Kiedy w 1950 roku Oort opublikował swoją hipotezę wyjaśniającą pochodzenie komet, twierdził, że mogły one powstać razem z planetoidami w rezultacie rozpadu planety o rozmiarach ziemskich, krążącej między Marsem a Jowiszem, skąd na skutek oddziaływań planetarnych były wyrzucane z Układu Słonecznego lub przesuwane w jego dalsze rejony. Te z nich, które nie zostały wyrzucone w przestrzeń międzygwiazdową, utworzyły olbrzymi obłok nieaktywnych jąder kometarnych rozciągający się według Oorta aż do 100 000 jednostek astronomicznych wokół Słońca. Z tego ogromnego rezerwuaru, nazywanego Obłokiem Oorta, co jakiś czas, na skutek grawitacyjnego oddziaływania gwiazd przechodzących w sąsiedztwie Słońca, mogą one być kierowane do wnętrza Układu Planetarnego, gdzie pojawiają się jako nowe, długookresowe komety przejawiające w pobliżu swego peryhelium bardzo silną aktywność.

Hipoteza Oorta wyjaśniała przede wszystkim pochodzenie komet długookresowych (o okresie obiegu wokół Słońca dłuższym niż 200 lat), które charakteryzują się dużymi nachyleniami swych orbit do płaszczyzny ekliptyki, co łatwo wytłumaczyć, jeśli przychodzą one ze sferycznego obłoku otaczającego Układ Planetarny. Nie wyjaśniała natomiast pochodzenia komet krótkookresowych (o okresach mniejszych niż 20 lat) mających w przeważającej większości orbity o małych nachyleniach. Przez długi okres czasu uważano co prawda, że mogą one powstawać na skutek przechwytywania komet z orbit długookresowych na orbity o krótszym okresie przez grawitacyjne oddziaływanie dużych planet, takich jak Uran, Saturn i Jowisz. Teoria ta nie wytrzymała jednak próby czasu. Już w 1970 roku Paul Joss zwrócił uwagę na fakt, że mechanizm transportu komet z orbit długookresowych na krótkookresowe przez pole grawitacyjne największej planety, Jowisza, jest bardzo nieefektywny i za jego pomocą można wytłumaczyć zaledwie niewielki procent obserwowanych komet krótkookresowych.

Hipoteza Oorta miała jeszcze jeden bardzo poważny mankament oprócz tego, że nie tłumaczyła sensownie pochodzenia wszystkich komet. W 1951 roku Kuiper zauważył, że skoro komety są w dużej mierze zbudowane z materiału lodowego, nie mogły powstać tak blisko Słońca jak planetoidy. Twierdził, że bardziej prawdopodobne jest, że powstały one w chłodniejszych obszarach, w zewnętrznej części mgławicy protoplanetarnej, gdzie gęstość materii była niewystarczająca do uformowania dużych obiektów wielkości planet, wystarczająca jednak do utworzenia obiektów o rozmiarach planetoid. Zaproponował teorię, według której komety powstały w pasie poza Neptunem i Plutonem, w odległości od 35 do 50 AU od Słońca, z resztek materii pozostałej po utworzeniu planet. Ze względu na niską temperaturę zewnętrznych części protoplanetarnego dysku akrecyjnego (około 40–50 K), powstałe tam obiekty mogłyby być zbudowane z lodu wodnego i różnych zamrożonych gazów, podobnie jak jądra komet. Po utworzeniu się dużych planet, długotrwałe perturbacje planetarne spowodowały przesunięcie dużej ilości tych obiektów bądź do wnętrza układu, gdzie mogły one stać się kometami krótkookresowymi, bądź na zewnątrz, gdzie utworzyły Obłok Oorta. Stamtąd, na skutek działania perturbacji gwiazdowych lub innych oddziaływań

nie uwzględnionych przez Oorta, takich jak pływowe oddziaływanie Galaktyki lub spotkania z dużymi obłokami molekularnymi, mogą one powracać jako komety długookresowe. Obiekty, które przetrwały w dysku Kuipera od czasu powstania Układu Słonecznego do czasów obecnych, znajdują się tam nadal na bardzo stabilnych orbitach i mogą stanowić wydajne źródło komet krótkookresowych.

Hipoteza Kuipera dostarczyła bardziej prawdopodobnego wyjaśnienia na pochodzenie komet krótkookresowych. Powstawanie takich komet z obiektów znajdujących się za orbitą Neptuna na prawie kołowych, niewiele nachylonych do ekliptyki orbitach powinno być bowiem znacznie łatwiejsze i bardziej efektywne niż przechwytywanie komet przychodzących z Obłoku Oorta na mocno nachylonych, prawie parabolicznych orbitach. Z jej pomocą można też lepiej wytłumaczyć rozbieżności pomiędzy przewidywaną i obserwowaną orbitą takich ciał jak Neptun czy kometa Halley'a. Jako wyjaśnienie tych rozbieżności proponowano zarówno niedokładności obserwacji, jak i istnienie ciał zakłócających ruch obu obiektów, uważając, że odpowiedzialny za nie może być Pluton lub tajemniczy, nieobserwowany towarzysz Układu Planetarnego — „Planeta X". W przypadku Plutona jego masa okazała się zbyt mała, aby planeta ta mogła wystarczająco zaburzać ruch np. Neptuna. Poszukiwana od dawna tajemnicza dziesiąta planeta jest natomiast, według Kuipera, nie pojedynczym obiektem, lecz zbiorowiskiem drobnych ciał o rozmiarach planetoid, krążących tuż poza orbitą ostatniej dużej planety, Neptuna.

Masa dysku Kuipera, potrzebna do wytłumaczenia procesu powstawania komet krótkookresowych czy wspomnianych rozbieżności w ruchu Neptuna czy komety Halley'a, początkowo szacowana była na 10–20 mas Ziemi. Jednak przeprowadzone w latach 80-tych symulacje komputerowe pokazały, że już przy masie dysku równej 1 masie Ziemi, efektywność procesu powstawania komet krótkookresowych z obiektów dysku Kuipera powinna być kilkaset razy większa niż z komet o orbitach długookresowych. Również problem małych nachyleń orbit komet krótkookresowych można by wówczas łatwo wyjaśnić. Symulacje komputerowe wykonane w 1988 roku przez trzech astronomów: Martina Duncana, Thomasa Quinna i Scotta Tremaine pokazały, że komety przechwycone z orbit bliskoparabolicznych na orbity krótkookresowe nie zmieniają nachyleń swoich orbit. Oznacza to, że jeśli komety krótkookresowe powstawałyby z komet przychodzących z Obłoku Oorta, ich nachylenia powinny mieć podobny rozkład, tzn. prawie sferyczny. Jest to w sposób oczywisty sprzeczne z obserwacjami. Powtórne symulacje, tym razem jednak ze źródłem komet w płaskim dysku znajdującym się tuż poza orbitą Neptuna, pozwoliły wyprodukować „obserwowane" komety krótkookresowe o charakterystycznych małych nachyleniach orbit. Wydajność tego procesu była tak duża, że masa dysku Kuipera nie większa od 1/50 masy Ziemi wystarczyłaby, aby przez cały okres istnienia Układu Słonecznego dostarczać komety krótkookresowe do jego wnętrza. Jak widać, jeszcze przed odkryciem pierwszego obiektu z dysku Kuipera, jego istnienie, przewidziane teoretycznie, stało się nie tylko prawdopodobne, ale praktycznie nieodzowne dla wytłumaczenia wielu obserwowanych zjawisk, a problem komet krótkookresowych można by wytłumaczyć bardzo skromną ilością materii znajdującej się w Układzie Planetarnym tuż za orbitą Neptuna.

Poszukiwania i pierwsze odkrycia

Jeszcze zanim w pracach teoretycznych pokazano, że możliwe jest istnienie dysku małych ciał krążących poza orbitą Neptuna, pomysł Kuipera był rozważany również od strony obserwacyjnej. O ile bowiem niemożliwe jest zaobserwowanie obiektów o rozmiarach jąder kometarnych, czyli kilku lub kilkudziesięciu kilometrów, znajdujących się w Obłoku Oorta (na odległościach rzędu kilkudziesięciu tysięcy jednostek astronomicznych), to zaobserwowanie obiektów z dysku Kuipera, znajdujących się na granicy Układu Planetarnego (35–50 AU) wydaje się może trudne, ale znacznie bardziej realne. Niestety, aż do lat 80-tych, kiedy to zaczęto używać kamer CCD, zaobserwowanie światła odbitego od obiektu wielkości kilkudziesięciu kilometrów, znajdującego się w okolicach orbity Neptuna, czyli o jasności rzędu 25 magnitudo, było praktycznie niemożliwe. Co prawda, już w 1976 roku Mark Bailey, wówczas student z Edynburga, zaproponował inną i bardziej obiecującą metodę poszukiwań, a mianowicie obserwowanie zakryć jasnych, odległych gwiazd. Metoda ta nie wzbudziła jednak zainteresowania, mimo że do jej realizacji wystarczyłby zaledwie 30-centymetrowy teleskop z wielokanałowym fotometrem.

Poszukiwania obiektów z dysku Kuipera rozpoczęto dopiero pod koniec lat osiemdziesiątych. W 1988 roku David Jewitt z University of Hawaii i Jane Luu z University of California w Berkeley rozpoczęli poszukiwania, używając 2.2-metrowego teleskopu na Mauna Kea na Hawajach, wyposażonego w kamerę CCD. Zasięg używanego przez nich instrumentu wynosił 25 magnitudo. Wykonując po cztery 15-minutowe ekspozycje wybranego fragmentu nieba, a następnie porównując je ze sobą, spodziewali się znaleźć obiekty należące do Układu Planetarnego, powoli przesuwające się na tle gwiazd. Niestety, systematyczne pięcioletnie poszukiwania nie przyniosły skutku. Jednak szybki rozwój techniki i ulepszane kamery CCD dawały nadzieję na zaobserwowanie coraz to słabszych obiektów i obserwatorzy nie przerywali swoich poszukiwań. W końcu, w sierpniu 1992 roku, zaobserwowali obiekt nieznacznie przesuwający się na tle gwiazd. Niezwykle wolny ruch obiektu (3" na godzinę) wskazywał na to, że może on poruszać się nawet poza orbitą Plutona. David Jewitt i Jane Luu obserwowali obiekt przez dwie kolejne noce, a następnie obserwacje przesłali do Briana Marsdena, dyrektora Centralnego Biura Telegramów Astronomicznych (Central Bureau of Astronomical Telegrams) w Cambridge, Massachusetts. Tam stwierdzono, że rzeczywiście obiekt znajduje się w odległości około 40 AU od Słońca i nadano mu nazwę „1992 QB_1". Nie można było natomiast wyznaczyć jego orbity. Dalsze, przeszło miesięczne obserwacje nie dały jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, czy odkryty obiekt jest pierwszym z przewidzianego przeszło 40 lat wcześniej dysku Kuipera. Liczona na podstawie ciągle niewystarczającej liczby obserwacji orbita pasowała zarówno do obiektu o prawie kołowej orbicie, znajdującego się w odległości około 40 AU od Słońca (czyli „typowego" obiektu z dysku Kuipera), jak i do komety o orbicie eliptycznej, z peryhelium w odległości 9 AU i aphelium w odległości 43 AU od Słońca, z okresem obiegu 138.5 lat, tym bardziej, że albedo obiektu było typowo kometarne (około 4%). Do ostatecznego rozstrzygnięcia potrzebne były dalsze obserwacje. Niestety, niedogodna do obserwacji pozycja obiektu w grudniu 1992 roku ciągle powstrzymywała astronomów przed oficjalnym ogłoszeniem 1992 QB_1 pierwszym odkrytym obiektem dysku Kuipera. Ostateczne potwierdzenie otrzymano dopiero w lipcu 1993 roku: obiekt znajduje się na prawie kołowej orbicie o półosi wielkiej ponad 44 AU i okresie obiegu wokół Słońca wynoszącym 291 lat. W międzyczasie

Jewitt i Luu odkryli drugi obiekt, który bardzo szybko został definitywnie uznany za należący do dysku Kuipera. Obiekt ten, oznaczony jako 1993 FW, porusza się prawie tak samo daleko od Słońca jak 1992 QB_1, znajduje się jednak po przeciwnej stronie Układu Planetarnego. Odkrycia dokonano 28 marca 1993 roku i już w czerwcu Brian Marsden wyznaczył jego orbitę: okres orbitalny 291 lat, odległość peryhelium 42 AU, odległość aphelium 46 AU, ostatecznie potwierdzając jego przynależność do hipotetycznego do tej pory dysku Kuipera. Te dwa pierwsze odkrycia potwierdziły istnienie dysku znajdującego się tuż poza orbitą Neptuna, będącego zarówno pozostałością po pierwotnym dysku protoplanetarnym, jak i najbardziej prawdopodobnym źródłem komet krótkookresowych.

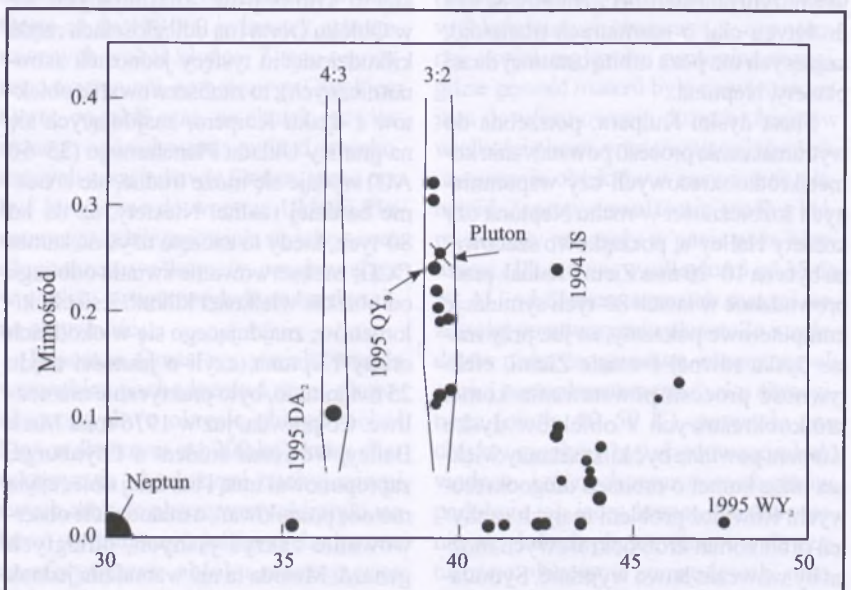
Obiekty dysku Kuipera

Po odkryciu przez Davida Jewitta i Jane Luu dwóch pierwszych obiektów należących do dysku Kuipera rozpoczęto zakrojone na szeroką skalę poszukiwania. Co rok wzrasta liczba odkrywanych obiektów. Coraz więcej astronomów i amatorów angażuje się w program poszukiwań i obserwacji obiektów dysku Kuipera. Do obserwacji używa się największych teleskopów, takich jak: 2.2-metrowy teleskop na Mauna Kea (Hawaje), 1.5-metrowy teleskop w Cerro-Tololo (Chile), 2.5-metrowy teleskop w La Palma (Wyspy Kanaryjskie), 5-metrowy teleskop na Mount Palomar (Kalifornia) oraz 10-metrowy teleskop Keck I (Hawaje) i 3.9-metrowy anglo-australijski teleskop w Nowej Południowej Walii (dwa ostatnie głównie do obserwacji fotometrycznych). Od sierpnia 1992 do listopada 1997 z powierzchni Ziemi odkryto 60 obiektów. Oprócz tego ponad 60 następnych zostało odkrytych przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a, krążący na orbicie wokół Ziemi. Nie dla wszystkich odkrytych obiektów udało się porządnie wyznaczyć orbitę — ze względu na zbyt małą ilość obserwacji 12 spośród 60 obiektów odkrytych z powierzchni Ziemi ma orbitę wyliczoną przy założeniu, że mimośród jest równy zero (czyli że orbita jest kołowa). Żaden z obiektów odkrytych przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a nie ma dobrze wyznaczonej orbity, dla wszystkich przy jej wyznaczaniu przyjęto mimośród równy zero.

Wszystkie obiekty odkryte dotychczas w obszarze pomiędzy 30–50 AU od Słońca są stosunkowo duże i jasne. Oszacowane rozmiary większości z nich mieszczą się pomiędzy 100 a 400 km, a jasności od 22 do 25 magnitudo. Dwa pierwsze obiekty, 1992 QB_1 i 1993 FW, mają średnice 283 i 286 km, czyli są około 20 razy większe od jądra komety Halley'a. Najmniejszy z obiektów odkrytych z powierzchni Ziemi, 1993 RP, ma średnicę 96 km, natomiast największy i zdecydowanie najjaśniejszy obiekt, 1996 TL_{66}, ma średnicę rzędu 500 km (czyli swoimi rozmiarami przypomina planetoidę Vestę). Na podstawie ilości odkrytych obiektów szacuje się prawdopodobną liczebność dysku Kuipera i jego masę. Duże i jasne obiekty, stosunkowo łatwe do zaobserwowania, stanowią tylko niewielki procent całej populacji dysku. Liczbę obiektów o średnicy większej od 100 km szacuje się obecnie na 40000–70000. Obiektów mniejszych, o średnicy rzędu 10 km, czyli podobnych do jądra komety Halley'a, musi być w dysku znacznie więcej, ze względu jednak na swoje rozmiary i mniejszą jasność są trudniejsze do zaobserwowania. Specjalne poszukiwania prowadzone 5-metrowym teleskopem na Mount Palomar, o zasięgu 26 magnitudo, nie przyniosły jak dotychczas oczekiwanych rezultatów. Natomiast dzięki obserwacjom prowadzonym spoza Ziemi, przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a, odkryto ponad 60 nowych obiektów o jasności nawet 28 magnitudo. Część z nich to prawdopodobnie obiekty o rozmiarach zbliżonych do jądra komety Halley'a, czyli rzędu 10–20 km. Obecnie szacuje się, że w dysku Kuipera musi być około 3×10^8 obiektów o średnicy rzędu 10 km. Oprócz tego trzeba też pamiętać o jednym, znacznie większym obiekcie, który coraz częściej jest również zaliczany do dysku Kuipera. Jest to Pluton — ostatnia, dziewiąta planeta naszego Układu Słonecznego. Planeta ta, w porównaniu z Neptunem, Uranem, Saturnem czy Jowiszem ma znacznie mniejsze rozmiary (zaledwie 2300 km średnicy) i znacznie większą gęstość. Swoją budową bardziej przypomina skaliste planety typu ziemskiego niż gazowe olbrzymy, w sąsiedztwie których się znajduje. Stąd też astronomowie są skłonni coraz częściej uważać ją za jeszcze jeden, prawdopodobnie największy, obiekt należący do dysku Kuipera. Po uwzględnieniu Plutona i jego księżyca Charona całkowitą masę dysku Kuipera szacuje się obecnie na 0.1–0.3 masy Ziemi. Jeśli tak jest, to dysk znajdujący się tuż poza orbitą Neptuna byłby kilkaset razy bardziej masywny niż znany od dawna pas planetoid pomiędzy Marsem a Jowiszem.

Plutonki

Badając orbity odkrytych obiektów stwierdzono niespodziewanie, że są wśród nich takie, które znajdują się w rezonansie 3:2 z Neptunem, tzn. ich okres obiegu wokół Słońca do okresu obiegu Neptuna wokół Słońca wynosi 3:2 — w czasie kiedy Neptun okrąża Słońce trzy razy, każdy z tych obiektów robi to dwukrotnie. W takim samym rezonansie z Neptunem znajduje się Pluton, stąd ze względu na podobieństwo dynamiczne obiekty te nazwano Plutonkami (po angielsku: Plutinos). Pluton, który ma



Rys. 2. Rezonans wpływa na rozmiar i kształt orbity wielu obiektów dysku Kuipera. Prawie połowa obiektów transneptunowych znajduje się, podobnie jak Pluton, w rezonansie 3:2 z Neptunem — obiegają Słońce dwukrotnie w czasie, gdy Neptun robi to trzy razy. Rysunek z pracy J.Luu & D.Jewitta (1996).

Tab. 1. Lista dziesięciu pierwszych obiektów dysku Kuipera

Nazwa	q[AU]	Q[AU]	e	i[°]	mag	d[km]	data odkrycia	odkrywca
1992 QB_1	40.88	47.71	0.07	2	22.8	283	30.08.1992	D.Jewitt, J.Luu
1993 FW	41.54	45.50	0.05	8	22.8	286	28.03.1993	J.Luu, D.Jewitt
1993 RO	31.48	47.73	0.20	4	23.2	139	09.1993	D.Jewitt, J.Luu
1993 RP	34.86	43.80	0.11	3	24.5	96	09.1993	J.Luu, D.Jewitt
1993 SB	26.91	52.18	0.32	2	22.7	188	09.1993	I.Williams
1993 SC	32.25	47.52	0.19	5	21.7	319	09.1993	I.Williams
1994 ES_2	40.31	50.75	0.01	1	24.3	159	03.1994	J.Luu, D.Jewitt
1994 EV_3	40.78	44.74	0.04	2	23.3	267	03.1994	D.Jewitt, J.Luu
1994 GV_9	40.98	46.01	0.06	0.1	23.1	264	04.1994	D.Jewitt, J.Chen
1994 JQ_1	41.79	46.13	0.05	4	22.4	382	05.1994	M.Irwin

orbitę przecinającą orbitę Neptuna, dzięki rezonansowi jest chroniony przed bliskimi spotkaniami z tą planetą. Podobnie Plutonki, mające orbity nieco bardziej eliptyczne od pozostałych obiektów transneptunowych, o mimośrodzie większym od 0.1 i półosi wielkiej mniejszej niż 40 AU, mogą dość mocno zbliżyć się do orbity Neptuna, jednak dzięki rezonansowi nigdy nie podchodzą blisko do samej planety. Około 40% odkrytych obiektów znajduje się w rezonansie 3:2, a tylko jeden obiekt, 1995 DA_2, w rezonansie 4:3 z Neptunem. Obliczono, że liczba Plutonków w dysku Kuipera o rozmiarach większych niż 100 km wynosi prawdopodobnie około 30 000. Pluton wyróżnia się spośród nich jedynie swoim rozmiarem. Bardzo trudno jest, niestety, odpowiedzieć na pytanie, jak obiekty dysku Kuipera znalazły się w rezonansie 3:2 z Neptunem. Jedno z możliwych, choć kontrowersyjnych wyjaśnień zaproponował ostatnio Renu Malhotra. Jest to tzw. teoria „migracji planet": na skutek wymiany momentu pędu między planetami a planetezymalami w początkowym okresie tworzenia się Układu Planetarnego, planety zmieniały swoją odległość od Słońca. Zmianie uległy przede wszystkim orbity Urana i Neptuna, planet, które „wypchnęły" dużą liczbę komet do Obłoku Oorta. Kiedy Neptun odsunął się nieco od Słońca, obiekty znajdujące się w dysku otaczającym Słońce na odległościach 30–50 AU zostały schwytane w rezonans. Mimo że prace teoretyczne potwierdzają ten scenariusz i że nie ma żadnych wątpliwości co do wymiany momentów pędu pomiędzy planetezymalami, nie ma dowodów na to, że migracja planet miała miejsce. Teoria Malhotry pokazuje jeden z możliwych scenariuszy wyjaśniającym istnienie grupy obiektów będących w rezonansie z Neptunem.

Centaury

Wszystkie odkryte obiekty z dysku Kuipera poruszają się po prawie kołowych orbitach znajdujących się poza orbitą Neptuna i lekko tylko nachylonych do płaszczyzny ekliptyki. To niewielkie nachylenie przemawia na korzyść powszechnie już dziś przyjętej hipotezy, że dysk Kuipera jest źródłem komet krótkookresowych. Mechanizm powstawania komet krótkookresowych z obiektów transneptunowych jest obecnie dość dobrze poznany. Proponuje się trzy możliwe scenariusze: spotkania z dużymi obiektami znajdującymi się w dysku Kuipera, zderzenia mniejszych ciał w dysku lub długookresowe perturbacje planetarne. Kilka obiektów w dysku Kuipera większych niż pozostałe mogłoby wystarczająco zaburzyć ruch mniejszych ciał tak, aby rozpoczęły one podróż do wnętrza Układu Planetarnego. Podobnie zderzenie dwóch obiektów mogłoby spowodować zmianę orbity któregoś z nich na tyle silną, że zostałby on wyrzucony z dysku Kuipera. Oprócz tego, w wyniku działania długookresowych perturbacji od wielkich planet, obiekty z dysku mogłyby zmienić swoją orbitę i stać się kometami krótkookresowymi. Przeprowadzone symulacje komputerowe pokazują, że obiekty dysku Kuipera, prawdopodobnie na skutek wspólnego działania trzech omówionych mechanizmów, są przemieszczane z prawie kołowych orbit, po których krążyły od czasów powstania Układu Planetarnego, na orbity bardziej eliptyczne. Niektóre z tych obiektów stają się kometami krótkookresowymi i poruszają się we wnętrzu Układu Planetarnego pomiędzy orbitami Jowisza, Saturna i Urana. Inne zostają wyrzucone na zewnątrz Układu Planetarnego, do Obłoku Oorta lub w przestrzeń międzygwiazdową. Jeszcze inne gwałtownie kończą swe życie, zderzając się z którąś z planet (jak kometa Shoemaker-Levy 9) lub ze Słońcem.

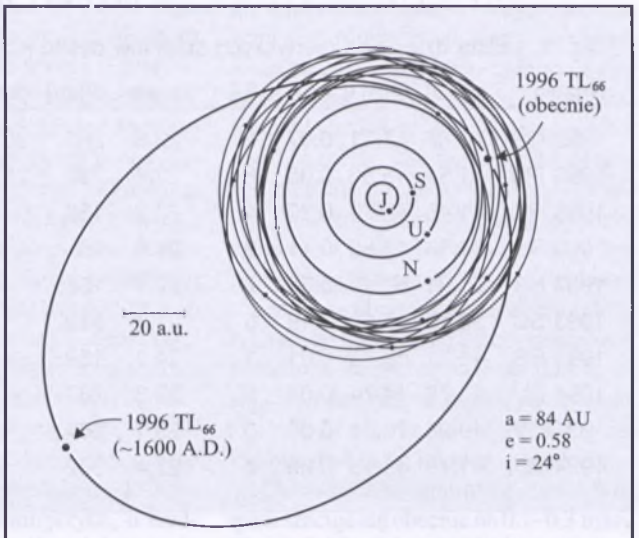
Skoro dysk Kuipera jest źródłem komet krótkookresowych, powstaje pytanie, czy jakieś komety znajdują się obecnie w trakcie swojej ewolucji z dysku Kuipera do wnętrza Układu Planetarnego? Skoro obserwujemy zarówno obiekty dysku Kuipera, jak i komety krótkookresowe, powinniśmy również móc zaobserwować obiekty znajdujące się w fazie pośredniej, a poruszające się znacznie bliżej Słońca niż obiekty transneptunowe. Takimi obiektami, ogniwem łączącym obiekty dysku Kuipera i komety krótkookresowe, są prawdopodobnie Centaury — obiekty charakteryzujące się niestabilnymi, mocno rozciągniętymi orbitami, przecinającymi orbity planet-olbrzymów. Kiedy w 1977 roku Charles Kowal odkrył niezwykły obiekt 2060 Chiron, nazwany na cześć jednego z mitologicznych Centaurów, był to jedyny obiekt na orbicie tak wydłużonej, że rozciągała się ona od wnętrza orbity Saturna aż do orbity Urana. Zaklasyfikowany początkowo jako planetoida, w 1988 roku Chiron objawił aktywność kometarną, produkując jasną i wyraźną komę. Dziś wiadomo już ostatecznie, że Chiron nie jest planetoidą, lecz największym znanym jądrem kometarnym. Jego średnica wynosi około 200 km, czyli 20 razy tyle, co rozmiary komety Halley'a. Od 1977 roku odkryto w sumie 6 obiektów na podobnych co Chiron orbitach i całą grupę nazwano „Centaury". Trzy z nich: 2060 Chiron, 5145 Pholus i 1993 HA_2 mają dobrze określone orbity, a trzy pozostałe: 1994 TA, 1995 DW_2 i 1995 GO, zostały odkryte stosunkowo niedawno i ciągle potrzebują bardziej szczegółowych obserwacji. Wszystkie znajdują się na eliptycznych orbitach, przecinających orbity Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna. Na skutek tego mogą się zbliżać do planet-olbrzymów, ulegając silnym perturbacjom od nich. Dlatego też ich orbity są niestabilne i ulegają częstym zmianom. Czas przebywania na takiej niestabilnej orbicie jest stosunkowo niedługi (około miliona lat), ponieważ silne oddziaływania grawitacyjne dużych planet wyrzucają Centaury z Układu Planetarnego lub ściągają na orbitę o znacznie krótszym okresie.

Mając tak krótki orbitalny czas życia, Centaury nie mogły powstać w obszarze,

w którym obecnie się znajdują, lecz musiały przywędrować z innych obszarów Układu Słonecznego. Z powodu niestabilności ich orbit trudno jest dokładnie odtworzyć ich ewolucję i wskazać miejsce, gdzie powstały. Wiele jednak wskazuje na najbliższe sąsiedztwo, czyli na dysk Kuipera. W takim wypadku Centaury byłyby brakującym ogniwem łączącym obiekty transneptunowe z tzw. kometami grupy jowiszowej (krótkookresowymi). Przemawia za tym również aktywność kometarna Chirona i niewielkie nachylenia orbit do płaszczyzny ekliptyki wszystkich trzech grup: obiektów z dysku Kuipera, Centaurów i komet krótkookresowych. Wszystkie odkryte Centaury są dużymi obiektami, o średnicach od 50 do 200 km. Na podstawie dotychczasowych odkryć przewiduje się, że ich populacja powinna być bardzo duża: liczbę obiektów o średnicach rzędu 70 km szacuje się na około 5000. Mniejsze Centaury powinny być znacznie liczniejsze, przypuszcza się, że obiektów o średnicach mniejszych od 1 km powinno być od 10^5 do 10^6.

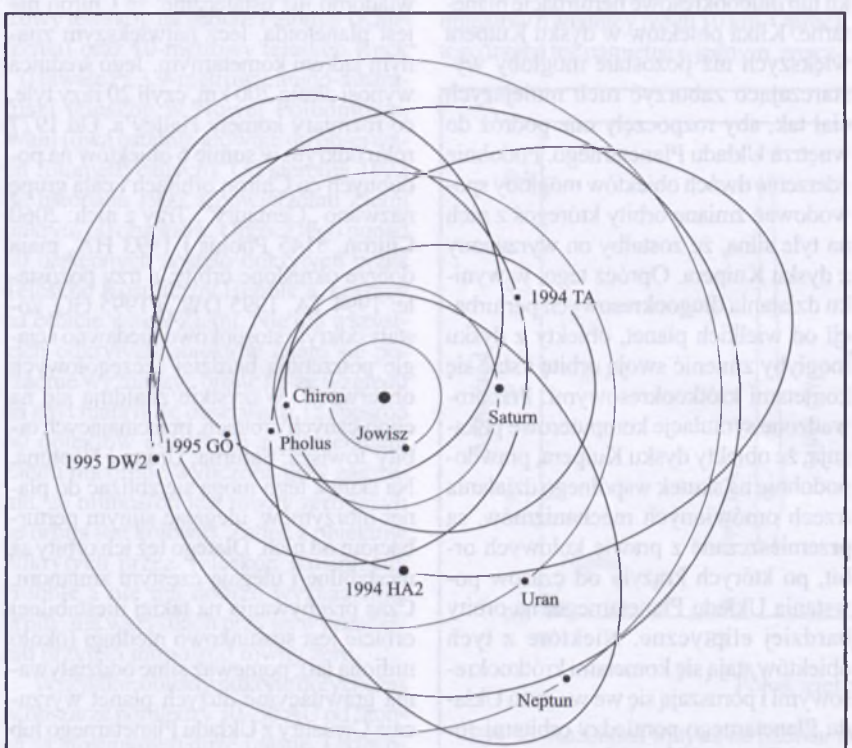
Nowa klasa obiektów — odkrycie obiektu 1996 TL_{66}

Czy możemy również obserwować obiekty wyrzucone z dysku Kuipera nie do wnętrza, ale na zewnątrz Układu Planetarnego? Jeszcze do niedawna było to zupełnie niemożliwe. Olbrzymie odległości tych obiektów, ich niewielka jasność i ograniczone wciąż możliwości obserwacyjne sprawiają, że nie tylko nie możemy zauważyć żadnego z obiektów Obłoku Oorta, lecz również nie daje się zobaczyć obiektów bliższych, krążących w odległościach kilkuset jednostek astronomicznych od Słońca. Z wielu symulacji wynika jednak, że ten właśnie obszar powinien być okupowany przez liczną populację komet wyrzuconych z dysku Kuipera i podążających do Obłoku Oorta.



Rys. 4. Orbita obiektu 1996 TL_{66}. Na rysunku zaznaczono orbity Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna. Pozostałe orbity odnoszą się do kilku najlepiej obserwowanych obiektów dysku Kuipera (łącznie z Plutonem). Rysunek pochodzi z pracy J.Luu et al. (1997).

9 października 1996 roku Jane Luu wraz z trzema współpracownikami zaobserwowała nowy obiekt, nazwany 1996 TL_{66}, znajdujący się w odległości 35.2 AU od Słońca. Początkowo wzięto go za jeszcze jeden z obiektów należących do dysku Kuipera. Ze swoją jasnością 20.9 magnitudo byłby on najjaśniejszym odkrytym obiektem transneptunowym od czasów odkrycia Plutona i jego księżyca Charona. Jednak po kilku miesiącach obserwacji stało się jasne, że 1996 TL_{66} nie przypomina innych obiektów z dysku Kuipera. W momencie odkrycia znajdował się co prawda w typowej dla obiektów dysku Kuipera odległości, ale po dokładniejszych obliczeniach okazało się, że obserwowany fragment orbity to jedynie okolice peryhelium dość mocno wydłużonej orbity o półosi wielkiej 84 AU i okresie obiegu wokół Słońca prawie 800 lat. Przyjmując, że obiekt ten ma stosunkowo ciemną powierzchnię, obliczono jego średnicę na około 500 km. 1996 TL_{66} jest prawdopodobnie przedstawicielem licznej grupy rozproszonych ciał znajdujących się pomiędzy dyskiem Kuipera a Obłokiem Oorta. Liczbę obiektów o podobnych rozmiarach i orbitach szacuje się obecnie na kilka tysięcy, choć całkowitą liczbę mniejszych ciał znajdujących się w „rozproszonym dysku", rozciągającym się na setki jednostek astronomicznych poza obszar klasycznego dysku Kuipera, szacuje się na kilkaset milionów. Obecnie rozpatrywane są dwa możliwe scenariusze powstania tych obiektów. Jeden z nich zakłada, że powstały one nieco bliżej Słońca niż obiekty transneptunowe, w obszarze pomiędzy Uranem a Neptunem, a następnie zostały wyrzucone na zewnątrz przez oddziaływania grawitacyjne dużych planet (jako część formowania się Obłoku Oorta). Drugi z nich zakłada, że pochodzą one z klasycznego dysku Kuipera, lecz zostały wyrzucone na znacznie bardziej wy-

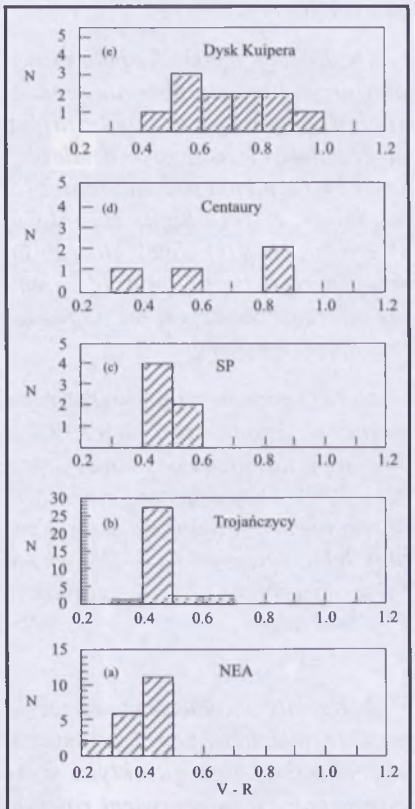


Rys. 3. Orbity sześciu znanych Centaurów. Rysunek autora na podstawie rysunku z pracy Sterna (1995).

dłużone orbity przez perturbacje od dużych planetezymali lub od Neptuna. Jakkolwiek powstanie tych obiektów nie jest wciąż ostatecznie wyjaśnione, odkrycie 1996 TL_{66} jest pierwszym dowodem na istnienie populacji rozproszonych obiektów łączących znany obecnie dysk Kuipera (30–50 AU) z Obłokiem Oorta (~10^4 AU).

Własności fizyczne

Hipoteza Kuipera zakładała, że obiekty z proponowanego przez niego dysku powinny być ciałami lodowymi, bogatymi w zamrożoną wodę, tlenek węgla, dwutlenek węgla i cząsteczki azotu, proporcjonalnie do składu chemicznego zewnętrznych obszarów mgławicy protoplanetarnej, w temperaturze około 40–50 K. Promieniowanie kosmiczne w odpowiednio długim czasie może zamienić ten początkowo bogaty w lód materiał w bardziej skomplikowane związki węglowe (zwłaszcza przy powierzchni). Eksperymenty laboratoryjne pokazały, że bombardowanie mieszaniny lodów (H_2O, NH_3, CH_4) przez wysoce energetyczne cząstki może doprowadzić do powstania takich właśnie związków. Tak powstaje bogata w węgiel skorupka pokrywająca powierzchnię i powstrzymująca sublimację lodu. Przypuszcza się, że taki ciemny, nie topiący się płaszcz pokrywa większość obiektów transneptunowych, a także powierzchnie Centaurów. Niestety, zarówno obiekty z dysku Kuipera, jak i Cenatury są obiektami bardzo odległymi, o niewielkiej jasności i uzyskanie informacji o ich powierzchni jest prawdziwym wyzwaniem. Udało się to jednak dla kilku obiektów, dzięki zastosowaniu fotometrii szerokopasmowej. Już podczas obserwacji pierwszego odkrytego obiektu (1992 QB_1) stwierdzono, że jest on bardzo ciemny i ma czerwoną barwę, co sugerowałoby skład powierzchni bogaty w związki organiczne. Niewielkie albedo (zaledwie 4%) obiektu jest typowe dla obiektów kometarnych. Jednak dla pozostałych obiektów z dysku Kuipera zauważono dużą różnorodność barw, od prawie neutralnych (odbijających równo wszystkie długości fali) do bardzo czerwonych (bardziej odbijających czerwoną część widma niż niebieską). Podobnie jest w przypadku Centaurów, gdzie mamy do czynienia z bardzo czerwonym Pholusem i prawie neutralnym Chironem. Tak duży rozrzut barw wskazywałby na wielką różnorodność materiału na powierzchniach tych obiektów. Musiałoby się to jednak wiązać z istnieniem różnych typów budowy wewnętrznej, co byłoby dość trudne do wytłumaczenia, jeśli przyjąć, że obiekty te powstały w takich samych warunkach i w tym samym obszarze. Innym wyjaśnieniem mogą być zderzenia obiektów pomiędzy sobą, na skutek czego na ciemnej i czerwonej powierzchni utworzyły się miejsca, gdzie odsłonięty został jaśniejszy materiał ze środka. Porównanie obserwacji obiektów transneptunowych i Centaurów z innymi obiektami Układu Planetarnego (jądra kometarne, planetoidy grupy Trojańczyków, planetoidy zbliżające się do Ziemi — NEA) pokazuje wyraźnie, że przewaga czerwonej barwy widoczna jest tylko w obiektach z dysku Kuipera i w Centaurach, nie występuje natomiast ani w jądrach kometarnych, ani w planetoidach. Wskazuje to na istnienie na powierzchni Centaurów i obiektów dysku Kuipera rzadkiego i nie spotykanego w planetoidach i kometach materiału. Jest to również pewnym potwierdzeniem teorii o wspólnym pochodzeniu Centaurów i obiektów transneptunowych.



Rys. 5. Histogram V-R dla różnych obiektów w Układzie Słonecznym: (a) planetoidy zbliżające się do Ziemi (NEA), (b) planetoidy z grupy Trojańczyków, (c) jądra kometarne (SP), (d) Centaury, (e) obiekty dysku Kuipera. Rysunek z pracy J.Luu & D.Jewitt (1996).

Tab. 2. Lista sześciu znanych Centaurów

Nazwa obiektu	a[AU]	e	i [°]	odkrywca
2060 Chiron	13.7	0.38	6.9	C.Kowal
5145 Pholus	20.3	0.57	24.7	D.Rabinowitz
1993 HA_2	24.7	0.52	15.6	D.Rabinowitz
1994 TA	16.8	0.31	5.4	J.Chen, D.Jewitt
1995 DW_2	25.0	0.25	4.1	J.Chen, D.Jewitt
1995 GO	18.1	0.62	17.6	J.Scotti

Zakończenie

Ostatnie odkrycia obiektów transneptunowych, Centaurów, jak również klasy obiektów reprezentowanych przez 1996 TL_{66} dostarczają nam nowego, znacznie szerszego spojrzenia na pochodzenie i budowę naszego Układu Słonecznego. Pluton, do tej pory uważany za dziewiątą planetę, wydaje się tracić swoją rangę i staje się jeszcze jednym, chociaż największym ze znanych obiektów z dysku Kuipera. Poszukiwania dziesiątej planety (słynnej planety X) zakończą się prawdopodobnie zdetronizowaniem dziewiątej i ostatecznym uznaniem istnienia masywnego dysku, rozciągającego się na setki jednostek astronomicznych od Słońca, zawierającego setki milionów drobnych ciał. Prawdopodobnie wyjaśniona zostanie zagadka pochodzenia niektórych z lodowych księżyców dużych planet (np. Trytona). Teoretyczne dotychczas rozważania o pochodzeniu komet długo- i krótkookresowych znajdują ostatecznie swoje obserwacyjne potwierdzenie. Nasza wiedza o układzie Pluton-Charon i o obiektach z dysku Kuipera zostanie poszerzona, kiedy wysłana zostanie planowana na rok 2010 sonda Pluton-Charon Express.

Wyczerpujące informacje o dysku Kuipera można znaleźć na stronie WWW Davida Jewitta: ***http://www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt.***

Halina Prętka jest asystentem w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Obecnie przygotowuje rozprawę doktorską dotyczącą problematyki pochodzenia komet.

Nowy rekord przesunięcia ku czerwieni: z = 5.34!

Kwazary pobite przez galaktyki

Przyzwyczailiśmy się do stwierdzenia, że kwazary to najdalsze obiekty we Wszechświecie. Od momentu odkrycia w roku 1963 wiodły prym pod względem wielkości przesunięcia ku czerwieni linii widmowych. Tymczasem palmę pierwszeństwa znów przejęły galaktyki...

Przedsmakiem odkrycia były obserwacje wykonane w styczniu 1996 r. teleskopem Hubble'a. Na uzyskanym wówczas zdjęciu gromady galaktyk CL 1358+62 wyróżniał się swą barwą czerwono zabarwiony łuk (Fot. 1). Kształt nasuwał skojarzenia z efektami soczewkowania grawitacyjnego, tyle że obserwowany obiekt wykazywał złożoną wewnętrzną strukturę. Poczerwienienie mogło być skutkiem pokonania przez promieniowanie znacznego dystansu — wszak już sama gromada leży w odległości 5 miliardów lat świetlnych.

Intuicja nie zawiodła badaczy. Wykorzystanie zdolności zbierającej zwierciadła teleskopu Kecka o średnicy 10 metrów pozwoliło w ubiegłym roku uzyskać widmo obiektu i określić wielkość przesunięcia ku czerwieni na 4.92. Przyjmując za wiek Wszechświata 14 miliardów lat, mielibyśmy do czynienia z galaktyką odległą o 13 miliardów l.św.! Jest rzeczą szokującą, że przy tak ogromnej odległości możemy oglądać strukturę badanego ciała. Zawdzięczamy to zjawisku soczewkowania grawitacyjnego, które w tym przypadku działa dodatkowo jak kilkakrotnie powiększająca lupa. Tak oto sama natura pomaga nam jeszcze dokładniej obserwować to, co działo się w odległej przeszłości. Jesteśmy świadkami powstawania galaktyki — widoczne są obszary, w których następuje aktywny proces narodzin gwiazd.

Analizowany obiekt świeci ponad 10-krotnie jaśniej niż nasza Galaktyka, choć jest od niej około cztery razy mniejszy. W obszarach o rozmiarach rzędu kilkuset lat świetlnych gwiazdy rodzą się w sposób niemal lawinowy. Informuje nas o tym m.in. zmierzona prędkość ruchu struktur gazowych w badanej galaktyce, sięgająca 200 km/s. Możemy się przekonać, że formowanie gwiazd we wczesnych etapach życia Wszechświata było o wiele bardziej gwałtowne.

W obserwacje bardzo odległych i słabych galaktyk wprzęgnięty został również bliźniak największego teleskopu optycznego — Keck II. Gdy we wrześniu ubiegłego roku przy pomocy spektrografu niskiej rozdzielczości badano niewielki obszar w gwiazdozbiorze Trójkąta, natrafiono na ślad istnienia obiektu, którego na dostępnych mapach nieba w ogóle nie było. W grudniu umożliwiono dokonanie szczegółowej analizy przy dłuższym czasie ekspozycji. Wtedy to na tle nieba pojawiła się słabiutka plamka (Fot. 2).

Jak się okazało, galaktyka oznaczona symbolem 0140+326 RD1 (w skrócie: RD1) to najodleglejszy obiekt, jaki do tej pory zaobserwowano. Przesunięcie jej linii widmowych określono na 5.34. Pokonana została w ten sposób „magiczna" bariera: $z = 5$. Jednocześnie, wędrując wstecz w czasie, zbliżyliśmy się o kolejne kilkanaście procent do momentu Wielkiego Wybuchu. Oglądamy najprawdopodobniej promieniowanie wytwarzane przez pierwsze pokolenia gwiazd, bowiem badany obiekt liczy sobie niespełna miliard lat. Warto podkreślić, że RD1 nie wydaje się jakąś szczególnie okazałą galaktyką — pod względem masy i jasności absolutnej przewyższa ją nawet Mleczna Droga. Otwiera to szansę badaniom powstawania i początkowych faz ewolucji galaktyk za pomocą wielkich teleskopów nowej generacji. Póki co bliźniacze teleskopy Kecka są poza konkurencją, ale kilka innych instrumentów zbliżonej klasy jest w fazie realizacji. Już w najbliższych dziesięcioleciach będziemy zapewne świadkami gwałtownego rozwoju kosmologii obserwacyjnej. (*kr*)

Ilustracje na wkładce obok przedstawiają:

1. Gromada CL 1358+62 jest grawitacyjną soczewką, która dała nam powiększony obraz galaktyki (widocznej jako słaby czerwony łuk na prawo i poniżej środka tego fragmentu zdjęcia).

1a. Na wyeksponowanym obrazie galaktyki dostrzegamy to, co tak bardzo zadziwiło astronomów — pomimo zawrotnej odległości możemy dostrzec oddzielne obszary, w których następuje aktywny proces powstawania gwiazd. Tę niepowtarzalną okazję podejrzenia narodzin galaktyki stworzyła sama natura.

1b. Teoretyczny model pola grawitacyjnego gromady pozwolił zrekonstruować wolny od zniekształceń obraz galaktyki. Zawiera on detale około 5–10 razy mniejsze od zdolności rozdzielczej teleskopu Hubble'a. W obszarach o średnicy kilkuset lat świetlnych rodzą się gwiazdy, w tempie znacznie większym od współcześnie obserwowanego.

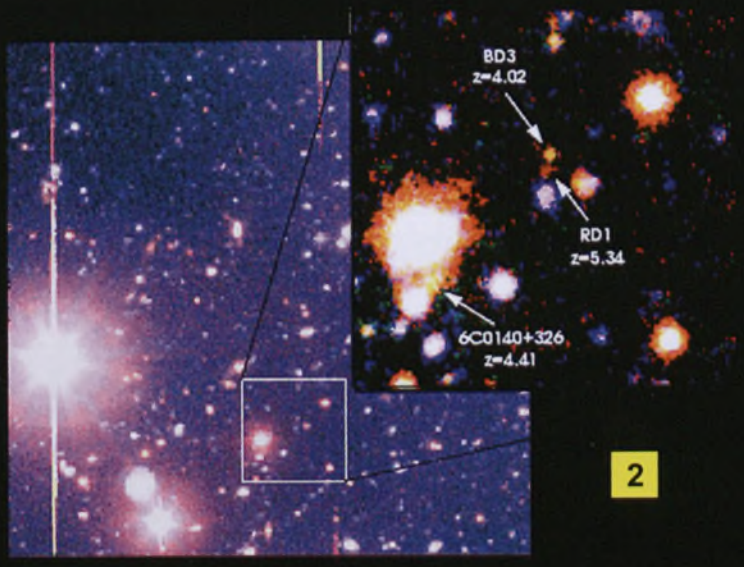
Obraz uzyskany został Szerokokątną Kamerą Planetarną (WFPC-2) Teleskopu Kosmicznego dnia 13 stycznia 1996 r. Duże zdjęcie przedstawia obszar nieba o rozmiarach około 1 minuty łuku, fragment 1a — 10 sekund łuku, fragment 2a — zaledwie 2 sekund łuku.

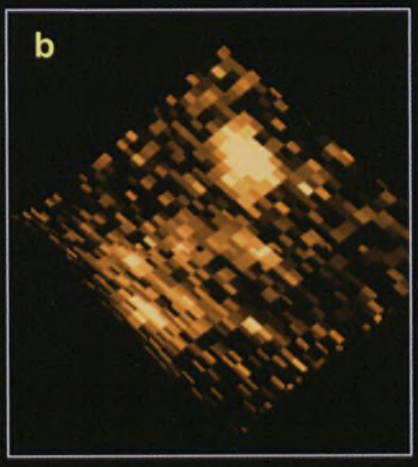
2. Najdalszym obiektem we Wszechświecie, jaki do tej pory udało się zaobserwować, jest galaktyka RD1 o przesunięciu ku czerwieni równym 5.34. Jej odkrycia dokonał zespół astronomów (A. Dey — John Hopkins University; H. Spinrad, D. Stern, J.R. Graham — University of California, Berkeley; F.H. Chaffee — W.M. Keck Observatory) przy użyciu 10-metrowego teleskopu Kecka II.

Najdalszy obiekt we Wszechświecie

Fot. M. Franx (Uniwersytet Groningen), G. Illingworth (Uniwersytet Kalifornijski, Santa Cruz) i NASA.

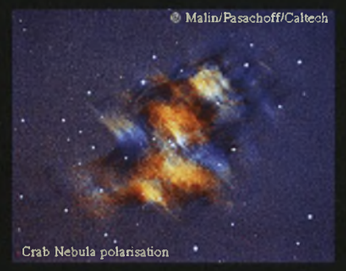
Czytaj opis na stronie obok





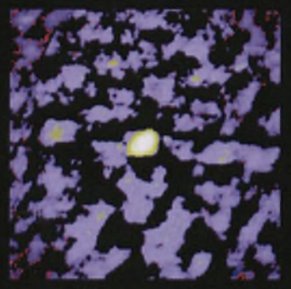
Różne oblicza Kraba

❶ Zakres widzialny

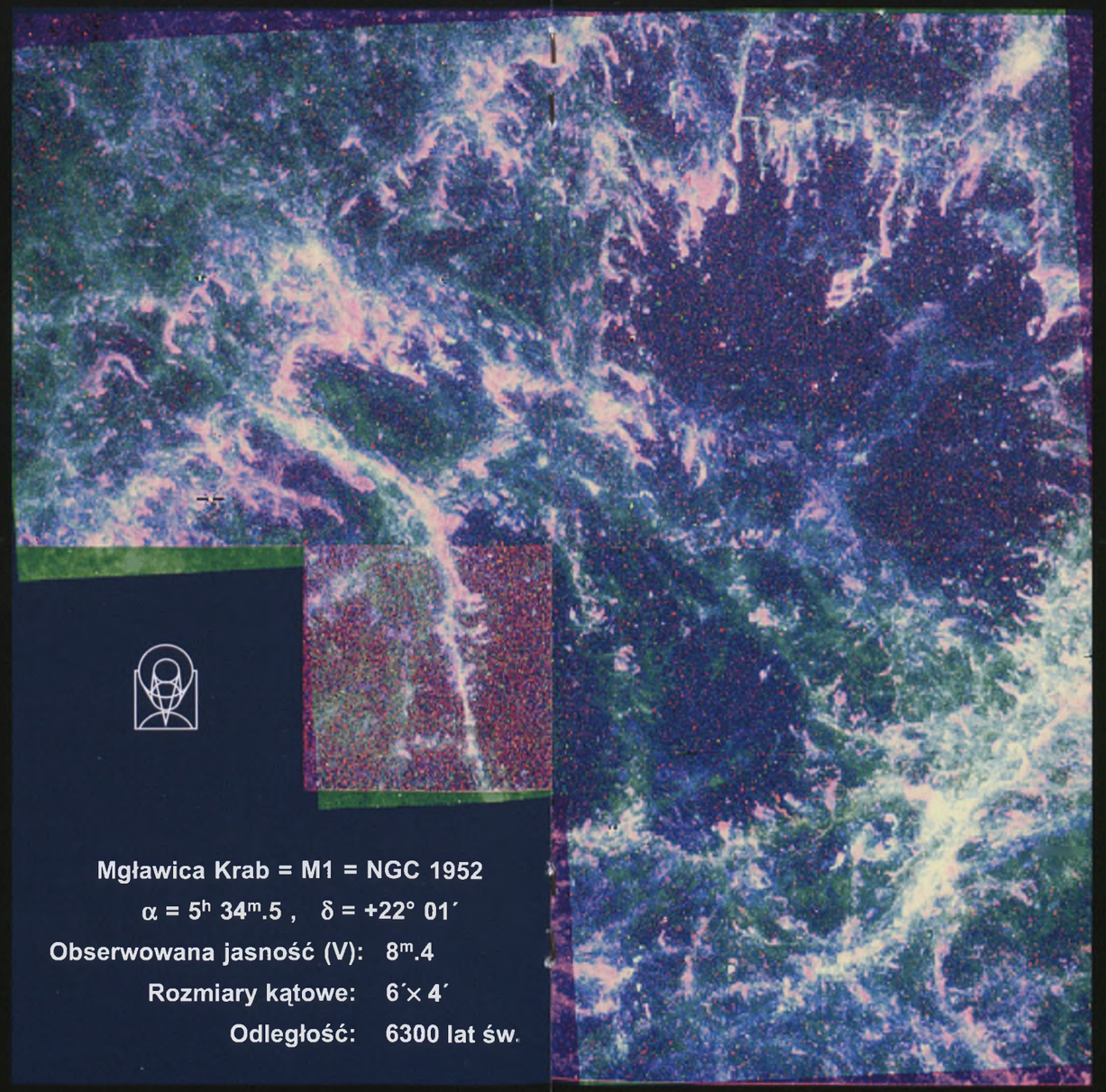


❷ Światło spolaryzowane

❸ Filtr H_α



❹ Fale radiowe 1.4 GHz



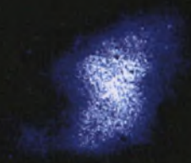
Mgławica Krab = M1 = NGC 1952

$\alpha = 5^h\ 34^m.5$, $\delta = +22°\ 01'$

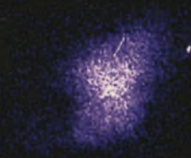
Obserwowana jasność (V): $8^m.4$

Rozmiary kątowe: $6' \times 4'$

Odległość: 6300 lat św.

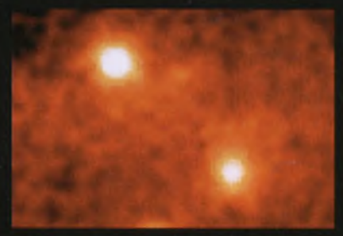


❺ Bliski zakres UV



❻ Daleki zakres UV

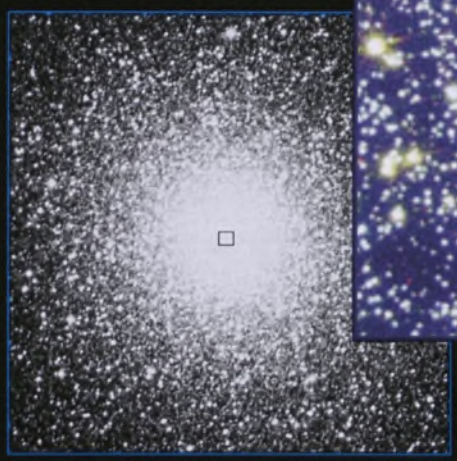
❼ Promieniowanie X

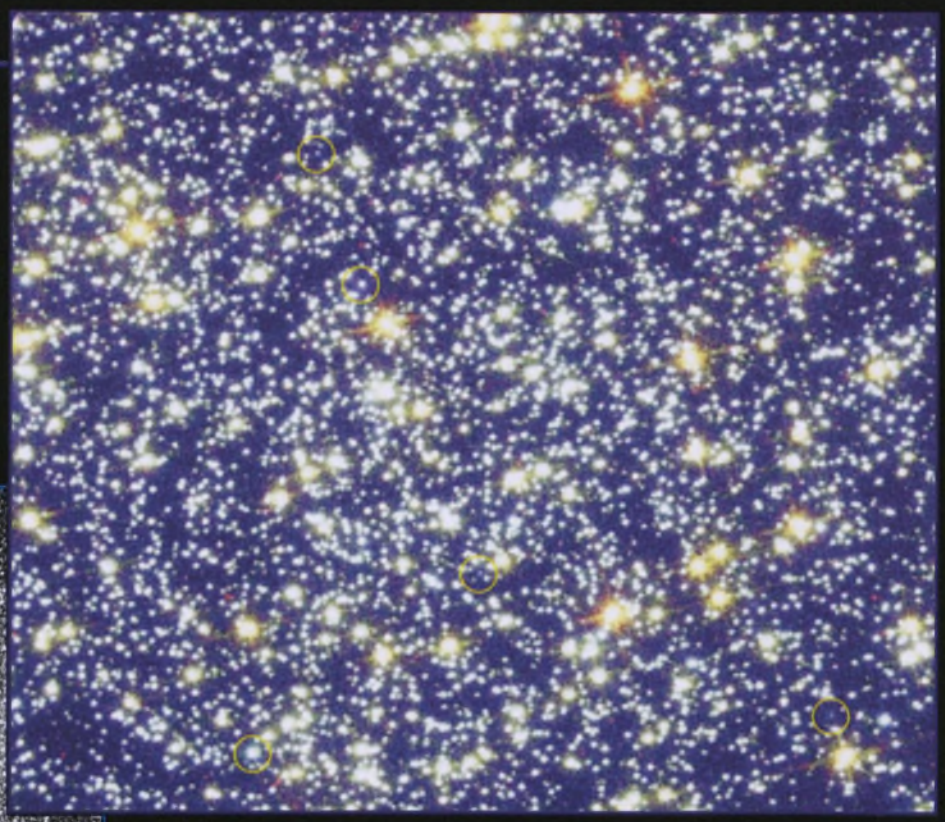


❽ Promieniowanie gamma

(*patrz opis na str. 123*)

teleskop kosmiczny Hubble'a na tropie gwiezdnego eliksiru młodości





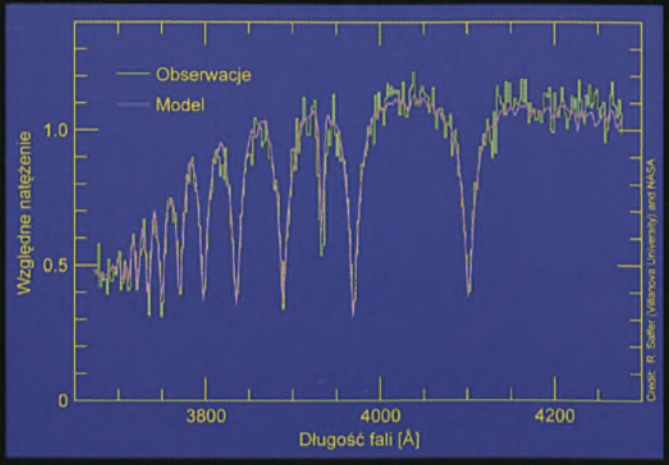
1

Dwa przepisy na błękitnego marudera

Czytaj opis na stronie obok

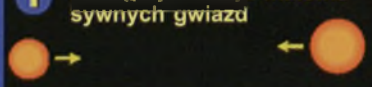
3

2



Model zderzenia

1. Następuje kolizja małomasywnych gwiazd



2. Wzajemne oddziaływania wyrzucają część materii z układu, wiążąc pozostałą masę w jeden obiekt

3. „Nowo narodzona" gwiazda rotuje początkowo dośćszybko, ale jej powierzchniowe warstwy nie nagrzewają się od razu

4. Gwiazda wchodzi w fazę czerwonego olbrzyma, następuje spowolnienie rotacji

5. Zewnętrzne warstwy kurczą się, a ich temperatura rośnie

Model fuzji

1. Spotkanie gwiazd wiąże je w „kosmicznym uścisku"

2. Większy składnik wchłania towarzysza, przyspieszając rotację

3. Powstaje obiekt masywniejszy, szybko obracający się

Kanibale żyją dłużej!

Już prawie pół wieku astronomowie starają się rozszyfrować zagadkę istnienia tzw. błękitnych maruderów. Chodzi o obiekty, które nie pasują do obrazu gromad kulistych jako skupisk jednych z najstarszych gwiazd w Galaktyce.

Po raz pierwszy zwrócił na nie uwagę Allan Sandage, konstruując diagram Hertzsprunga-Russella dla gromady kulistej M 3. Diagram ten (patrz „Postępy Astronomii" nr 1/92, str. 26) różnił się zasadniczo od analogicznego obrazka dla gwiazd leżących np. w płaszczyźnie Galaktyki z tej choćby przyczyny, że w gromadach kulistych nie obserwuje się obecnie procesu powstawania gwiazd. Jak się wydaje, gwiazdy danej gromady utworzyły się niemal jednocześnie przed miliardami lat. Podczas gdy mało masywne obiekty w dalszym ciągu „trzymają się" ciągu głównego, gwiazdy o większej masie już dawno go opuściły, gdyż w ich wnętrzach wyczerpał się wodór. Wszystko byłoby w porządku, gdyby nie okazało się, że górna część ciągu głównego na diagramie H-R gromad kulistych wcale nie jest pusta. Powyżej tzw. punktu odejścia (w kierunku gałęzi olbrzymów) znaleźć można obiekty, które w jakiś niezrozumiały sposób spóźniają się w swojej ewolucji (stąd przydomek: maruderzy). To jakby grupa nastolatków w kosmicznym domu starców.

Taki stan rzeczy związany jest niewątpliwie z egzotyką warunków, w których przyszło żyć błękitnym maruderom. Współistnienie milionów gwiazd w obszarze o rozmiarach kilkunastu lat świetlnych nie może pozostać bez śladu. W szczególności spotkania gwiazd, tworzenie w ten sposób układów (w tym ciasnych) i towarzysząca tym procesom wymiana materii dawałaby szansę uzupełnienia zapasów paliwa jądrowego, co dla niektórych gwiazd oznaczałoby możliwość „przedłużenia" życia.

Hipoteza zyskała szczególne uznanie po zidentyfikowaniu szeregu błękitnych maruderów w centralnych obszarach gromady 47 Tuc (o tych obserwacjach, wykonanych dzięki niezwykłym możliwościom teleskopu kosmicznego, informował A. Strobel na łamach „Postępów Astronomii" nr 1/92; patrz też Fot. 1). Ta najjaśniejsza i największa gromada kulista (widoczna gołym okiem z półkuli południowej) poddawana jest coraz bardziej wnikliwym badaniom. Prowadzone analizy powinny przynieść odpowiedź na pytanie, czy błękitni maruderzy to zwykle rezultat „zjadania się" gwiazd przebiegającego stopniowo i raczej powoli — w wyniku stopienia się (fuzji) w jedną całość ciasnego układu podwójnego, czy też za ich powstawanie odpowiada raczej gwałtowny proces zderzeń gwiazd (Rys. 2).

Do uzyskania widma błękitnego marudera BSS-19 (Rys. 3) wykorzystano jeden z przyrządów teleskopu kosmicznego (Faint Object Spectrograph). Jak się okazało, mamy do czynienia z gwiazdą, wirującą 75 razy szybciej od Słońca. Swą masą (1.7 masy Słońca) około dwukrotnie przewyższa typowe gwiazdy gromady 47 Tuc, znajdujące się w punkcie odejścia od ciągu głównego.

Przedstawiający te wyniki astronomowie (M. Shara, R. Saffer, M. Livio) nie mają wątpliwości, że obiekt taki jest końcowym stadium w ewolucji szczególnego rodzaju ciasnego układu podwójnego. W tym przypadku mieliśmy więc do czynienia z biegiem zdarzeń przedstawionym w scenariuszu fuzji. Dokonanie podobnych analiz dla innych błękitnych maruderów pozwoli uzyskać pełniejszy obraz procesów odpowiedzialnych za powstawanie tych egzotycznych obiektów. (*kr*)

Ilustracje na wkładce obok przedstawiają:

1. Błękitni maruderzy w gromadzie kulistej 47 Tucanae. Po lewej obraz gromady uzyskany z powierzchni Ziemi, po prawej — powiększenie zaznaczonego obszaru centralnego, otrzymane przez nałożenie kilku obrazów z teleskopu kosmicznego (kamery szerokokątna i planetarna z filtrami ultrafioletowym, niebieskim i fioletowym). Skalę barw dobrano tak, by czerwonym olbrzymom odpowiadał odcień pomarańczowy, gwiazdom ciągu głównego — białozielony, błękitnym maruderom — niebieski (te ostatnie gwiazdy zaznaczono dodatkowo kółkami).

2. Teoria ewolucji przewiduje dwa ciągi wydarzeń, prowadzących do powstania błękitnego marudera. Zgodnie z pierwszym, w wyniku zderzenia małomasywnych gwiazd formuje się ostatecznie obiekt, który w międzyczasie (m.in. wskutek aktywności magnetycznej w fazie czerwonego olbrzyma) zdążył spowolnić swą rotację. Natomiast w modelu przebiegającej spokojnie fuzji spotkanie gwiazd w gęstych obszarach gromady kulistej może doprowadzić do utworzenia układu podwójnego, który — stopniowo się zacieśniając — powoduje zlanie się obu składników. Tworzy się obiekt masywniejszy, szybciej rotujący, o wyższej jasności i temperaturze — dobrze pasujący do charakterystyk analizowanego błękitnego marudera.

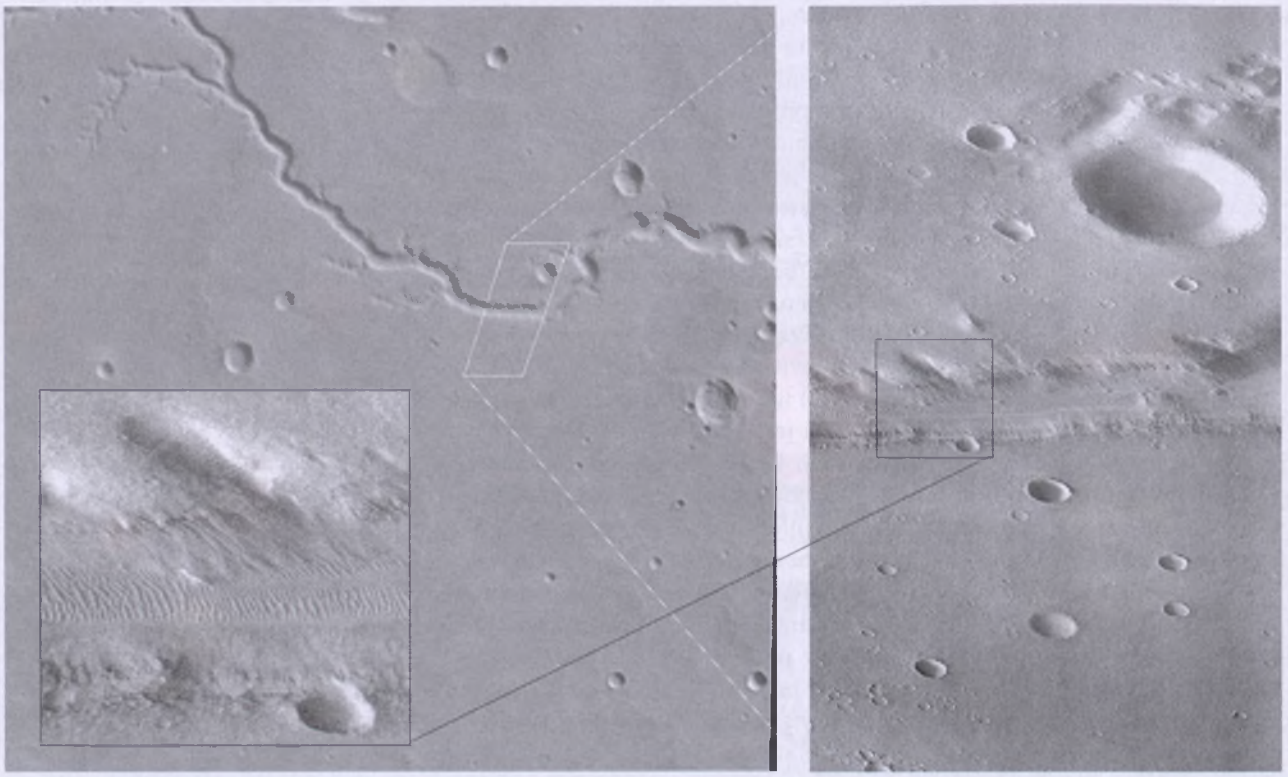
3. Widmo obiektu BSS-19 (błękitnego marudera z gromady 47 Tuc), uzyskane 27 października 1995 r. przy pomocy spektrografu FOS. Na obserwowany rozkład energii nałożono widmo modelowe, doskonale odtwarzające profile linii. Parametry modelu kryją w sobie informację m.in. o prędkości rotacji gwiazdy, jej temperaturze i przyspieszeniu jej pola grawitacyjnego.

Nowe spojrzenie na marsjańską dolinę Nirgal Vallis

Chyba żaden twór topograficzny Marsa nie wywołał takiej emocji i nie uzyskał takiego rozgłosu jak dolina Nirgal Vallis (15/30° S, 36/48° W). Jej obraz otrzymany w roku 1972 za pomocą sondy Mariner 9 — podobnie jak przekazane w roku 1997 przez sondę Pathfinder obrazy ujścia doliny Ares Vallis (2/10° N, 14/23° W) — był publikowany nie tylko w czasopismach naukowych i popularnonaukowych, ale także w prasie codziennej. Nie należy się temu dziwić, w obu przypadkach zarejestrowane na wspomnianych obrazach twory potraktowano jako dowód występowania na Marsie wody, przy czym — biorąc pod uwagę astronomiczną skalę czasu — ma to mieć miejsce w niezbyt odległej przeszłości. Dotyczy to zwłaszcza doliny Nirgal Vallis, mającej około 400 km długości i od 5 do 6 km szerokości, na obrazie przekazanym przez sondę Mariner 9 do złudzenia przypominającej koryto meandrującej rzeki na Ziemi. A jednak sprawa nie jest taka całkiem jasna. Przeciwko wodnej hipotezie zdaje się przeczyć ukształtowanie terenu, przez który przebiega ta dolina. Jej ujście bowiem wydaje się leżeć wyżej niż źródła i dopływy, a to przemawiałoby raczej na rzecz innej koncepcji. Po prostu, zdaniem niektórych badaczy, dolina Nirgal Vallis powstała w wyniku przepływu lawy wydobywającej się spod krateru Holdena (26° S, 34° W).

Obecnie uczeni dysponują już o wiele dokładniejszymi obrazami doliny Nirgal Vallis. Otrzymano je w okresie od 19 do 21 września 1997 roku za pomocą sondy Mars Global Surveyor, nadal okrążającej Marsa i przekazującej na Ziemię obrazy jego powierzchni. Interesująca nas dolina wspaniale się na nich prezentuje, zwłaszcza na obrazach o dużej sile rozdzielczej, ukazujących delikatne szczegóły jej budowy. Na szczególną uwagę zasługują pokrywające dno doliny tajemnicze „kaskady", na pierwszy rzut oka przypominające ślady, jakie pozostawiłby gigantyczny pojazd gąsienicowy. Na razie nie wiadomo, czy powstały one w wyniku działania spływającej wody, czy też raczej przedstawiają wydmy utworzone przez wiejące wiatry. Zastanawiający jest również wygląd doliny Nirgal Vallis na obrazach uzyskanych za pomocą sondy Mars Global Surveyor, wydającej się być tworem młodym, prawie nie naruszonym przez szalejące tam dość często burze pyłowe. A przecież woda na Marsie nie występuje przynajmniej od kilku milionów lat, czyli było sporo czasu na to, aby erozja wietrzna zrobiła swoje. Jak zatem wytłumaczyć ten świeży wygląd doliny Nirgal Vallis?

Stanisław R. Brzostkiewicz



w kolorze: *Galeria mgławic Messiera*

Na środkowej stronie kolorowej wkładki zaczynamy prezentację obiektów, które swego czasu Charles Messier skatalogował w celu ułatwienia sobie obserwacji mających na celu odkrywanie nowych komet. Pod numerem 1 znalazła się:

Mgławica Krab

4 lipca przypada amerykańskie Święto Niepodległości, tradycyjnie już wieńczone pokazami sztucznych ogni we wszystkich zakątkach USA. Tak się złożyło, że przed prawie tysiącem lat również tego dnia zajaśniała na niebie supernowa — świadectwo gigantycznej kosmicznej eksplozji, zamykającej żywot kilkakrotnie masywniejszej od Słońca gwiazdy...

Chińscy astronomowie opisali supernową z roku 1054 jako sześciokrotnie jaśniejszą od Wenus, jej blask przewyższał więc zapewne –6 magnitudo. Kroniki sugerują nawet, że dorównywała pod tym względem Księżycowi. W każdym razie przez trzy tygodnie widoczna była również w dzień, a nocą zdobiła firmament przez prawie dwa lata. Jak się dziś szacuje, w maksimum blasku świeciła z mocą około 400 milionów słońc. Ten kosmiczny fajerwerk mógłby zagrozić życiu na Ziemi, gdyby nastąpił w odległości poniżej 50 lat świetlnych. Na szczęście od wybuchającej gwiazdy dzielił nas dystans setki razy większy... Tymczasem minęło przeszło sześć stuleci i o tajemniczej „gwieździe — gościu" na niebie praktycznie zapomniano.

Dopiero w roku 1731 angielski fizyk i miłośnik astronomii John Bevis, oglądając niebo przez teleskop, zwrócił uwagę na mglisty obiekt w północnej części gwiazdozbioru Byka. Podobnego odkrycia dokonał niezależnie 28 sierpnia 1758 roku Charles Messier (prowadząc polowania na kometę, której powrót przepowiedział Edmond Halley...). Zorientowawszy się, że obiekt ów nie porusza się względem gwiazd, 12 września raz jeszcze dokładnie wyznaczył i zanotował jego położenie, rozpoczynając tym samym tworzenie słynnego „Katalogu Mgławic i Gromad Gwiazd", opublikowanego po raz pierwszy w roku 1774. Jako otwierająca cały katalog Messiera mgławica zyskała oznaczenie M1, zaś swą popularną nazwę— Krab — zawdzięcza szkicom, wykonanym w roku 1844 przez Lorda Rosse.

Niezwykły wygląd był zapewne jedną z przyczyn, dla których badania mgławicy Krab prowadzono od początku z zainteresowaniem. W roku 1939 John Duncan stwierdził ekspansję mgławicy, określając również jej prawdopodobny moment powstania na rok 1173. Trzy lata później jej wewnętrzne obszary penetrował Walter Baade, potwierdzając związek genetyczny mgławicy z gwiazdą znajdującą się w pobliżu jej środka.

W roku 1948 Krab zidentyfikowany został jako jedno z najsilniejszych na niebie radioźródeł. Sześć lat później Baade raz jeszcze wykazał swą intuicję, postulując istnienie silnego pola magnetycznego w obszarze mgławicy. Lata sześćdziesiąte przyniosły odkrycie promieniowania rentgenowskiego oraz — w końcu — sprawcy całego zamieszania: źródła silnego promieniowania radiowego, wysyłanego z niezwykłą regularnością blisko 30 razy w ciągu sekundy, które najwidoczniej zlokalizowane było we wskazanej przez Baadego „gwieździe", a z racji charakteru emisji nazwanego pulsarem (patrz artykuł prof. Jarzębowskiego w niniejszym numerze „Uranii-PA").

Mgławicę Krab tworzy materia pochodząca z wybuchu gwiazdy supernowej. Obserwowana obecnie, wypełnia ona obszar o rozmiarach w przybliżeniu 10 na 15 lat świetlnych, wciąż ekspandując z prędkością około 1800 km/s. Już sama jasność mgławicy w zakresie widzialnym jest imponująca (choć akurat w tym przedziale widma gubi się nieco na tle rozgwieżdżonego nieba), przeszło tysiąckrotnie przewyższając moc promieniowania Słońca. Całkowitą energię emitowaną we wszystkich długościach fali ocenia się na bliską stu tysiącom słońc. Warto pamiętać, że całą tę emisję mgławica zawdzięcza maleńkiej gwieździe neutronowej o średnicy kilkunastu kilometrów i jasności obserwowanej około 16 magnitudo (przy odległości 6300 l.św. odpowiada to jasności absolutnej 4,5 magnitudo, tj. bliskiej słonecznej !).

Mgławica Krab stała się obiektem inspirującym całe rzesze badaczy. Geoffrey Burbridge zażartował nawet, że astronomię można podzielić na dwie dziedziny: astronomię mgławicy Krab i astronomię pozostałej części Wszechświata. Poświęcono jej oddzielne konferencje, monografie i książki (zainteresowanym warto polecić obszerne fragmenty „Życia gwiazd" J. Szkłowskiego). Obrazy mgławicy, uzyskane w różnych zakresach widma, przedstawiamy na rozkładówce.

Promieniowanie widzialne mgławicy ma dwa zasadnicze składniki (co widać np. na fot. 1): czerwonawy, tworzący skomplikowaną i chaotyczną sieć włókien o widmie emisyjnym (liniowym), zbliżonym do widma mgławic dyfuzyjnych oraz niebieskawe, rozproszone tło emisji synchrotronowej wysokoenergetycznych elektronów poruszających się w silnym polu magnetycznym. O występowaniu silnego pola magnetycznego przekonuje nas fot. 2 — kompozycja obrazów wykonanych przy użyciu filtrów polaryzacyjnych ustawionych w różnych kierunkach. Kolejne zdjęcie (fot. 3) wykonano przy użyciu filtru wąskopasmowego (H_α). Prezentowany na fot. 4 radiowy obraz fragmentu nieba zawierającego interesujący nas obiekt pochodzi z przeglądu VLA wykonanego w pasmie 1.4 GHz. Obejmuje on obszar o krawędzi wielkości jednego stopnia, ukazując mgławicę Krab jako jedno z najsilniejszych radioźródeł całego nieba.

Centralne położenie na kolorowej wkładce zajmuje obraz (a w zasadzie mozaika) wycinka mgławicy z Teleskopu Kosmicznego, szczególnie wyraźnie prezentujący strukturę włókien gazowych — świadectwo dramatycznego kataklizmu. Barwy dobrano tak, że czerwona odpowiada emisji atomów tlenu w chłodnym gazie, zielona — atomów tlenu w gazie gorącym, zaś niebieska — emisji atomów siarki. Analizując te obserwacje, możemy śledzić proces wzbogacania materii międzygwiazdowej w ciężkie pierwiastki, bez którego nie byłoby przecież nas samych. O innych badaniach mgławicy Krab i jej pulsara teleskopem Hubble'a informowaliśmy na okładce „Postępów Astronomii" nr 4/96.

Sięgając w zakresy widma o coraz krótszych długościach fali (prawa strona wkładki, fot. 5-8), dostrzegamy obszary mgławicy coraz bliższe jej środka. To dowód, że wysokoenergetyczne elektrony — źródło synchrotronowego promieniowania — są dość skutecznie więzione w silnym polu magnetycznym gwiazdy neutronowej; przedzierając się w obszary zewnętrzne, nie są już w stanie emitować kwantów o dowolnie wielkiej energii. Przy tym pulsar staje się coraz wyraźniejszy i w zakresie gamma (fot. 8) widoczny jest w zasadzie już tylko on, jako trzeci co do jasności obiekt na niebie (na prawo i poniżej środka obrazu — towarzyszy mu źródło Geminga, co prawda nieco jaśniejsze, ale położone około 20 razy bliżej nas. A swoją drogą — cóż za wspaniała „gwiazda podwójna" zdobi niebo w promieniach gamma...).

Krab oraz jego „pulsujące serce" — wydawałoby się niepozorna pozostałość po gwieździe, która go stworzyła, należą do najjaśniejszych obiektów na niebie w różnych zakresach długości fali. Choć było to dziełem przypadku, w pełni zasługuje na przywilej otwierania najsłynniejszego bodaj katalogu mgławic. (*kr*)

Srebrne wesele Olsztyńskiego Planetarium

Astronomiczne tradycje Olsztyna zapoczątkował Mikołaj Kopernik. W latach 1516–1519 oraz 1520–1521 Kopernik pełnił w Olsztynie obowiązki administratora dóbr kapituły warmińskiej. W tym czasie prowadził obserwacje astronomiczne oraz prace nad słynnym dziełem ***De revolutionibus***, w którym przedstawił heliocentryczną teorię budowy świata.

W Olsztynie Kopernik mieszkał na zamku, w którym obecnie mieści się Muzeum Warmii i Mazur. Na krużganku gotyckiego zamku zachowała się jedna z nielicznych pamiątek po wielkim astronomie — naścienna tablica. Wykonał ją w okresie od 25 stycznia do 20 kwietnia 1517 roku. Tablica służyła do wyznaczania momentu równonocy wiosennej i obliczania długości roku zwrotnikowego.

W latach pięćdziesiątych obecnego wieku wśród członków olsztyńskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zrodziła się idea utworzenia obserwatorium astronomicznego. Miało ono umożliwić miłośnikom astronomii rozwijanie zainteresowań, a wszystkim mieszkańcom Olsztyna kontakt z prawdziwym niebem w czasie pokazów. Na miejsce przyszłego obserwatorium typowano dawną wieżę ciśnień przy ulicy Żołnierskiej.

Adaptacja wieży ciśnień na obserwatorium była przedsięwzięciem trudnym i kosztownym. Szczupłe grono olsztyńskich miłośników astronomii nie miało żadnych możliwości zrealizowania tak skomplikowanego zadania.

W latach sześćdziesiątych rozpoczęły się w Polsce przygotowania do obchodów pięćsetnej rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika. O formach uczczenia tej rocznicy myślano przede wszystkim w miastach związanych z jego życiem i działalnością oraz w środowisku astronomów i miłośników astronomii.

W 1964 roku profesor Eugeniusz Rybka w czasie Walnego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii rzucił hasło: „Co najmniej pięć planetariów na 500-lecie urodzin Kopernika". I rzeczywiście to ambitne zamierzenie udało się zrealizować. W latach 1972–1973 powstało aż 6 planetariów: w Grudziądzu, Warszawie, dwa w Gdyni, Olsztynie i Fromborku.

W Olsztynie publiczną dyskusję o formach uczczenia Kopernika rozpoczęło w roku 1969 Stowarzyszenie Społeczno-Kulturalne „Pojezierze". Jednym z pomysłów było zorganizowanie w Olsztynie zlotu młodzieży z całej Polski. Młodzież miała społecznie usypać kopiec. Działacze „Pojezierza" uważali, że na kopcu powinno stanąć planetarium. Po dyskusjach sprawa zlotu i kopca upadła, ale na szczęście nie zrezygnowano z planetarium.

W listopadzie 1969 roku działacze Stowarzyszenia Społeczno-Kulturalnego „Pojezierze" ostatecznie zadecydowali o wybudowania planetarium w hołdzie Mikołajowi Kopernikowi. W rok później, w listopadzie 1970 r. delegacja olsztyńska wyjechała na konsultację do Zakładów Carl Zeiss Jena w NRD. Dla przyszłego planetarium wybrano model aparatury projekcyjnej nazywany Planetarium Lotów Kosmicznych (Raumflugplanetarium) nagrodzony złotym medalem na Targach Lipskich w 1968 roku. Model ten był nowoczesny, ponieważ umożliwiał całkowicie automatyczną emisję projekcji. Automatyka oparta na wybierakach telefonicznych i taśmie perforowanej nawet wtedy nie była zbyt nowoczesna, ale służyła do lat osiemdziesiątych, aż została zastąpiona sterowaniem komputerowym. W 1973 roku model Planetarium Lotów Kosmicznych zainstalowany w Olsztynie był piątym na świecie i pierwszym w Europie.

Pierwszego lipca 1971 roku zapadła rządowa decyzja o budowie planetarium. Późną jesienią przystąpiono do prac ziemnych. Z sześciu wariantów lokalizacji planetarium: Kortowo, al. Zwycięstwa (obecnie al. Piłsudskiego), ul. Żołnierska (obecnie jest tam hotel Relaks), ul. Bałtycka (w sąsiedztwie Jeziora Czarnego), rejon kąpieliska miejskiego od strony ul. Sielskiej oraz pl. Świerczewskiego (obecnie Targ Rybny), wybrano wariant drugi. Gmach planetarium zaprojektował mgr inż. Ludomir Gosławski z zespołem „Miastoprojektu-Olsztyn". Wystrój wnętrza opracowali: Ludomir Gosławski, Henryk Mączkowski i Janusz Miścicki, zaś wykonali olsztyńscy plastycy: Zbigniew Juriewicz i Bogdan Stefanow.

Uroczyste otwarcie planetarium nastąpiło 19 lutego 1973 roku w pięćsetne urodziny Mikołaja Kopernika.

Nowoczesny gmach planetarium wyróżniał się ciekawymi rozwiązaniami architektonicznymi, ale zabrakło w nim wielu pomieszczeń niezbędnych dla prawidłowej działalności. Musieliśmy adaptować pomieszczenia na bibliotekę, ciemnię fotograficzną, warsztat, magazyn, studio nagrań.

Do prawidłowej popularyzacji osiągnięć Kopernika i współczesnej astronomii niezbędne było organizowanie pokazów nieba i amatorskich obserwacji ciał niebieskich. Gmach planetarium był tak zaprojektowany, że nie można było przy nim urządzić odpowiedniego tarasu obserwacyjnego. Dlatego zaraz po otwarciu planetarium rozpoczęto starania o adaptację dawnej wieży ciśnień na obserwatorium astronomiczne.

Początkowo, w listopadzie 1973, Planetarium Lotów Kosmicznych wystąpiło o wieżę ciśnień wspólnie z Muzeum Warmii i Mazur. W niższych kondygnacjach muzeum chciało urządzić dział przyrodniczy, a górne kondygnacje planetarium miało zagospodarować na obserwatorium. Pod koniec 1975 r. muzeum zrezygnowało z części wieży i wtedy planetarium wystąpiło o przejęcie całego obiektu wraz z przyległym terenem. Starania te zostały uwieńczone sukcesem 26 kwietnia 1976 roku.

Projekt adaptacji wieży na obserwatorium wykonał inż. arch. Kazimierz Frankowski z „Miastoprojektu" w Olsztynie. Opracowanie tego projektu było

zadaniem bardzo trudnym. Z jednej strony wieża ciśnień jest obiektem zabytkowym i dlatego jej zewnętrzna forma nie mogła być naruszona. Z drugiej strony wyposażenie obserwatorium oraz przewidywane formy działalności wymagały instalacji wielu urządzeń, które trudno było zmieścić w wąskiej wieży. Dodatkowe ograniczenie stanowiły możliwości techniczne i materiałowe przyszłego wykonawcy.

W jesieni 1977 roku na plac budowy weszli wykonawcy z Komunalnego Przedsiębiorstwa Remontowo-Budowlanego w Olsztynie, przemianowanego później na Przedsiębiorstwo Budownictwa Komunalnego. Pracami kierował Jan Rumiński pod bezpośrednim nadzorem inż. Franciszka Romanowskiego. Usunięto z wnętrza wieży stary zbiornik na wodę i wykonano prace budowlane. Następnie przystąpiono do prac wyposażeniowych. W lecie 1978 r. specjaliści z zakładów Carl Zeiss Jena zmontowali kopułę oraz osadzili w niej główny instrument — refraktor coudé 150/2250 mm.

W maju 1979 roku obiekt obserwatorium został przekazany Planetarium Lotów Kosmicznych. W obserwatorium wykonano odpowiedni wystrój plastyczny nawiązujący do wystroju Planetarium. Autorami byli olsztyńscy artyści plastycy: Stefan Kaczmarek, Marek Kłos i Marek Nowak.

Uroczyste otwarcie Ludowego Obserwatorium Astronomicznego nastąpiło w dniu 13 października 1979 r. Otwarcie było jednym z punktów programu Międzynarodowej Sesji Popularnonaukowej poświęconej popularyzacji i dydaktyce astronomii i astronautyki, odbywającej się w Planetarium Lotów Kosmicznych w dniach 11–13 października 1979 r.

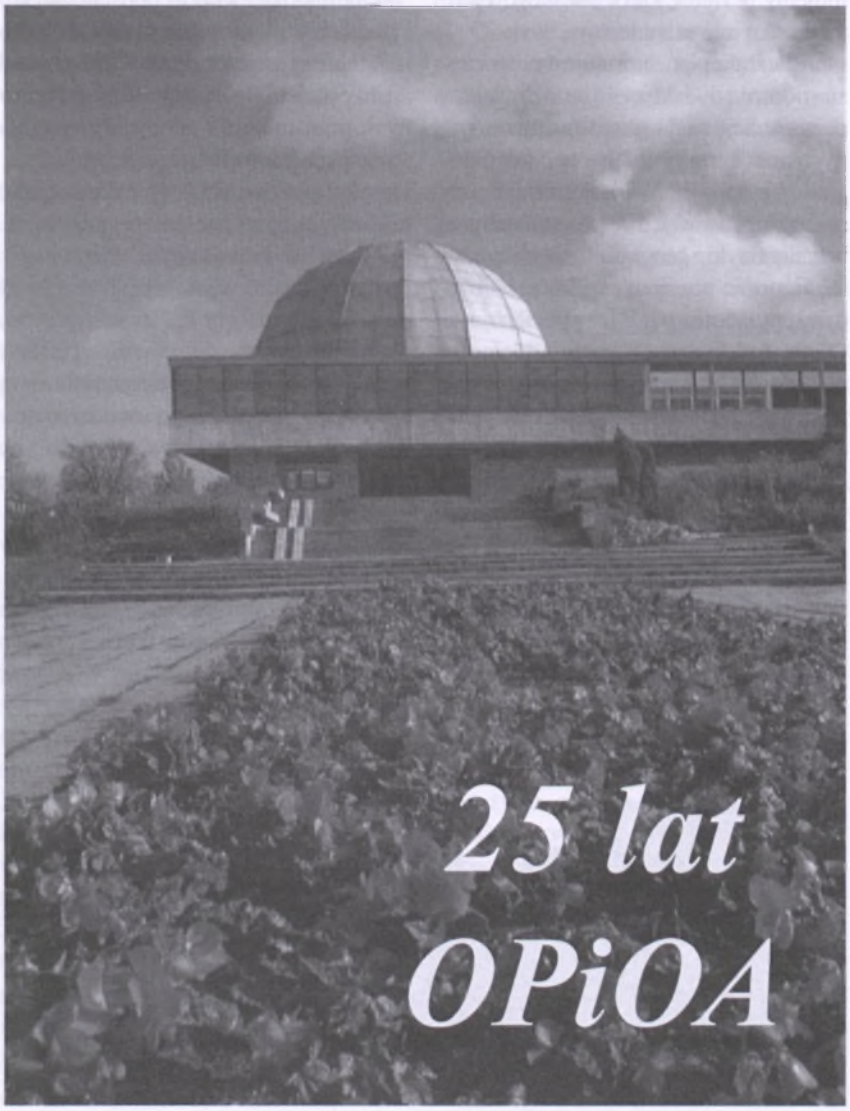
Od roku 1979 placówka mogła popularyzować wiedzę o Wszechświecie, ukazując piękno zjawisk astronomicznych zarówno pod sztucznym niebem planetarium, jak i na nieboskłonie przez teleskopy w obserwatorium. Uzupełnienie planetarium o obserwatorium doprowadziło do zmiany nazwy całej placówki. Od 1982 roku jest to Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne.

Główną formą popularyzacji astronomii są projekcje pod kopułą planetarium, które przedstawiają zjawiska astronomiczne i efekty lotów kosmicznych. W projekcjach komentarzowi towarzyszy muzyka, a oprócz projektora planetarium wykorzystywane są dodatkowe urządzenia audiowizualne — wideoprojektor, rzutniki przeźroczy itp.

W ciągu 25 lat przygotowano 25 projekcji o różnej tematyce. Zbieżność ilości projekcji z ilością lat działalności jest dziełem przypadku. Nie jest to zamierzenie w stylu „25 projekcji na 25-lecie". Tematyka projekcji jest różnorodna i obejmuje zarówno typowe informacje astronomiczne dotyczące komet, planet, nieba w różnych porach roku, jak też przedstawienia tych zjawisk, które można prezentować przy pomocy aparatury planetarium i urządzeń pomocniczych. Oczywiście największe wrażenie na widzach robi samo rozgwieżdżone niebo. Dla ludzi przyzwyczajonych do widoku nieba nad oświetlonymi ulicami naszych miast i osiedli, bogactwo gwiazd na odtwarzanym niebie jest porażające. Rzadko mamy bowiem okazję podziwiać prawdziwe rozgwieżdżone niebo z miejsc oddalonych od ulicznych latarni.

Dla widzów zagranicznych teksty projekcji w językach obcych są emitowane przez słuchawki. Przygotowane są wersje w czterech najczęściej używanych językach: angielskim, francuskim, niemieckim i rosyjskim. Ale są również przygotowane projekcje w językach: czeskim, bułgarskim, hiszpańskim i węgierskim. Przez ćwierć wieku projekcje w naszym planetarium obejrzało kilkadziesiąt tysięcy gości zagranicznych.

Liczba wszystkich widzów, którzy odwiedzili nasze planetarium, sięga 2,7 mln. Frekwencja w poszczególnych latach znacznie się różniła. Nigdy potem nie udało się pobić rekordu z 1973 roku, gdy planetarium odwiedziło 180 tysięcy widzów. W najgorszym 1982 roku wi-



dzów było 3 razy mniej — 68 tysięcy. Pamiętamy jednak, że rygory stanu wojennego nie sprzyjały turystyce i siłą rzeczy również nasza placówka była odwiedzana rzadziej niż w innych latach. W wykresie obrazującym frekwencję, jak w zwierciadle odbija się najnowsza historia Polski.

Przeciętnie odwiedzało nas około 100 tysięcy osób rocznie; w porównaniu z innymi placówkami kulturalnymi jest to liczba duża. Z naszego punktu widzenia jest to tylko połowa widzów, których jesteśmy w stanie przyjąć. Zwiększenie liczby odwiedzających planetarium i obserwatorium mogłoby nastąpić, gdyby Olsztyn stał się miastem turystycznym z prawdziwego zdarzenia, a to nie tylko od nas zależy.

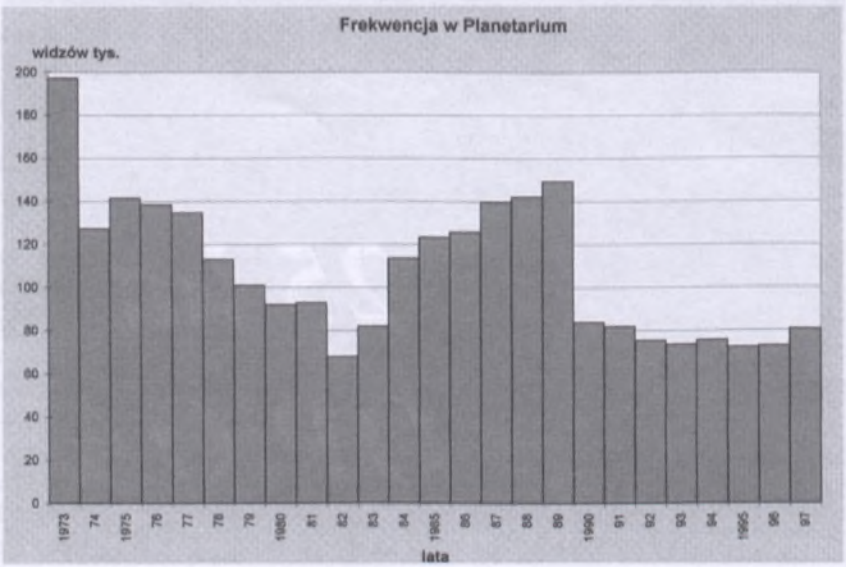
Sporą część naszych widzów stanowią uczniowie korzystający z projekcji dydaktycznych. Naszą ofertą dydaktyczną obejmujemy uczniów szkół podstawowych, średnich a nawet studentów.

Aparatura planetarium jest nowoczesną pomocą dydaktyczną umożliwiającą demonstrację wielu zjawisk astronomicznych oraz ich wyjaśnienie w bardzo poglądowy sposób. Wiele treści astronomicznych zawartych w programach nauczania fizyki i geografii różnych typów szkół można uczniom przekazać najbardziej poglądowo właśnie w planetarium. Oferta dydaktyczna corocznie kierowana do szkół obejmuje 9 projekcji oraz 4 pokazy dydaktyczne ilustrujące przykładami astronomicznymi wybrane zagadnienia fizyczne. Projekcje i pokazy są aktualizowane, by dostosować się do wciąż zmieniających się programów nauczania. Statystyka mówi, że w 1973 roku było tylko 8 projekcji, zaś w 1997 roku aż 314 dla 20 tysięcy uczniów. Chociaż liczba projekcji dydaktycznych w ciągu roku znacznie się zwiększyła, to jednak uważamy, że nadal okoliczne szkoły wykorzystują je w znikomym procencie. Z drugiej strony regularnie odwiedzają nas uczniowie z niektórych szkół z bardzo odległych rejonów kraju i ci z naszej oferty dydaktycznej są bardzo zadowoleni.

Jeśli w Olsztynie policzymy uczniów w klasach, dla których oferujemy odpowiednie projekcje, to okazuje się, że większość z naszej oferty nie korzysta. Nie nowoczesne planetarium, a zwykła szmata, kreda i tablica są pomocami dydaktycznymi do przekazywania treści astronomicznych. Dlaczego tak jest, pozostaje tajemnicą władz oświatowych oraz nauczycieli.

Dla młodzieży szkół podstawowych i średnich w planetarium są organizowane konkursy astronomiczne. Oprócz okazji do ocenienia własnej wiedzy na tle innych uczestników i zdobycia nagrody, stwarzają one możliwość pogłębienia znajomości astronomii i nauk pokrewnych; procentuje to w szerszym spojrzeniu na Wszechświat, w którym żyjemy.

Od początku w naszej placówce są prowadzone zajęcia kół zainteresowań dla młodzieży w różnym wieku i o różnym poziomie wiedzy astronomicznej. Cieszą się one dużym powodzeniem. Z szeregów kółkowiczów wywodzi się już kilku astronomów, choć ukierunkowanie zawodowe nie jest głównym celem prowadzenia zajęć. Przede wszystkim chcemy zaszczepić zainteresowanie astronomią i astronautyką oraz zaoferować kulturalną formę spędzania wolnego czasu. Obecnie, gdy w szkołach likwidowane są zajęcia pozalekcyjne, nasza działalność nabiera większego znaczenia.



W ramach popularyzacji astronomii w obserwatorium są prowadzone pokazy Słońca w dzień i nieba gwieździstego wieczorem i w nocy. Pokazy nie mogą być tak masowe jak projekcje astronomiczne pod kopułą planetarium. Obserwatorium w byłej wieży ciśnień może przyjmować tylko małe grupy. Na frekwencję w obserwatorium wpływa również fakt, że pokazy mogą się odbywać tylko przy bezchmurnym niebie, co w naszym klimacie nie jest zbyt częste. Dlatego obserwatorium przyjmuje rocznie tylko 6–7 tysięcy osób. Pokaz nieba przez teleskop i możliwość zobaczenia plam na Słońcu, kraterów na Księżycu, księżyców Jowisza, pierścieni Saturna i innych ciekawych obiektów astronomicznych pozostają na długo w pamięci. Pobyt na tarasie obserwatorium jest zawsze atrakcyjną okazją do obejrzenia panoramy Olsztyna. Schodząc z tarasu, można zwiedzić poszczególne pracownie obserwatorium.

Warunki do prac obserwacyjnych systematycznie się pogarszają w miarę jak nasze miasto jest coraz większe i coraz lepiej oświetlone. Przed paroma laty prowadzono fotometrię gwiazd zmiennych, obserwację zakryć gwiazd przez Księżyc, można też było robić zdjęcia różnych obiektów na niebie. Obecnie można już tylko prowadzić pokazy nieba.

Możliwość obejrzenia nieba przez teleskop postanowiliśmy stworzyć również tym, którzy nie mogą z niej skorzystać w obserwatorium. Wejście na taras, czyli pokonanie pięciu pięter po schodach jest wysiłkiem nawet dla osób zdrowych, nie mówiąc już o niepełnosprawnych. Również wiele dzieci z biednych rodzin i domów dziecka nie ma możliwości przyjazdu do olsztyńskiego obserwatorium. Dla nich wszystkich sprowadziliśmy przenośny teleskop. Taki teleskop pozwala na pokazy nieba w terenie i na wyjazdy, np. na zaćmienia Słońca oraz robienie zdjęć słabych obiektów, np. komet, mgławic w terenie pozbawionym świateł. Nasz projekt „Niebo dla wszystkich"

wsparła finansowo francuska Fundacja dla Polski, przekazując pieniądze na kupno teleskopu. Zakupiono teleskop MEADE 8" LX 200 Schmidt-Cassegrain. Ma on możliwość automatycznego ustawienia na ponad 64 tysiące obiektów zawartych w znanych katalogach: SAO, UGC, NGC, IC, GCVS, Messiera. Do teleskopu zakupiono również wyposażenie dodatkowe, filtry itp.

Nowemu teleskopowi nadano imię Cammille'a Flammariona (1842–1924), francuskiego astronoma i wielkiego popularyzatora astronomii. Uroczystość nadania imienia odbyła się 23 marca 1997 roku w VIII Międzynarodowym Dniu Planetariów.

Dla osób zainteresowanych astronomią w planetarium są organizowane odczyty specjalistów z polskich ośrodków naukowych oraz astronomów olsztyńskich. Każdego roku jest wygłaszanych ponad 20 odczytów o tematyce astronomicznej i astronautycznej oraz z dziedzin pokrewnych. Na odczyt przychodzi od 50 do 100 osób. Świadczy to o tym, że ludzie chcą poznać tych, którzy wnoszą swój wkład w rozwój astronomii polskiej. Podobną liczbę słuchaczy gromadzą odczyty astronomiczne w Warszawie, co świadczy na korzyść mieszkańców prawie 10 razy mniejszego Olsztyna. Po odczytach przedstawiane się kalendarze astronomiczne pod kopułą, przeglądy filmów i książek oraz aktualności astronomiczne.

Jesteśmy ogromnie wdzięczni wszystkim astronomom, którzy mimo braku czasu i kłopotów komunikacyjnych, przyjeżdżają do Olsztyna na odczyty i seminaria. Z sentymentem wspominamy też organizowane w CAMK wykłady PTA, z których systematycznie korzystali nasi pracownicy.

W 1987 roku sala odczytowa planetarium została wyposażona w urządzenia audiowizualne za wiele milionów ówczesnych złotych; wtedy była najnowocześniejszą salą wykładową w Olsztynie. Niestety w 1996 roku władze miasta odebrały salę planetarium i przekazały Biuru Wystaw Artystycznych, a ono przekształciło ją w małą salę wystawienniczą. Jest to ogromna strata, jeśli chodzi o warunki działalności planetarium i strata materialna, bo trzeba było zdemontować urządzenia dużej wartości, które dobrze służyły naszej działalności. Obecnie otrzymaliśmy fundusze na zbudowanie nowej sali odczytowej. Jest ona niezbędna dla prawidłowego funkcjonowania naszej placówki. Odczyty, seminaria i wykłady będą mogły odbywać się w godziwych warunkach, tak jak to się działo przed rokiem 1996.

„Mur graniczny" w połowie holu między Planetarium i Biurem Wystaw Artystycznych.

Planetarium posiada specjalistyczną bibliotekę liczącą kilka tysięcy książek i kilkadziesiąt tytułów czasopism głównie z astronomii, astronautyki i dziedzin pokrewnych. Księgozbiór jest uzupełniany na bieżąco o pozycje wydawane w Polsce i za jej granicami. Dzięki temu nie tylko pracownicy naszej placówki, ale także nauczyciele, uczniowie i studenci z Olsztyna i okolic mają dostęp do nowości, których nie znajdą w żadnej innej bibliotece.

W ubiegłych latach organizowano w planetarium wiele wystaw o tematyce astronomicznej i astronautycznej. Były to następujące wystawy: „Instrumenty astronomiczne firmy Carl Zeiss Jena", „O Koperniku — karykatury Aleksandra Wołosa", „Autografy astronautów amerykańskich i radzieckich", „Działalność stacji obserwacji SSZ Nr 1151 w Olsztynie", „Instrumenty w epoce Mikołaja Kopernika", „Następcy Mikołaja Kopernika w Pradze", „Kosmos i astronomia w filatelistyce", „Kopernik i astronomia na znaczkach pocztowych", „Ziemia widziana z Kosmosu", „Księżyc w świetle najnowszych badań", „Międzynarodowa współpraca w badaniach Kosmosu", „Układ Słoneczny na tle Wszechświata", „Jan Heweliusz", „Żelazo na Ziemi i we Wszechświecie", „Polski kosmonauta — Mirosław Hermaszewski", „Materia z Kosmosu", „Wszechświat w oczach dzieci", „Człowiek na Księżycu".

Obecnie nasze możliwości lokalowe są na tyle ograniczone, że są tylko dwie stałe wystawy: „Materia z Kosmosu" oraz „Instrumenty Mikołaja Kopernika".

Na wystawie „Materia z Kosmosu" prezentowana jest kolekcja meteorytów gromadzona od 1991 roku oraz okruchy gruntu księżycowego podarowane planetarium w 1973 roku przez pierwszych ludzi, którzy w statku Apollo 11 wylądowali na Księżycu w lipcu roku 1969. Unikatowy eksponat materii pozaziemskiej — okruchy księżycowe stały się zaczątkiem kolekcji skał pochodzących z innych ciał Układu Słonecznego — planetoid, komet i Marsa.

Na naszej wystawie jest bardzo cenny i rzadki okaz — fragment skały z Marsa, meteoryt Zagami. Po ogłoszeniu w sierpniu 1996 roku, że w meteorycie marsjańskim ALH 84001 odkryto skamieniałe przejawy życia, nasz meteoryt Zagami stał się również obiektem zwiększonego zainteresowania. Chociaż nie ma w nim śladów życia, ale jest to jedyny meteoryt marsjański w Polsce. Mnóstwo dziennikarzy chciało go zobaczyć i sfotografować. Nasz meteoryt był też bohaterem telewizyjnej audycji „Kwant".

Olsztyńska kolekcja meteorytów składa się z kilku części: meteoryty polskie, które spadły bądź zostały znalezione na ziemiach będących w granicach Polski po 1945 roku, zbiór ilustrujący pochodzenie

meteorytów, zbiór prezentujący różne typy meteorytów oraz zbiór tektytów. Obecnie jest to największa kolekcja meteorytów w Polsce.

Olsztyńska kolekcja stała się inspiracją do utworzenia następnych kolekcji. Powstały kolekcje w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego, Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego oraz w planetariach we Fromborku, Toruniu i Grudziądzu. Powstało też kilkadziesiąt kolekcji prywatnych. Muzeum Mineralogiczne Uniwersytetu Wrocławskiego oraz Muzeum Ziemi w Warszawie również wyciągnęły swoje kolekcje z kas pancernych i wystawiły dla zwiedzających.

Wystawa jest tylko jedną z form przekazywania wiedzy o meteorytach. Dla zainteresowanych wydajemy biuletyn „Meteoryt" oraz zorganizowaliśmy Klub Kolekcjonerów Meteorytów. Stworzyliśmy też bazę danych o meteorytach znajdujących się w kolekcjach polskich. U nas nie tylko można obejrzeć meteoryty, ale także dowiedzieć się, jak ich poszukiwać i rozpoznawać. Za dostarczenie znalezionego meteorytu dajemy nagrodę. Tak więc meteoryty uczyniliśmy olsztyńską specjalnością.

O jakości pracy w każdej instytucji decydują zatrudnieni w niej ludzie. Pod tym względem Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne ma szczęście zatrudniać ludzi, którzy pracę popularyzatorską i dydaktyczną umieją wykonywać z pasją. Od roku 1973 pracują tu dr Kazimierz Schilling i dr Jadwiga Biała. Nieco krótszy staż pracy mają: mgr Ewa Janaszak, mgr Bogusław Kulesza, dr Jacek Szubiakowski, mgr Krystyna Mościcka, mgr Maciej Grzemski, mgr Lidia Kosiorek i dr Stefan Grabowski. Warto przypomnieć, że pracowali tu także: mgr Zbigniew Gałęcki, który ma ogromne zasługi w zbudowaniu obserwatorium, a w latach 1981–1986 był dyrektorem placówki, mgr Edith Pilska i mgr Andrzej Pilski, którzy przenieśli się do planetarium we Fromborku, co nie przeszkadza Andrzejowi bardzo ściśle z nami współpracować, szczególnie we wszystkich sprawach związanych z meteorytami.

Staramy się popularyzować astronomię nie tylko na łamach czasopism czytywanych przez miłośników astronomii i zainteresowanych nauką („Postępy Astronomii", „Urania", „Wiedza i Życie"), ale także w olsztyńskich gazetach, których czytelnicy do tak poważnych czasopism nie zajrzą. Od lat dr Jadwiga Biała pisze cotygodniowe felietony z cyklu „Podglądanie Kosmosu" do „Dziennika Pojezierza", a dr Kazimierz Schilling felietony z cyklu „Bliżej gwiazd" do „Gazety Olsztyńskiej". W olsztyńskim Radio Wa-Ma stały autorski program „Spójrzmy w gwiazdy" prowadzi mgr Ewa Janaszak. Również z innymi rozgłośniami radiowymi, lokalną telewizją i prasą staramy się współpracować, aby ludzie mogli w możliwie wielu miejscach dowiedzieć się czegoś ciekawego z astronomii.

Jesteśmy ogromnie wdzięczni członkom Rady Naukowo-Programowej, którzy służą nam radą i pomocą, a czasami ratują w poważnych opresjach. Bez ich życzliwych uwag i pomocy nasza działalność z pewnością nie byłaby tak bogata. W ciągu 25 lat naszej działalności w pracach Rady uczestniczyło kilkadziesiąt osób, których nie sposób tu wymienić. Jednak szczególnie chcielibyśmy podziękować trzem osobom, które pracują w naszej Radzie od pierwszego jej posiedzenia, czyli od 5 kwietnia 1974 roku. Są to: prof. dr hab. Hieronim Hurnik, prof. dr hab. Włodzimierz Baran oraz dr Krzysztof Ziołkowski. Związki prof. Barana z naszą placówką są nawet dłuższe niż jej istnienie, bowiem to właśnie on wybrał model aparatury i pracował w komitecie budowy planetarium.

Podsumowując ćwierć wieku działalności naszej placówki, można powiedzieć, że dzielnie realizowała ona misję odkrywania społeczeństwu tajemnic Wszechświata. Środowisko i tempo, w jakim toczy się życie, pozbawia ludzi możliwości obserwacji nieba, tego okna na ogrom Wszechświata. Dopiero wizyta w planetarium albo pokaz nieba w obserwatorium wywołują refleksje kosmologiczne i skłaniają do poszukiwania odpowiedzi w astronomii. Bardzo ważnym jest rozbudzenie tych szlachetnych zainteresowań wśród młodzieży. Na pracę z młodzieżą powinny zawsze znaleźć się pieniądze, bo inaczej trzeba będzie wydać jeszcze większe środki na likwidowanie patologii.

Wydaje się, że informacyjna rola planetarium i obserwatorium będzie rosła w miarę, jak ludzkość coraz intensywniej badać będzie Kosmos. I nie chodzi tu tylko o to, aby wraz z kolejnymi reformami oświatowymi aktualizować projekcje dydaktyczne. Ważnym jest tak włączyć się w proces edukacji, aby młody człowiek miał szansę poznać bliższy i dalszy Wszechświat oraz miejsce Ziemi we Wszechświecie.

Planetarium — pomnik, który społeczeństwo wzniosło w 500 rocznicę urodzin Mikołaja Kopernika, ma szansę jeszcze długo być pomnikiem żywym i pełnić ważną funkcję w mieście, w którym On pracował.

Jadwiga Biała

Refraktor coudé 150/2250 mm firmy Carl Zeiss Jena.

Seminarium dla nauczycieli fizyki

Warszawa, Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika 24–26 października 1997

Od kilku lat Komitet Astronomii finansuje doroczne spotkania dla nauczycieli fizyki ze szkół średnich. Jak bowiem wiadomo, nie ma w programach szkolnych osobnego przedmiotu „astronomia", ale — przynajmniej teoretycznie — naucza się go w ramach „fizyki z astronomią". Doświadczenie uczy, że ograniczona ilość godzin przeznaczonych na ten przedmiot kończy się na ogół redukowaniem treści astronomicznych prawie do zera. Tymczasem młodzi ludzie zalewani są przez środki masowego przekazu informacjami o nowych odkryciach w Układzie Słonecznym, pytają o zderzenia komet i planetoid z np. Ziemią, mają możliwość oglądania przepięknych zdjęć wykonanych za pomocą teleskopu kosmicznego, interesują się zarówno początkiem, jak i ewolucją Wszechświata. Wydaje się zatem, że owo naturalne zaciekawienie może być bardzo owocnie wykorzystane w procesie nauczania. Jest dość oczywiste, że wiedza astronomiczna zmienia się ostatnio bardzo szybko — nie zawsze wiadomo, co jest aktualne. Zapracowani nauczyciele, ciężko pracujący na życie, nie mają ani czasu, ani środków na zdobywanie np. bieżącej fachowej literatury nawet ze swojej „obowiązkowej" dziedziny — nie mówiąc o „dodatkach". Dlatego właśnie współpraca zawodowych astronomów z nauczycielami może przynieść wiele korzyści. Patrząc z pozycji współorganizatora takich seminariów, myślę nawet, że już powoli przynosi! Poprzednie spotkania opisane były w „Postępach Astronomii" (nr 2/96 i 3/97). Uczestniczyło w nich po kilkadziesiąt nauczycieli (patrz tabelka). Zawsze zaczynały się w piątkowy wieczór i trwały do niedzieli włącznie. Szefem spotkań jest tradycyjnie Mirosław Giersz, jego pomocnikami w tym roku byli Agnieszka Pollo, Zbigniew Loska i niżej podpisana. Dotychczasowe spotkania Nauczycieli (wszyscy/w tym z Warszawy):

Warszawa	18–21.11 1994	(33/19)
Koninki	1–3.12.1995	(30/12)
Warszawa	15–17.11.1996	(55/21)
Warszawa	24–26.10.1997	(48/18)

W ostatnim roku pierwszy dzień (właściwie tylko wieczór, bo od godz.17.30 — trzeba brać pod uwagę dojazdy osób z całej Polski) był w całości „zagospodarowany" przez nauczycieli i miłośników astronomii. Taka środowiskowa wymiana doświadczeń jest bardzo korzystna dla wszystkich uczestników spotkań, także dla astronomów zawodowych. Miło zauważyć, np. jak wielu praw fizyki nauczyć można, wykorzystując Wszechświat jako „laboratorium". Wiele osób oglądało kometę Hale-Boppa — mimo łuny od miasta zupełnie dobrze było ją widać. Obserwacje zresztą to zawsze owocna i miła część zajęć (jak nie ma pogody — musi wystarczać kontakt z instrumentami). W sobotę odbyły się cztery wykłady (prof. Józef Smak — „Co nowego w astronomii"; prof. Wojciech Dziembowski — „Obserwacje wnętrza Słońca"; dr Krzysztof Ziołkowski — „Nowy obraz Układu Słonecznego" oraz doc. Andrzej Sołtan — „Galaktyki") — publikujemy je sukcesywnie w kolejnych numerach „Uranii-PA". Czasu na konferencji nie jest dużo, każdy wykładowca miał godzinę na swój temat — w to wliczony jest czas dyskusji. Odbiorcami są fizycy — proszę się więc nie dziwić, że wykłady są bardzo zwarte i przekazują tylko to, co najważniejsze.

Redakcja będzie się starać, by możliwie wszystkie materiały z konferencji pojawiły się na naszych łamach (w tym opracowania przygotowane przez nauczycieli, które prezentowane były w piątkowy wieczór konferencji: pan Juliusz Domański — „Konspiracyjne nauczanie astronomii" oraz mgr Tomasz Kanarkowski — „Jak praktycznie nauczać astronomii w szkole średniej"). Z prawdziwą przyjemnością trzeba podkreślić, że uczestnicy naszych corocznych spotkań sami włączają się do uatrakcyjnienia programu — w ubiegłym roku jeden z nauczycieli (pan Kazimierz Derlacki) przygotował dla kolegów wybór poezji na tematy astronomiczne. Wieczorem odbyła się dyskusja uczestników. Organizatorzy chcieliby zawsze, by coś dało się z takich spotkań wynieść — choćby praktyczne wskazówki, co i jak można zrobić bardzo skromnymi środkami. I znów, jak zawsze widać było podział wśród nauczycieli na „roszczeniowych" (jak dostanę taśmy video, to zrobię astronomię) i zapaleńców, którzy jak przysłowiowy McGuyver: „robią samolot z zapałki". Wolę, rzecz jasna, pisać o tych drugich. Często wystarczy przecież młodych ludzi zachęcić drobiazgiem. Nauczyciele zwierzali się, że często zaczynają fizykę od astronomii. Kupują sobie w ten nietypowy sposób zainteresowanie uczniów i zaskarbiają ich sympatię. Jedna z nauczycielek (patrz „Urania" 2/97) na integracyjnym obozie dla pierwszych klas liceum zorganizowała wspólne oglądanie porannego zaćmienia Księżyca — młodzież do dziś wspomina to doskonale. Jest starą prawdą, że najlepiej pamięta się to, co się samemu przeżyło. Ważna wydaje mi się też taka refleksja, że nie tylko szkołę i programy trzeba reformować — zreformować się muszą także sami nauczyciele (to nie był głos organizatora, ale jednej z nauczycielek!). Owocem dyskusji był też wspólny list do Ministerstwa Edukacji Narodowej.

Zakończeniem pracowitej seminaryjnej soboty było zupełnie nieformalne spotkanie podczas uroczystej kolacji. Znamy się w większości od kilku lat, przybywa nam wszystkim i doświadczeń, i wspólnych pomysłów — dobrze o tym porozmawiać w swoim gronie! Na zakończenie warto dodać, że w ubiegłym roku została nieco zmieniona formuła seminarium — ostatni dzień spotkania pokrywał się z tzw. Dniem Otwartym Centrum Astronomicznego. Od godz. 9 rano do 16 każdy zainteresowany astronomią mógł przyjść do naszego Centrum na „Spacer po Wszechświecie". Przy-

gotowane były pokazy na świeżym powietrzu i rozmaite imprezy w budynku. Na szczęście pogoda dopisała i chętnych było...kilkuset! Na dworze ustawiony był model Układu Słonecznego w skali 1:15 miliardów (Słońce wielkości pomarańczy, kolejne planety — kuleczki zatopione w pleksiglasie, w tym najdalszy Pluton w odległości 400 m od Słońca — przy każdej planecie, ustawionej na metalowej podstawce, podane były szczegółowe dane na temat jej masy, rozmiarów itp.), a koledzy z warszawskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Astronomicznego pokazywali swoje teleskopy i ...chyba jedyną, widoczną na specjalnie przygotowanym ekranie plamę słoneczną (Słońce pechowo było w minimum jedenastoletniego cyklu aktywności).

W budynku można było kupić książki popularnonaukowe wydawnictwa Prószyński i S-ka oraz zdjęcia astronomiczne kolegów z PTMA. Były do kupienia „Postępy Astronomii", „Urania", poradniki obserwatora... Członkowie PTMA nie tylko szczycili się swoim dorobkiem — demonstrowali także metody swojej pracy. Młody adept sztuki szlifowania zwierciadeł do teleskopów demonstrował, jak to się robi. Można było oglądać dwie różne galerie plakatów — kolorowe zdjęcia różnych obiektów astronomicznych i przygotowane przez kolegów astronomów bardzo proste „reklamówki" o tym, co aktualnie robią. Z założenia miały to być plakaty zrozumiałe dla kompletnego laika! Jednocześnie astronomowie wytrwale pokazywali astronomiczne programy komputerowe i (legalnie!!!) kopiowali, kopiowali, kopiowali... Wahadło Foucaulta nieustannie pokazywało, że Ziemia jednak się kręci. Inne zajęcia (pokazy filmów video, przezroczy, wykłady) odbywały się w dwu salach wg wyznaczonego wcześniej planu. Łatwo się domyślić, że jako współorganizatorzy także Dnia Otwartego usłyszeliśmy wiele uwag nie zawsze pozytywnych.

Program Dnia Otwartego był przeładowany, jednocześnie w różnych salach odbywały się różne zajęcia i siłą rzeczy nie udało się zainteresowanym dotrzeć do wszystkiego, na co mieli ochotę, zabrakło wcześniejszej szczegółowej informacji (o to mieli — słusznie — żal głównie nauczyciele z Warszawy, którzy stracili szansę zainteresowania Dniem Otwartym swoich uczniów). Notka ta jednak dotyczy relacji z seminarium dla nauczycieli. Wydaje się, że akurat dla nich taka impreza — mająca oczywiście swoje dobre i złe strony — trochę mija się z celem (jest przeznaczona dla odbiorcy na znacznie niższym poziomie). Może więc łączenie tych imprez jest błędem organizatorów? A może tylko wystarczy dotrzeć szczegóły? Wiele wskazuje na to, że ze względów właśnie organizacyjnych w tym roku znów seminarium będzie zakończone taką otwartą dla wszystkich imprezą — przekonamy się i wtedy łatwiej będzie zastanowić się nad przyszłością.

Magdalena Kożuchowska

GWIAZDY

Patrz, moja dziewko, jak w nocy chłodne
Niebo swe ognie rozświeca pogodne,
Jak gęste gwiazdy i promienie
Brudne Hekaty zwyciężają cienie.
Przypatrz się liczbie, przypatrz ich ozdobie,
A najdziesz więcej we mnie albo w sobie:
Jasne są gwiazdy, ale z twoich oczy
Miłość nierównie większą jasność toczy;
Siła gwiazd, ale przy dobrym rachunku
Mąk ty mnie więcej dajesz bez ratunku.
Tak ty światłość ich światłem swym przechodzisz,
Ja liczbę męką, którą sercu szkodzisz.
Ja-ć z nimi zawsze gotową mam zwadę
I za niechętne zewsze sobie kładę,
Bo gdy mię na świat zła chwila puściła,
Żadna przychylna gwiazda nie świeciła,
Lecz ty, Jagusiu, przy szczęśliwym gnieździe,
Widząc, gdy pojrzysz po hartownym niebie,
W ich liczbie – moje troski, w blasku – siebie.

Jan Andrzej Morsztyn

(dokończenie listów ze str. 98.)

wa korzystnie na jakość. Warto wspomnieć, że cena tego teleskopu przewyższa cenę obiektywu MTO-1000, który jest 10-centymetrowym systemem Maksutowa. Cena giełdowa lub komisowa to 300 – 400 zł. Firma Uniwersał zachęca nas do kupowania swoich teleskopów, kusząc maksymalnymi możliwymi powiększeniami, a te są w istocie oszałamiające! Dla 15-cm Newtona maksymalne powiększenie wynosi 500×, a dla 9-cm — 200×. Biada temu, kto ich użyje...

Chciałbym podkreślić, że szanuję i cenię pracę Pana Uniwersała. Fakty jednak pozostaną faktami czy się to komuś podoba, czy nie.

Z poważaniem

Wiesław Skórzyński
Toruń

INFORMACJA O PRENUMERACIE

Prenumerata na rok 1998 (6 zeszytów) kosztuje 36 zł
Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
BIG Bank S.A. o/Toruń
Nr 10401514-6347-132

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych udziela:

Barbara Gertner
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11
87-100 Toruń

E-mail: basia@astri.uni.torun.pl, tel/fax (0-56) 611 3014 wewn. 14

Młodzi miłośnicy astronomii na XIV OMSA w Grudziądzu

Już po raz XIV odbyło się w Grudziądzkim Planetarium przy Zespole Szkół Chemiczno-Elektrycznych (na zdjęciu powyżej) Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne, a właściwie po raz XXIV, jeżeli doliczymy 10 Seminariów Międzywojewódzkich Polski Północnej, które potem przekształciły się w imprezę ogólnopolską. I jak co roku, odbyło się ono u progu astronomicznej wiosny, chociaż grudziądzanom data 21 marca kojarzy się z kolejną rocznicą pobytu Mikołaja Kopernika w tym mieście i wygłoszenia traktatu o monecie. Niektórym, niestety, kojarzy się tylko i wyłącznie z dniem wagarowicza.

Impreza ta organizowana jest corocznie przez dwa planetaria: olsztyńskie i grudziądzkie, przy współudziale finansowym wielu towarzystw naukowych i instytucji. W Grudziądzu odbywa się finał konkursów na referat z astronomii i astronautyki i seminariów wojewódzkich. W tym roku, w XIV OMSA udział wzięło 26 województw, a na finał do Grudziądza wytypowano 51 referatów, ostatecznie wygłoszono 46. Seminarium zainaugurował krótki wykład prof. Roberta Głębockiego nt. „Gwiazdy podwójne — małżeństwo czy rodzeństwo?"

Skala tego Seminarium jest znacznie większa. W całej tej akcji w województwach, które włączyły się w organizację tego konkursu, nadesłano do organizatorów 585 referatów, do wygłoszenia na Seminariach wojewódzkich zakwalifikowano 210 prac, z czego do Grudziądza komisje wojewódzkie wytypowały 51 referatów. Te wyróżnione prace prezentowane były na finałach w Grudziądzu w 5 sesjach tematycznych: planetarnej, słonecznej, meteorowo-kometarnej, gwiazdowej i astronautycznej, przed publicznością reprezentującą poszczególne województwa, a oceniane przez jury złożone z astronomów, wytypowanych przez Polskie Towarzystwo Astronomiczne, Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii i Polskie Towarzystwo Astronautyczne. Jury przewodniczył, jak co roku, dr Kazimierz Schilling, a w jury ciężko pracowali przez 3 dni astronomowie: dr Jadwiga Biała, dr Henryk Brancewicz, prof. Robert Głębocki, doc. Tadeusz Jarzębowski, dr Maria Pańków i prof. Andrzej Woszczyk. Jury oceniało jak zwykle referaty pod względem merytorycznym, jak również wiedzę wygłaszającego, wkład własnej pracy, umiejętność podejścia do tematu oraz sposób i samodzielność wygłoszenia referatu. I jak zwykle, jury najwyżej oceniło własne prace obserwacyjne, najniżej — prace niesamodzielne, przepisane i wyrecytowane, bo i takie się zdarzały.

Obecność astronomów daje uczniom i nauczycielom możliwość zapoznania się z komentarzami i uwagami specjalistów w tej dziedzinie. Po każdym referacie była możliwość dyskusji, a po każdej sesji tematycznej podsumowanie dokonane przez jednego z jurorów.

Młodzi miłośnicy astronomii, którzy spotykają się tu w finale, cenią sobie możliwość kontaktu z zawodowymi astronomami. Seminarium to jest również dla nich szansą sprawdzenia swojej wiedzy, pokazania innym swoich wielomiesięcznych czy często wieloletnich obserwacji, badań i dociekań. Młodzież uczy się tu publicznego występowania, przebijania ze swą wiedzą i umiejętnościami, w niekonwencjonalny i atrakcyjny sposób zdobywa wiedzę.

Sala wykładowa Grudziądzkiego Planetarium w trakcie jednej z sesji Seminarium.

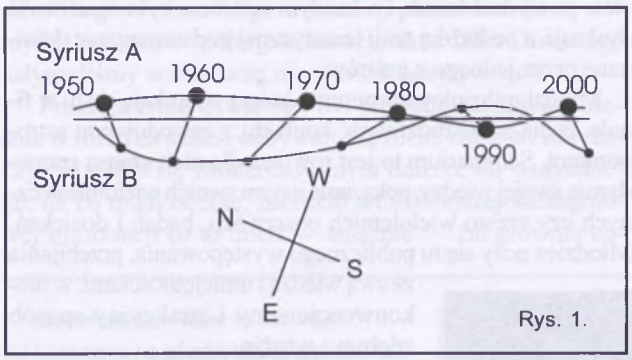
W tym roku spośród 46 wygłoszonych referatów jury wyłoniło grupę 16 laureatów, przyznając dwa równorzędne I miejsca uczniom: Krzysztofowi Kamińskiemu z Poznania za „Amatorskie obserwacje astronomiczne" i Konradowi Smolińskiemu z Włodawy za „Wykorzystanie kamery CCD w amatorskich obserwacjach astronomicznych", i dwa równorzędne II miejsca uczniom: Karolowi Szałowskiemu z Łodzi za „Meteory w świetle ustaleń teoretycznych i obserwacji własnych" oraz Szymonowi Wesołowskiemu z Gdyni za „Cefeidy — krótkie spojrzenie".

(*dokończenie na str. 133*)

PSIA GWIAZDA NA LEKCJI ASTROFIZYKI

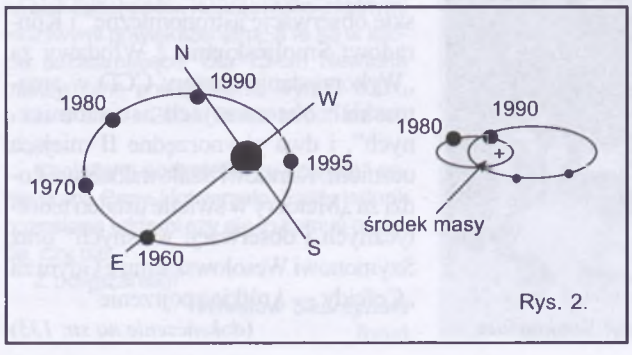
Najjaśniejsza gwiazda nocnego nieba, Syriusz, wyróżnia się swoim intensywnym blaskiem, ustępując pod względem jasności jedynie Słońcu, Księżycowi, Wenus i Jowiszowi. W starożytnym Egipcie pojawienie się Syriusza na tle porannej zorzy tuż przed wschodem Słońca zapowiadało nadejście oczekiwanej pory wylewu Nilu. Oznaczało także początek nowego roku. Rzymianom Syriusz kojarzył się z letnimi upałami i nazywali go Psią Gwiazdą (Canicula). Stąd właśnie używane do dziś określenie — kanikuła. Wzmianki o Syriuszu znajdujemy też w „Iliadzie" Homera, „Eneidzie" Wergiliusza i u wielu innych autorów, a także w ustnych przekazach prymitywnych ludów.

Uwagę astronomów zwrócił na nią w 1717 r. Edmund Halley, zauważając, że jego wyznaczenia pozycji gwiazdy (wykonywane w 1676 r. na Wyspie Św. Heleny) nie są zgodne z wcześniejszymi wyznaczeniami Johna Flamsteeda i Tychona de Brahe. Potwierdził to Friedrich Bessel w 1844 roku, zauważając duży ruch własny gwiazdy (ok. 1."326 sekundy kątowej na rok). Zauważył ponadto, że droga Syriusza na tle dalszych gwiazd jest linią falistą (rys. 1) i wyciągnął stąd wniosek o posiadaniu przez Syriusza niewidocznego towarzysza. Wniosek ten został w pełni potwierdzony w 1862 r. przez Alvana Clarka, który przez 46 cm refraktor dostrzegł znacznie słabszego towarzysza, nazywanego odtąd Syriuszem B. Wreszcie w 1914 r. udaje się Walterowi Adamsowi uzyskać, niezbyt doskonałe co prawda, widmo Syriusza B.



Rys. 1.

Paralaksa układu Syriusza p = 0."378. Wielka półoś orbity Syriusza B jest widoczna pod kątem a = 7."42. Okres obiegu P = 50 lat. Stosunek półosi względnych $a_B / a_A = 2.0$.



Rys. 2.

Jasności widome są $m_A = -1.^m47$ i $m_B = 8.^m6$. Typ widmowy Syriusza A jest A1 V, co wskazuje na jasność absolutną $1.^m42$ i temperaturę powierzchniową $T_A = 9600$ K. Natomiast wskaźnik barwy Syriusza B wskazuje na temperaturę $T_B = 27\,000$ K. Wzajemna odległość kątowa obu składników zmienia się od ok. 3 do 11". Na rysunku 2 widzimy układ Syriusza w układzie odniesienia związanym z Syriuszem A i w układzie środka masy.

W oparciu o te podstawowe dane obserwacyjne możemy sformułować cały szereg zadań:

Zadanie 1. Wykorzystując znajomość paralaksy, oblicz odległość układu.

Zadanie 2. Oblicz odległość układu, wykorzystując znajomość jasności widomej i absolutnej Syriusza A.

Zadanie 3. Jaka jest najmniejsza odległość składników układu?

Zadanie 4. Oblicz masę układu (w masach Słońca).

Zadanie 5. Oblicz masy obu składników układu.

Zadanie 6. Oblicz moc promieniowania Syriusza A (w mocach promieniowania Słońca).

Zadanie 7. Jaka jest jasność absolutna Syriusza B?

Zadanie 8. Jaka jest moc promieniowania Syriusza B?

Zadanie 9. Oblicz promień Syriusza A.

Zadanie 10. Oblicz promień Syriusza B.

Zadanie 11. Oblicz średnie gęstości tych gwiazd.

Rozwiązania poszczególnych zadań są bardzo proste. Wymagają zastosowania uogólnionego III prawa Keplera, związku między jasnością widomą a absolutną i prawa Stefana-Boltzmanna oraz prostych zależności geometrycznych. Dlatego też nie podajemy szczegółowych rozwiązań, a jedynie liczbowe wyniki.

	Syriusz A	Syriusz B
Odległość	2.65 pc (8.6 l.św.)	2.65pc(8.6 l.św.)
Masa	2 $M_\odot$	1 $M_\odot$
Moc promieniowania	22.5 $L_\odot$	0.002 $L_\odot$
Jasność absolutna	$1.^m42$	$11.^m5$
Promień	1.7 $R_\odot$	1400 km
Gęstość średnia	0.58 g/cm^3	1700 ton/cm^3

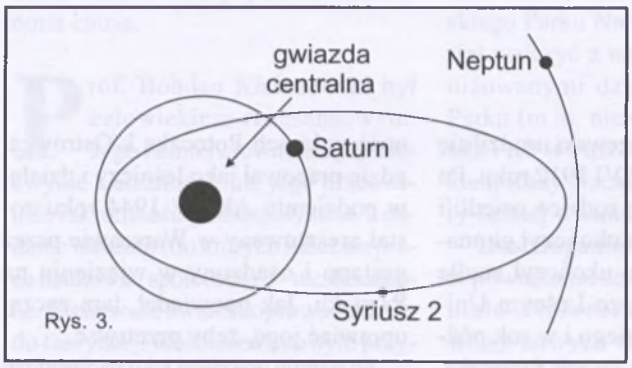
Wzajemna odległość zmienia się od ok. 8 do 29 j.a. W tym miejscu warto porównać układ Syriusza z Układem Słonecznym (rys. 3).

Szczególnie szokujące są promień i gęstość Syriusza B. Nic więc dziwnego, że w 1914 r. A. Eddington napisał:

Po rozszyfrowaniu komunikatu (tzn. widma — JD) z Syriusza B brzmiał on: „Składam się z materii o gęstości 3000 razy przewyższającej wartości, które znacie. Tona mojej materii jest małą bryłką, którą z łatwością można zamknąć w pudełku od zapałek." Jaką odpowiedź można było dać na taki komunikat? Odpowiedź, jaką większość z nas dała

w 1914 roku brzmiała: „Przestań bredzić!" (Artur Eddington, *Stars and atoms*)

Zauważmy tutaj, że w 1914 r., na podstawie widma uzyskanego przez Adamsa oszacowano temperaturę powierzchniową Syriusza B na ok. 7700 K, skąd uzyskano gęstość średnią zaledwie 110 kg/cm^3. Problem został rozwiązany dopiero w latach trzydziestych, głównie dzięki pracom S. Chandrasekhara (teoria zdegenerowanego gazu elektronowego).



Rys. 3.

Podstawowym celem tej serii zadań jest pokazanie, jak w oparciu o podstawowe obserwacje astrometryczne, fotometryczne i spektroskopowe astronomowie uzyskują informacje o parametrach fizycznych gwiazd. Niejako przy okazji zapoznajemy uczniów z ciekawą klasą gwiazd — białymi karłami. Osobiście od tej serii zadań rozpoczynam kurs astrofizyki. Oczywiście wcześniej, w działach *pole grawitacyjne* i *elementy fotometrii* wprowadzam prawa Keplera i wzór Pogsona (najchętniej w oparciu o prawo Webera-Fechnera). Wydaje mi się też, że w tym układzie większe zainteresowanie pojawia się na następnych lekcjach poświęconych klasyfikacji widmowej i wskaźnikowi barwy oraz związkom typów widmowych i wskaźników barwy z temperaturą powierzchniową i jasnością absolutną.

Z Syriuszem związana jest też pewna zagadka. Seneka, a również Ptolemeusz (II wiek n.e.) określają Syriusza jako jasną, czerwoną gwiazdę. Dodajmy, że podobne określenia pojawiają się też w ustnych przekazach Indian północnoamerykańskich i niektórych plemion afrykańskich. Wg współczesnej wiedzy jest rzeczą niemożliwą, aby w tak krótkim czasie Syriusz B przeszedł od stadium czerwonego olbrzyma do stadium białego karła, nie pozostawiając przy tym żadnych śladów odrzuconych warstw zewnętrznych. A może nie wszystko jeszcze wiemy o ewolucji gwiazd?

Juliusz Domański

ASTRO-BIT
Oprogramowanie i materiały astronomiczne

Ireneusz Włodarczyk
ul. Rewolucjonistow 15/13
42-500 Będzin

tel.:(0-32) 761-29-46 e-mail: astrobit@ka.onet.pl

(*dokończenie ze str. 131.*)

Były oczywiście i dyplomy uczestnictwa, i nagrody ufundowane przez towarzystwa i instytucje popierające i doceniające w ten sposób całą tę akcję, a mianowicie: Polskie Towarzystwo Astronomiczne w Warszawie, Fundacja Astronomii Polskiej w Warszawie, Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii w Krakowie i Kuratoria Oświaty województw uczestniczących w Seminarium oraz Wydział Oświaty w Grudziądzu. Dyplomami i roczną prenumeratą „Uranii-PA" wyróżnieni zostali zaangażowani od wielu lat w akcję Seminariów nauczyciele: mgr Barbara Maciejowska z Tarnowa, mgr Ryszard Nych z Wrocławia, mgr Leszek Szalast z Radzynia Podlaskiego, mgr Mirosław Trociuk z Włodawy i mgr Janusz Wrzesiński z Włocławka.

Oczywiście tradycyjnie było zwiedzanie Grudziądza, były seanse w Planetarium oraz obserwacje pięknych, dorodnych plam słonecznych w obserwatorium astronomicznym. Dla niektórych uczestników Seminarium, uczniów i nauczycieli, była to niekiedy pierwsza okazja „bycia" w Planetarium, obejrzenia seansu czy zaobserwowania plam na Słońcu. I jak zwykle też po uroczystości wręczenia nagród, przy kawie i ciastku można było nawiązać ostatnie kontakty, porozmawiać i wymienić doświadczenia.

Mam nadzieję, że uczestnicy XIV OMSA wyjechali z Grudziądza zadowoleni i usatysfakcjonowani, wzbogaceni o pewną wiedzę i doświadczenie, umiejętności i kontakty, z postanowieniem wrócenia tu za rok, a Gospodarze Miasta, Szkoły i Planetarium w Grudziądzu już dziś serdecznie zapraszają na XV (25) OMSA.

Małgorzata Śróbka-Kubiak

W XIV OMSA udział wzięło 26 województw:

białskopodlaskie
bydgoskie
chełmskie
częstochowskie
elbląskie
gdańskie
gorzowskie
krakowskie
łódzkie
leszczyńskie
olsztyńskie
ostrołęckie
nowosądeckie
piotrkowskie
płockie
poznańskie
sieradzkie
skierniewickie
słupskie
suwalskie
tarnowskie
toruńskie
warszawskie
włocławskie
wrocławskie
zielonogórskie

Eliminacje do Grudziądzkiego Seminarium w województwie słupskim odbyły się w tym roku w Lęborku, gdzie prężnie działa koło „Copernicus". Dwa pierwsze miejsca zajęli M. Okrój i M. Zieliński z tego właśnie koła (fot. W. Klata).

In Memoriam

Bohdan Kiełczewski (1912–1998)

Bohdan Kiełczewski urodził się w Kownie 7 VI 1912 roku. Po wojnie jego rodzice osiedlili się w Kaliszu, gdzie ukończył gimnazjum. W 1934 roku ukończył studia na Wydziale Rolniczo-Leśnym Uniwersytetu Poznańskiego i w rok później podjął pracę w lasach Potoczka, własności Janusza Gombrowicza, brata pisarza Witolda, z którym był spokrewniony (ojciec Witolda był jego dziadkiem).

W 1936 roku ukończył Szkołę Podchorążych Rezerwy Artylerii we Włodzimierzu. Pracował w Dyrekcji Lasów Państwowych w Poznaniu.

Z wybuchem wojny został zmobilizowany i walczył nad Bzurą, później dotarł do Warszawy i brał udział w obronie Cytadeli. Został aresztowany i jako jeniec przewieziony do Poznania, skąd wkrótce Go wysiedlono. W 1939 roku rozpoczął swą działalność w lasach Potoczka k/Ostrowca, gdzie pracował jako leśniczy i działał w podziemiu AK. W 1944 roku został aresztowany w Warszawie przez gestapo i osadzony w więzieniu na Pawiaku. Jak opowiadał, tam zaczął uprawiać jogę, żeby przetrwać.

Po wojnie pracował jako nadleśniczy w Ożarowie, a po powrocie do Poznania objął stanowisko adiunkta w Zakładzie Zoologii i Entomologii UP. Doktoryzował się na tymże wydziale w 1945 roku, na podstawie pracy: „Rola tasików jako żywicieli pasożytniczych muchówek i błonkówek w lesie". Od 1949 pracuje w Katedrze Ochrony Lasu. Habilitację otrzymuje w 1951 na podstawie pracy „Obserwacje nad występowaniem mniszki (*Lymantria monacha L.*) w latach 1947-49 na tle teorii o masowych pojawach".

W 1961 roku otrzymał tytuł profesora nadzwyczajnego, a w 1968 roku profesora zwyczajnego. Pełnił liczne funkcje, był m.in. prodziekanem Wydziału Leśnego, dyrektorem Instytutu Biologii Stosowanej, a także prorektorem Akademii Wychowania Fizycznego, kierownikiem Katedry Sportu, Biologii, Biometeorologii i in. Wykładał zoologię leśną i ochronę lasu oraz entomologię leśną. Jako jeden z pierwszych w Polsce prowadził wykłady z zakresu ochrony środowiska. Był promotorem w 7 przewodach doktorskich, prowadził ponad 120 prac magisterskich. Jego dorobek naukowy obejmuje przeszło 150 prac publikowanych w kraju, Wielkiej Brytanii, RFN, Francji i USA. Zakres Jego pracy naukowej obejmował szerokie dziedziny — od entomologii leśnej, akarologii (6 nowych taksonów roz-

JM Rektor Akademii Rolniczej w Poznaniu prof. dr hab. R. Ganowicz składa gratulacje prof. zw. dr hab. B. Kielczewskiemu z okazji nadania w dniu 8 maja 1992 roku zaszczytnego tytułu doktora honoris causa.
(fot. M. Skorupski)

toczy zostało nazwanych Jego nazwiskiem), ochrony lasu, arachno-entomologii lekarskiej, po biometeorologię sportu, biorytmikę i kosmoekologię. Tak właśnie nazwał naukę o kosmicznym środowisku człowieka. Był autorem bądź współautorem 3 podręczników, w tym pionierskich „Biometeorologia sportu" (wspólnie z J. Boguckim) i „Kulturotwórcza rola lasu" (wspólnie z J. Wiśniewskim)

W 1992 senat Akademii Rolniczej nadał Mu zaszczytny tytuł doktora honoris causa.

Prof. Bohdan Kiełczewski był człowiekiem renesansowym. Jego zainteresowania były niezwykłe i niezmierzone, jego pracowitość i skromność — niespotykana, a oddanie ideałom (do których należała praca naukowa i społeczna) — nieskończone. Ciekawość świata doprowadziła Go do fascynacji Kosmosem, co było przyczyną utworzenia, z Jego inspiracji, na początku lat pięćdziesiątych, Poznańskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

Przez pierwsze dwa lata współpracował, jako v-ce prezes z prezesem Prof. J. Witkowskim, potem objął funkcję prezesa, którą piastował do 1989 roku, a więc 36 lat! Przez kilka kadencji działał także w Zarządzie Głównym PTMA oraz przez dwie kadencje był Przewodniczącym Głównej Rady Naukowej PTMA. Można powiedzieć, że za jego przewodnictwa Oddział PTMA rozkwitał; wtedy miało miejsce najwięcej pokazów nieba i pogadanek, budowano także amatorskie teleskopy (sam profesor szlifował do nich zwierciadła). W 1976 roku, przy Jego pomocy, zorganizowaliśmy ekspedycję na zaćmienie Słońca do Turcji Azjatyckiej. W uznaniu zasług Zarząd Główny PTMA przyznał Mu Srebrną i Złotą Odznakę Honorową PTMA.

Wszyscy pamiętamy szczupłą postać Profesora, skromnego i pogodnego, siedzącego w sekretariacie PTMA (w piwnicy, bo Poznański Oddział miał „szczęście" najczęściej urzędować w piwnicy, najdłużej na Starym Rynku Poznania). Tam, przy herbatce, zawsze można było porozmawiać na wszystkie tematy, bo Profesor, niezwykły erudyta, potrafił odpowiedzieć na każde pytanie, nie tylko z dziedziny astronomii. Trudno zliczyć, ilu miłośników astronomii i przyszłych astronomów spotkało się z Jego zainteresowaniem i życzliwością.

Widząc Go tak cichego i spokojnego, nawet nie wyobrażaliśmy sobie, ile funkcji społecznych Profesor pełnił, i jak bezkompromisowo potrafił walczyć z ludzką nieuczciwością, obłudą, zakłamaniem, działaniem na szkodę środowiska. Był przecież przez wiele lat m.in. członkiem Rady Wielkopolskiego Parku Narodowego, gdzie musiał walczyć z nieprawnymi, a zorganizowanymi działaniami na szkodę Parku (m.in. nielegalna budowa szpitala PKP w Puszczykowie) oraz członkiem Rady Naukowej Ośrodka Kultury Leśnej w Gołuchowie.

Dostrzeganie wszystkich zjawisk w powiązaniu ze sobą nawzajem skłaniało Profesora do poszukiwania wciąż nowych tematów badań. Miał odwagę interesować się tak niepopularnymi wśród ciasnych technokratów dziedzinami, jak psychotronika czy astrologia. Należy jednak podkreślić, że szerokość zainteresowań łączył On z naukową rzetelnością i niezwykłym, do końca życia zachowanym, krytycyzmem. Będąc społecznikiem i organizatorem — także organizował. A więc był współzałożycielem Wielkopolskiego Stowarzyszenia Różdżkarzy (później Stowarzyszenie Psychotroniczne) oraz Stowarzyszenia Astro Association, gdzie także prezentował swe dociekania kosmoekologiczne, m.in. badania dotyczące umieralności w zależności od rozbłysków chromosferycznych, aklimatyzacji strefowej, problemów rytmów organizmów: okołodobowych, sezonowych i rocznych, a także endogennych. Wrażliwy na cierpienie najbardziej bezbronnych — sierot, był współzałożycielem i działaczem Stowarzyszenia Pomocy Mieszkaniowej dla Sierot w Baranowie, które obecnie objęło swym zasięgiem całą Polskę.

Został odznaczony za działalność naukową 5 nagrodami resortowymi, poza tym także innymi odznaczeniami, m.in.: Krzyżami Kawalerskim, Oficerskim i Komandorskim Orderu Odrodzenia Polski, Krzyżem AK i Medalem „Za udział w wojnie obronnej". Te dwa ostatnie odznaczenia cenił najbardziej.

Miał całe rzesze kochających Go wychowanków, którzy nawet z krańca Polski przyjeżdżali do Niego w odwiedziny. Podczas uroczystości wręczenia tytułu doktora honoris causa sala w Pałacu Działyńskich na Starym Rynku w Poznaniu nie mieściła przybyłych gości. Wychował wielu naukowców, a jeden z nich — prof. Jerzy Wiśniewski, stał się Mu bliski jak syn. On też wspierał profesora duchowo i fizycznie, choćby... śniadaniami przynoszonymi do Akademii. Profesor bowiem umiał się troszczyć tylko o innych, nie o siebie.

Profesor Kiełczewski był człowiekiem niezwykłej dobroci, skromności i żelaznego ducha. Nigdy nie pozwalał sobie na chwile słabości. Na pytanie o stan zdrowia zwykł odpowiadać: „Zgodnie z wiekiem". Jeszcze w 1982 roku, a więc w 70 roku życia i to po prawie półwiekowej przerwie (!) dosiadł konia i wraz z grupą studentów wybrał się na przejażdżkę po lesie, a na pytanie, czy może galopować, odparł: „Oczywiście, panie kolego, tylko tam, gdzie nie ma gałęzi, bo nic nie widzę". Wzrok miał bowiem już wtedy bardzo słaby.

Pracował do końca swoich dni, prowadząc do 85 roku życia wykłady, zajęcia z magistrantami i do końca uczestnicząc w posiedzeniach Rady Wydziału Akademii Rolniczej. Tam też zasłabł, broniąc swego współpracownika przed krzywdzącymi pomówieniami. Parę dni później, 6 II 98, zmarł.

Odszedł od nas człowiek dobry, prawy i skromny, o nie spotykanej dziś kulturze osobistej, niezwykłej wiedzy i szerokich zainteresowaniach. O wielkim umyśle i ogromnym sercu. Do Niego, jak do nikogo innego, pasuje kantowskie określenie: „Niebo gwiaździste nade mną, prawo moralne we mnie". Na zawsze pozostanie w naszej pamięci!

Może już galopujesz, Profesorze, na swoim kasztanku, po niebiańskich łąkach i stamtąd widzisz człowieka takim, jakim chciałbyś, aby się stał: DOBRYM.

Honorata Korpikiewicz

JESZCZE O OBSERWACJACH METEORÓW W POLSCE

W „Uranii-Postępach Astronomii" Nr 1 z 1998 r. z zainteresowaniem (ale też i pewnym zdumieniem) przeczytałem list p. Honoraty Korpikiewicz dotyczący obserwacji meteorów wykonywanych w Polsce.

Zanim uzupełnię uwagi Autorki w tej sprawie, chciałbym podać sprostowanie kilku informacji, które są nieprawdziwe. Absolutnie nikt nie twierdzi, że od podstaw organizowałem obserwacje meteorów w Polsce! A. Olech w swoim artykule („Urania" 7-8/97) napisał po prostu, że założyłem Pracownię Komet i Meteorów. I jest to prawda tym bardziej, że była to w 1987 roku organizacja całkowicie niezależna od PTMA i jakiejkolwiek innej instytucji, a co więcej finansowana prywatnie przez niżej podpisanego. Bliższe kontakty z PTMA zostały podjęte po 1990 r., kiedy to ta „jedyna amatorska organizacja astronomiczna w Polsce" zmieniła zasady swego działania i przestała wszystkich traktować z pozycji monopolisty. A więc nie chodzi tu o organizację obserwacji, a raczej powołanie nowej organizacji, z którą akurat p. Korpikiewicz nic wspólnego nie ma.

Również uwagi na temat działalności Sekcji Obserwatorów Meteorów PTMA nie do końca są prawdziwe. Byłem członkiem tej sekcji w latach 1979–1982, to jest do czasu, gdy praktycznie przestała ona pracować. Po 1982 r. sekcja przestała istnieć — chociaż, być może, formalnie gdzieś tam była w dokumentach zarejestrowana. O tym, że nie pracowała najlepiej, świadczy fakt, iż nawet w URANII nie pojawiał się żaden adres kontaktowy. Przewodniczący sekcji, p. Anton Stiller (z którym do dzisiaj utrzymuję stałe kontakty) w połowie lat osiemdziesiątych wyemigrował do Niemiec, co w sposób ostateczny zamknęło wszelką jej działalność.

W roku 1991, pojawiła się w PTMA Sekcja Meteorów i Meteorytów, której w pierwszych latach istnienia byłem koordynatorem (obecnie jest nim mieszkający we Fromborku p. Andrzej Pilski). Sekcja ma inny profil i inne metody pracy niż SOM, chociaż nie odcina się w żadnym wypadku od historii swej poprzedniczki. Kontynuowane są seminaria Meteorowo-Meteorytowe (ostatnie w 1997 r. w Olsztynie), prowadzone amatorskie prace badawcze, wykonywane nowe programy obserwacyjne. Sekcja jest dostępna dla wszystkich i nikogo na specjalnych warunkach nie zapraszamy, ale też nikogo nie pomijamy — po prostu wystarczy dokładnie czytać URANIĘ, gdzie ukazują się ogłoszenia o kolejnych spotkaniach i adresy.

Pozostaje jeszcze sprawa rzekomych materiałów. Chyba p. Korpikiewicz z kimś mnie pomyliła (świadczy o tym chociażby fakt, że imię moje zaczyna się na literę „j" a nie „w"), ponieważ pisze: „Około roku 1990 (...) przekazałam p. W. Kosińskiemu wszelkie posiadane materiały i adresy obserwatorów". Informacja ta wprawiła mnie w osłupienie, ponieważ nigdy takich materiałów ani adresów nie otrzymałem! Panią Korpikiewicz ostatni raz widziałem osobiście w 1981 roku, a w 1989 otrzymałem kopię Jej artykułu na temat domniemanego krateru meteorytowego we Fromborku. I to wszystko. Gdzie są więc te obiecane materiały?

Ale to wszystko jest oczywiście mniej istotne, chociaż może sprawiać wrażenie, że uzurpuję sobie prawo do „noszenia tytułu pierwszego obserwatora meteorów w Polsce". Jak wspomniałem na początku, tak nie jest. Nigdy nie pomijałem roli p. Korpikiewicz i SOM/SMiM PTMA (vide J. Kosinski, PORADNIK OBSERWATORA METEORÓW, Biblioteczka Uranii nr 8, PTMA, Kraków 1993, ss. 33, 52, 53) — wprost przeciwnie, zawsze podkreślałem wieloletnie tradycje obserwacji meteorów w Polsce, np. opracowując historię tego typu prac od roku 1920.

Trzeba bowiem pamiętać, że również nie p. Korpikiewicz prace te w naszym kraju zaczęła prowadzić pierwsza. W latach okresu międzywojennego aktywne prace obserwacyjne i teoretyczne (z publikacjami włącznie) prowadził L. Rzewnicki. Plon tych prac jest bogaty i do dzisiaj może stanowić dla miłośników astronomii wzór, jak powinno wyglądać ich działanie.

W latach pięćdziesiątych, liczne prace prowadził A. Pacholczyk. Były to obserwacje okiem nieuzbrojonym i teleskopowe oraz opracowania ich wyników. A. Pacholczyk jest również autorem atlasu, bardzo przydatnego do obserwacji meteorów.

Również w latach sześćdziesiątych co najmniej kilkunastu miłośników astronomii regularnie wykonywało obserwacje meteorów. Warto tu wspomnieć o panu E. Graczyku z Łodzi, który już od *kilkudziesięciu* lat prowadzi regularne obserwacje rojów meteorowych.

Oczywiście, można by wymieniać długo. Rozumiem zainteresowanie p. Korpikiewicz całą tą sprawą, ale trzeba wziąć pod uwagę fakt, że działalność określonej osoby czy grupy osób zawsze jest w pewnych granicach sprawą niepowtarzalną i zamkniętą. Dzisiaj chyba niczego nie zaczyna się od podstaw, a z drugiej strony jest tak wiele możliwości nowatorskich działań, że chyba trzeba przeszłość (zapewne chlubną) zostawić w spokoju i pracować nad tym, co dzisiaj jest ważne. Czego i p. Honoracie Korpikiewicz również życzę.

A tak na marginesie, zachęcam wszystkich do prac w ramach Sekcji Meteorów i Meteorytów PTMA.

Kontakt: *SMiM PTMA, skr. poczt. 6, 14-530 Frombork*

Janusz W. Kosinski

METEORYT — biuletyn dla miłośników meteorytów wydawany przez Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku i Pallasite Press – wydawcę kwartalnika „Meteorite!", z którego pochodzi część publikowanych materiałów.

Biuletyn wydawany jest kwartalnie i dostępny wyłącznie w prenumeracie. Roczna prenumerata wynosi w 1998 roku 12 zł. Zainteresowanych prosimy o wpłacenie tej kwoty na konto Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego nr:

15401072-3724-36001-00-01

w BOŚ SA O/Olsztyn, zaznaczając cel wpłaty.

JASNOŚCI GWIAZD

Gdy spojrzymy w rozgwieżdżone nocne niebo, zobaczymy kilka tysięcy gwiazd różniących się między sobą jasnością. Jasność gwiazdy zależy od jej odległości od Ziemi oraz jej parametrów fizycznych. To, że Słońce jest najjaśniejszą gwiazdą na naszym firmamencie, wynika z niewielkiej odległości od Ziemi. Jasność Słońca wynosi –26 magnitudo, natomiast jasność najsłabszych gwiazd widocznych gołym okiem wynosi 6 magnitudo. Zastosowanie teleskopu wydatnie zwiększa zakres naszych obserwacji. To, jak słabe gwiazdy możemy jeszcze obserwować, zależy przede wszystkim od średnicy obiektywu teleskopu. I tak, dla teleskopu o średnicy 10 cm zasięg wynosi 12 magnitudo, a dla teleskopu o średnicy 15 cm niespełna 13 magnitudo. Wykres 1 przedstawia zależność pomiędzy wizualnym zasięgiem teleskopu a jego średnicą.

Powyższy wykres nie uwzględnia wpływu atmosfery ziemskiej, która ma duży wpływ na widoczność najsłabszych gwiazd. Również istotna jest jasność tła nieba — powyższa krzywa odnosi się do bezksiężycowej nocy.

Kolejny wzrost zasięgu w obserwacjach astronomicznych daje użycie kliszy fotograficznej. Klisza fotograficzna ma tę zaletę nad okiem, że kumuluje energię padającego światła, w wyniku czego rośnie zaczernienie kliszy. Dzięki temu na zdjęciach widoczne są słabsze gwiazdy niż w przypadku obserwacji wizualnych. To, jak słabe gwiazdy będą widoczne na naszym zdjęciu, zależy od średnicy obiektywu teleskopu, czasu ekspozycji, czułości użytego filmu, jasności tła nieba oraz średnicy obrazu gwiazdy na negatywie. Średnica obrazu gwiazdy na negatywie zależy od następujących czynników:

a) błędy optyki
b) błędy prowadzenia
c) złe zogniskowanie
d) wielkość ziarna kliszy
e) *seeing*.

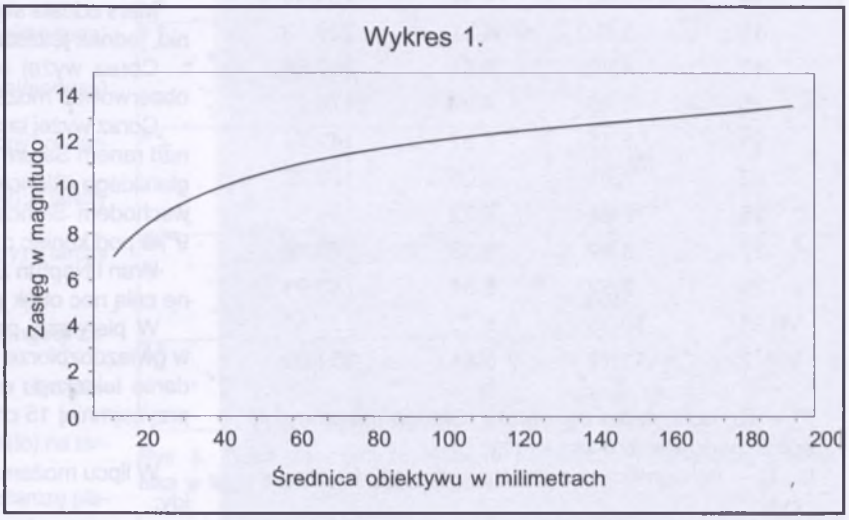
W przypadku stosowania ogniskowych poniżej 100 cm decydujący wpływ na średnicę gwiazdy (pomijając błędy obserwatora: b, c) ma wielkość ziarna zastosowanej kliszy (patrz *Urania-Postępy Astronomii* 1/98). Natomiast w przypadku użycia ogniskowych powyżej 100 cm największy wpływ na średnicę gwiazdy ma *seeing*. Im średnica obrazu gwiazdy na negatywie jest mniejsza tym lepiej, tym słabsze gwiazdy będą widoczne. Wykres 2 przedstawia teoretyczny zasięg teleskopu w przypadku zastosowania kliszy fotograficznej o czułości 400 ASA. Poszczególne krzywe odnoszą się do różnych średnic obiektywu teleskopu i przedstawiają zasięg w funkcji czasu ekspozycji. Wykres 2 odnosi się do bezksiężycowej nocy, a przyjęty promień gwiazdy na negatywie wynosi 0.01 mm.

Z poszczególnych krzywych wynika, że największy przyrost jasności gwiazd występuje podczas pierwszych 60 sekund czasu ekspozycji. Dalsze zwiększanie czasu ekspozycji powoduje już mniejszy wzrost zasięgu. Warto podkreślić, że dla obiektywu o średnicy 15 cm przy 4 minutowej ekspozycji zarejestrujemy gwiazdy o jasności 15.5 magnitudo! Zwiększenie czasu ekspozycji do 10 minut da zasięg 16.7 magnitudo.

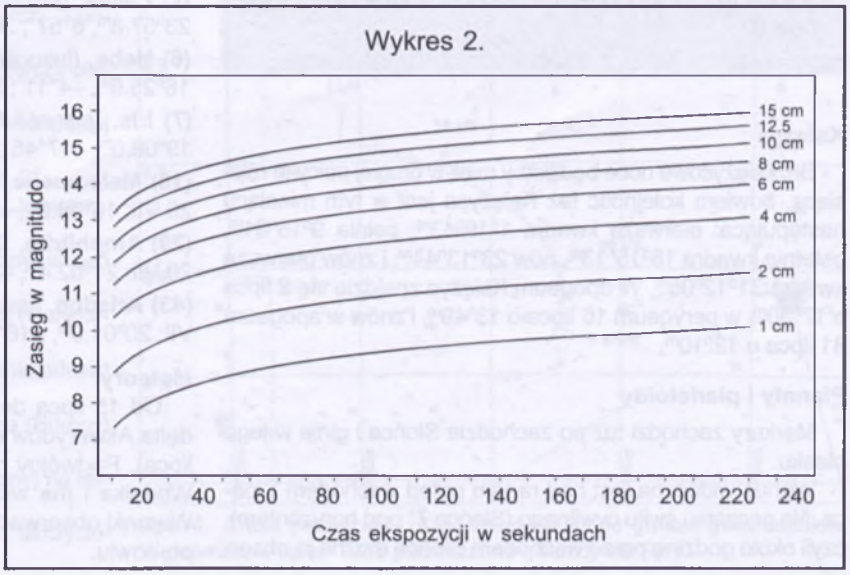
Jak duży jest to wzrost zasięgu, może świadczyć fakt, że aby wizualnie zaobserwować gwiazdy widoczne na zdjęciu wykonanym za pomocą teleskopu o średnicy 15 cm (o jasności 16.5 mag.), trzeba by użyć teleskopu o średnicy 79 cm!

Wiesław Skórzyński

Wykres 1.



Wykres 2.



Lipiec

Słońce

W lipcu deklinacja Słońca z dnia na dzień maleje, w związku z czym dnie są coraz krótsze. Dnia 3 lipca Ziemia znajdzie się w najdalszym od Słońca punkcie swojej orbity — w aphelium.

W Warszawie 1 lipca Słońce wschodzi o 2^h19^m, zachodzi o 19^h00^m, a 31 lipca wschodzi o 2^h55^m, zachodzi o 18^h29^m. W lipcu Słońce wstępuje w znak Lwa.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h UT)

Data 1998	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
VII 1	–2.79	2.85	54.42
3	–1.89	3.07	27.94
5	–0.98	3.29	1.47
7	–0.07	3.50	335.00
9	0.83	3.71	308.53
11	1.73	3.92	282.06
13	2.63	4.12	255.59
15	3.52	4.31	229.13
17	4.40	4.51	202.66
19	5.28	4.69	176.20
21	6.15	4.87	149.74
23	7.01	5.05	123.28
25	7.86	5.22	96.82
27	8.69	5.39	70.36
29	9.52	5.54	43.91
VII 31	10.33	5.70	17.45
VIII 2	11.12	5.84	351.00

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$5^d02^h41^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°

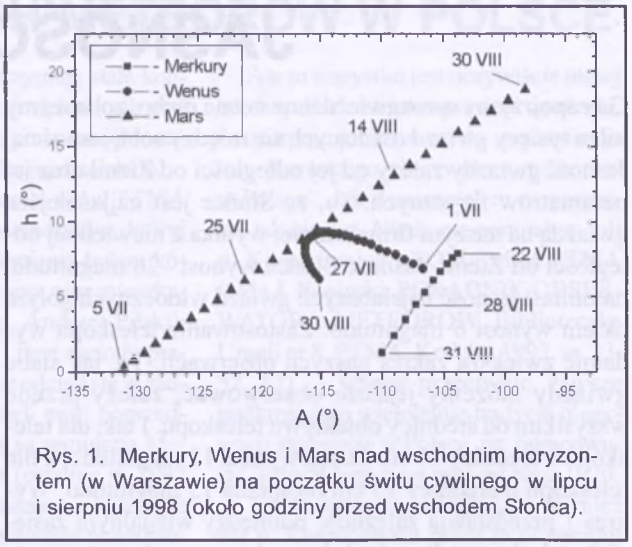
Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $1^d18^h43^m$, pełnia $9^d16^h01^m$, ostatnia kwadra $16^d15^h13^m$, nów $23^d13^h44^m$, i znów pierwsza kwadra $31^d12^h05^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się 2 lipca o 17^h30^m, w perygeum 16 lipca o 13^h49^m, i znów w apogeum 31 lipca o 12^h10^m.

Planety i planetoidy

Merkury zachodzi tuż po zachodzie Słońca i ginie w jego blasku.

Wenus widoczna jest nad ranem przed wschodem Słońca. Na początku świtu cywilnego (Słońce 7° pod horyzontem), czyli około godzinę przed wschodem Słońca można ją obserwować jako gwiazdę $–3.8^m$ około 8° nad wschodnim horyzontem. Wysokość planety nad horyzontem systematycznie się zwiększa. Jednocześnie Wenus zbliża się pozornie do Słońca, a jej faza powoli zmierza do pełni (0.90 pod koniec miesiąca).



Rys. 1. Merkury, Wenus i Mars nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego w lipcu i sierpniu 1998 (około godziny przed wschodem Słońca).

Mars oddala się powoli od Słońca po kwietniowym złączeniu, jednak jeszcze ginie w jego blasku.

Coraz wyżej nad południowo-wschodnim horyzontem obserwować możemy Jowisza jako gwiazdę $–2.7^m$.

Coraz wyżej także nad wschodnim horyzontem wznosi się nad ranem Saturn jako gwiazda 0.4^m. Na początku świtu żeglarskiego (Słońce 12° pod horyzontem), czyli ok.1.5^h przed wschodem Słońca jego wysokość nad horyzontem wynosi 9°, a pod koniec miesiąca już 35°.

Uran i Neptun znajdują się w pobliżu opozycji i są widoczne całą noc obok siebie w gwiazdozbiorze Koziorożca.

W pierwszej połowie nocy można obserwować Plutona w gwiazdozbiorze Wężownika, jednak niezbędne jest posiadanie teleskopu o średnicy obiektywu (zwierciadła) równej przynajmniej 15 cm.

W lipcu możemy obserwować w pobliżu opozycji planetoidy:

(2) Pallas, (jasność 9.5^m). 10 VII: $23^h55.6^m$, 7°28′; 20 VII: $23^h57.8^m$, 6°57′; 30 VII: $23^h47.5^m$, 6°06′.

(6) Hebe, (jasność 9.7^m). 10 VII: $16^h29.5^m$, –2°59′; 20 VII: $16^h25.6^m$, –4°11′; 30 VII: $16^h24.4^m$, –5°33′.

(7) Iris, (jasność 8.6^m). 10 VII: $19^h18.7^m$, –17°46′; 20 VII: $19^h08.0^m$, –17°45′; 30 VII: $18^h58.0^m$, –17°47′.

(18) Melpomene, (jasność 9.9^m). 10 VII: $17^h04.0^m$, –8°08′; 20 VII: $16^h58.0^m$, –8°59′; 30 VII: $16^h54.9^m$, –9°59′.

(29) Amphitrite, (jasność 9.2^m). 10 VII: $21^h10.5^m$, –24°21′; 20 VII: $21^h02.4^m$, –24°53′; 30 VII: $20^h52.7^m$, –25°21′.

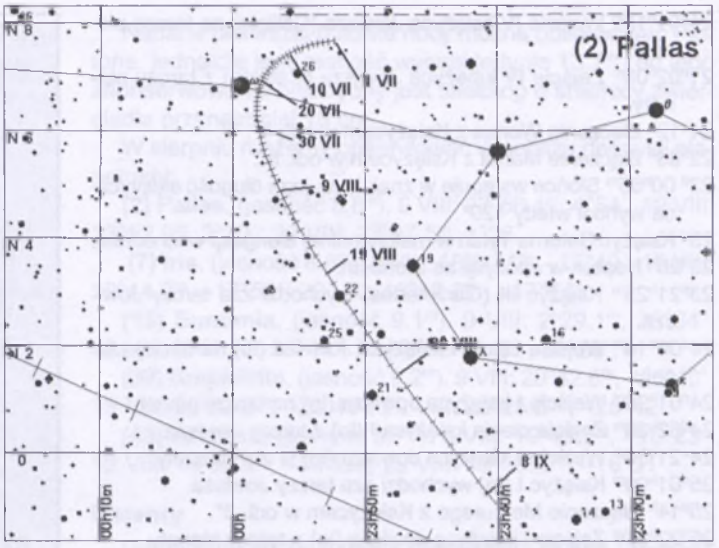
(43) Ariadne, (jasność 9.1^m). 10 VII: $20^h10.4^m$, –16°20′; 20 VII: $20^h01.0^m$, –16°16′; 30 VII: $19^h51.6^m$, –16°18′.

Meteory

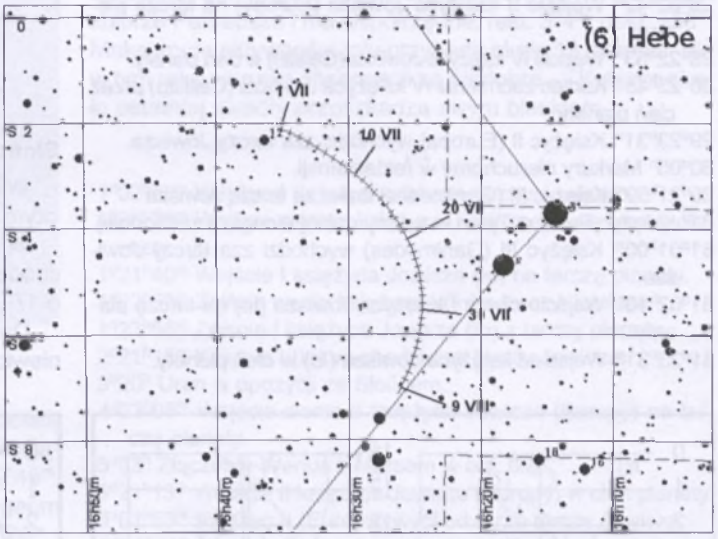
Od 15 lipca do 15 sierpnia promieniują meteory z roju delta Akwarydów (maksimum aktywności przypada 27 i 28 lipca). Podwójny radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Wodnika i ma współrzędne: rekt. 22^h36^m, dekl.0° i –17°. Warunki obserwacyjne w tym roku bardzo dobre 1′ Księżyc po nowiu.

***

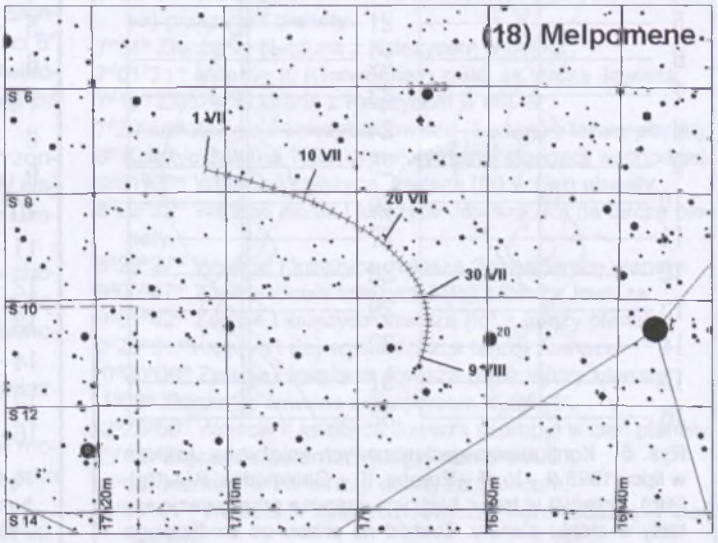
$1^d00^h05^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$1^d01^h27^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$1^d02^h20^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.
$2^d01^h03^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$2^d01^h35^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) w cień planety.
$3^d23^h52^m$ W swoim ruchu po orbicie wokółsłonecznej Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, w aphelium, w odl. 1.016696 j.a.
$6^d00^h15^m$ Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
7^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$8^d01^h59^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$8^d23^h20^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.
$9^d22^h42^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.
$10^d00^h01^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
10^d18^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 2°.
11^d13^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 3°.
$12^d00^h08^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) w cień planety.
$12^d22^h50^m$ Zejście cienia księżyca III (Ganimedesa) z tarczy Jowisza.
$13^d00^h58^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
$13^d21^h51^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$13^d22^h00^m$ Zejście cienia księżyca II (Europy) z tarczy Jowisza.
$14^d00^h34^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
14^d19^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 1°.
15^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$16^d01^h14^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.
$16^d22^h22^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$16^d23^h36^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$17^d00^h36^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.
$17^d01^h51^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
17^d03^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 26°41′.
17^d05^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.
$17^d23^h11^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.
18^d17^h Jowisz nieruchomy w rektascensji.
$19^d02^h43^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) w cień planety.
$19^d23^h47^m$ Wejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
$20^d02^h50^m$ Zejście cienia księżyca III (Ganimedesa) z tarczy Jowisza.
$20^d21^h53^m$ Wejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$21^d00^h18^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$21^d00^h36^m$ Zejście cienia księżyca II (Europy) z tarczy Jowisza.



Rys. 2. Trasa planetoidy (2) Pallas na tle gwiazd gwiazdozbioru Ryb w lipcu i sierpniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

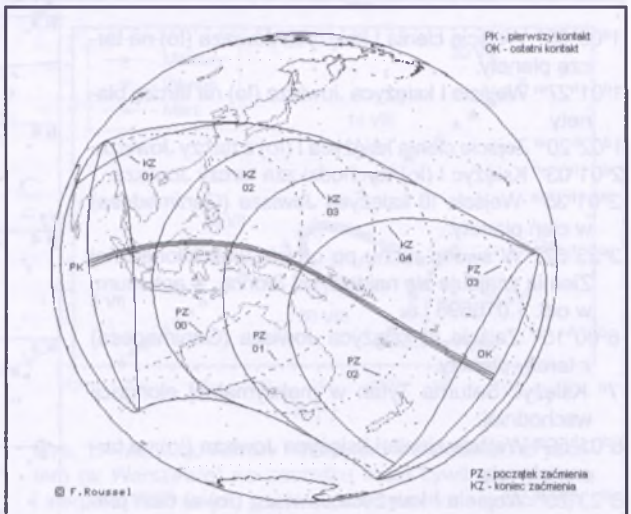


Rys. 3. Trasa planetoidy (6) Hebe na tle gwiazd gwiazdozbioru Wężownika w lipcu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



Rys. 4. Trasa planetoidy (18) Melpomene na tle gwiazd gwiazdozbioru Wężownika w lipcu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

$21^d01^h15^m$ Wejście IV księżyca Jowisza (Callisto) na tarczę planety.
$21^d02^h08^m$ Zejście IV księżyca Jowisza (Callisto) z tarczy planety.
21^d12^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 4°.
22^d03^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 5°.
23^d 00^h55^m Słońce wstępuje w znak Lwa, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 120°.
23^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
23^d20^h Neptun w opozycji ze Słońcem.
$23^d21^h25^m$ Księżyc III (Ganimedes) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$24^d00^h16^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$24^d01^h25^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$24^d02^h30^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.
$24^d21^h36^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.
$25^d01^h00^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.
25^d14^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 3°.
$25^d22^h07^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$28^d00^h29^m$ Wejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$28^d02^h42^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$28^d22^h53^m$ Wejście IV księżyca Jowisza (Callisto) w cień planety.
$28^d23^h45^m$ Koniec zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety
$29^d23^h31^m$ Księżyc II (Europa) wychodzi zza tarczy Jowisza.
30^d05^h Merkury nieruchomy w rektascensji.
$30^d21^h59^m$ Księżyc III (Ganimedes) znika za tarczą Jowisza
31^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$31^d01^h00^m$ Księżyc III (Ganimedes) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$31^d02^h10^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$31^d23^h31^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.



Rys. 7. Przebieg pasa fazy obrączkowej zaćmienia Słońca na Ziemi 22 sierpnia 1998 [wg.F. Roussel]. Przy kolejnych fazach zaćmienia podano momenty UT ich wystąpienia.

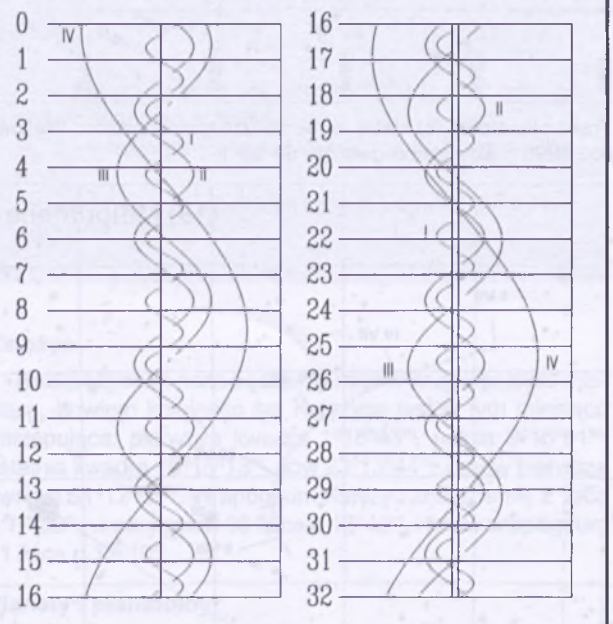
Sierpień

Słońce

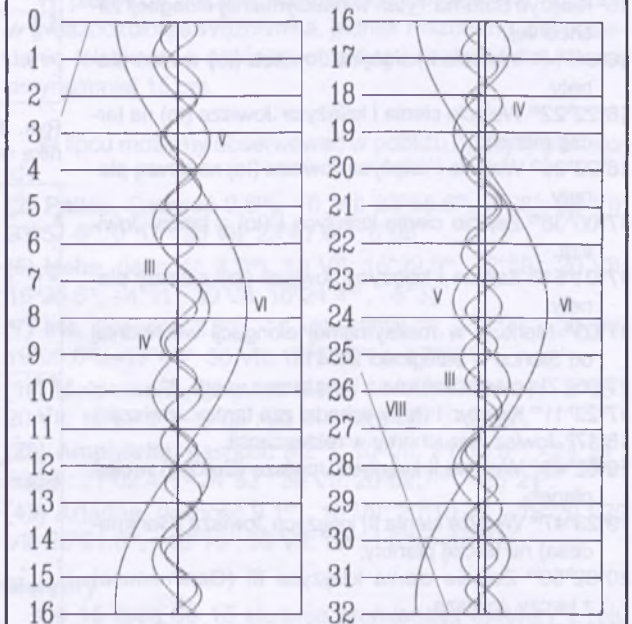
W sierpniu deklinacja Słońca nadal maleje, w związku z czym dni są coraz krótsze.

W Warszawie 1 sierpnia Słońce wschodzi o 2^h56^m, zachodzi o 18^h27^m, a 31 sierpnia wschodzi o 3^h45^m, zachodzi o 17^h26^m. W sierpniu Słońce wstępuje w znak Panny.

Dnia 22 sierpnia wystąpi obrączkowe zaćmienie Słońca, niewidoczne w Polsce.



Rys. 5. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lipcu 1998 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.



Rys. 6. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w lipcu 1998 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 1998	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
VIII 1	10.73	5.77	4.23
3	11.52	5.91	337.78
5	12.29	6.05	311.33
7	13.05	6.18	284.88
9	13.79	6.31	258.43
11	14.52	6.42	231.99
13	15.23	6.53	205.55
15	15.92	6.63	179.11
17	16.60	6.73	152.67
19	17.25	6.81	126.24
21	17.89	6.89	99.81
23	18.50	6.97	73.38
25	19.10	7.03	46.95
27	19.67	7.09	20.53
29	20.22	7.13	354.11
VIII 31	20.76	7.17	327.69
IX 2	21.27	7.20	301.27

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$1^d07^h41^m$ oraz $28^d13^h19^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie sierpnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $8^d02^h10^m$, ostatnia kwadra $14^d19^h48^m$, nów $22^d02^h03^m$, pierwsza kwadra $30^d05^h06^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się $11^d11^h46^m$, a w apogeum $27^d06^h26^m$.

Planety i planetoidy

Po koniec miesiąca około godzinę przed wschodem Słońca możemy próbować znaleźć Merkurego na wysokości 8° nad wschodnim horyzontem, jako gwiazdę zerowej wielkości. Merkury zbliża się do swej maksymalnej elongacji od Słońca równej 18°.

O tej samej porze na podobnej wysokości nad horyzontem można obserwować Wenus jako gwiazdę -3.7^m. W ciągu miesiąca wysokość planety nad horyzontem maleje i warunki jej obserwacji pogarszają się.

W drugiej połowie miesiąca nad ranem możemy próbować odnaleźć Marsa (1.7^m), który pod koniec sierpnia osiąga wysokości 14° nad horyzontem (około 1.5^h przed wschodem Słońca).

Wysoko na południu obserwujemy Jowisza, jako gwiazdę -2.9^m.

W drugiej połowie nocy na południowym wschodzie możemy obserwować Saturna wysoko nad horyzontem jako gwiazdę 0.3^m.

W sierpniu panują nadal bardzo dobre warunki obserwacji Urana i Neptuna w związku z ich przebywaniem w pobliżu opozycji.

Nadal w pierwszej połowie nocy można obserwować Plutona, jednakże jego jasność wynosi jedynie 13.7^m i do jego zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

W sierpniu możemy obserwować w pobliżu opozycji planetoidy:

(2) Pallas, (jasność 8.8^m). 9 VIII: $23^h56.4^m$, 4°54′; 19 VIII: $23^h52.9^m$, 3°20′; 29 VIII: $23^h47.5^m$, 1°26′.

(7) Iris, (jasność 8.6^m). 9 VIII: $18^h50.1^m$, –17°49′; 19 VIII: $18^h44.9^m$, –17°52′; 29 VIII: $18^h42.8^m$, –17°54′.

(15) Eunomia, (jasność 9.1^m). 9 VIII: $2^h29.1^m$, 28°54′; 19 VIII: $2^h41.1^m$, 30°44′; 29 VIII: $2^h51.2^m$, 32°26′.

(29) Amphitrite, (jasność 9.2^m). 9 VIII: $20^h42.6^m$, –25°40′; 19 VIII: $20^h33.2^m$, –25°48′; 29 VIII: $20^h25.5^m$, –25°42′.

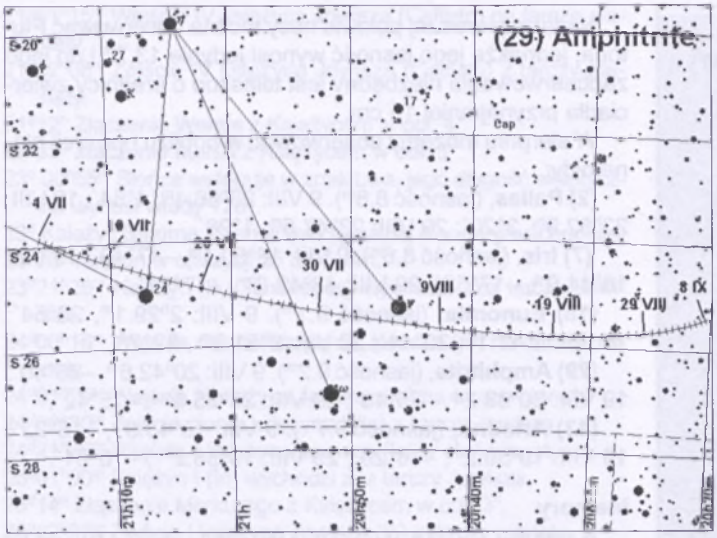
(43) Ariadne, (jasność 9.7^m). 9 VIII: $19^h43.9^m$, –16°23′; 19 VIII: $19^h39.2^m$, –16°28′; 29 VIII: $19^h38.2^m$, –16°31′.

Meteory

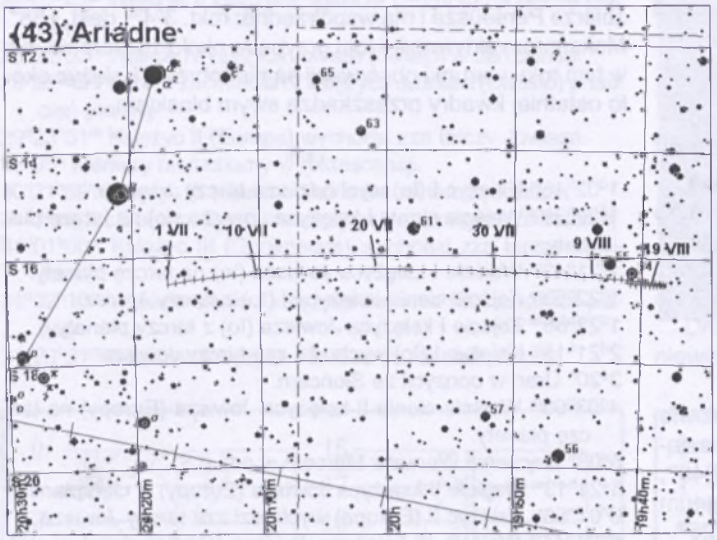
Od 25 lipca do 18 sierpnia promieniują słynne Perseidy, rój związany z kometą Swift-Tuttle, o najbardziej regularnej corocznej aktywności. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Perseusza i ma współrzędne: rekt. 3^h4^m, dekl. +58°. Maksumum aktywności roju przypada około 13 sierpnia, ale w tym roku warunki obserwacji są niedobre — Księżyc około ostatniej kwadry przeszkadza swym blaskiem.

***

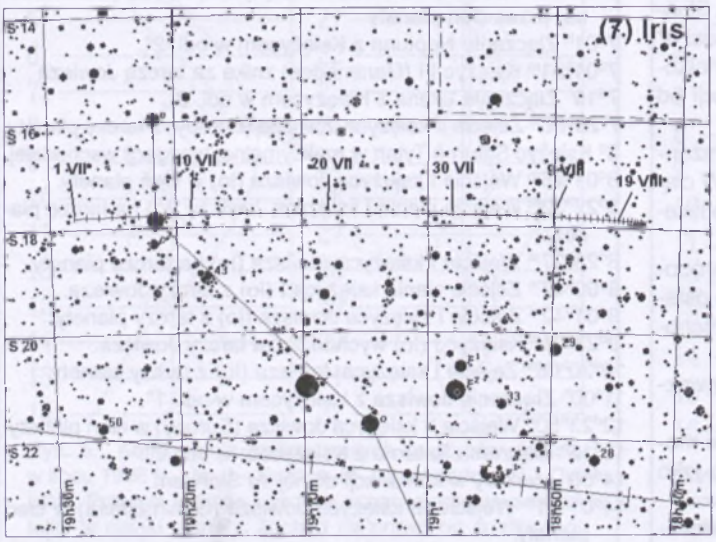
$1^d02^h48^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$1^d20^h38^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$1^d21^h40^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$1^d22^h53^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.
$1^d23^h55^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$2^d21^h15^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.
3^d20^h Uran w opozycji ze Słońcem.
$4^d03^h05^m$ Wejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
5^d03^h Złączenie Wenus z Marsem w odl. 0.8°.
$5^d21^h13^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) w cień planety.
$6^d01^h53^m$ Księżyc II (Europa) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$6^d21^h41^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) w cień planety.
$7^d00^h41^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety
7^d01^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 2°.
$7^d01^h31^m$ Księżyc III (Ganimedes) znika za tarczą Jowisza
7^d19^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 3°.
$7^d20^h56^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
8^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$8^d01^h25^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.
$8^d22^h32^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$8^d23^h27^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$9^d00^h47^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.
$9^d01^h42^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$9^d23^h01^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$10^d20^h08^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
11^d00^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 1°.
$12^d23^h50^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) w cień planety.
13^d12^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.
14^d00^h Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.
$14^d01^h41^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) w cień planety.
$14^d20^h33^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.



Rys. 8. Trasa planetoidy (29) Amphitrite na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu i sierpniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



Rys. 9. Trasa planetoidy (43) Ariadne na tle gwiazd gwiazdozbioru Strzelca w lipcu i sierpniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



Rys. 10. Trasa planetoidy (7) Iris na tle gwiazd gwiazdozbioru Strzelca w lipcu i sierpniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

$14^d21^h40^m$ Zejście cienia księżyca II (Europy) z tarczy Jowisza.
$14^d23^h14^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$15^d03^h19^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.
16^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$16^d00^h27^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$16^d01^h13^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$16^d02^h41^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.
$16^d03^h28^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
16^d15^h Saturn nieruchomy w rektascensji.
$16^d21^h47^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.
$17^d00^h46^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$17^d19^h39^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$17^d21^h10^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.
$17^d21^h47^m$ Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
$17^d21^h54^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
19^d20^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 4°.
$20^d02^h26^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) w cień planety.
20^d14^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 3°.
21^d02^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 2°.
$21^d21^h34^m$ Wejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$21^d22^h50^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
22^d Obrączkowe zaćmienie Słońca widoczne na Oceanie Indyjskim, na Sumatrze, Borneo, Archipelagu Bismarcka, Wyspach Salomona i zachodniej części Oceanu Spokojnego. Zaćmienie rozpocznie się o 0^h17^m, zakończy się o 3^h58^m. Centralna faza zaćmienia w średnie południe nastąpi o 1^h48^m w punkcie o współrzędnych φ=29°27′S, λ=155°05′W.
$22^d00^h15^m$ Zejście cienia księżyca II (Europy) z tarczy Jowisza.
$22^d01^h31^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
23^d 07^h59^m Słońce wstępuje w znak Panny, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 150°.
$23^d02^h21^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$23^d02^h58^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$23^d19^h40^m$ Księżyc II (Europa) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$23^d23^h42^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.
24^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$24^d02^h31^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$24^d19^h51^m$ Wejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
$24^d20^h50^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$24^d21^h24^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

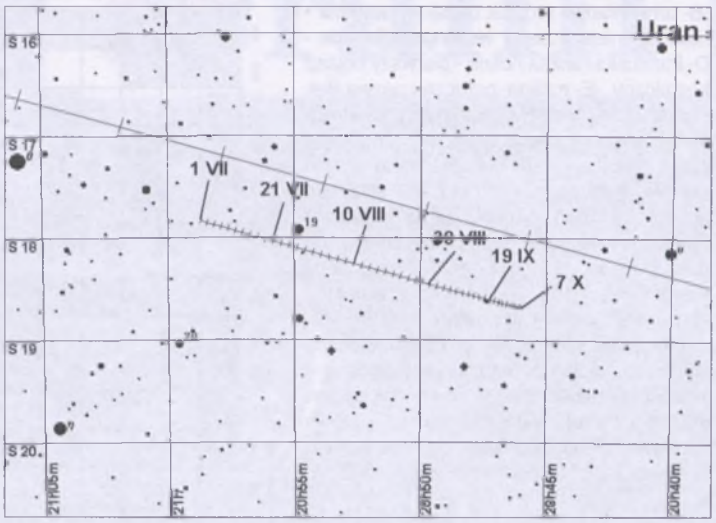
$24^d22^h10^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
$24^d22^h51^m$ Zejście cienia księżyca III (Ganimedesa) z tarczy Jowisza.
$24^d23^h05^m$ Zejście cienia księżyca I (Io) z tarczy Jowisza.
$24^d23^h39^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$25^d01^h09^m$ Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
$25^d20^h57^m$ Księżyc I (Io) wychodzi zza tarczy Jowisza.
25^d23^h Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 3°.
$29^d00^h09^m$ Wejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$29^d01^h05^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$29^d02^h51^m$ Zejście cienia księżyca II (Europy) z tarczy Jowisza.
$29^d03^h46^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$30^d21^h56^m$ Księżyc II (Europa) wychodzi zza tarczy Jowisza.
$31^d01^h36^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) w cień planety.
31^d09^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej ze Słońcem w odległości 18°11′.
$31^d22^h44^m$ Wejście cienia I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$31^d23^h08^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$31^d23^h52^m$ Wejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.

UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

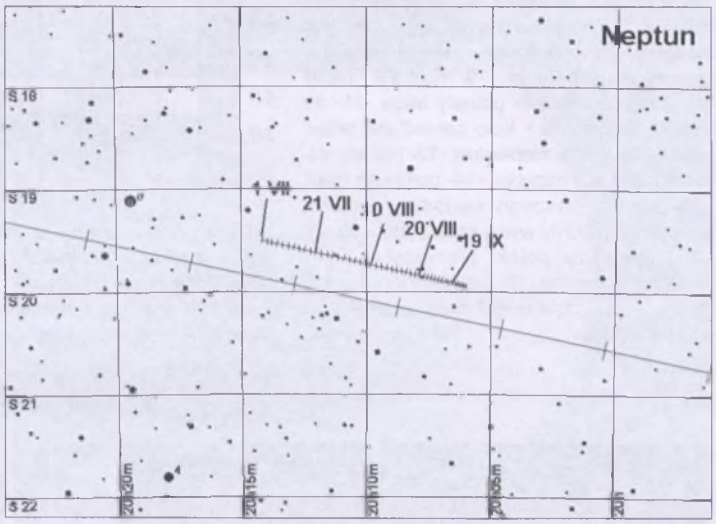
Aby otrzymać datę w obowiązującym w lipcu i sierpniu w Polsce „czasie letnim", należy dodać 2 godziny.

Momenty złączeń podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

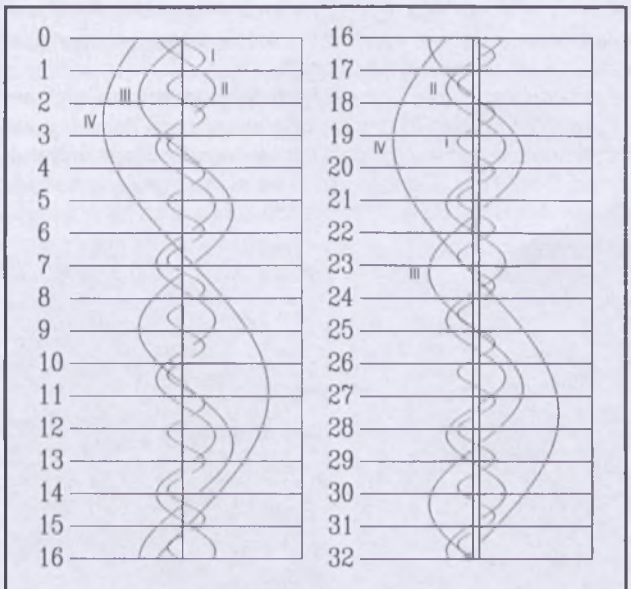
Opracował ***T. Ściężor***



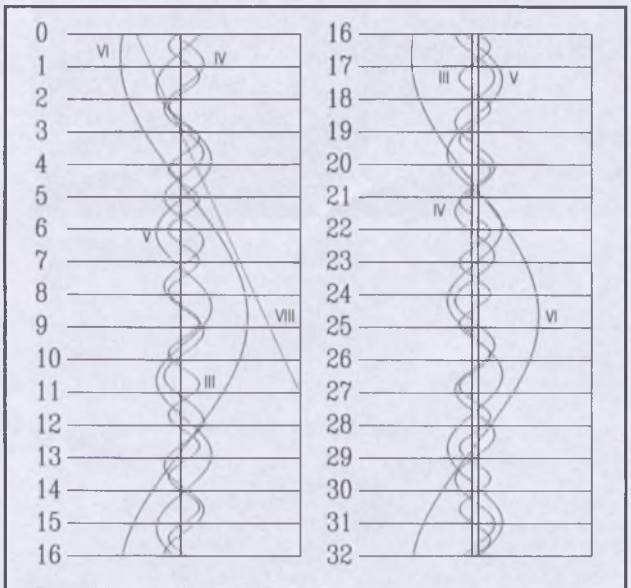
Rys. 11. Trasa planety Uran na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu, sierpniu i wrześniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



Rys. 12. Trasa planety Neptun na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu, sierpniu i wrześniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



Rys. 13. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w sierpniu 1998.

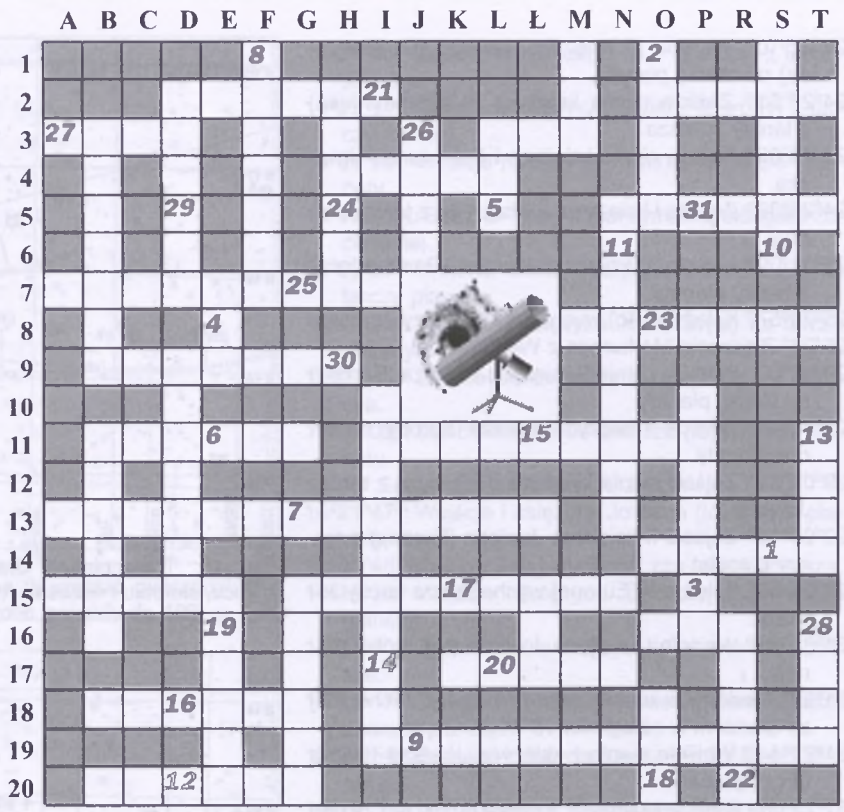


Rys. 14. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w sierpniu 1998.

KRZYŻÓWKA

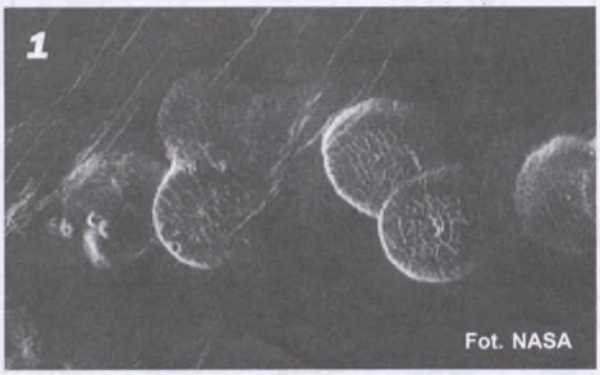
Pionowo:
-B- amerykański próbnik badający Jowisza • najdokładniejszy zegar we Wszechświecie -D- francuska rakieta nośna • pierwszy pojazd kosmiczny -E- roślina, potoczna nazwa lilak • kąt zawarty między płaszczyzną południka niebieskiego a płaszczyzną przechodzącą przez ciało i zenit -F- gwiazda, która prawie się nie porusza -G- α Orła -H- służy do obserwacji nieba -I- punkt orbity najbliższy Słońcu -J- jedna z trzech najjaśniejszych gwiazd nieba letniego -L- pełny obieg Ziemi wokół Słońca to... -Ł- kamera zapisująca obraz teleskopowy w postaci cyfrowej -M- rogaty gwiazdozbiór -N- np. Droga Mleczna -O- konstelacja rozpoczynająca wiosnę • jednostka czułości filmu -P- wszystko, co nas otacza i buduje Wszechświat to... -R- α Łabędzia -S- Wszechświat -T- pierwiastek i planeta • Słońce opuszcza ten znak 22 X.

Poziomo:
-2- program lądowania na Księżycu • ß Perseusza -3- pies, który poszedł w las • czwarty znak zodiaku -4- sklepienie niebieskie -5- jego cień wskazuje położenie Słońca -7- α Byka -8- odkrył przerwę w pierścieniach Saturna -9- miasto w Polsce posiadające kawałek planety Mars -11- do niedawna planeta • koło zakreślane przez Słońce na sferze niebieskiej -13- planety we wczesnej fazie rozwoju -14- poluje na byka -15- waluta naszego sąsiada • zmiana położenia gwiazdy wynikająca z ruchu Ziemi -16- pierwszy polski pierwiastek -17- odwrotność zenitu -18- błękitna planeta -19- pole magnetyczne wokół ciała niebieskiego -20- α Wolarza. *(M. Czasnowski)*



Litery z pól ponumerowanych od 1 do 31 utworzą rozwiązanie, które należy przysłać na adres redakcji z dopiskiem „Krzyżówka". Wśród osób, które do końca lipca br. nadeślą prawidłowe rozwiązania, rozlosujemy nagrody książkowe. Rozwiązaniem krzyżówki z numeru 1/98 było hasło: URANIA-POSTĘPY ASTRONOMII. Los uśmiechnął się do p. Piotra Staszewskiego z Legnicy. Gratulujemy. Nagrodę prześlemy pocztą.

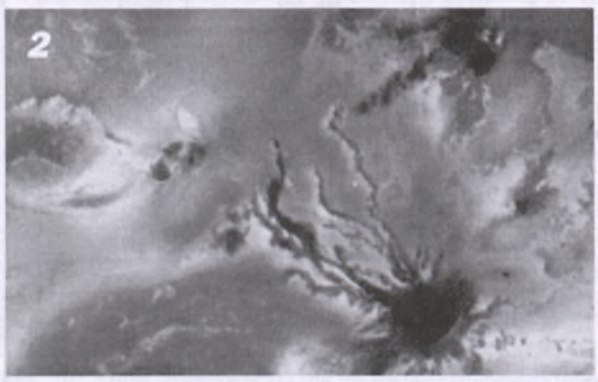
KONKURS

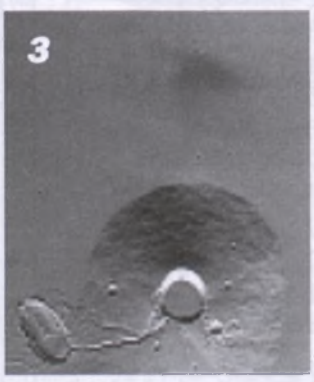


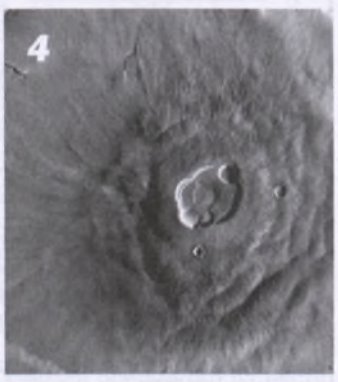
Czy znasz Układ Słoneczny?

Ku naszemu miłemu zaskoczeniu, wbrew obawom niektórych członków redakcji, otrzymaliśmy sporo prawidłowych odpowiedzi na pierwszą część naszego konkursu. Zgodnie z zasadami konkursu publikowanymi w poprzednim numerze „Uranii-PA", odpowiedzi i listę osób z największą ilością zdobytych punktów opublikujemy w zeszycie następnym.

A oto nowe zadanie. Tym razem należy podać nazwy planet lub księżyców, których fragmenty powierzchni przedstawiają zamieszczone tu zdjęcia. Za każdą poprawną odpowiedź przyznajemy po 5 punktów. Odpowiedzi prosimy nadsyłać na kartach pocztowych z dopiskiem „Konkurs" do końca lipca br.







Galeria Uranii

Pierwsze prezentowane zdjęcie może stanowić ilustrację do *Poradnika obserwatora* (str. 137) gdzie autor zdjęcia i nasz współpracownik w jednej osobie – Wiesław Skórzyński – opisuje jak technicznie zwiększyć zasięg obserwowanych gwiazd. To zdjęcie zostało wykonane przy pomocy obiektywu 50 mm/1.8 z czasem ekspozycji 30 sekund na filmie Fuji Super G 800 ASA. Widoczne są na nim gwiazdy konstelacji Wielkiego Psa o jasnościach do 10 magnitudo (najjaśniejsza to oczywiście Psia Gwiazda – Syriusz). Syriusza możemy dostrzec również na zdjęciu nr 4, które przedstawia okolice gwiazdozbioru Oriona sfotografowane z odpowiednio długim czasem (45 min) chociaż niedużym obiektywem (30 mm średnicy!) z przesłoną f/5.6 na małoobrazkowej kliszy Kodak PJM-2. Podstawowe znaczenie miało tu czarne tło nieba w La Palma na Wyspach Kanaryjskich. Autorami zdjęcia są doświadczeni włoscy astrofotografowie: A. Vannini, A. Ricciardi, G. Li Causi i A. Garatti.

1

2

3

Piękną koniunkcję młodego Księżyca i planety Wenus z 31 grudnia 1997 r. ukazuje nam zdjęcie nr 2. Jego autorem jest p. Andrzej Binkiewicz z Kępia k.Kozłowa (teleskop nr 8 firmy *Uniwersał*, t_{exp}=2 s). Zdjęcie nr 3 przypomina, że zaczął się już „sezon" dla miłośników obserwacji plam słonecznych! (fot. W. Skórzyński)

4

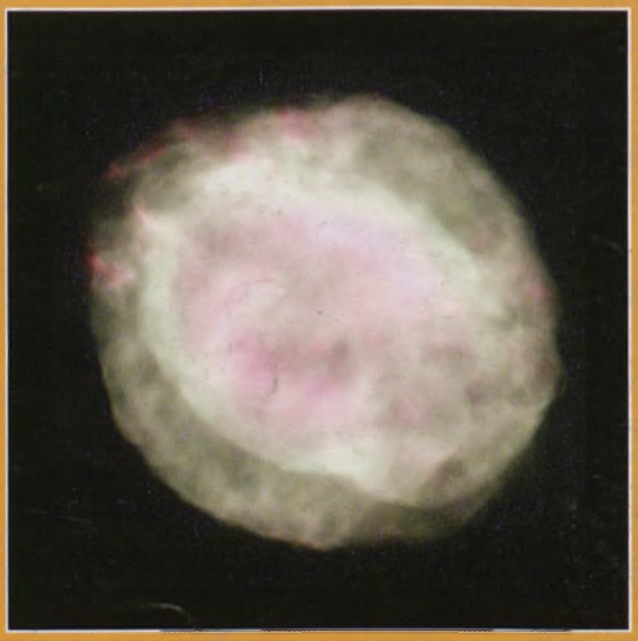
IRAS 1

IRAS 17150-3224, czyli Bawełniany Cukierek (ang. Cotton Candy), to uchwycony kamerą WFPC2 teleskopu HST przykład mgławicy protoplanetarnej. Jest to trwająca jedynie około 1000 lat faza przejściowa, kiedy to po wypaleniu swego paliwa gwiazda puchnie, stając się jaśniejszą, ale i chłodniejszą — czerwonym olbrzymem — i wyrzuca w przestrzeń cienkie powłoki gazu, które tworzą wokół niej kokon, tutaj widoczny jako koncentryczne pierścienie. Według teorii „oddziałujących wiatrów" Suna Kwoka, szybki wiatr, czyli materia napędzana promieniowaniem gorącej gwiazdy centralnej, wybija dziury w kokonie, co pozwala wyłonić się mgławicy planetarnej. Na razie widzimy jej zaczątki, ale w ciągu kilkuset lat, intensywne promieniowanie nadfioletowe gwiazdy centralnej spowoduje świecenie otaczającego gazu, co będzie równoznaczne z ostatecznymi narodzinami mgławicy planetarnej. (mag)
Zdjęcie: Sun Kwok i Kate Su (University of Calgary), Bruce Hrivnak (Valparaiso University) i NASA.

NGC 6818

10 marca 1997 roku, przy wykorzystaniu kamery WFPC2 teleskopu Hubble'a, udało się uzyskać wspaniały obraz mgławicy planetarnej NGC 6818. Jest to tak naprawdę mozaika trzech zdjęć wykonanych z trzema różnymi filtrami tak, by razem dały kolory odpowiadające rzeczywistym.

NGC 6818 to „mieszkaniec" gwiazdozbioru Strzelca, o średnicy rzędu połowy roku świetlnego, od nas odległy o około 6 tysięcy lat świetlnych,. Jego dość specyficzny kształt oraz podobieństwo do NGC 3918 (zobacz kolorową wkładkę w numerze 1/98), pozwala astronomom wysnuwać wnioski co do zachodzących tam procesów i ewolucji mgławic planetarnych w ogólności. Widać bowiem dwie oddzielne powłoki gazowo-pyłowe: sferyczny obszar zewnętrzny oraz jaśniejszy, przypominający kształtem wazę, wewnętrzny „bąbel". Tworzy go najprawdopodobniej szybki wiatr, tzn. materia napędzana przez promieniowanie gorącej centralnej gwiazdy, tutaj widocznej jako drobna niebieska kropka w środkowej części obiektu. Materia tworząca ten wiatr porusza się tak szybko, iż przebija się przez starszy, znacznie wolniejszy gwiezdny „gruz", co powoduje rozerwania, widoczne u góry po lewej stronie i na dole po lewej. (mag)



Zdjęcie: Robert Rubin (NASA Ames Research Center), Reginald Dufour i Matt Browning (Rice University), Patrick Harrington (University of Maryland) i NASA.

Urania

Postępy Astronomii

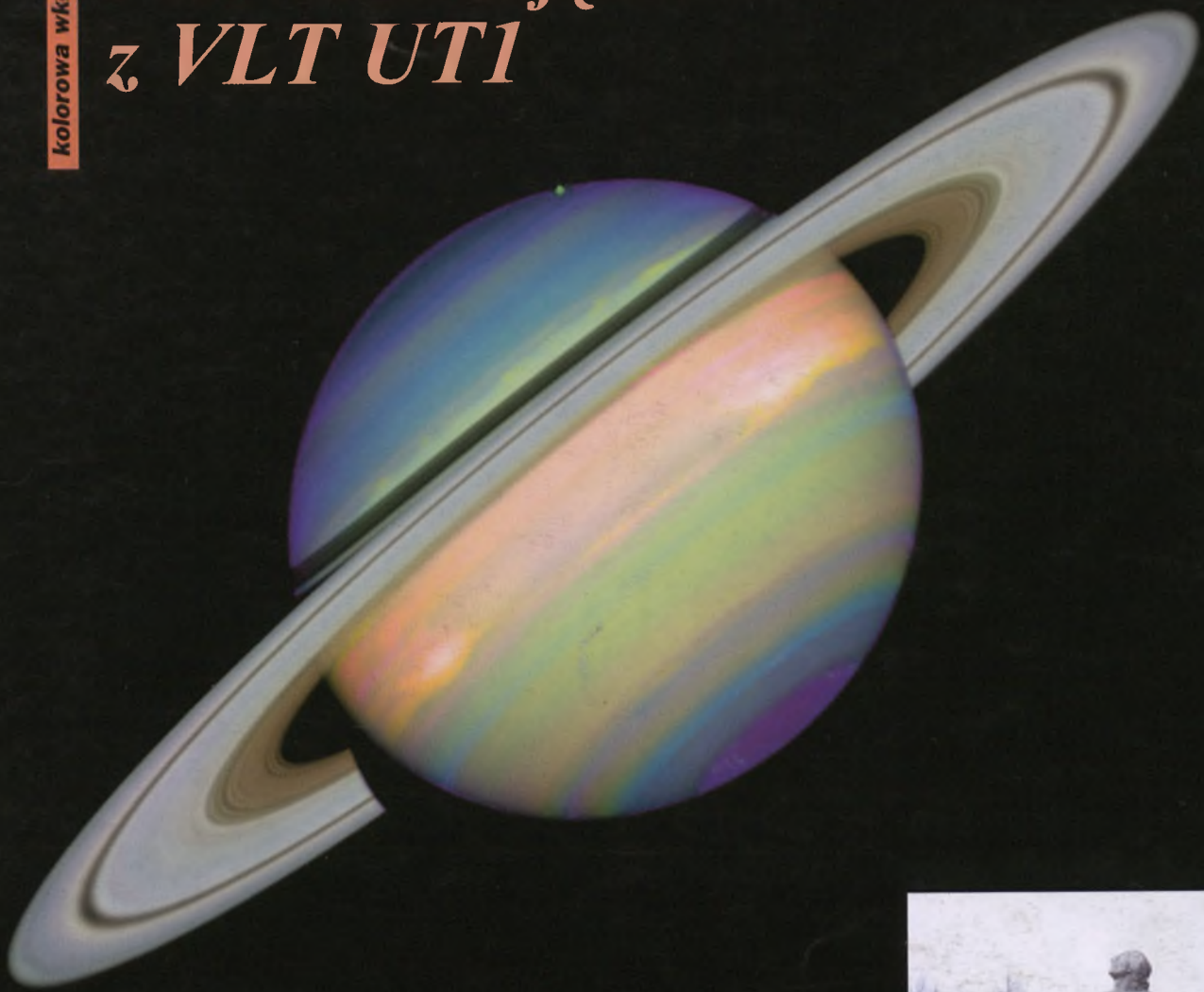
4/98 (676)

tom LXIX

lipiec – sierpień

kolorowa wkładka

Pierwsze zdjęcia z VLT UT1



Zagadki Tytana

Olimpiada Astronomiczna

Obserwacje wnętrza Słońca

Kosmoekologia

Klasyfikacja ciał Układu Słonecznego

Finał XLI Olimpiady Astronomicznej

Fot. Gabriela Sowa

Zwycięzca XLI Olimpiady Astronomicznej Patryk Mach odbiera dyplom laureata z rąk prof. Jerzego Kreinera.

Uczestnicy finału i organizatorzy XLI Olimpiady Astronomicznej tradycyjnie pozują do zdjęcia przed gmachem Planetarium Śląskiego.

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Dziękujemy za liczne i wielce nam życzliwe listy. Pilnie wczytujemy się we wszystkie uwagi i sugestie. Będziemy starali się z nich korzystać w naszej pracy.

Obecny zeszyt otwiera krótki artykuł profesora Wojciecha Dziembowskiego, przewodniczącego Komitetu Astronomii PAN, na temat ***„Obserwacje wnętrza Słońca"****. Do niedawna jedynym sposobem spojrzenia do obszaru, gdzie działa „słoneczny piec" wytwarzający jego energię, był pomiar strumienia neutrin powstających w zachodzących tam procesach jądrowych. Od około 15 lat możemy posługiwać się też falami sejsmicznymi, które przebiegając przez wnętrza gwiazd i Słońca, dają nam świadectwo o stanie fizycznym tych obszarów. Autor artykułu jest jednym z twórców tej nowej metody „oglądania" wnętrz gwiazdowych: heliosejsmologii.*

W bardzo systematycznym i zwięzłym artykule ***„Układ Słoneczny"*** *(str. 150) profesor Jacek Leliwa-Kopystyński przedstawia syntezę współczesnych naukowych poglądów na powstanie i ewolucję ciał Układu Słonecznego. Myślę, że nie tylko Ci Czytelnicy, którzy postulowali wyjaśnienie tego zagadnienia, będą usatysfakcjonowani tak rzeczowym jego przedstawieniem.*

„Zagadki Tytana" *(str. 156) pióra Stanisława Brzostkiewicza to artykuł pokazujący, jak często niewiele wiemy o niektórych ciałach naszego Układu i jak wielkie znaczenie w ich badaniach mają czy będą miały sondy kosmiczne.*

Honorata Korpikiewicz z Poznania, pasjonatka „kosmoekologii", w swym obszernym eseju ***„Zarys kosmoekologii"*** *(str. 160) rozważa kosmiczne uwarunkowania biosfery człowieka i podaje przykłady wielu znalezionych powiązań między zjawiskami na Słońcu i na Ziemi.*

W życiu codziennym jesteśmy coraz bardziej otaczani wytworami przemysłu południowokoreańskiego. Ostatnio ten kraj odwiedził Prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, profesor Jerzy Kreiner i naszym Czytelnikom przedstawia „astronomię tego kraju".

Rok 1998 będzie wyjątkowo dobry dla obserwatorów meteorów. Bliższe informacje o oczekujących nas zjawiskach meteorowych przedstawia Aleksander Olech na str. 173.

Dużo miejsca poświęcamy w tym zeszycie astronomii w szkole; obok omówienia ostatniej olimpiady astronomicznej wraz z rozwiązaniami niektórych zadań finałowych przedstawiamy zadania następnej olimpiady na rok szkolny 1998/99. Piszemy tam również o przyszłorocznym całkowitym zaćmieniu Słońca.

Jak zwykle chyba interesujące są „Rozmaitości", „Poradnik Obserwatora" i „Elementarz Uranii". Na rozkładówce prezentujemy aktualny obraz budującego się teleskopu VLT i pierwsze zdjęcia uzyskane pierwszym jego lustrem. W naszej galerii mgławic katalogu Messiera prezentujemy obiekty M2 do M5. W istocie nie są to mgławice, a mrowiska gwiazd, czyli gromady kuliste.

Kalendarzyk Astronomiczny opisuje zjawiska na niebie, jakie zdarzą się we wrześniu i październiku 1998 r. Na str. 192 przedstawiamy nową „astronomiczną" krzyżówkę oraz listę pierwszych „znawców" Układu Słonecznego. ***UWAGA! Ogłaszamy konkurs na „Wakacyjne zdjęcie nieba"*** *— będą nagrody! Szczegóły na stronie 185.*

Życzę Państwu pożytecznej lektury.

Andrzej Woszczyk

Toruń, w czerwcu 1998 roku

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA Toruń

(...) Chciałbym sprostować i rozszerzyć informację zawartą w PA4/97, na drugiej stronie okładki, w opisie zdjęcia przedstawiającego Złoty Pawilon.

Pagoda z Ogrodu Japońskiego, znajdującego się we Wrocławskim Parku Szczytnickim, określana: „kopią" Złotego Pawilonu, została wczesną wiosną '96 rozebrana!

Zbudowana w latach 1968--69, niestety w znaczący sposób odbiegała stylem, konstrukcją i wzornictwem od tego typu oryginalnych budowli japońskich. W wyniku podjęcia w 1995 r. decyzji o rekonstrukcji i rozbudowie Ogrodu Japońskiego, ściśle (!) z japońskimi zasadami tworzenia ogrodów, postanowiono przenieść ją w inne miejsce (tak jak zrobiono to z mostkiem „Łukowym"). Jednak fatalny stan techniczny konstrukcji, spowodowany wilgocią i warunkami atmosferycznymi oraz znaczne zniszczenia spowodowane dewastacją, wymusiły decyzję o jej likwidacji.

W dniu 15 maja 1997 r., po trzech latach prac, uroczyście otwarto zrekonstruowany i rozbudowany Ogród Japoński w Parku Szczytnickim. Dokonanie tego było możliwe między innymi dzięki znaczącej, bezpośredniej i finansowej pomocy specjalistów z Japonii. Powstał we Wrocławiu kolejny interesujący i godny obejrzenia obiekt.

Niestety, po dwóch miesiącach (14 lipca 1997), Ogród został na dwa tygodnie zalany podczas powodzi (sarkastycznie: *...a jednak kometa zwiastunem!*). W wyniku tego w znacznym stopniu uległa zniszczeniu ozdobna roślinność. Na szczęście, obiekty i budowle nie uległy dużym uszkodzeniom. Ponowne otwarcie Ogrodu nastąpiło w kwietniu'98. Strona japońska po raz kolejny wsparła Wrocław w odbudowie tego obiektu.

Serdecznie zapraszam do odwiedzenia i obejrzenia Ogrodu Japońskiego Haku Koen (Biało-Czerwony, w nawiązaniu do barw narodowych Polski i Japonii) w Parku Szczytnickim, opodal Iglicy i Hali Ludowej we Wrocławiu. (...)

Osobom zainteresowanym tematem Ogrodu polecam ilustrowane artykuły, które ukazały się w miesięczniku „Nasz Dom i Ogród" nr 6, 7 i 8/97.

Miałem zaszczyt i przyjemność uczestniczyć w rozbudowie Ogrodu Japońskiego.

Z poważaniem

Wacław Sałaban
Wrocław

***

(...) Czasopismo pod każdym względem wspaniałe, tylko szkoda, że ukazuje się jako dwumiesięcznik. Myślę, że każdy miłośnik astronomii pragnąłby częściej otrzymywać to wspaniałe czasopismo. Serdecznie pozdrawiam i życzę sukcesów

Piotr Kowalski
Słupsk

***

(...) jestem zachwycony Waszą Stroną WWW. Pomijając fakt, że na początku długo się ładuje z powodu sporej ilości grafiki, jest przejrzyście skonstruowana, czytelna i perfekcyjnie opracowana graficznie, a nawet zawiera podkład muzyczny (może by coś z klasyki?).

Janusz Płeszka
Kraków

Zapraszamy na nasze internetowe strony!

http://urania.camk.edu.pl

Znajdziecie tam archiwum wydanych wcześniej zeszytów „Uranii-PA" oraz „Postępów Astronomii", a także serwis informacyjny „W skrócie" i połączenia do innych, ciekawych miejsc!

Reklamodawcom proponujemy miejsce na reklamy ich produktów na dogodnych warunkach!

Wakacje w Planetarium

Dwadzieścia lat temu w „Przekroju" pojawiła się po raz pierwszy informacja, że planetarium prosi o pomoc osoby spędzające wakacje we Fromborku, umożliwiając w zamian bliższy kontakt z rozgwieżdżonym niebem. Wbrew przewidywaniom ludzi „znających życie" znalazło się wtedy aż trzynaście takich osób. Okazało się, że do pomocy chętna jest głównie młodzież i że w zamian oczekuje pomocy w zorganizowaniu pobytu we Fromborku. Tak narodziły się „Wakacje w Planetarium".

Wymagania organizatorów nie były wysokie: średnio godzina pracy dziennie, a poza tym można się opalać. Uczestnicy chcieli więcej, zwłaszcza wtedy, gdy przyjeżdżała młodzież zachęcona przez ogłoszenia w „Uranii". To „starzy bywalcy" powracający na „Wakacje" przez szereg lat sprawili, że w pobliżu Fromborka powstało obserwatorium, przy którym obecnie „Wakacje" mieszkają.

Dzisiejsze „Wakacje" wyglądają nieco inaczej niż te pierwsze. Seanse w planetarium są bogatsze, ale trudniejsze do prowadzenia i niewielu uczestników decyduje się zasiąść za pulpitem. Pomagają oni raczej w tworzeniu widowiska, prowadząc strzałkę po niebie. Nadal jednak potrzebne są osoby umiejące pokazywać przez teleskop plamy słoneczne czy objaśniać działanie wahadła Foucaulta. Mają przy tym szansę nawiązania ciekawych znajomości, szczególnie gdy znają języki obce.

Tegoroczne „Wakacje" już trwają, ale można jeszcze przyjechać w sierpniu. Trzeba tylko wcześniej skontaktować się z Andrzejem Pilskim i zaproponować termin przyjazdu. Listownie: skr. poczt. 6, 14-530 Frombork, telefonicznie: 0-55-243-73-92 lub faxem: 0-55-243-72-18. Liczba miejsc jest ograniczona i osoby przyjeżdżające bez uprzedzenia są bardzo niemile widziane.

Dwudziestolecie „Wakacji w Planetarium" zbiega się z dwudziestopięcioleciem samego planetarium i dwudziestoleciem obecnej aparatury projekcyjnej. Rocznice te pozostają w cieniu pięćdziesięciolecia Muzeum Mikołaja Kopernika, którego działem jest Planetarium. Jubileuszowym akcentem jest tylko nowy seans „Kosmiczne kolizje", po obejrzeniu którego widzowie mogą nabyć fragment skały, która trafiła na Ziemię po jednej z takich kolizji. Cena, oczywiście, astronomiczna! *(ASP)*

Redakcja pragnie pięknie podziękować:

— ***Panu Profesorowi Zbigniewowi Dworakowi*** *z Krakowa za książkę „Historia astronomii i kosmologii" Johna Northa tłumaczoną przez niego wraz z Małżonką Tamarą Dworak, a wydaną przez Książnicę w Katowicach (1997).*

— ***Panu Edwardowi Gacowi****, naszemu Czytelnikowi z Francji za pięknie wykonany model stacji międzyplanetarnej Cassini.*

— ***Panu Georgovi Shpenkovi*** *z Bydgoszczy za jego 3-tomową książkę dotyczącą fizyki teoretycznej, struktury przestrzeni Wszechświata i filozofii pod tytułem: „Alternative Picture of the World". Autorami książki są dr Leonid G. Kreidik, wykładowca Politechniki w Mińsku i dr Georgi P. Shpenkov, profesor w Instytucie Matematyki i Fizyki Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy.*

— ***Panu Pawłowi W. Błasikowi****, prezesowi Oddziału PTMA w Szczecinie za bardzo obszerną (12 stron rękopisu), wnikliwą i życzliwą recenzję ostatnich 3 zeszytów „Uranii - Postępów Astronomii".*

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe poprzez połączenie się „**Uranii**" — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 roku i **„Postępów Astronomii"** — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 roku. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN i Komitet Astronomii PAN.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK W-wa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet M.Kopernika
ul.Chopina 12/18
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 62 19 381

Poczta elektroniczna (E-mail adress):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Barbara Gertner, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: basia@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 1998 kosztuje 36 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 6 zł.

Numer zamknięto w maju 1998

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

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 ***Obserwacje wnętrza Słońca***
Wojciech Dziembowski
Detektory neutrin były do niedawna jedynymi obserwatoriami wnętrza Słońca. Obecnie coraz częściej ich miejsce zajmują instrumenty do mierzenia oscylacji — słoneczne sejsmografy.

150 ***Układ Słoneczny — pochodzenie i ewolucja***
Jacek Leliwa-Kopystyński
Układ Słoneczny to gwiazda — Słońce, plus ogromna liczba ciał związanych z nim siłami grawitacyjnymi. Jak się ten Układ uformował, jakie tendencje ewolucyjne mają niektóre z jego ciał — to podstawowe treści tego artykułu.

156 ***Tajemnice Tytana***
Stanisław R. Brzostkiewicz
Obrazy powierzchni Tytana otrzymane na podstawie obserwacji podczerwonych wykonanych teleskopem kosmicznym Hubble'a pozwoliły utworzyć mapę tego księżyca. Lecz nasza wiedza o Tytanie jest wciąż bardzo uboga i trzeba będzie dużego wysiłku ze strony nauki, aby tę niekorzystną sytuację zmienić.

160 ***Zarys kosmoekologii***
Honorata Korpikiewicz
Kosmoekologia bada metodami naukowymi fizyczne, mierzalne wpływy Kosmosu na biosferę. Badania kosmoekologiczne wciąż odkrywają nowe, ciekawe związki człowieka z Niebem.

166 ***Astronomia w Korei***
Jerzy M. Kreiner
Jakkolwiek grupa koreańskich astronomów nie jest zbyt liczna, to ich plany są bardzo ambitne. Planuje się zbudowanie za granicą 4.5-metrowego teleskopu. W bardzo intensywnym tempie przebiega unowocześnianie posiadanej bazy instrumentalnej, w tym także instalacja komputerów najnowszej generacji.

teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje: *Najmłodsza mgławica planetarna; Mgławica „prostokątna" (wkł.IV); Teleskop kosmiczny sfotografował planetę!? (okł.IV)*

astronomia w szkole: *Zaćmienie na ekranie komputera i nie tylko (175); Przebieg XLI Olimpiady Astronomicznej w roku szkolnym 1997-98 (176); Zadania XLI Olimpiady Astronomicznej (177); Rozwiązania wybranych zadań finałowych XLI Olimpiady Astronomicznej (178); XLII Olimpiada Astronomiczna (182)*

169 **w kolorze:** *Pierwsze zdjęcia z teleskopu VLT*

170 **rozmaitości:** *Rozbłyski gamma – nowe fakty, nowe zagadki; Nowe spojrzenie na twarz Marsjanina*

171 **galeria Mgławic Messiera:** *Gwiezdne mrowiska (M2–M5)*

172 **miłośnicy astronomii obserwują:** *Obserwacje gwiazd zmiennych w 1997 roku (172); Roje meteorów w 1998 roku (173)*

183 **poradnik obserwatora:** *Zdolność rozdzielcza*

184 **elementarz Uranii:** *Źródła informacji astronomicznych (cz. II)*

186 **kalendarz astronomiczny '98:** *wrzesień – październik*

192 **krzyżówka**

192 **konkurs:** *Czy znasz Układ Słoneczny? (rozwiązanie cz. I)*

NA OKŁADCE

Teleskop Kosmiczny nie przestaje nas zadziwiać już od ośmiu lat. Jako zdjęcie ilustrujące informację o jego kolejnych urodzinach wybrano tym razem ten przepiękny obraz Saturna, uzyskany nową kamerą podczerwoną (NICMOS) 4 stycznia br. Kolory reprezentują jasności w pasmach 1.0 (niebieski), 1.8 (zielony) oraz 2.1 mikrometra (czerwony). Widoczne są dwa księżyce planety — Dione (na lewo od dolnego skraju tarczy) oraz Tethys (przy górnym prawym skraju).

Obserwacje wnętrza Słońca

Wojciech Dziembowski

Autor jest profesorem astrofizyki teoretycznej w CAMK-u i na Uniwersytecie Warszawskim oraz członkiem PAN, gdzie obecnie pełni obowiązki przewodniczącego Komitetu Astronomii.

Pierwszy detektor neutrin słonecznych został zaplanowany i skonstruowany w celu sprawdzenia teorii nukleosyntezy we wnętrzach gwiazd. Teoria wyjaśniająca pochodzenie źródeł energii Słońca i innych gwiazd ciągu głównego powstała w latach czterdziestych i, w zasadniczym zarysie, nadal obowiązuje. Zgodnie z nią, energia jest wyzwalana w przemianie wodoru w hel zachodzącej w dwóch różnych cyklach reakcji termojądrowych: p-p i CNO. W Tabelach 1 i 2 podane są szczegóły tych reakcji. W Słońcu dominuje cykl p-p, który wytwarza ok. 98.5% energii, z czego większość, ok. 86%, w gałęzi PP-I, a tylko 0.02% w gałęzi PP-III. Udział cyklu CNO, wynoszący dla Słońca ok. 1.5%, wzrasta z masą gwiazdy.

Tabela 1. Cykl p-p

	$^1H + {}^1H$	$\rightarrow$	$^2H + e^+ + \nu_e$
PP-I	$^2H + {}^1H$	$\rightarrow$	$^3He + \gamma$
	$^3He + {}^3He$	$\rightarrow$	$^2He + {}^1H + {}^1H$
	$^3He + {}^4He$	$\rightarrow$	$^7Be + \gamma$
PP-II	$^7Be + e^-$	$\rightarrow$	$^7Li + \nu_e\ (+\gamma)$
	$^7Li + {}^1H$	$\rightarrow$	$^4He + {}^4He$
	$^7Be + {}^1H$	$\rightarrow$	$^8B + \gamma$
PP-III	^8B	$\rightarrow$	$^8Be + e^- + \nu_e$
	^8Be	$\rightarrow$	$^4He + {}^4He$

Tabela 2. Cykl CNO

$^{12}C + {}^1H$	$\rightarrow$	$^{13}N + \gamma$
^{13}N	$\rightarrow$	$^{13}C + e^+ + \nu_e$
$^{13}C + {}^1H$	$\rightarrow$	$^{14}N + \gamma$
$^{14}N + {}^1H$	$\rightarrow$	$^{15}O + \gamma$
^{15}O	$\rightarrow$	$^{15}N + e^+ + \nu_e$
$^{15}N + {}^1H$	$\rightarrow$	$^{12}C + {}^4He$

Energia wydzielana jest w formie promieniowania elektromagnetycznego (kwanty γ) i neutrin elektronowych ν_e. Kwanty γ, na drodze ku powierzchni, są wielokrotnie pochłaniane i reemitowane przez atomy. Właściwości promieniowania w każdym miejscu gwiazdy zależą od lokalnych warunków termodynamicznych — głównie od temperatury, która określa jego rozkład widmowy. W centrum Słońca temperatura wynosi około 15 milionów stopni i spada systematycznie do ok. 6000 stopni na powierzchni. Odpowiednio, promieniowanie przechodzi z zakresu gamma, przez zakres X, ultrafiolet do widzialnego. To ostatnie dominuje w strumieniu energii wysyłanej w przestrzeń. Ani ono, ani też niewielkie przyczynki z innych przedziałów długości fali (X, UV, radiowe) nie niosą żadnej informacji o głębokim wnętrzu Słońca poza tą, że produkowana jest tam energia z mocą 4×10^{20} MW.

Z neutrinami jest inaczej, bo ich oddziaływanie z materią jest bardzo słabe. Wtedy gdy zaplanowano pierwszy detektor, wierzono, że wytworzone w reakcjach neutrina docierają w stanie nie zmienionym bezpośrednio do detektorów na Ziemi. Pomiar strumienia tych cząstek umożliwić miał zatem spojrzenie wprost do obszaru zwanego jądrem, gdzie zachodzą reakcje. Fakt, że cząstki te oddziaływają tak słabo, powoduje, że zbudowanie detektora jest ogromnie skomplikowanym przedsięwzięciem. Pierwszy detektor neutrinowy, oddany do użytku w 1970 roku, wykorzystywał reakcję

$$\nu + Cl^{37} \rightarrow e^- + Ar^{37}.$$

Detektorem był zbiornik wypełniony 400 tonami płynu do prania zawierającym chlor. Działa on po dziś dzień. Istotną trudność stanowi tu detekcja śladowych ilości radioaktywnego argonu.

Teoria budowy gwiazd pozwala na skonstruowanie modelu Słońca, to znaczy liczbowego opisu przebiegu wszystkich parametrów fizycznych w jego wnętrzu, w szczególności temperatury, gęstości i zawartości wodoru. Znając te wielkości, można wyliczyć strumień neutrin z poszczególnych reakcji. Modele takie konstruowano już przed uruchomieniem detektora i istniała przepowiednia dotycząca pomiaru. Zmierzony strumień okazał się znacznie mniejszy niż oczekiwany. Ta rozbieżność znana jest jako *problem neutrin słonecznych*. Poświęcono mu wiele prac. Początkowo rozwiązania poszukiwano w modyfikacji modelu Słońca. Wszystkie proponowane rozwiązania sprowadzały się do obniżania temperatury w centrum tak, by przy obserwowanym strumieniu promieniowania zmniejszyć wyliczany strumień neutrin. Było to możliwe, bo detektor chlorowy wykrywa tylko neutrina z gałęzi PP-III oraz w mniejszym stopniu z gałęzi PP-II i cyklu CNO, których wydajność znacznie silniej zależy od temperatury niż gałęzi PP-I.

Od 1990 roku działa detektor wodny *Kamiokande* rejestrujący promieniowanie Czerenkowa wywołane przez relatywistyczne elektrony powstające w wyniku rozpraszania neutrin. Ten detektor wykrywa jedynie neutrina z gałęzi PP-III, której wydajność najsilniej zależy od temperatury. Tu też zaobserwowano mniej neutrin niż przewidywał model. Od niespełna roku działa znacznie powiększona wersja tego detektora, znana jako *Superkamiokande*.

Już dotąd zarejestrował on więcej neutrin niż wszystkie detektory razem. Jego wyniki potwierdzają wyniki poprzednika.

Od kilku lat pracują dwa detektory oparte na reakcji

$$\nu + Ga^{71} \rightarrow e^- + Ge^{71}.$$

Gal jest bardzo drogim pierwiastkiem, ale warto było ten koszt ponieść, bo niski próg energetyczny tej reakcji pozwala na detekcję neutrin z głównej gałęzi cyklu p-p (PP-I).

Wszystkie detektory wykazują deficyt strumienia neutrin, ale jest on różny dla różnego typu detektorów. Największy deficyt (czynnik 0.25–0.3 w stosunku do modeli) ma miejsce dla detektora chlorowego o pośrednim progu energetycznym, a najmniejszy dla detektorów galowych (czynnik 0.55–0.65). Dla detektora Kamiokande o najwyższym pro-

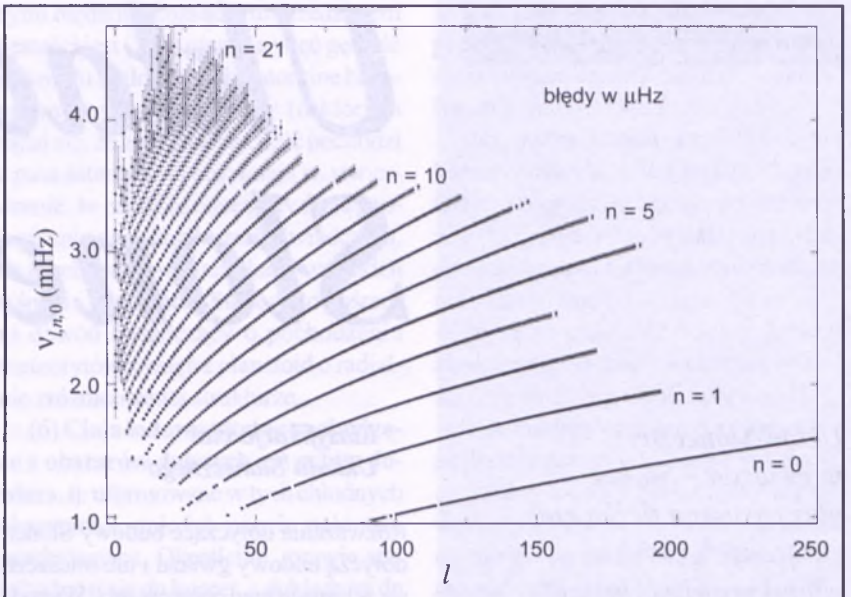
gu, zakres tego czynnika wynosi 0.4–0.5. Wynika stąd, że największy deficyt dotyczy neutrin o pośrednich energiach i o pośredniej wrażliwości na temperaturę. Takiego zachowania nie można wyjaśnić drogą modyfikacji modelu Słońca. Natomiast wszystkie dane eksperymentalne tłumaczy *teoria rezonansowej zmiany neutrin*.

Neutrina powstające w jądrze Słońca są neutrinami elektronowymi. Działające detektory są wrażliwe tylko na ten gatunek. Istnieją jednak jeszcze dwa inne gatunki tych cząstek — neutrina mionowe i tauonowe. W standardowej teorii oddziaływań elektrosłabych neutrina są cząstkami bezmasowymi i nie mogą zmieniać gatunku. Naturalnym uogólnieniem teorii jest dopuszczenie ich skończonej masy i możliwości takiej zmiany. Teoria rezonansowej zmiany, znana pod nazwą MSW przewiduje, że przy przechodzeniu przez materię o pewnej, ściśle określonej (dla neutrin o danej energii) gęstości elektronów następuje zmiana gatunku.

Na początku lat osiemdziesiątych pojawiła się nowa metoda obserwacji wnętrza Słońca. Nazywamy ją sejsmicznym sondowaniem lub heliosejsmologią. Wiąże się to z odkryciem oscylacji słonecznych. Analiza pomiarów prędkości na powierzchni Słońca ujawnia, że obok dominujących składowych związanych z ruchem obrotowym i chaotyczną konwekcją, występują tam niemal ściśle okresowe drgania.

Te drgania to stojące fale dźwiękowe, podobne do tych, z jakimi spotykamy się w dętych instrumentach muzycznych. Tyle że długości fali mierzy się w tysiącach kilometrów, a częstotliwości w milihercach (Rys. 1).

Dwie najważniejsze liczby charakteryzujące drganie to l — liczba linii węzłowych na powierzchni i n — liczba węzłów wzdłuż promienia od środka do powierzchni. Pulsacje radialne odpowiadają $l = 0$. Im wyższe l, tym powierzchnia jest bardziej pofałdowana. Częstotliwość $\nu_{l,n}$ drgania scharakteryzowanego tymi dwiema liczbami, nazywanego modem oscylacji, zależy od tego, jak zbudowane jest wnętrze Słońca. Odwracając problem, możemy na podstawie mierzonych wartości $\nu_{l,n}$ wyznaczyć na przykład przebieg gęstości i ciśnienia w całym wnętrzu. Wykorzystujemy więc dane o falach dźwiękowych do sondowania wnętrza Słońca, podobnie jak geofizycy wykorzystują dane o falach sejsmicznych do sondowania wnętrza Ziemi.

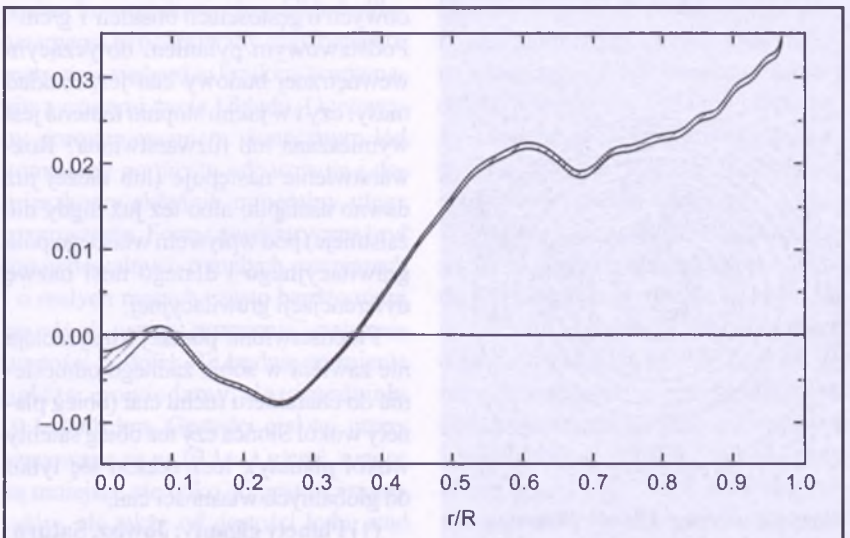


Rys. 1. Wyniki pomiarów częstotliwości oscylacji słonecznych z użyciem instrumentu MDI na pokładzie obserwatorium orbitalnego SOHO. Kreski pokazują błędy pomiarów pomnożone przez 1000.

Dla dokładnego zmierzenia częstotliwości pożądane są długie, najlepiej ciągłe obserwacje Słońca. Nie można tego osiągnąć z jednego obserwatorium. Obecnie obserwacje takie wykonuje się, korzystając z sieci automatycznych teleskopów i z trzech instrumentów umieszczonych w orbitalnym obserwatorium słonecznym *SOHO*. Na rysunku 1 zebrane zostały wyniki pomiarów częstotliwości wykonane jednym z tych instrumentów. O dokładności tych pomiarów świadczy to, że dla uwidocznienia błędów trzeba było je pomnożyć przez 1000.

Następny rysunek pokazuje wynik sondowania wnętrza Słońca z użyciem tych danych. Przedstawiona tam różnica w gęstości pomiędzy Słońcem a modelem nie przekracza nigdzie, poza warstwami podpowierzchniowymi, 3%. Tak dobrą zgodność należy uznać za potwierdzenie standardowej teorii budowy wewnętrznej Słońca i pośredni argument na rzecz konieczności odejścia od standardowej teorii neutrin.

Wobec zakwestionowania teorii neutrin detektory tych cząstek przestały być głównymi obserwatoriami wnętrza Słońca. Ich miejsce zajęły instrumenty do mierzenia oscylacji — słoneczne sejsmografy. Dążenie do uzyskania jak najlepszej zgodności modeli z wynikami sejsmicznego sondowania ma znaczenie dla testowania podstaw teorii ewolucji gwiazd w ogólności, a także dla interpretacji pomiarów strumieni neutrin. ●



Rys. 2. Względne różnice w gęstości między Słońcem według danych z SOHO a jego modelem teoretycznym. Pasek przedstawia niepewność wynikającą z niepewności pomiarów częstotliwości.

Jacek Leliwa-Kopystyński

Układ Słoneczny

Układ Słoneczny to gwiazda – Słońce plus ogromna liczba ciał związanych z nim siłami grawitacyjnymi (przede wszystkim) to znaczy obiegających Słońce, a więc pozostających stale w jego bliskim otoczeniu. Określenie „bliskie otoczenie" oznacza obszar, którego średnica jest kilkakrotnie mniejsza niż odległość od Słońca do najbliższych sąsiednich gwiazd.

Wcześniejsze opisy Układu Słonecznego bazowały jedynie na obserwowalnych właściwościach ruchu ciał i nie mówiły nic na temat ich fizycznej natury.

Klasyfikacja ciał Układu Słonecznego

Rozważania dotyczące budowy Słońca dotyczą budowy gwiazd i nie mieszczą się w ramach tego opracowania. Wszystkie poza Słońcem ciała wchodzące w skład Układu Słonecznego można podzielić na kilka grup. Podstawową jednostką długości, przy pomocy której wygodnie jest wyrażać rozmiary ciał Układu Słonecznego, jest średni promień Ziemi $R_\oplus = 6371$ km. Rozmiary (promienie) ciał Układu nie zawsze są decydujące o przynależności ciała do określonej grupy. Kryteria podziału związane są z masami ciał i z ich średnimi gęstościami, które to wielkości są w bliskiej relacji do składu ciał. Masy ciał Układu wygodnie jest porównywać z masą Ziemi, $M_\oplus = 5.98\times10^{24}$ kg. Gęstości porównujemy zwykle z gęstościami kilku podstawowych substancji: (1) żelaza, o gęstości od 8 g/cm^3 w warunkach normalnych do ponad 12 g/cm^3 w wysokich ciśnieniach, (2) skał, o gęstościach z przedziału 2÷5 g/cm^3 oraz (3) materiałów lodowych o gęstościach bliskich 1 g/cm^3. Podstawowym pytaniem dotyczącym wewnętrznej budowy ciał jest rozkład masy: czy i w jakim stopniu materia jest wymieszana lub rozwarstwiona? Rozwarstwienie następuje (lub raczej już dawno nastąpiło albo też już nigdy nie zaistnieje) pod wpływem własnego pola grawitacyjnego i dlatego nosi nazwę dyferencjacji grawitacyjnej.

Przedstawiona poniżej klasyfikacja nie zawiera w sobie żadnego odniesienia do charakteru ruchu ciał (obieg planety wokół Słońca czy też obieg satelity wokół planety), lecz odnosi się tylko do globalnych własności ciał.

(1) **Planety giganty: Jowisz, Saturn, Uran i Neptun** o masach odpowiednio 318, 95, 14.5 i 17.2 $M_\oplus$. Ich gęstości średnie wynoszą odpowiednio zaledwie 1.34, 0.70, 1.25 i 1.63 g/cm^3, czyli są kilkakrotnie mniejsze niż średnia gęstość Ziemi $\rho_\oplus = 5.52$ g/cm^3. Promienie gigantów są 4÷11 razy większe od promienia Ziemi $R_\oplus = 6371$ km. Planety giganty nazywane są również „gigantami gazowymi", gdyż ich głównymi składnikami są materiały, które są gazami lub cieczami w warunkach ciśnienia i temperatury takich, jakie mamy na powierzchni Ziemi. Są to przede wszystkim wodór molekularny H_2, a także wodór metaliczny H (w głębokich warstwach, w których jest dostatecznie duże ciśnienie), hel He, woda H_2O, metan CH_4 oraz amoniak NH_3, występujące oczywiście w różnych proporcjach na różnych planetach i na różnych głębokościach w ich wnętrzach. Warstwa gazowa rozciąga się w głąb na głębokość około połowy promienia planety giganta. Określanie głębokości odpowiadającej stałej powierzchni (w sensie granicy atmosfera/powierzchnia na Ziemi) nie ma sensu fizycznego w przypadku planety giganta. Głębokie wnętrza planet gigantów zawierają skalno-metaliczne jądra. Masy jąder szacowane są na około 5% do 30% całkowitej masy planety.

(2) **Planety i satelity grupy Ziemi**, inaczej duże ciała skalno-metaliczne lub skalne. Są to planety: **Merkury, Wenus, Ziemia i Mars** oraz satelity: nasz **Księżyc** oraz **Io**, wulkaniczny satelita Jowisza. Ich gęstości są odpowiednio równe 5.43, 5.24, 5.52, 3.94, 3.34 i 3.55 g/cm^3. Liczby te odpowiadają gęstościom mieszanin skał i żelaza w różnych proporcjach. Masy ciał tej grupy mieszczą się w przedziale $(0.012\div1)M_\oplus$ a ich promienie w przedziale $(0.27\div1)R_\oplus$. Ciała grupy Ziemi mają zasadniczo struktury dwuwarstwowe: od zewnątrz skalny płaszcz, w głębi metaliczne (żelazo plus domieszki) jądro. Wenus, Ziemia i Mars są planetami posiadającymi atmosfery; ciśnienia atmosferyczne na powierzch-

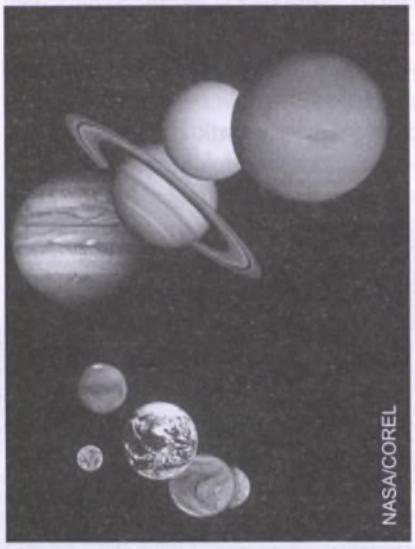
niach tych planet są odpowiednio w stosunkach około 100 : 1 : 0.01.

(3) **Wielkie satelity lodowe** Jowisza (**Europa, Ganimedes, Callisto**), Saturna (**Tytan**) i Neptuna (**Tryton**), a także **planeta lodowa Pluton**. Ich rozmiary są porównywalne z naszym Księżycem, którego promień $R_K = 1738$ km. Gęstości są zdecydowanie mniejsze niż gęstość Księżyca i niż gęstości typowych materiałów skalnych. Gęstości Ganimedesa, Callisto, Tytana, Trytona i Plutona wynoszą około 2 g/cm^3; gęstość Europy to 3.05 g/cm^3. Materiały lodowe, głównie zamarznięta woda, stanowią górną warstwę każdego z ciał tej grupy. Grubość lodowej warstwy wynosi od co najwyżej 100 km na Europie do kilkuset kilometrów (około 1/3 promienia) na pozostałych ciałach tej grupy. Wnętrza wielkich satelitów lodowych to skalne lub skalno-metaliczne jądra. Obserwacje dotyczące pól magnetycznych satelitów (np. obserwacje prowadzone od 1995 r. przez sondę Galileo w układzie Jowisza) dostarczają decydujących dowodów za i przeciw istnieniu żelaznych jąder. W szczególności analiza danych dotyczących pól magnetycznych Io i Ganimedesa pozwoliła na zbudowanie ich modeli z jądrami z mieszaniny eutektycznej Fe-FeS.

(4) **Satelity lodowe średniej wielkości: 6 satelitów Saturna** (Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Iapetus), **5 Urana** (Miranda, Ariel, Umbriel, Titania, Oberon) oraz **Charon**, satelita Plutona. Są to ciała o promieniach z przedziału (200÷800) km, czyli około $(0.03 \div 0.12)R_\oplus$. Masy tych satelitów to zaledwie $(10^{-5} \div 10^{-3})M_\oplus$. Gęstości wynoszą (1÷1.7) g/cm^3, czyli niewiele przewyższają gęstość lodu wodnego.

(5) **Planetoidy** (asteroidy) z pasa pomiędzy orbitami Marsa a Jowisza. Są to ciała skalne o promieniach od 500 km w dół. Tych, których promienie są większe niż 100 km, znanych jest zaledwie około 20. Liczba planetoid o wyznaczonych orbitach wynosi kilka tysięcy, a liczba wszystkich zaobserwowanych kilkanaście tysięcy; rokrocznie odkrywanych jest ponad sto nowych. Niektóre satelity planet (np. Phobos i Deimos — satelity Marsa, także cztery małe satelity Jowisza najbardziej oddalone tej planety) są prawdopodobnie schwytanymi planetoidami. Wyznaczanie rozmiarów, a więc także gęstości planetoid, jest trudne, a uzyskane wyniki obarczone są dużymi błędami. Rozsądnym przedziałem gęstości jest (2÷3) g/cm^3, a więc gęstość materiału skalnego. Laboratoryjne badania materiału meteorytów (o których sądzi się, że znaczna ich część pochodzi z pasa asteroidów) pozwalają na stwierdzenie, że niektóre meteoryty mają geologicznie zapisaną historię świadczącą, że przebywały w warunkach wysokich ciśnień i temperatur. Stanowi to pośredni dowód świadczący o pochodzeniu meteorytów z wnętrz planetoid o radialnie zróżnicowanej strukturze.

(6) **Ciała lodowo-skalne pochodzące z obszarów dalszych niż orbita Jowisza**, tj. uformowane w tych chłodnych obszarach i, stale lub prawie stale, tam przebywające. Określenie „prawie stale" odnosi się do komet, a dokładniej do tych komet, które są obserwowane z Ziemi. Jeśli los (czytaj: statystycznie przy-



padkowe oddziaływanie grawitacyjne) wrzuci kometę do wnętrza Układu Planetarnego, to oczekiwany czas życia komety staje się bardzo krótki w porównaniu z czasami życia Układu. Ogrzewany promieniowaniem słonecznym lód kometarny po prostu odparowuje i domieszkowy składnik mineralny ulega rozproszeniu. Forma geometryczna brył lodowo-skalnych o małych rozmiarach i o małych masach często bardzo różni się od kuli, a więc „promienie" mają sens wartości średnich. Te średnie promienie należą, powiedzmy, do przedziału (0.1÷100) km. Gęstości ciał tej grupy szacowane są na (0.1÷1) g/cm^3, a więc są mniejsze nie tylko od gęstości minerałów, ale także od gęstości lodu; stąd wynika, że struktura ciał jest porowata. W bardzo szerokich ramach tej grupy ciał mieszczą się:

(6a) **Małe satelity lodowe wielkich planet**. Przykłady: Janus i Epimetheus — porowate satelity Saturna o gęstościach około 0.5 g/cm^3.

(6b) **Jądra komet**. Przykład: jądro komety Halley'a — jedyne jądro kometarne, które dzięki misji do komety w 1986 r., zostało sfotografowane z rozdzielczością pozwalającą na rozróżnianie szczegółów.

(6c) Pozasaturnowe obiekty „asteroido-kometopodobne": **Centaury** — bliżej oraz **obiekty pasa Kuipera** — dalej.

Uzasadnijmy określenie wprowadzone dla tej ostatniej podgrupy. Gdy obiekt mineralno-lodowy poruszający się po wydłużonej orbicie eliptycznej zbliża się do Słońca, to zaczynają z niego sublimować łatwolotne lody N_2, CO, CH_4, CH_2O, NH_3, CO_2, (w takiej kolejności, w miarę zbliżania się do Słońca) i wokół obiektu powstaje otoczka gazowa, podobnie jak wokół jądra komety. Chiron, ciało o rozmiarach rzędu 100 km, jest pierwszym wykrytym obiektem tego typu.

(7) Drobne, o rozmiarach z przedziału (μm÷m), **ziarna mineralne i lodowe** rozproszone w Układzie lub tworzące regularne stacjonarne struktury (pierścienie Saturna, a także pozostałych trzech planet gigantów).

(8) **Indywidualne cząsteczki, atomy, jony i elektrony** pochodzące ze Słońca (wiatr słoneczny) oraz z atmosfer planetarnych. Cząstki wchodzące w skład wiatru słonecznego można traktować jako ogromne rozciągnięcie w przestrzeni bardzo rozrzedzonej korony słonecznej. Korona widoczna w czasie zaćmień Słońca ma grubość rzędu jednego promienia słonecznego, czyli rzędu miliona kilometrów. Wiatr słoneczny dociera daleko poza granicę Układu Planetarnego: jak daleko? — oczekuje się, że na to pytanie dadzą odpowiedź instrumenty ciągle pracujące na Voyagerach.

Wydaje się celowe, aby po przedstawieniu powyższej klasyfikacji ciał Układu Słonecznego wymienić rodzaje oddziaływań (rodzaje sił) decydujących o ruchach ciał Układu. Siły grawitacyjne mają zasadnicze znaczenie dla ruchu ciał dostatecznie dużych, zakwalifikowanych do grup (1) – (6). Jednak orbity komet (grupa 6b), a więc ciał tracących masę pod wpływem promieniowania słonecznego, wskazują na występowanie niewielkich efektów niegrawitacyjnych związanych z wyrzucaniem z ją-

dra komety strumienia sublimującej masy. Oddziaływania zdecydowanie różne od tylko grawitacyjnych uwidaczniają się dla ciał najmniejszych (<mm), a mianowicie dla drobnych ziaren ciał stałych zaklasyfikowanych do grupy (7): ruch ziaren rządzony jest przez przyciągającą grawitację i przez odpychające działanie ciśnienie promieniowania słonecznego. Względne znaczenie tego ostatniego staje się coraz bardziej istotne dla ziaren o coraz mniejszych rozmiarach. Dla dynamiki indywidualnych cząstek naładowanych elektrycznie (grupa 8) najważniejsze są oddziaływania elektromagnetyczne.

Formowanie się Układu Słonecznego

Każda rozsądna teoria powstania Układu Słonecznego i jego ewolucji musi prowadzić od jakiegoś stanu początkowego, zapostulowanego przez autora teorii i zgodnego z obserwacjami astronomicznymi dostępnymi w chwili budowy teorii, do stanu współczesnego, zgodnego z aktualną wiedzą o Układzie Słonecznym. Jeśli zastosujemy takie podejście do wiedzy astronomiczno-fizycznej o Słońcu oraz o planetach i ich satelitach, jaką była ona przed około 200 laty, to model powstania Układu znany jako hipoteza Kanta i Laplace'a okaże się bardzo rozsądny: stan końcowy, w postaci obserwowanych zagęszczeń materii (Słońca, planet, satelitów) powstał na skutek działania siły grawitacji oraz siły odśrodkowej w wirującym dysku rozrzedzonej materii gazowej. Taki opis formowania się Układu jest akceptowalny do dzisiaj i jest on powszechnie uznany. W tym miejscu dygresja: „konkurencyjne", katastroficzne podejście do modelowania procesu formowania się Układu (np. przejście jakiejś gwiazdy w sąsiedztwie Słońca, wpływ gwiazdy supernowej na kondensację mgławicy wokółsłonecznej) miało swoje wzloty i upadki, ale nigdy nie znalazło tak dobrego potwierdzenia teoretycznego jak teoria kondensacyjna. Co więcej, dane obserwacyjne z ostatnich lat, dotyczące niektórych gwiazd, pozwalają na stwierdzenie, że właśnie widzimy procesy kondensacji wokółgwiazdowych obłoków, a więc także, prawdopodobnie, procesy powstawania planet.

Poszukiwanie odpowiedzi na pytania szczegółowe stanowi ciągle jeszcze proces badawczy, daleki do ostatecznego zakończenia. Oto przykłady takich podstawowych pytań: Jak długo trwał proces formowania się planet? Czy planety formowały się w tych samych odległościach od Słońca, na których są ich obecne orbity? Dlaczego istnieją dwie grupy planet o zdecydowanie różnych masach i różnych gęstościach? Jak powiązać gęstości planet z ich składem, czyli jaka jest wewnętrzna budowa planet? Dlaczego planety giganty mają układy satelitów?

W oparciu o tzw. datowanie izotopowe, czyli o dane dotyczące rozpowszechnienia pierwiastków promieniotwórczych oraz produktów ich rozpadu (na Ziemi, na Księżycu, w materii meteorytowej) stwierdzono, że wiek Układu Słonecznego wynosi około 4.6×10^9 lat. Stanu początkowego materii, z której sformował się nasz Układ Słoneczny (tj. stanu sprzed prawie 5 miliardów lat) ani też stanów pośrednich odpowiadających różnym etapom formowania się tego Układu oczywiście nie znamy i (z jednym wyjątkiem) nie możemy znać z bezpośrednich obserwacji. Ten wyjątek to materia jąder komet, która w znacznej części zachowała się w stanie prawie nie zmienionym od chwili uformowania się jąder kometarnych. Ponadto, obserwacje astronomiczne dostarczają informacji dotyczących różnych układów typu gwiazda plus materia ją otaczająca. Najwygodniejszą dla interpretacji sytuacją jest taka, w której obserwowana gwiazda centralna jest podobna do naszego Słońca w takim stanie ewolucji, w jakim znajdowało się ono w przeszłości, 5 miliardów lat temu. O niektórych układach typu „gwiazda z otoczką" sądzi się, że przedstawiają one wczesne stadia formowania się systemów planetarnych: dane spektroskopowe dotyczące materii otaczającej gwiazdę wskazują na to, że materia ewoluuje w stronę odpowiadającą formowaniu się planet. W szczególności spektroskopia pozwala na stwierdzenie występowania ziaren skalnych (krzemianowych) oraz materii lodowej (lód wodny i inne lody) w dyskach wokółgwiazdowych.

Stan końcowy, tj. dzisiejszy stan naszego Układu Słonecznego, a zwłaszcza jego centralnej części, jaką stanowi Układ Planetarny, jest znany z dobrą dokładnością. Przed przystąpieniem do opisu procesu formowania się Układu Słonecznego musimy zdać sobie sprawę z podstawowych danych dotyczących współczesnych odległości, mas oraz składu ciał występujących w tym Układzie.

Odległości w Układzie Słonecznym najwygodniej jest mierzyć, wprowadzając jako jednostkę średni promień orbity Ziemi równy 149.6 miliona kilometrów; ta odległość nazwana jest jednostką astronomiczną (j.a.). Merkury, planeta najbliższa Słońca, ma średni promień orbity równy 0.4 j.a., a Neptun, najdalsza od Słońca planeta gigant a jednocześnie najdalsza „prawdziwa" planeta, ma średni promień orbity równy 30 j.a. Dziewiąta planeta, Pluton, może być sklasyfikowana nie jako „prawdziwa" planeta, lecz jako wielki (być może największy?) obiekt tak zwanego pasa Kuipera, tj. wokółsłonecznego obszaru pierścieniowego o promieniach wewnętrznym i zewnętrznym szacowanych odpowiednio na około 40 j.a. oraz na kilkaset jednostek astronomicznych. Promień Układu Planetarnego (ale nie Układu Słonecznego!) można więc zdefiniować, chyba najtrafniej, jako promień orbity Neptuna (30 j.a.). Można także zdefiniować go jako najdalszy zasięg Plutona (50 j.a.) na jego silnie wydłużonej orbicie eliptycznej lub też jako zewnętrzny promień pasa Kuipera. Niezależnie od tego, która definicja promienia Układu Planetarnego zastanie przyjęta, okazuje się, że Układ ten jest silnie spłaszczony. W szczególności „prawdziwe" planety, od Merkurego do Neptuna poruszają się wewnątrz walcowego plastra o stosunku grubości do promienia równym zaledwie 1/30. Ten prawie płaski Układ Planetarny jest zanurzony w centrum sferycznego Układu Słonecznego rozciągającego się do takiej odległości od Słońca, w której jego pole grawitacyjne przestaje być silniejsze niż pole grawitacyjne pochodzące od środka masy Galaktyki lub od pól gwiazd najbliższych Słońcu. Analiza statystyczna dotycząca orbit kometarnych pozwoliła na zapostulowanie istnienia tzw. obłoku Oorta, tj. sferycznego obszaru wokółsłonecznego o promieniu $(1\div10)\times10^4$ j.a., w którym to obszarze znajduje się ogromna liczba $10^{(13\pm1)}$ komet. Tak więc Układ Słoneczny to Słońce plus Układ Planetarny (od Merkurego do Neptuna) plus obiekty pasa Kuipera, plus komety chmury Oorta, plus drobna materia (pył meteorytowy, wiatr słoneczny) rozproszona w całym Układzie.

Masa Słońca $M_\odot = 1.989 \times 10^{30}$ kg = 3.33×10^5 $M_\oplus$, gdzie $M_\oplus = 5.976 \times 10^{24}$ kg jest masą Ziemi. Masa wszystkich planet oraz ich satelitów to 447 $M_\oplus$, a więc zaledwie 0.00134 $M_\odot$. Cztery planety giganty (Jowisz, Saturn, Uran i Neptun) mają masy wynoszące odpowiednio 318, 95, 14.5 i 17.2 $M_\oplus$, czyli łącznie 445 $M_\oplus$. Masy Merkurego, Wenus, Ziemi i Marsa wynoszą odpowiednio 0.055, 0.815, 1 i 0.107 $M_\oplus$ czyli razem zaledwie $2M_\oplus$. W tym uproszczonym zestawieniu masy Plutona, masy planetoid (czyli asteroidów) oraz masy satelitów planet można pominąć. Tak więc prawie cała masa Układu Planetarnego zawarta jest w planetach gigantach. Masa komet i obiektów pasa Kuipera, a także masa drobnej materii rozproszonej w całym Układzie Słonecznym nie jest dokładnie znana, ale szacowana jest łącznie na kilka mas Ziemi $M_\oplus$.

W skład współczesnego Słońca wchodzi przede wszystkim wodór H, którego masa wynosi 0.71 $M_\odot$ oraz hel He o masie 0.27 $M_\odot$. Wszystkie pozostałe pierwiastki określane są wspólnie jako „ciężkie" i mają masę zaledwie 0.02 $M_\odot$. Aż 99% masy pierwiastków ciężkich zawarte jest w zaledwie 8 najobficiej występujących pierwiastkach, którymi są węgiel C, azot N, tlen O, neon Ne, magnez Mg, krzem Si, siarka S i żelazo Fe. Głównymi pierwiastkami budulcowymi skał są Fe, Mg, Si, O. Pierwiastki, z których powstały lody to H, O, C, N. Średni skład planet jest wyraźnie różny od składu Słońca: wodoru i helu jest mniej, a pierwiastki skałotwórcze stanowią ułamek równy około 0.1÷0.2 całkowitej masy planet. Przyjmując rozsądne założenie, że Słońce i planety formowały się z tego samego materiału pierwotnego, musimy zauważyć, że wodór i hel nie weszły w początkowej proporcji w skład planet, lecz w znacznym stopniu zostały usunięte z obszaru, w którym planety się formowały.

Ogólnie akceptowana i stale rozwijana teoria powstania Układu Słonecznego bazuje na fundamentalnych pracach rosyjskiego naukowca W. S. Safronowa, szeroko (po angielsku) rozpowszechnionych w roku 1969 i w latach następnych. Ogromny wkład w rozwój teorii mają Amerykanie A. Cameron i G. Wetherill oraz wielu innych. Teoria startuje od sytuacji, w której materiał z jakiego później uformował się Układ Słoneczny, stanowił kulistą, wirującą masę rozrzedzonego gazu, czyli Mgławicę Protosłoneczną. Przy założeniu, że Układ Słoneczny formował się z własnego pierwotnego materiału tej Mgławicy, a nie był zasilany materiałem z zewnątrz, początkowa masa Mgławicy musiała być nie mniejsza niż współczesna masa Układu, czyli musiała wynosić co najmniej 1.0014 $M_\odot$. Obliczenia wskazują na to, że w procesie ewolucji od pierwotnej Mgławicy do młodego Układu Słonecznego część materii była rozpraszana w przestrzeń międzygwiazdową. Ale ocena, jaki ułamek masy został stracony, nie jest łatwa. Dlatego też modele teoretyczne startują od „Mgławicy o małej masie" równej około 1.1 $M_\odot$ lub od „Mgławicy o dużej masie" równej kilku masom Słońca.

Nie ma żadnych przekonywających argumentów przemawiających za istotną ewolucją orbit planetarnych od czasu sformowania się planet do chwili obecnej. Dlatego też wygodnym i rozsądnym założeniem teorii formowania się planet jest przyjęcie, że akrecja, tj. formowanie się planet z materiału rozproszonego, następowała na orbitach planetarnych niewiele różniących się od obecnych.

W uproszczonym ujęciu, etapy formowania się Układu Słonecznego to:

(1) **Rotacja i spłaszczanie się Mgławicy Protoplanetarnej** o początkowym kształcie kuli o promieniu rzędu 100 j.a. do formy płaskiego dysku. Formowanie się gwiazdy centralnej — Słońca. Moc promieniowania tego młodego Słońca wynosiła zaledwie 0.7 mocy wysyłanej przez Słońce obecnie. Różnicowanie się temperatury i gęstości dysku: obszar centralny bardziej gorący i bardziej gęsty; obszar zewnętrzny chłodny i rozrzedzony.

(2) **Kondensacja pierwotnego materiału gazowego** zachodząca wg poniższego schematu: trudnolotne materiały skałotwórcze (np. krzemiany, żelazo) kondensują w warunkach wyższych temperatur, a więc już w obszarze bliskiego sąsiedztwa Słońca; łatwolotne materiały gazowe albo kondensują w formie lodów (przede wszystkim i najbliżej Słońca lód wodny H_2O, a dalej także zestalone CO_2, CO, NH_3, CH_4). Graniczna odległość od Słońca odpowiadająca kondensacji materiałów skalnych i żelaza to zaledwie ułamek j.a., a odległość odpowiadająca kondensacji lodu H_2O to około 2.8 j.a. od Słońca. Wolny wodór, a także hel uciekają całkowicie z wewnętrznej części dysku oraz częściowo z obszarów centralnych i zewnętrznych.

(3) **Zderzanie się** z niewielkimi prędkościami (0.001÷1) m/s **drobnych ziaren ciał stałych prowadzące do ich „zlepiania się"** w wyniku działania przyciągających sił typu Van der Waalsa. Kolejne zderzenia prowadzą do zróżnicowania się rozmiarów ziaren. W rezultacie, w czasie 1 do 100 milionów lat formują się planetezymale, tj bryły o rozmiarach rzędu setek metrów a następnie bryły kilometrowe. Planetezymale poruszają się zgodnie z prawami Keplera, po wokółsłonecznych orbitach eliptycznych nachylonych wzajemnie pod niewielkimi kątami. Prędkości zderzeń stają się większe, rzędu (1÷100) m/s; oddziaływania grawitacyjne pomiędzy planetezymalami a drobnymi ziarnami stają się istotne. Planetezymale największe chwytają inne ziarna najbardziej skutecznie i w rezultacie gwałtownie rosną w przyszłe planety skalne lub formują jądra przyszłych planet gigantów.

(4) **Etap formowania się planet od planetezymali do planet o współczesnych masach**, który trwał $10^{(7\div8)}$ lat. Materiał lotny zostaje „wymieciony" z obszaru wewnętrznego i planety skalne kończą swój wzrost. Przyszłe planety giganty rosną w dalszym ciągu, skupiając wokół skalnych jąder (których masy są podobne dla wszystkich czterech planet gigantów) wodór, hel i te pierwiastki lotne, z których powstały lody.

(5) **Epoka wielkich zderzeń**, trwająca aż do wyczerpania zasobu planetezymali. Z tego okresu być może pochodzi nasz Księżyc będący (wg jednej z możliwych do zaakceptowania teorii) produktem zderzenia ciała wielkości Marsa z Protoziemią. Epoka ta trwała kilkaset milionów lat i zakończyła formowanie się pokraterowanych powierzchni niektórych ciał pozbawionych atmosfer (powierzchni Merkurego, Księżyca, kilku satelitów planet gigantów).

W powyższym schemacie brak jest dyskusji powstania pasa planetoid, obiektów pasa Kuipera oraz komet (dokładniej: jąder komet), a także systemów satelitarnych wokół planet gigantów. Nie można wykluczyć, że oddziaływanie grawitacyjne szybko rosnącego Jowisza ograniczyło wzrost skalnych planetezymali w pasie pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza i w ten sposób powstał pas pla-

netoid. Pozasaturnowe i dalsze, pozaneptunowe planetezymale formowały się w chłodnym (odpowiednio <60 K oraz <40 K) rozrzedzonym ośrodku, którego głównym składnikiem były lody. Planetezymale sformowane bliżej zostały zużyte jako materiał budulcowy planet gigantów lub też zostały grawitacyjnie wyrzucone poza Układ Planetarny, tworząc chmurę komet, której istnienie zapostulował w 1950 r. holenderski astronom Oort. Nasuwa się tutaj analogia dynamiczna z sondami Voyager 1 i 2, które także dzięki oddziaływaniu grawitacyjnemu planet gigantów poleciały poza Układ Planetarny. Planetezymale pozaneptunowe z racji odległości podlegały (i oczywiście podlegają obecnie) znacznie słabszym oddziaływaniom planet gigantów i dlatego pozostały w obszarze swego powstania, stanowiąc obiekty pasa Kuipera. Obiekty kometarne przebywające w chmurze Oorta są oczywiście, z powodu ogromnych odległości, nieobserwowalne z Ziemi. Liczba znanych obecnie obiektów pasa Kuipera wynosi około 60 i corocznie wzrasta o kilka nowo odkrywanych.

Powstanie układów satelitarnych wokół planet gigantów przebiegało podobnie jak powstanie Układu Planetarnego wokół Słońca. Lecz skala przestrzenna była około stukrotnie mniejsza, a skala czasowa około stukrotnie krótsza. Satelity sformowały się z lodowo-skalnego materiału dysków wokółplanetarnych, które powstawały wokół planet gigantów. Satelity Marsa a także drobne, najbardziej oddalone satelity planet gigantów są prawdopodobnie schwytanymi grawitacyjnie obiektami, które sformowały się bezpośrednio w dysku okołosłonecznym a nie w dyskach wokółplanetarnych. Układy podwójne Ziemia-Księżyc oraz Pluton-Charon, w których stosunek mas satelita/planeta jest wyjątkowo duży (odpowiednio 1/81 i około 1/10), są układami, których pochodzenie próbuje się tłumaczyć — dość przekonywająco i niewątpliwie bardzo spektakularnie — jako będące rezultatami wielkich zderzeń, które nastąpiły przed ponad czterema miliardami lat.

Ewolucja planet, satelitów, asteroidów i komet

Rozpatrując Układ Słoneczny i jego ewolucję, należy wyraźnie rozdzielić ewolucję Układu jako systemu bardzo wielu bardzo różnych ciał wzajemnie powiązanych oddziaływaniami grawitacyjnymi (przede wszystkim), od ewolucji poszczególnych ciał tego Układu. W poniższym opracowaniu przedstawiona jest ewolucja nie Układu Słonecznego jako całości, lecz ewolucja indywidualnych ciał (oprócz Słońca) należących do tego Układu. Dla sprecyzowania: mówiąc o ewolucji planety lub innego ciała Układu, rozpatrujemy zmiany w czasie własności fizycznych ciała, a dokładniej, ewolucję jego budowy wewnętrznej oraz zmiany zachodzące na jego powierzchni. Nie interesujemy się zmianami dotyczącymi własności dynamicznych ciała, a więc ewolucją jego orbity, zmianami prędkości rotacji ani precesją osi rotacji.

Ewolucja własności fizycznych ciał Układu Słonecznego przebiegała i nadal przebiega pod wpływem kilku różnych źródeł energii o istotnie różnym znaczeniu w konkretnych przypadkach. Wymienimy te źródła energii i omówimy przykłady działania niektórych z nich, prowadzące do ewolucji ciał Układu.

(1) **Wewnętrzne, poakrecyjne, pierwotne zródła energii** istniejące w ciałach. Akrecja to proces wzrostu jakiegoś ciała, np. planety, satelity lub jądra komety w wyniku kondensacji i łączenia się materiału pyłowo-lodowo-gazowego pochodzącego z pierwotnej mgławicy protoplanetarnej. Zastanówmy się nad ilością energii zakumulowaną w procesie akrecyjnego wzrostu ciała, tj. energią wnoszoną do rosnącego ciała przez spadające nań ziarna. Im większe jest rosnące ciało, tym szybciej uderzają w niego spadające ziarna i tym intensywniej ogrzewają jego powierzchnię kosztem części swojej energii kinetycznej (część energii zostaje wypromieniowywana w przestrzeń). Korzystając z prawa powszechnego ciążenia, można obliczyć, że energia grawitacyjna zakumulowana w postaci ciepła w ciele (np. w planecie) o promieniu R i o gęstości średniej ρ jest proporcjonalna do wyrażenia ρ^2R^5. Jeśli podzielimy to wyrażenie przez powierzchnię planety (która jest proporcjonalna do kwadratu promienia, R^2) to znajdziemy, że wartość energii przypadająca na jednostkę powierzchni planety, np. na 1 m^2, jest proporcjonalna do iloczynu ρ^2R^3. Jeśli wyrażenie ρ^2R^5 podzielimy przez masę planety (która jest proporcjonalna do sześcianu promienia, R^3) to widzimy, że energia przypadająca na jednostkę masy planety, np. na 1 kg, jest proporcjonalna do iloczynu ρ^2R^2. Podane wzory wyraźnie wskazują, że energia grawitacyjna akumulowana w procesie akrecji ma zasadnicze znaczenie dla ciał dużych (planety giganty, planety grupy Ziemi, wielkie satelity), ale może być pominięta przy rozważaniu ewolucji ciał małych, np. jąder komet. Rozważmy przykład Jowisza porównywanego z Ziemią. Jowisz ma promień około 11 razy większy niż promień Ziemi, a gęstość Jowisza jest około 4 razy mniejsza niż gęstość Ziemi; tak więc dla Jowisza iloczyny ρ^2R^3 i ρ^2R^2 są około 77 i około 7 razy większe niż dla Ziemi. Zapamiętajmy te wyniki i powróćmy na Ziemię: wiadomo, że temperatura warstw głębszych jest większa niż płytszych; ciepło przepływa więc w kierunku od dołu do powierzchni. Jest to tak zwany geotermiczny strumień ciepła. Jeśli porównamy ten strumień „od dołu" ze strumieniem promieniowania słonecznego przychodzącym „od góry" do granicy atmosfery ziemskiej, to okaże się, że strumień słoneczny jest około 5000 razy silniejszy. Ale dla Jowisza, a także dla pozostałych planet gigantów proporcja strumienia energii słonecznej do strumienia energii wewnętrznej jest zaledwie rzędu jedności! A przecież energia wewnętrzna w Ziemi jest wystarczająco duża, aby napędzać tak potężne ruchy, jakimi są prądy konwekcyjne prowadzące do „mieszania się" materiału płaszcza Ziemi. To mieszanie przejawia się na powierzchni Ziemi w postaci tzw. tektoniki płyt litosfery: powstają pęknięcia dna oceanów, a kontynenty przemieszczają się względem siebie z prędkościami kilku cm/rok. Nie jest wykluczone istnienie zjawisk zbliżonych do tektoniki płyt na Wenus, Marsie i na wielkich satelitach lodowych. Na Jowiszu i na pozostałych planetach gigantach strumień energii przychodzący od dołu do warstw powierzchniowych jest przyczyną gigantycznych ruchów konwekcyjnych w grubych na tysiące kilometrów atmosferach tych planet. Załóżmy (tylko dla uproszczenia wyjaśnień), że akrecja zachodziła w sposób jednorodny, to znaczy, że skład materiału, z którego narastała, np. planeta typu Ziemi, był niezmienny w czasie aż do wyczerpania dostępnego materiału, czyli do zakończenia akrecji. W wyniku powstała planeta, w której ziarna materiału bardziej gęstego (cięższego), np. żelaza są, na razie, równomiernie przemie-

szane z mniej gęstymi (lżejszymi) ziarnami skały. W czasie rzędu dziesiątek lub setek milionów lat żelazo powoli tonie, a materiał skalny pozostaje zebrany powyżej. Następuje więc segregacja materiałów, tzw. dyferencjacja grawitacyjna, w wyniku której formuje się żelazne jądro i skalny płaszcz. Jednocześnie ziarna żelaza, lub raczej jego krople, opadając w głąb planety uwalniają energię grawitacyjną, podwyższając temperaturę wnętrza planety.

(2) **Oddziaływania grawitacyjne**, które wg ich skutków podzielimy na:

(2a) **Spokojne, bezkolizyjne**, nie prowadzące do zderzeń, lecz głównie do zmian dynamicznych dotyczących ruchu oddziaływujących ciał. Wyjątek stanowi oddziaływanie Jowisz — Io mające podstawowe znaczenie dla ewolucji Io: wulkanizm Io spowodowany jest zmiennym w czasie oddziaływaniem grawitacyjnym Jowisza na wnętrze tego satelity poruszającego się po orbicie nieco różnej od okręgu. W przeliczeniu na 1 kg masy Io jest energetycznie najbardziej aktywnym ciałem Układu Słonecznego. Wydajność produkcji materiałów wulkanicznych na Io jest tak duża, że nie występują na nim kratery pochodzenia uderzeniowego: powierzchnia Io jest stale zasypywana materiałem z jego wnętrza.

(2b) **Gwałtowne, zakończone kolizją**, a więc prowadzące do szybkiej ewolucji zderzających się ciał. Wynik zderzenia zależy od względnej prędkości ciał zderzających się i od stosunku ich rozmiarów. Ciało mniejsze kończy na ogół swoje istnienie z chwilą zderzenia, a ciało większe zapisuje na swojej powierzchni skutek zderzenia w postaci krateru. Wspaniałym zjawiskiem zderzeniowym był spadek fragmentów komety Schoemaker-Levy 9 w lipcu 1994 r. na Jowisza. Atmosfera Jowisza zachowała ślady zderzeń przez kilka miesięcy. Zderzenia gigantyczne, tj. zderzenia ciał protoplanetarnych o masach rzędu mas planet typu Ziemi, z prędkościami do kilkudziesięciu km/s, występowały prawdopodobnie w końcowej fazie formowania się Układu Planetarnego. Nie ulega wątpliwości, że katastroficzne zderzenia stanowią przyczynę ewolucji asteroidów: pewne asteroidy tworzą „rodziny" o podobnych własnościach optycznych i orbitalnych. Przypuszcza się, że asteroidy jednej rodziny stanowią rezultat rozbicia zderzeniowego. Powierzchnie planet i satelitów pozbawionych atmosfer, a więc powierzchnie Merkurego i Księżyca a także satelitów lodowych (z wyłączeniem Europy) wykazują nasycenie kraterami o różnych rozmiarach. Na lodowej powierzchni Europy występuje gęsta sieć spękań i szczelin, a prawie wcale nie widać kraterów uderzeniowych. Wniosek: ewolucja Europy następuje przede wszystkim od wewnątrz, a pęknięcia skorupy są wynikiem zmian gęstości H_2O przy topnieniu i krzepnięciu lub przy przemianach fazowych pomiędzy różnymi odmianami krystalicznymi lodu.

(3) **Elektromagnetyczne promieniowanie słoneczne** docierające do powierzchni cial. Intensywność promieniowania (a więc odległość od Słońca!) ma zasadniczy wpływ na temperaturę powierzchniową planet i satelitów, na trwałość i ewolucję atmosfer, na aktywność komet. Strumień promieniowania słonecznego docierający (prostopadle) do powierzchni 1 m^2 na odległości od Słońca równej promieniowi orbity Ziemi wynosi 1360 W/m^2, na odległości Jowisza 50 W/m^2, a w punktach przysłonecznym i odsłonecznym orbity Plutona zaledwie 1.5 i 0.5 W/m^2. Promieniowanie słoneczne jest praktycznie jedynym źródłem energii dla atmosfer Wenus, Ziemi, Marsa, Tytana i Plutona. Działanie erozyjne atmosfer prowadzące do ewolucji powierzchni planetarnych nie byłoby możliwe bez dopływu energii promieniowania słonecznego. Erozja i tektonika płyt spowodowały prawie całkowite zatarcie śladów kraterów uderzeniowych na Ziemi. Zmienny strumień promieniowania docierający do Plutona powoduje występowanie na przemian sublimacji i kondensacji szronu azotowego N_2 na powierzchni tej planety. Najbardziej spektakularny przejaw oddziaływania promieniowania słonecznego dotyczy ewolucji komet: bryła lodowo-skalna, która spokojnie i prawie bezewolucyjnie trwała od miliardów lat w warunkach niskich temperatur (powiedzmy <40 K) po zbliżeniu do Słońca zaczyna gwałtownie sublimować, tracąc ze swego składu wodę i inne lody, a także materię pyłową. Jeśli działanie grawitacyjne planet gigantów ustaliło orbitę komety wewnątrz Układu Planetarnego, to czas życia tej komety zostaje zdeterminowany: po pewnej liczbie obiegów Słońca (powiedzmy po 10 tysiącach obiegów z okresem po 100 lat, czyli po milionie lat) kometa ulegnie całkowitemu rozproszeniu.

(4) **Energia rozpadu izotopów promieniotwórczych** ma istotne znaczenie w materiałach skalnych, w skład których wchodzą te izotopy. Energia ta dodaje się do energii grawitacyjnej. W skład lodów pierwiastki promieniotwórcze nie wchodzą, a więc ich rola dla ewolucji satelitów lodowych i komet jest mniejsza niż dla ciał skalnych.

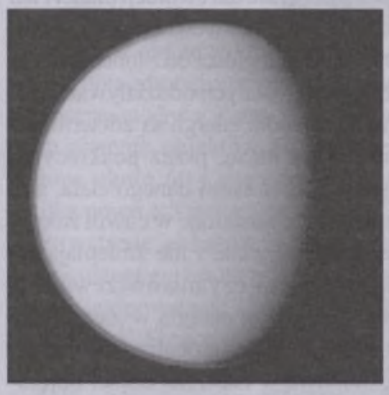
(5 i 6) **Promieniowanie korpuskularne, docierające od Słońca** (wiatr słoneczny) oraz promieniowanie kosmiczne. Strumienie energii związane z tymi zjawiskami muszą być uwzględniane przy badaniach dotyczących ewolucji atmosfer i reakcji chemicznych w nich zachodzących.

Podsumujmy: zasoby pierwotnej energii wewnętrznej, oddziaływania grawitacyjne i promieniowanie słoneczne są najważniejsze dla ewolucji planet i ich satelitów. Energia wewnętrzna jest niezależna od odległości od Słońca i niezależna od pozostałych oddziaływań. Wewnętrzne źródła energii są zdeterminowane przez masę, przez poakrecyjną gęstość i przez skład danego ciała, a te z kolei zostały ustalone w chwili zakończenia akrecji ciała i nie zmieniają się pod wpływem czynników zewnętrznych. A tylko ta energia w zasadniczy sposób wpływa na globalną (wewnętrzną, możliwą w znacznej części objętości) ewolucję ciała. Aktualna odległość pomiędzy rozpatrywanym ciałem a Słońcem lub jakimś innym obiektem Układu Słonecznego wpływa na intensywność oddziaływań grawitacyjnych i na strumień promieniowania słonecznego docierający do powierzchni ciała, ale oczywiście nie ma wpływu na wewnętrzny zasób pierwotnie zakumulowanej energii. Czynniki zewnętrzne mają podstawowe znaczenie dla ewolucji atmosfer planetarnych i warstw powierzchniowych planet, a także dla ewolucji ciał poruszających się po silnie wydłużonych orbitach (jądra komet!).

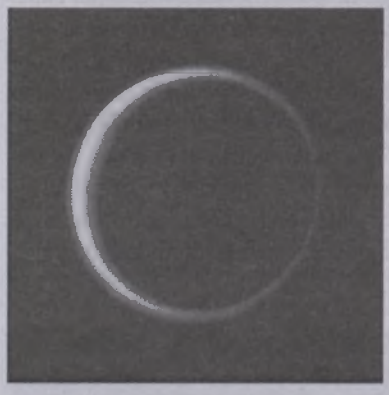
Profesor Jacek Leliwa-Kopystyński jest geofizykiem pracującym w Instytucie Geofizyki Uniwersytetu Warszawskiego i Centrum Badań Kosmicznych PAN. Jest jednym z polskich badaczy biorących udział w przygotowaniu misji kosmicznej ROSETTA mającej na celu lądowanie próbnika na jądrze komety.

Stanisław R. Brzostkiewicz

Zagadki Tytana



Zdjęcie Tytana w świetle widzialnym uzyskane przez Voyagera2 z odległości 2.3 mln km (fot. NASA/JPL).



Nocna strona Tytana sfotografowana przez Voyagera 2. Poświata wokół krawędzi tarczy tego księżyca świadczy o obecności gęstej atmosfery.
(fot. NASA/JPL)

Tytan to jeden z największych i zarazem najbardziej zagadkowych księżyców w Układzie Słonecznym. Pod względem rozmiarów i masy ustępuje — co łatwo odczytać z zamieszczonej na sąsiedniej stronie tabeli — jedynie Ganimedesowi, toteż można go obserwować za pomocą lunety mało co silniejszej od tej, która służyła Galileuszowi do obserwacji odkrytych przez niego czterech największych księżyców Jowisza. Można zatem śmiało powiedzieć, że astronomowie także obserwują Tytana już ponad trzy stulecia (został odkryty 25 marca 1655 roku przez Christiana Huygensa), lecz mimo to aktualna wiedza o nim — przynajmniej w porównaniu z wiedzą o wspomnianych wyżej księżycach „galileuszowych" — jest więcej niż skromna. Winić za to należy atmosferę największego księżyca Saturna, gdyż wobec niej bezsilne są zarówno największe teleskopy naziemne, jak i kamery przelatujących w jego pobliżu sond kosmicznych. Tak gęstej i rozległej atmosfery nie posiada żaden inny księżyc w Układzie Słonecznym.

Pierwsze, nieśmiałe jeszcze spekulacje odnośnie atmosfery Tytana robiono już w XIX stuleciu. Wnikliwi obserwatorzy dość wcześnie bowiem zauważyli, że natężenie barwy wyraźnie wzrasta przy brzegach tarczy tego księżyca, a to powinno świadczyć za istnieniem otaczającej go powłoki gazowej i o jej właściwościach absorpcyjnych. Definitywne rozwiązanie zagadki nastąpiło dopiero pół wieku temu i zaliczyć to można do najciekawszych osiągnięć Gerarda P. Kuipera, bo to on właśnie w latach 1943–1944 badał widmo światła odbitego od największego księżyca Saturna i w widmie tym wykrył dość silne linie metanu. Teraz nie było już wątpliwości — Tytan musi mieć atmosferę, składającą się — jak wówczas sądzono — głównie właśnie z tego związku chemicznego. Mało kto jednak wtedy przypuszczał, by była ona zbyt gęsta i wielu doświadczonych obserwatorów traktowało dostrzeżone na tarczy księżyca szczegóły jako trwałe, znajdujące się na powierzchni twory topograficzne. W oparciu o ich obserwacje usiłowali nawet wyznaczyć okres rotacji Tytana, co im się oczywiście nie udawało i dziś nikogo już to nie dziwi. Po prostu księżyc ten posiada nieprzeźroczystą dla światła atmosferę i w widzialnym przedziale widma nie można z Ziemi dostrzec tworów na jego powierzchni.

Co zatem na tarczy Tytana mogli widzieć dawniejsi obserwatorzy? Za przykład niech posłuży Comas Solá, który 13 sierpnia 1907 roku dostrzegł na tym księżycu dwie jasne, dokładnie koliste plamy. Na razie uczeni nie potrafią wyjaśnić tego zjawiska i trudno powiedzieć, czy im się to kiedykolwiek uda, chociaż takiej możliwości nie można całkiem wykluczyć. Dzięki bowiem nowym technikom obserwacyjnym i burzliwemu rozwojowi astronautyki uzyskaliśmy o odległych obiektach kosmicznych tyle cennych informacji, o czym nawet jeszcze pół wieku temu nikomu się nie śniło. Tak więc i w przypadku Tytana ta niekorzystna sytuacja musiała się odmienić, początek zaś zrobiła sonda Voyager 1, która 12 listopada 1980 roku minęła interesujący nas księżyc zaledwie w odległości około 4000 km i przekazała na Ziemię wiele ważnych o nim informacji. Uzyskane

za pomocą Voyagera 1 dane pozwoliły wreszcie wyznaczyć prawdziwe rozmiary Tytana, bo według jednych obserwatorów jego średnica miała wynosić tylko 4200 km i w tym przypadku zajmowałby trzecie miejsce, ale według innych miał mieć aż 5800 km średnicy i być największym księżycem w Układzie Słonecznym. I w tym przypadku winę ponosi niezwykła atmosfera największego księżyca Saturna.

Tytan — jak to wykazały dane uzyskane w ramach sond Voyager (druga z nich układ Saturna badała 26 sierpnia 1981 roku) — posiada atmosferę sięgającą co najmniej do wysokości 500 km. Jest ona nadzwyczaj gęsta, przynajmniej o 50% gęstsza od atmosfery naszej planety i przy tym — podobnie jak ziemska — składa się głównie z azotu (N_2). Jego zawartość w atmosferze Tytana wynosi od 65 do 98%, a drugie pod tym względem miejsce zajmuje metan (CH_4) — od 0.2 do 10%, choć według niektórych badaczy wyprzedza go argon (Ar). Poza tym w tej niezwykłej atmosferze występują, lecz już tylko w śladowych ilościach, takie związki, jak: etan (C_2H_6), etylen (C_2H_4), acetylen (C_2H_2) i cyjanowodór (HCN). Minimalna temperatura atmosfery Tytana wynosi 73 kelwiny (–200° C) i występuje na wysokości 42 km, gdzie tworzą się gęste obłoki metanu. W tak niskiej temperaturze przyjmuje on ciekłą postać i — jak się przypuszcza — jego krople opadają ku powierzchni księżyca. Tu jednak temperatura wzrasta do 94 kelwinów (–179° C) i przekracza temperaturę wrzenia metanu, toteż najprawdopodobniej ponownie paruje on i wznosi się ku górze. Proces parowania powinien być tam bardzo wydajny, bo krople metanu z uwagi na małą siłę ciążenia opadają bardzo wolno, zaledwie z prędkością 1.6 m/s. Niestety, na razie nie posiadamy prawie żadnych informacji o warunkach panujących na powierzchni Tytana i są to tylko spekulacje teoretyczne. Dotyczy to nawet tamtejszego oświetlenia, które — jak się ocenia — jest około tysiąca razy słabsze niż przy powierzchni naszej planety. Nie znaczy to jednak wcale, by było tam zupełnie ciemno, gdyż raczej panuje półmrok. W każdym razie podczas dnia na powierzchni Tytana powinno być dużo jaśniej niż na Ziemi nocą w okresie pełni Księżyca.

Zagadki, zagadki, zagadki ... Nie są to wcale puste słowa, bo wciąż bardzo mało wiemy o procesach przebiegających w atmosferze Tytana, zwłaszcza zaś w jego dolnych warstwach. Należy zatem odnosić się z dużą rezerwą do wszelkich poglądów na ten temat, gdyż wynikają one nie tyle z danych obserwacyjnych, co raczej opierają się o rozważania teoretyczne. Odnosi się to także do hipotezy, z którą wystąpiono właściwie już po otrzymaniu danych z sond Voyager, a która — jak się przekonamy — jest z nimi nieco sprzeczna. Hipoteza ta głosi bowiem, że na powierzchni Tytana znajdują się duże ilości ciekłego metanu, czyli że istnieje tam coś w rodzaju globalnego oceanu. A tymczasem z danych otrzymanych z sond Voyager wynika, iż najniższe warstwy tej atmosfery wydają się być zaskakująco „suche", co nie byłoby chyba możliwe w przypadku występowania na księżycu tak dużych ilości ciekłego metanu. Źródłem tej sprzeczności są zbyt skąpe informacje na temat warunków panujących na powierzchni Tytana lub może mamy tu do czynienia z jeszcze jedną zagadką?

Wyjaśnienia powyższej wątpliwości podjął się Jonathan L. Lunine i doszedł do ciekawych wyników. On bowiem pierwszy zwrócił uwagę na to, że pod wpływem nadfioletowego promieniowania Słońca metan w górnych warstwach atmosfery Tytana powinien się rozpadać na podstawowe składniki, a następnie winien z nich tworzyć się etan. Ten związek opada na powierzchnię księżyca w postaci śniegu, ponieważ jednak w pobliżu powierzchni temperatura gwałtownie wzrasta, to i etan musi tam występować w postaci ciekłej. W ten sposób na powierzchni Tytana wytwarza się coś w rodzaju „koktajlu" etanu i metanu, skutkiem czego wilgotność tamtejszego „powietrza" mimochodem nieco się zmniejsza i stąd wynikło całe nieporozumienie. Z powyższym rozumowaniem całkowicie się zgadza Yuk Yuna, lecz nieco uzupełnia hipotezę Lunine'a. Dowodzi po prostu, iż opisany wyżej proces powinien zachodzić od początku istnienia największego księżyca Saturna i dlatego na jego powierzchni mógł się wytworzyć etanowy ocean, który dziś może mieć kilkaset metrów głębokości. Gdy zaś do tego dodamy ciekły metan, wówczas średnia głębokość tego hipotetycznego oceanu mogłaby osiągnąć nawet kilka kilometrów. Nie wszystkim jednak planetologom ten pogląd odpowiada, lecz żeby go odrzucić, należało najpierw uzyskać jakieś dane obserwacyjne, które byłyby z nim sprzeczne. Tego niełatwego zadania w roku 1989 podjął się Duane O. Muhleman, wysyłając w kierunku Tytana silną wiązkę fal radiowych. Teoria mówi przecież, że ciekłe środowisko winno słabo odbijać fale radiowe, a odwrotnie — lodowa powierzchnia odbijałaby je silnie. Odebrane za pomocą radioteleskopu Goldstone echo radarowe takie właśnie było i to przeczy istnieniu na Tytanie globalnego oceanu.

Ale wynik dokonanego przez Muhlemana eksperymentu z echem radarowym nie rozwiązuje do końca problemu. Wydaje się bowiem więcej niż prawdopodobne, że metan pod wpływem nadfioletowego promieniowania Słońca w górnych warstwach atmosfery Tytana faktycznie się rozpada, a ponieważ trwa to od wielu milionów

Tab. 1. Dziesięć największych księżyców Układu Słonecznego

Nazwa księżyca	Średnica (km)	Masa (kg)	Średnia gęstość (g/cm^3)
Ganimedes	5262	1.48×10^{23}	1.94
Tytan	5150	1.35×10^{23}	1.88
Kallisto	4800	1.08×10^{23}	1.86
Io	3630	8.94×10^{22}	3.57
Księżyc	3476	7.35×10^{22}	3.34
Tryton	2704	2.14×10^{22}	2.07
Tytania	1578	3.49×10^{21}	1.70
Rhea	1528	2.49×10^{21}	1.33
Oberon	1522	3.03×10^{21}	1.64

lat, to ten związek chemiczny powinien już tam całkowicie zniknąć lub przynajmniej występować w niewielkich ilościach. Tymczasem jest go tam zaskakująco dużo i to dowodzi, że jego zapasy są nieustannie uzupełniane. Jedni tłumaczą to zderzeniem Tytana z dużymi meteoroidami lub jądrami kometarnymi, które w skorupie tego księżyca wybijają ogromne kratery i w ten sposób uwalniają z jego wnętrza pewne ilości metanu. Ponieważ w naszych czasach do tego rodzaju karamboli zbyt często nie dochodzi, byłby to proces zbyt mało wydajny i dlatego większość planetologów przychyla się raczej do poglądu, iż metan do atmosfery największego księżyca Saturna pompują liczne wulkany. Ów niezwykły wulkanizm mógłby być napędzany zarówno przez siły pływowe macierzystej planety, jak i maleńkiego Hyperiona, którego obieg orbitalny — jak wiadomo — jest zsynchronizowany z obiegiem orbitalnym potężnego Tytana. W każdym razie oba księżyce co jakiś czas zbliżają się do siebie i wtedy erupcje wulkaniczne na największym księżycu Saturna mogłyby być o wiele silniejsze niż zwykle.

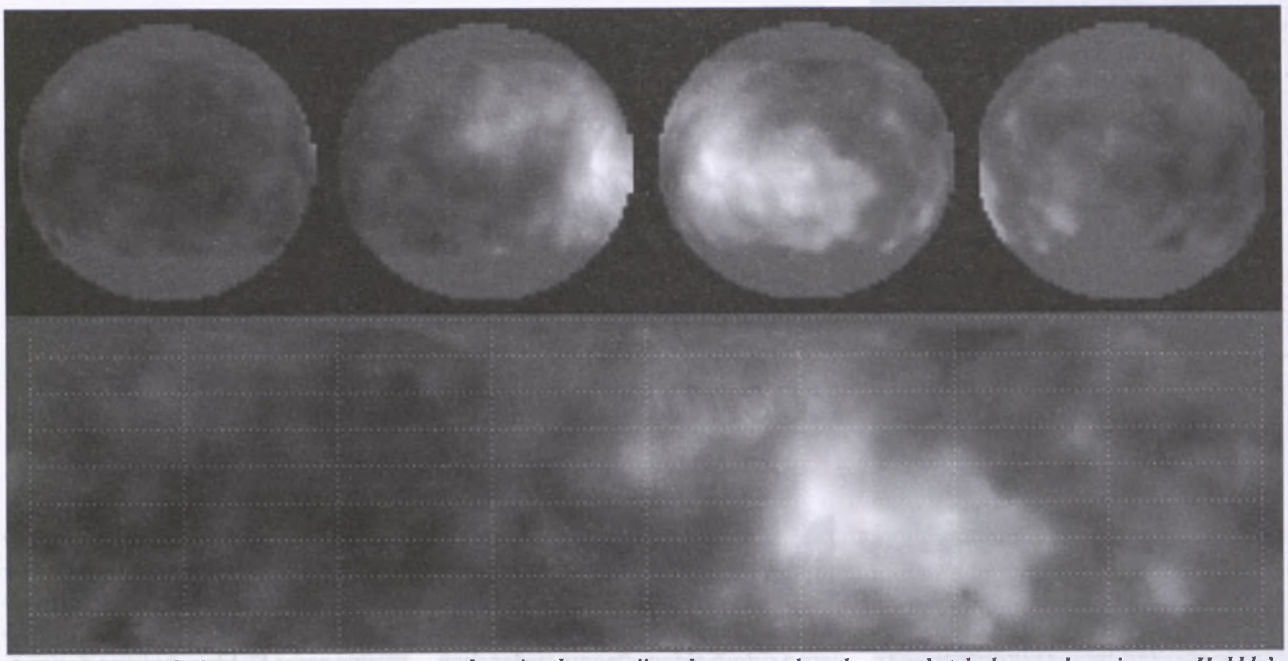
W roku 1996 nadzwyczaj ciekawych rozważań teoretycznych dokonali Jonathan L. Lunine, Chris P. McKay i Ralph Lorenz. Założyli oni po prostu, że w pewnym okresie ewolucji atmosfera Tytana nie zawierała tak dużej ilości metanu jak dziś lub że wtedy w ogóle go tam nie było. Ciekawiło ich, co w takim przypadku działo się na tym księżycu i doszli do interesujących wniosków. Otóż musiałby wówczas znacznie osłabnąć efekt cieplarniany lub nawet całkowicie zaniknąć, toteż temperatura tamtejszej atmosfery gwałtownie by się obniżyła i może do tego stopnia, iż tworzący ją azot zacząłby się kumulować w obłokach, stawał się ciekły i w postaci deszczu opadał na powierzchnię Tytana. W ten sposób z tamtejszych wzniesień usunięty zostałby ciemny materiał i na największym księżycu Saturna pojawiłyby się jasne „kontynenty". Te odbijałyby coraz więcej promieni słonecznych, toteż spadek temperatury atmosfery musiałby postępować dalej . W skrajnym zaś przypadku, podobnie jak przed trzema miliardami lat, kiedy Słońce produkowało około 20% mniej energii niż dziś, azot na Tytanie musiałby całkowicie zamarznąć. Tamtejsza atmosfera stałaby się dziesięć lub nawet sto razy rzadsza niż obecnie, powierzchnia Tytana upodobniłaby się do powierzchni Trytona, który — jak to wynika z materiałów uzyskanych 24 sierpnia 1989 roku za pomocą sondy Voyager 2 — pokryty jest warstwą jasnego lodu azotowego. Ale stopniowo, jak promieniowanie Słońca zaczęło wzrastać, rosła też temperatura powierzchni największego księżyca Saturna i zamarzły na niej azot musiałby gwałtownie parować. A w końcu coś analogicznego działoby się z zalegającym głębiej lodem metanowym i powoli wszystko wróciłoby do obecnego stanu.

Tego rodzaju rozważania teoretyczne nie mogły w pełni zadowolić najbardziej dociekliwych planetologów. Pragnęli oni bowiem za wszelką cenę uzyskać jakieś konkretne informacje o powierzchni Tytana i dlatego zaczęli się zastanawiać, czy jego atmosfera jest rzeczywiście całkowicie nieprzeźroczysta i czy nie można by jej w jakiś sposób „przechytrzyć"? Sposób istotnie się znalazł, a niejako pionierem w tej dziedzinie był Mark T. Lemmon, który w czerwcu 1992 roku zaczął obserwować Tytana w odpowiedni sposób. Po prostu do tych obserwacji wykorzystywał fale o długości bliskiej podczerwieni, co przyniosło niespodziewanie bardzo dobre wyniki, bo gdy za jakiś czas powtórzył obserwacje, to przeźroczystość poszczególnych „okien" wyraźnie się zmieniła. Było to niezmiernie ważne stwierdzenie, niebawem potwierdzone przez Caitlin Griffith i Athenę Coustenis, które posługiwały się znacznie większym teleskopem. Niestety, obserwacji tych nie dopracowały do końca i nie wyciągnęły z nich odpowiednich wniosków. Takiej okazji nie zmarnował natomiast Peter H. Smith, bo to on do obserwacji Tytana użył w roku 1994 poprawionego teleskopu kosmicznego Hubble'a, posługując się falą o długości 940 nanometrów. Dla tej długości fali atmosfera największego księżyca Saturna okazała się być częściowo przeźroczysta.

W okresie 16 dni (mniej więcej tyle czasu potrzebuje Tytan na pełne okrążenie Saturna) uzyskano 50 niezmiernie ciekawych fotografii. Zostały one poddane obróbce komputerowej, w wyniku czego usunięto z nich „zanieczyszczenia" atmosferyczne, a wówczas zaczęły się wynurzać zarysy stałych tworów powierzchniowych księżyca. Ich wnikliwa analiza wykazała, że rotacja Tytana jest już — zgodnie zresztą z oczekiwaniami — w pełni wyhamowana i obraca się on wokół swej osi w czasie równym obiegowi planetarnemu, czyli zwraca ku macierzystej planecie — podobnie jak Księżyc ku Ziemi — stale tę samą półkulę swego globu. Ale powyższe stwierdzenie to jakby uboczne osiągnięcie Smitha i jego współpracowników, gdyż głównym celem było opracowanie pierwszej albedowej mapy największego księżyca Saturna. Mapa ta nie obejmuje całej jego powierzchni, lecz tylko obszary leżące pomiędzy 40° szerokości północnej a 40° szerokości południowej. Po prostu obszarów okołobiegunowych nie udało się w ten sposób zbadać, ponieważ w danym przypadku promieniowanie musiało przechodzić przez dużo grubszą warstwę „brudnej", całkowicie już zamazującej obraz atmosfery. Opracowana zresztą przez ekipę Smitha mapa zawiera tylko właściwie dwa najważniejsze twory powierzchniowe Tytana, przy czym większy z nich jest ciemny, mniejszy natomiast jasny. Planetologów interesuje głównie ten drugi, zajmujący obszar o powierzchni porównywalnej z powierzchnią Australii, leżący na przedniej — biorąc pod uwagę kierunek orbitalnego ruchu księżyca — stronie. Natomiast ciemny twór położony jest na przeciwnej, zawsze ku planecie zwróconej półkuli globu Tytana. Krótko mówiąc — obserwator umieszczo-

Tab. 2. Podstawowe parametry orbit Tytana i Hyperiona

	Tytan	Hyperion
Średnia odległość od Saturna (w tys. km)	1221.6	1483.0
Nachylenie orbity do płaszczyzny równika (°)	0.4	0.3
Mimośród orbity	0.0010	0.0280
Gwiazdowy okres obiegu (w dniach)	15.945	21.275



Obrazy powierzchni Tytana otrzymane na podstawie obserwacji podczerwonych wykonanych teleskopem kosmicznym Hubble'a i utworzona na ich podstawie mapa księżyca w odwzorowaniu Merkatora (Peter Smith, University of Arizona/NASA).

ny na powierzchni Saturna mógłby obserwować jedynie zachodni skrawek tajemniczego obszaru jasnego.

Na temat natury odkrytego na powierzchni Tytana jasnego tworu na razie nic pewnego nie możemy powiedzieć. Pojawiły się wprawdzie różne hipotezy, ale są one oparte na wciąż zbyt skromnym materiale obserwacyjnym, dlatego do każdej z nich należy odnosić się z pewną rezerwą. Przede wszystkim musimy sobie uświadomić, że w warunkach panujących na Tytanie metan może zachowywać się jak woda na Ziemi, czyli występować w trzech stanach skupienia (gazowym, ciekłym i stałym). A zatem z metanowych obłoków może — jak już wspominaliśmy — padać „deszcz" lub „śnieg", a na powierzchni tego niezwykłego księżyca mogą występować zarówno metanowe „jeziora" i „morza", jak też metanowe „lodowce". Istnienie tam globalnego oceanu należy raczej wykluczyć, bo przeczyłoby to nie tylko wspomnianym już wynikom obserwacji radarowych Muhlemana, lecz także opracowanej przez Smitha mapie Tytana. Uczony ten wraz ze swymi współpracownikami ów jasny twór traktują przecież za coś w rodzaju olbrzymiej wyżyny lodowej, przypominającej ziemską Antarktydę. A gdyby tak założyć — mówi Smith — że ów lodowy kontynent nadal powoli rośnie, to środek ciężkości Tytana mógłby się stopniowo przemieszczać i dana jego hemisfera mogłaby się coraz bardziej nachylać w kierunku Saturna, by z czasem stać się „widoczną" półkulą. Oznaczałoby to zaś, że ten lodowy kontynent jest tworem stosunkowo młodym, w geologicznej oczywiście skali czasu.

A może — zastanawia się Smith — mamy tu do czynienia ze zjawiskami dla nas całkowicie nieznanymi? Takiej możliwości wykluczyć nie można i nie powinno to nikogo dziwić, gdyż nasza wiedza o Tytanie jest wciąż bardzo uboga i trzeba będzie dużego wysiłku ze strony nauki, aby tę niekorzystną sytuację zmienić. Dlatego też obserwacje największego księżyca Saturna będą kontynuowane, zwłaszcza za pomocą niezawodnego teleskopu kosmicznego Hubble'a. Ale prawdziwego przewrotu w badaniach Tytana oczekuje się dopiero 25 czerwca 2004 roku, kiedy to do układu Saturna dotrze sonda Cassini* i zacznie przekazywać na Ziemię informacje o tworzących ten układ ciałach. W danym przypadku szczególne wydarzenie nastąpi 27 listopada 2004 roku, gdyż tego właśnie dnia — zgodnie z „rozkładem jazdy" — do atmosfery Tytana ma wtargnąć próbnik Huygens i na odpowiednich spadochronach powoli opadać ku powierzchni, by ostatecznie wylądować w północno-zachodniej części odkrytego przez Smitha „kontynentu". Tak więc za pomocą zainstalowanej w próbniku Huygens aparatury naukowej powinniśmy uzyskać nie tylko ścisłe dane o atmosferze, ale także o jego powierzchni. Krótko mówiąc — w połowie pierwszej dekady nadchodzącego stulecia nasza wiedza o Tytanie winna się znacznie wzbogacić i wiele niełatwych problemów uda się wówczas rozwiązać, choć — na co trzeba być przygotowanym — w ich miejsce pojawią się nowe. W każdym razie po udanej misji Cassini-Huygens powinniśmy znać odpowiedzi przynajmniej na takie oto pytania:

- Dlaczego ze wszystkich dużych księżyców Układu Słonecznego tylko Tytan ma tak gęstą i rozległą atmosferę?
- Czy na Tytanie czynne są jeszcze wulkany i jakie siły je napędzają?
- Czy na powierzchni Tytana zachowały się tak pospolite na innych księżycach kratery meteorytowe?
- Czy na powierzchni Tytana znajdują się „jeziora" i „morza" ciekłego metanu lub innego związku?
- Jaka jest natura odkrytego przez Smitha „jasnego kontynentu"?
- Czy wnętrze Tytana jest jeszcze gorące?
- Czy w warunkach panujących na Tytanie możliwe jest jakieś prymitywne życie?

Stanisław R. Brzostkiewicz jest miłośnikiem astronomii, autorem kilku książek o planetach Układu Słonecznego i współpracownikiem „Uranii" od prawie 40 lat.

* Pisaliśmy o tej sondzie w „Postępach Astronomii" 4/97 str. 30-31.

Honorata Korpikiewicz

Zarys kosmoekologii,

czyli wiedzy o środowisku kosmicznym człowieka

Poświęcam pamięci profesora Bohdana Kiełczewskiego, dr h.c., pioniera badań kosmoekologicznych i twórcy pojęcia „kosmoekologia".

Kosmoekologia bada metodami naukowymi fizyczne, mierzalne wpływy Kosmosu na biosferę. Stwarza nadzieję na poznanie podstawowych praw rządzących relacjami Kosmos — Człowiek i jak dotąd była najczęściej zaliczana do którejś z interdyscyplinarnych gałęzi wiedzy: biometeorologii, kosmobiologii, medycyny kosmicznej itp. Bohdan Kiełczewski, jeden z pierwszych polskich badaczy zajmujących się tym zagadnieniem, zaproponował nazwę kosmoekologia (nauka o środowisku kosmicznym, gr. oikos = dom, środowisko). Badania kosmoekologiczne wciąż odkrywają nowe, ciekawe związki człowieka z Niebem.

Najlepiej zbadany jest wpływ Słońca na biosferę. Wszystkie organizmy swą egzystencję zawdzięczają Słońcu; pomiędzy Słońcem a człowiekiem ciągnie się łańcuch pokarmowy, w którym uczestniczą rośliny i zwierzęta. Energia pokarmowa całego świata organicznego powstaje w roślinach, które czerpią energię ze Słońca i w wyniku fotosyntezy tworzą w swych tkankach związki organiczne, przyswajane później przez zwierzęta. Część energii słonecznej jest przyswajana bezpośrednio przez skórę w czasie nasłonecznienia. Inną jeszcze część otrzymujemy pośrednio, korzystając z energii spalania węgla i torfu — dawnych roślin.

W II w. p.n.e. M. Porcius Cato zaobserwował zależność pomiędzy pociemnieniem tarczy Słońca a cenami zboża na rynkach. Podobną obserwację poczynił w 1801 roku W. Herschel. Wielokrotne badania zależności plonów zbóż od aktywności Słońca dowodzą, że na naszej półkuli urodzaj występuje w latach maksimum plam słonecznych, a nieurodzaj — w minimum. Z nimi są oczywiście związane ceny, a także kryzysy ekonomiczne. Znakomity polski heliofizyk Jan Mergentaler, polski pionier heliobiologii, zestawiając ze sobą lata głodu w Damaszku, Bagdadzie i Kairze w VIII–XV wieku doszedł do wniosku, że powtarzały się one co około 11 lat, zgodnie z rytmem aktywności Słońca. (Rys. 1.)

Liczne obserwacje prowadzą do wniosku, że wraz ze zmianami aktywności Słońca zmienia się także pogoda i klimat na naszej planecie. Przypuszcza się, że zjawiska te związane są z burzami magnetycznymi, wywoływanymi przez płynące ze Słońca strumienie cząstek naładowanych. Zmiany pogodowe muszą wpływać na wegetację roślin, a także na życie zwierząt. Jako przykład mogą służyć klasyczne prace K. Flammariona dotyczące zakwitania kasztanów w okolicy Paryża i czasu przylotu jaskółek do Francji: im większa aktywność Słońca, tym zjawiska te występują później. W XIX wieku F. Szwedow, analizując przekrój stuletniej akacji zauważył, że grubość rocznych przyrostów drewna zmienia się co około 11 lat (fot. 1). Obserwacje te potwierdził Douglas, mierząc przyrosty sekwoi.

Pod wpływem promieniowania widzialnego Słońca zwiększa się przyswajanie tlenu i przemiana materii. Promieniowanie widzialne oraz podczerwone i ultrafioletowe wzmagają czynności oddechowe i wydalnicze, pobudzając ośrodki krwiotwórcze, wskutek czego zwiększa się we krwi ilość erytrocytów i hemoglobiny. Promieniowanie podczerwone dostarcza jednak przede wszystkim ciepła. Największą rolę odgrywa promieniowanie ultrafioletowe, które wytwarza witaminę D, działającą przeciwkrzywicznie, przyspieszającą wzrost organizmu i zwiększającą siłę mięśni.

Słońce wysyła również wysokoenergetyczne promieniowanie X i gamma oraz korpuskularne — wiatr słoneczny, szkodliwe dla organizmów, przed którym jednak chroni nas pole magnetyczne Ziemi i jej atmosfera. Niewielkie tylko ich ilości docierają do powierzchni Ziemi i mogą powodować zmiany molekularnej struktury genów — mutacje.

Zaobserwowano, że w rytm aktywności słonecznej odbywa się wiele procesów w świecie zwierzęcym, m.in.

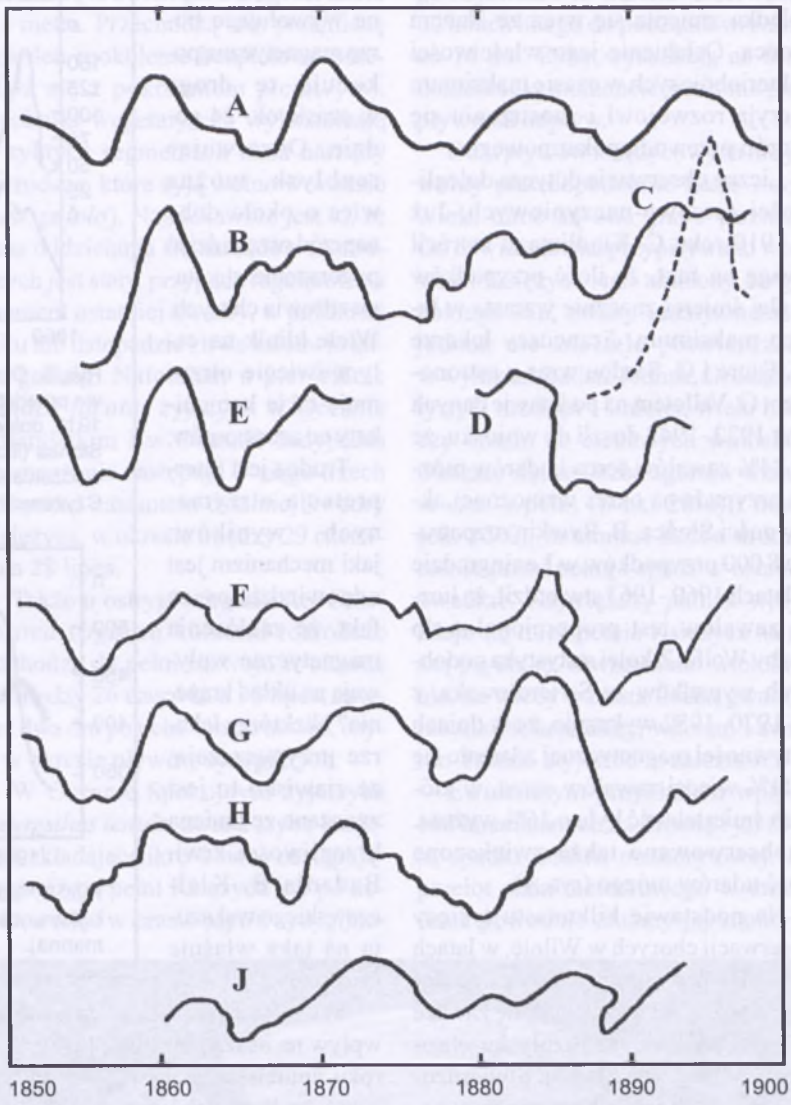
wielkie migracje. Są one związane z nadmiernym rozmnożeniem się zwierząt, co z kolei jest wywołane urodzajem. Tak było w 1957 roku (maksimum aktywności Słońca) na Syberii, gdzie po urodzaju szyszek i orzechów namnożyło się tyle wiewiórek i burunduków, że musiały one wyemigrować w inne rejony. Migracji zwierząt towarzyszył wybuch epidemii tularemii i kleszczowego zapalenia mózgu na terenach Syberii. Jest to zrozumiałe, gdyż krwią wiewiórek i burunduków żywi się kleszcz, który jest nosicielem wirusa wywołującego tajgowe zapalenie mózgu.

Zapalonym badaczem związków epidemii z aktywnością Słońca był A. Czyżewski, uważany dziś za ojca heliobiologii. Jego prace nad zachorowaniami na cholerę w okresie od XVIII — XIX wieku prowadzą do wniosku, że epidemie i pandemie pojawiały się w okresie wzrostu aktywności Słońca, unikając wyraźnie minimum. Do podobnych wniosków prowadzi prześledzenie epidemii cholery w Rosji, w latach 1823–1923. Na podstawie otrzymanych wyników Czyżewski już w 1930 roku przewidział, że w latach 1960–1962 jest możliwy wybuch epidemii cholery. (Rys. 2.)

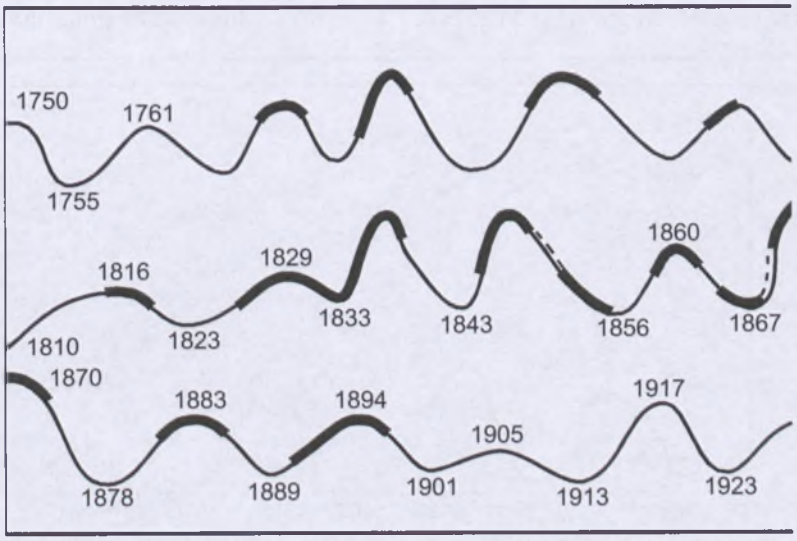
Niejednokrotnie obserwowano, że epidemii cholery towarzyszą epidemie lub pandemie grypy. Czyżewski stwierdził, że od XV aż do XVIII wieku epidemie pojawiają się średnio co 11.3 roku i trwają ok. 4 lat. Nasilenie epidemii jest proporcjonalne do liczby Wolfa. Grypy pojawiają się w pobliżu maksimum, z odchyleniem około 2.3 roku. Czyżewski przepowiedział 9 wybuchów pandemii grypy, aż 8 pojawiło się w przewidzianym czasie.

W maksimum aktywności ma miejsce większość epidemii duru powrotnego. Mniej jednoznaczne wyniki otrzymano dla dżumy: około 65% epidemii przypada na maksimum, a 35% na minimum. Wielu epidemiologów zwróciło uwagę na fakt, że epidemie dyfterytu pojawiały się co 10–11 lat i występowały w minimum aktywności, a więc przeciwnie niż większość chorób. Zależność ta urwała się z chwilą wprowadzenia szczepień przeciwbłonicznych ok. 1894 roku. (Rys. 3)

Wraz ze wzrostem aktywności Słońca wzmagają się także dolegliwości żołądkowo-jelitowe. Późniejsze



Rys. 1. Klasyczne już wykresy K. Flammariona i S. Arrheniusa. Krzywe: A – aktywność Słońca; B – czas zakwitania kasztanów w Paryżu; C – czas przylotu jaskółek w środkowej Francji; D i E – okres kwitnienia niektórych roślin w Anglii; F, G, H, J – niektóre zjawiska meteorologiczne (wahania temperatury w środkowej Szwecji, ruszanie kry na jednej z fińskich rzek i in.)



Rys. 2. Wielkie epidemie cholery naniesione na wykres plamotwórczej aktywności Słońca (wg. Czyżewskiego).

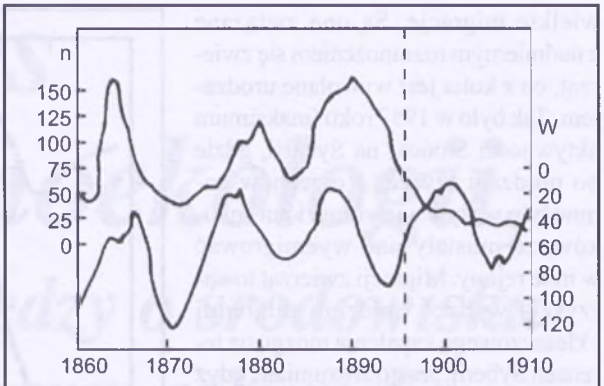
badania wykazały, że to kwasowość żołądka zmienia się wraz ze stanem Słońca. Osłabienie jego właściwości bakteriobójczych w czasie maksimum sprzyja rozwojowi i zaostrzaniu się chorób przewodu pokarmowego.

Liczne obserwacje dotyczą dolegliwości sercowo-naczyniowych. Już w 1910 roku C. Kindlimann zwrócił uwagę na fakt, że ilość przypadków nagłej śmierci znacznie wzrasta w latach maksimum. Francuscy lekarze M. Faure i G. Sardou wraz z astronomem G. Vallotem na podstawie danych z lat 1922–1942 doszli do wniosku, że aż 84% zawałów serca i udarów mózgu przypada na okres wzmożonej aktywności Słońca. B. Rywkin rozpatrując 8 000 przypadków w Leningradzie w latach 1960–1963 stwierdził, że liczba zawałów jest proporcjonalna do liczby Wolfa. Z kolei statystyka podobnych wypadków ze Swierdłowska, z lat 1970–1982 wykazuje, że w dniach aktywności magnetycznej zdarzało się o 11% więcej zawałów serca, w których śmiertelność była o 36% wyższa. Zaobserwowano także zwiększoną ilość udarów mózgu (rys. 4).

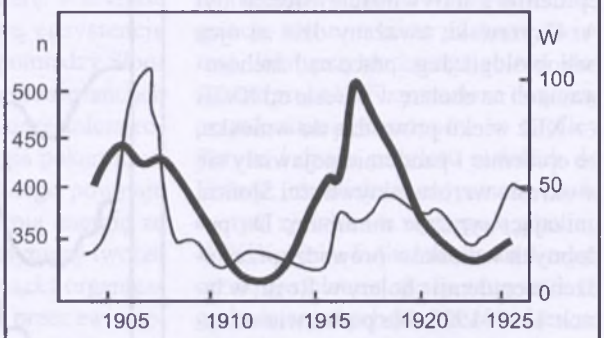
Na podstawie kilkunastu tysięcy obserwacji chorych w Wilnie, w latach 1963–1966 wysnuto wniosek, że dolegliwości sercowe nasilają się zawsze 2–3 dni po każdym rozbłysku chromosferycznym na Słońcu. Stwierdzono też, że podczas burz magnetycznych liczba zgonów na skutek zawału wzrasta aż trzykrotnie.

Rozbłysk chromosferyczny możemy zaobserwować ok. 8 minut po jego powstaniu, tyle bowiem czasu potrzebuje światło, by dotrzeć do Ziemi. Cząstki korpuskularne wywołujące burzę magnetyczną pokonują tę drogę w czasie ok. 24 godzin. Obserwując rozbłysk, można więc o około dobę naprzód przewidzieć pogorszenie się stanu zdrowia chorych. Wiele klinik na całym świecie otrzymuje takie komunikaty od astronomów.

Trudna jest interpretacja otrzymanych wyników: jaki mechanizm jest odpowiedzialny za fakt, że zakłócenia magnetyczne wpływają na układ krążenia? Niektórzy lekarze przypuszczają, że zjawisko to jest związane ze zmianą krzepliwości krwi. Badania B. Kiełczewskiego wskazują na taką właśnie możliwość.



Rys. 3. Dyfteryt w Danii i aktywność Słońca. Górna krzywa przedstawia śmiertelność na dyfteryt w latach 1860–1911, dolna – zwierciadlane odbicie krzywej aktywności Słońca (liczby Wolfa). Linia przerywana oznacza wprowadzenie szczepionki przeciwbłonicznej (1894 rok). (Wg. Czyżewskiego).

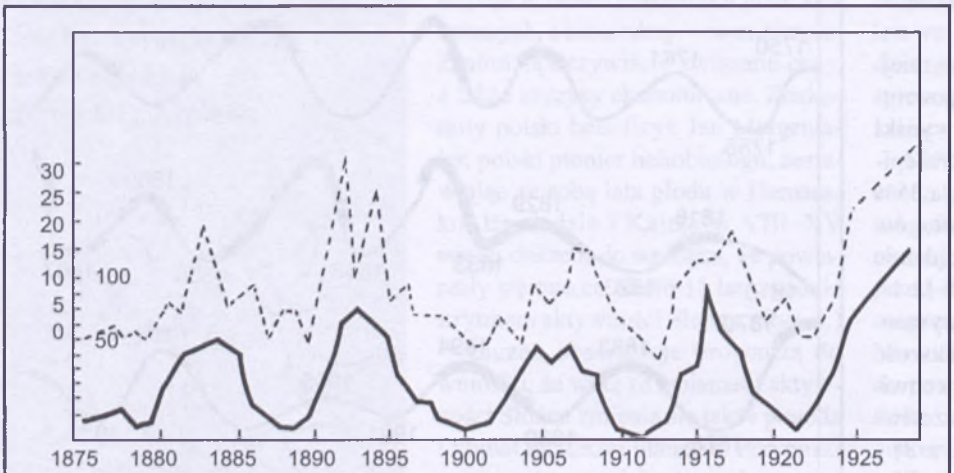


Rys. 4. Udary mózgu w Szwajcarii w latach 1904–1924 i aktywność Słońca (grubsza krzywa). (Wg. S. Kindlimanna).

Aktywność Słońca ma przemożny wpływ na naszą psychikę. Już w 1928 roku angielski lekarz K. Morrel wykazał, że ilość zabójstw, samobójstw, wypadków drogowych rośnie wraz ze wzrostem aktywności Słońca. Także i Czyżewski zauważył, że ilość zbiorowych histerii, przestępstw i społecznych niepokojów nasila się w rytm aktywności Słońca. Do podobnych wniosków doszedł K. Friedmann, śledząc statystyki przyjęć do amerykańskich szpitali psychiatrycznych.

Równie ciekawe, chociaż jeszcze bardziej niezbadane, są wpływy na biosferę naszego satelity — Księżyca. Znamy je w sposób dość wyrywkowy, a niemożność racjonalnego wytłumaczenia wielu zjawisk zdaje się poddawać je w wątpliwość.

Większość korelacji „Ziemia–Księżyc" wynika „z faktu istnienia pływów, czyli przypływów i odpływów. Największe pływy mają miejsce wtedy, gdy działania Księżyca i Słońca dodają się (ma to miejsce w czasie pełni i nowiu); takie pływy nazywamy syzygijnymi. Najbardziej znanymi są pływy oceanów, choć istnieją także pływy atmosfery oraz litosfery. Amplituda wahań poziomu skorupy ziemskiej jest jednak o wiele mniejsza niż to ma miejsce w przypadku mórz



Rys. 5. Krzywa przerywana – intensywność burz magnetycznych, krzywa ciągła – powierzchnia plam na Słońcu (wg. Czyżewskiego).

i oceanów. Okazało się, że litosfera podnosi się i opada cyklicznie o średnio 23 cm. Tam, gdzie istnieją w skorupie ziemskiej szczególne napięcia, pod wpływem sił grawitacyjnych Księżyca mogą powstawać trzęsienia Ziemi. Zwolennikami tej hipotezy są między innymi H. Tetson i O. Klussmann. Uczeni przypuszczają, że trzęsienia ziemi mogą być także wywoływane przez pływy morskie.

Już starożytni utrzymywali, że w czasie pełni zwiększa się ilość deszczów. Sąd ten potwierdzają współczesne obserwacje. Meteorolodzy amerykańscy stwierdzili, że w 1544 miejscowościach w USA w ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat najsilniejsze ulewy miały miejsce zawsze w trzy do pięciu dni po pełni. Obserwacje Amerykanów — Bradley'a, Woodbury'ego i Brier'a potwierdzili meteorolodzy australijscy. W świetle ich badań, bezpośrednio po pełni lub po nowiu dochodzi do gwałtownych opadów deszczu. Przyczyna tego zjawiska leży prawdopodobnie w przyciąganiu pyłu kosmicznego przez Księżyc. Pył ten zostaje później wychwycony przez Ziemię i tworzy jądra kondensacji pary wodnej w atmosferze. Statystyka burz występujących na terenie USA pokazała, że 56% burz ma miejsce podczas przypływu, a tylko 15% w czasie odpływu. Badania te potwierdziły dawne obserwacje rybaków, którzy utrzymują, że burze nadchodzą wraz z przypływem.

Arystoteles pisał, że w czasie pełni obserwuje się szybszy wzrost larw os. Pliniusz Starszy natomiast twierdził, że przyrost dębu zatrzymuje się w czasie nowiu. On też uważał, że zwierzęta morskie, a zwłaszcza muszle morskich mięczaków, rosną wraz ze wzrostem Księżyca. Szczególnie ta ostatnia obserwacja znalazła swe potwierdzenie we współczesnych badaniach. Najczęściej cytuje się przykład łodzika z rodziny *Nautiloidae*, należącego do najstarszych filogenetycznie przedstawicieli tej gromady zwierząt; ich zwyczajami interesował się polski heliofizyk, J. Mergentaler.

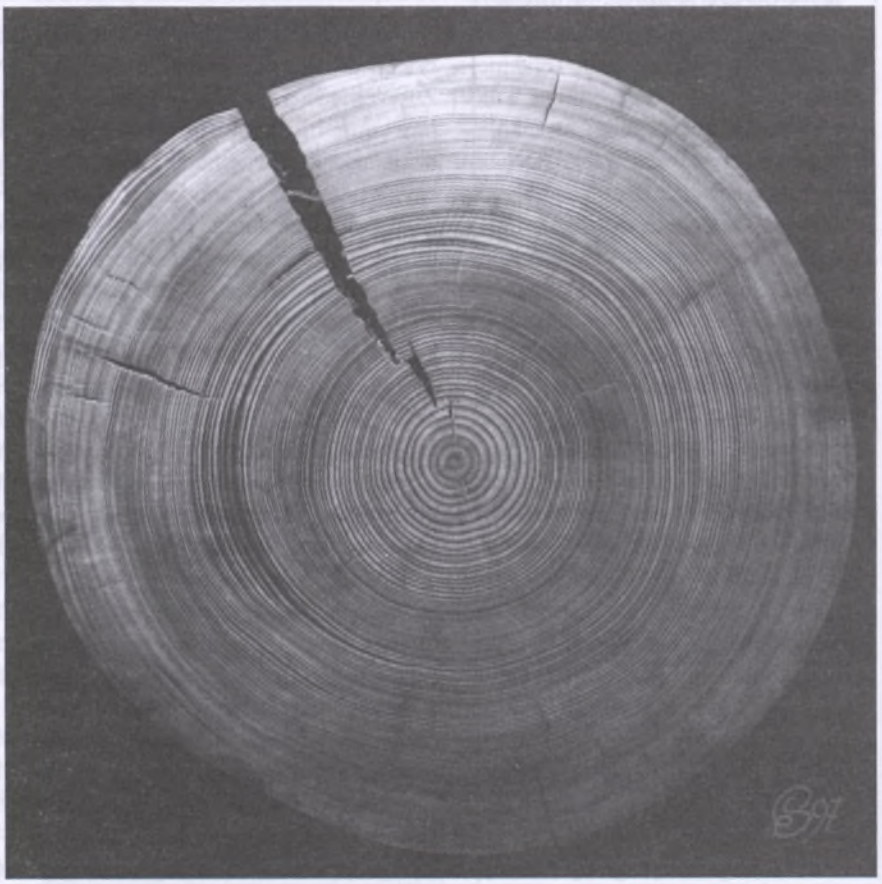
Ciekawym przykładem wpływu Księżyca na rozród zwierząt jest zachowanie się pierścienic, szczególnie z gatunku *Eunice viridis* z Pacyfiku. Są to zwierzęta o długości około 0.5 metra. Przechodzą tzw. przemianę pokoleń (pokolenie bezpłciowe przeplata się z pokoleniem płciowym). Osobniki wegetatywne wykształcają w tylnych segmentach ciała narządy rozrodcze, które żyją wolno w wodzie (tzw. *palolo*). Najciekawsze jest to, że czas oddzielania się narządów rozrodczych jest stały, przypada regularnie na moment ostatniej kwadry, w październiku lub listopadzie i trwa zaledwie kilka godzin. Natomiast u pierścienic *Eunice fucata*, żyjących w Oceanie Atlantyckim i w Oceanie Indyjskim rozmnażanie następuje w ciągu trzech dni przed nastaniem ostatniej kwadry Księżyca, w okresie między 29 czerwca a 28 lipca.

Także u ostrygi wirginijskiej *Crassostrea virginica* komórki rozrodcze dochodzą do pełni rozwoju w okresie pomiędzy 26 czerwca a 10 lipca, zawsze dwa dni po pełni lub po nowiu, czyli w okresie pływów syzygijnych.

W Oceanie Spokojnym żyje ryba *Leuresthes tenuis*, zwana „rybą latającą", składająca ikrę w noce następujące zaraz po pełni Księżyca lub po nowiu, a więc w czasie pływu syzygijnego. Zjawisko to można obserwować od końca lutego do początku września, co 14 dni. Ryby wyskakują na brzeg dokładnie w momencie przełomu przypływu na odpływ.

Od wpływów księżycowych nie jest wolny prawdopodobnie także i człowiek, choć są one słabo poznane. Od dawien dawna przypisywano wpływowi Księżyca stan zbliżony do głębokiego snu, zwany lunatyzmem, co jednak nie znalazło potwierdzenia w wynikach badań. Jednak, śledząc statystyki urodzeń i śmierci, wielu badaczy doszło do ciekawych wniosków. Okazało się, że liczba zgonów wzrasta w czasie pełni (o ok. 20%) i nowiu (ok. 15%), natomiast liczba urodzeń rośnie przed pełną i spada w ostatniej kwadrze. Największy jednak wpływ zdaje się mieć pełnia Księżyca na naszą psychikę. Stwierdzono wielokrotnie, że wtedy wzrasta liczba gwałtów, rabunków, kradzieży, włamań i awantur. Trudno wyjaśnić te zależności.

Ewidentnym przykładem wpływu ciał kosmicznych na Ziemię i jej życie są spadki materii meteorytowej. Już przelot ciała meteorowego w atmosferze powoduje zmiany jej stanu, jo-



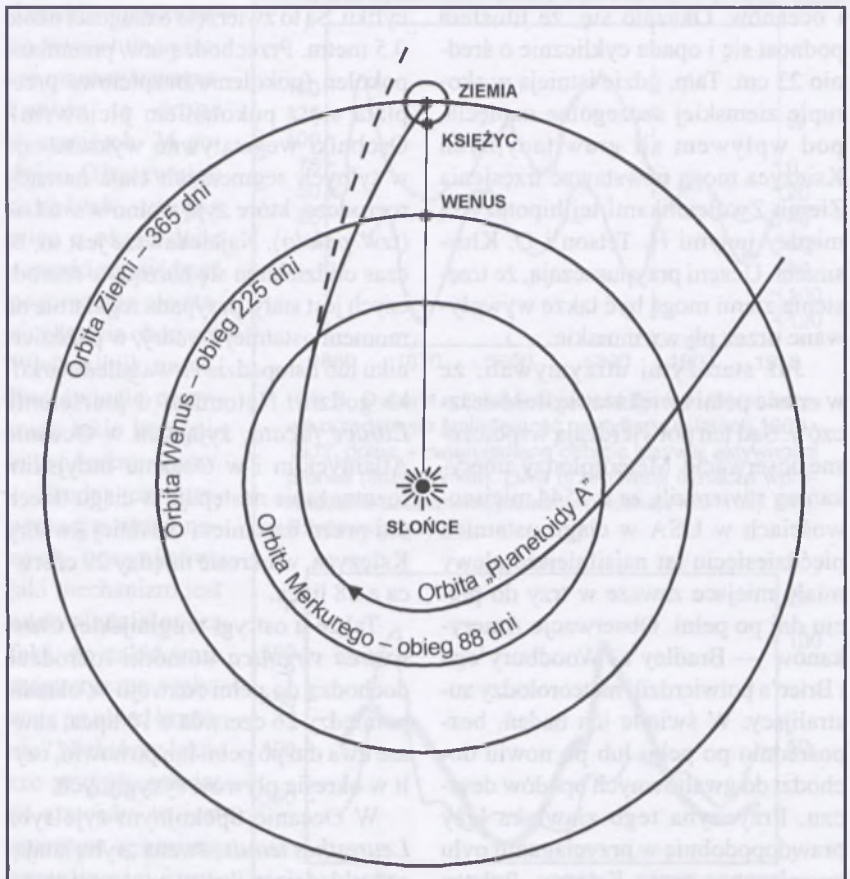
Fot. 1. Łatwo zauważalnym przykładem wpływu aktywności słonecznej na biosferę są zmiany szerokości przyrostów rocznych widoczne na przekrojach pni drzew. (fot. J. Puszcz)

nizuje powietrze i wpływa na zakłócenie propagacji fal radiowych. Większe ilości pyłu pojawiające się po obfitych deszczach meteorowych mogą znacznie osłabić dochodzące do Ziemi promieniowanie Słońca, co wpływa na ilość ciepła dostarczanego biosferze i wegetację. W latach sześćdziesiątych E. Boyen zaobserwował, że ulewne deszcze nawiedzają Australię o określonych porach roku i powtarzają się z dużą regularnością. Ma to miejsce około 4 tygodni po przejściu Ziemi przez strumień meteorów. Pozwoliło to wysunąć przypuszczenie, że za wzrost opadów odpowiedzialne są cząstki pyłu kosmicznego, które opadając powoli w atmosferze, stają się jądrami kondensacji molekuł wody. Wyniki potwierdzili uczeni z innych krajów: okazało się, że na całej kuli ziemskiej ilość deszczów wzrasta znacznie ok. miesiąca po spotkaniu Ziemi z obfitym rojem meteorów.

Spadki meteorytów są zjawiskiem rzadkim i prawdopodobieństwo trafienia takiego kosmicznego wędrowca w budynek albo w człowieka jest bardzo małe, choć przypadki takie też są znane historii.

Największy wpływ na biosferę mogły mieć „wielkie zderzenia" — upadki na Ziemię masywnych ciał meteorowych, planetoid czy komet, a nawet ich przejście w pobliżu naszej planety. Obserwacja w czasach historycznych upadku „ciała tunguskiego", którego rozmiary ocenia się zaledwie (!) na kilkanaście metrów średnicy, pozwala oszacować ogrom podobnej katastrofy.

Czasem wysuwa się przypuszczenie, że w taki sposób doszło do zagłady legendarnej Atlantydy, opisywanej przez Platona. Atlantyda miała zginąć gwałtownie, „w ciągu jednego dnia i jednej nocy okropnej", około 10 000 lat temu. Autorem hipotezy o zderzeniu z planetoidą jest O. Muck. Astronom bułgarski S. Bonew jest zdania, że kataklizm mogło wywołać tylko przejście planetoidy w pobliżu Ziemi: np. zbliżenie się planetoidy Ceres do Ziemi na odległość 40 000 km spowodowałoby pływy oceaniczne dziesięciokrotnie silniejsze niż lunisolarne. Polski astronom L. Zajdler wystąpił natomiast z hipotezą zagłady Atlantydy w wyniku zderzenia się Ziemi z kometą (rys. 6).



Rys. 6. Sytuacja w kosmosie 5 czerwca –8498 r. — domniemana data katastrofy Atlantydy (wg. Mucka)

Kosmiczne zderzenia mogą wywoływać gwałtowne wahania klimatu. Zderzenie Ziemi z masywnym ciałem powoduje obrót jej bryły w kierunku działania siły zewnętrznej, co jest przyczyną przemieszczania się biegunów Ziemi. Konsekwencją tych wydarzeń mogły być zmiany opisane w poetycki sposób w micie o Faetonie: w krajach północnych stajały nagle wieczne śniegi, a w ciepłych dotąd krainach nastały zlodowacenia. Zjawiska takie miały w istocie miejsce ok.10–12 tys. lat temu. Na wielkim naturalnym cmentarzysku mamutów na Syberii odkryto dziesiątki tysięcy doskonale zakonserwowanych zwłok.

Koniec okresu kredowego ery mezozoicznej (około 80–65 milionów lat temu) przyniósł niezwykłą zagładę różnych gatunków zwierząt na skalę nie spotykaną nigdy przedtem ani później na Ziemi. Największe spustoszenie dało się zaobserwować wśród gadów. Przyczyny tej wielkiej zagłady gatunków nazywanej często „wielkim wymieraniem" są do dziś jedną z największych zagadek paleozoologii. Na ten temat wysuwano już różne hipotezy; popularność zdobyła sobie teoria wielkich zderzeń.

R. Ganapathy, J. Smit, J. Hartogen oraz L.W. Alwarez twierdzą, że śmierć gatunków była nie tyle skutkiem wstrząsu wywołanego zderzeniem, co efektem osłabienia docierającego do powierzchni Ziemi promieniowania słonecznego i zahamowania procesu fotosyntezy, których bezpośrednią przyczyną był pył wyrzucony do atmosfery podczas zderzenia. Autorzy hipotezy oceniają, że pył w atmosferze mógł utrzymywać się przez wiele lat, w istotny sposób zakłócając funkcje życiowe organizmów. Na rzecz takiej hipotezy świadczy zwiększenie się zawartości niektórych metali w iłach kredy i paleoocenu, co ma dowodzić, że materia ziemska musiała być w tym czasie zasilana materią z Kosmosu.

Wielkie zderzenia mogą powodować nie tylko przemieszczenie się bryły Ziemi względem osi obrotu, ale są też impulsem do gwałtownych zmian — przebiegunowania — pola magnetycznego Ziemi, czyli zamiany bieguna N na S i odwrotnie. W historii naszej planety zmiany takie miały wie-

lokrotnie miejsce. Zmiany biegunowości magnetycznej Ziemi są przedzielone okresami, kiedy nasza planeta pozbawiona jest pola magnetycznego, co wystawia ją na działanie wysokoenergetycznego promieniowania przybywającego z Kosmosu — korpuskularnego i gamma. Może to odbić się na życiu całych gatunków zwierząt. Nawet krótki okres działania takiego promieniowania mógł spowodować liczne mutacje, a przekazywanie tych zmian z pokolenia na pokolenie — doprowadzić do kumulacji cech negatywnych dla gatunku i jego wymierania. W ten sposób efekty krótkotrwałego zjawiska (zderzenia) zostałyby rozłożone na całe tysiące i miliony lat.

Wielu ludzi na naszej planecie zginęło za sprawą komet, a zabijała ich wiara w to, że są one zwiastunami zła. Jak mówi angielski astronom Nigel Calder „pojawienia komet są niebezpieczne, ponieważ czynią je niebezpiecznymi sami ludzie". Zwyczaj składania kometom ofiar z ludzi był dość popularny w świecie starożytnym (szczególnie w dawnym Rzymie), ale także na drugiej półkuli, np. u Inków. Biorąc pod uwagę, że jasne komety pojawiają się średnio raz na kilkanaście lat, można sądzić, że w samej Europie zginęło w ten sposób wiele tysięcy osób.

Współczesne przesądy dotyczące komet często mają pseudonaukowe podłoże. W 1908 roku astronomowie odkryli w ogonie komety Morehouse'a obecność cyjanu, gazu trującego dla ziemskich organizmów. Zbliżała się wtedy do Słońca kometa Halley'a, która w 1910 roku miała przejść przez peryhelium, a 18 V 1910 roku Ziemia miała przejść przez ogon komety, choć w bardzo dużej odległości od jej głowy. Odkrycie trujących gazów w kometach stało się przyczyną paniki, choć było astronomom wiadomo, że materia ogona jest niezwykle rozrzedzona i że w XIX wieku Ziemia przeszła przez ogony dwóch komet bez najmniejszego uszczerbku dla jej biosfery. Podobnie stało się w 1910 roku.

Pogląd, że komety odegrały rolę w rozwoju życia organicznego na Ziemi, ma dość długą tradycję. W 1664 roku obserwowano na ziemskim niebie kometę. W rok później w Anglii wybuchła epidemia dżumy. Autor „Robinsona Cruzoe", Daniel Defoe, napisał w związku z tym książkę „Dziennik zadżumionego miasta", w której udowadnia, że przyczyną epidemii dżumy było pojawienie się komety. Pogląd ten, w naukowej już szacie, wskrzesili w czasach współczesnych znani astrofizycy: Robert Hoyle i Czandra Wickramasinghe, którzy wysunęli hipotezę, że życie przyszło na Ziemię z komet — narodziło się w ogromnych bąblach wodnych zamkniętych w ich lodowych jądrach — i do dziś są one źródłem wirusów i bakterii chorobotwórczych. Astrofizycy nawiązują tym samym do popularnej na początku naszego wieku teorii panspermii Svante Arrheniusa, według której życie jest wieczne i przenosi się z planety na planetę za pośrednictwem meteorytów.

Przytoczone wyżej przykłady ciekawych zależności pomiędzy zjawiskami niebieskimi a ziemskimi mają charakter wyrywkowy. Należy zdawać sobie sprawę z tego, że w przypadku wielu obserwowanych korelacji związek przyczynowo-skutkowy nie został prześledzony. Nie można więc wykluczyć, że znaleźć się tutaj mogły także „zależności" całkowicie przypadkowe. Z drugiej strony, zdając sobie sprawę z ogromnej ilości trudnych do uwzględnienia czynników zaburzających kosmiczne wpływy („rozmazujących" zależności), mogą one istnieć także i tam, gdzie żadnych korelacji nie obserwujemy.

Literatura

Czyżewski A.L., *Ziemnoje echo sołnecznych bur'*, Mysl, Moskwa 1976

Kiełczewski B, Bogucki J., *Zarys biometeorologii sportu*, Wydawnictwo „Sport i Turystyka", Warszawa 1972

Korpikiewicz H., *Spadające gwiazdy, czyli rzecz o meteorach i meteorytach*, Krajowa Agencja Wydawnicza, Poznań 1989

Korpikiewicz H., *Kosmiczne rytmy życia*, Książka i Wiedza, Warszawa 1996

Mergentaler J., *Słońce–Ziemia*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1978

Honorata Korpikiewicz jest absolwentem astronomii i doktorem Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu. Obecnie adiunkt Instytutu Filozofii tegoż Uniwersytetu.

Aleksander L. Czyżewski

W ubiegłym roku minęła 100. rocznica urodzin rosyjskiego astronoma, biologa i lekarza Aleksandra L. Czyżewskiego. Nowatorstwo jego prac polegało przede wszystkim na naukowym poszukiwaniu związków między aktywnością słoneczną a biosferą Ziemi. Szukał on zależności między periodycznymi zjawiskami na Słońcu i cyklicznością życia biologicznego na Ziemi. Najbardziej znane są jego prace dotyczące nasilenia się epidemicznych chorób, jak np. dżumy, cholery, grypy i dyfterytu oraz prace dotyczące korelacji wahań śmiertelności naturalnej w Rosji w latach 1867–1917 z cyklem aktywności słonecznej. Czyżewski interpretował te korelacje jako wynik zgubnego działania następstw geofizycznych aktywności słonecznej, przede wszystkim zmian pola magnetycznego Ziemi na wytrącony z naturalnej równowagi chory organizm ludzki.

Jego prace dotyczyły też zagadnienia zachowania ludzkiego. Badał np. korelacje między aktywnością słoneczną a ilością skazanych na podstawie prawa linczu w Stanach Zjednoczonych w latach 1889–1923. Jego badania historiometryczne i zwrócenie uwagi na koincydencję ważnych rewolucji z czasami wysokiej aktywności słonecznej nie dały się pogodzić z państwową doktryną polityczną. Konfliktu ze Stalinem nie dało się uniknąć i Czyżewski nie mógł kontynuować swoich badań. Kandydata do Nagrody Nobla w 1938 i członka około 30 towarzystw naukowych radzieckich i zagranicznych wysłano w 1939 do łagru, z którego wrócił dopiero 20 lat później. Do śmierci w roku 1964 opublikował jeszcze niektóre, zapewne wcześniejsze prace naukowe. Te represje i znikome zainteresowanie Zachodu nauką radziecką spowodowały, że za granicą zapomniano o jego dorobku naukowym. W byłym Związku Radzieckim znany jest jako ojciec heliobiologii.

dr Reinhold Steudner

Jerzy M. Kreiner

Astronomia w Korei

Początki państwa koreańskiego sięgają trzeciego tysiąclecia przed n.e. i związane są z legendą, wedle której syn najwyższego bóstwa Niebios, książę Hwanung, zstąpił wraz z orszakiem 3000 sług na górę Taebaek-san i założył Miasto Boga.
Książę był dobrym i sprawiedliwym władcą, który nauczył swych poddanych wielu pożytecznych zawodów, w tym uprawy roli, myślistwa i rybołówstwa,
a także przekazał wiedzę leczniczą. W owym czasie wśród wielu zwierząt był tygrys i niedźwiedź, które zapragnęły przemienić się w ludzi.
Gdy zwierzęta te zwróciły się ze swoją prośbą do księcia Hwanunga, postawił on warunek, że jeżeli przez sto dni pozostaną w ciemnej jaskini, żywiąc się jedynie czosnkiem i bylicą, staną się ludźmi. Tygrys nie zdołał wypełnić tego warunku, natomiast niedźwiedź wytrwał i przemienił się w piękną kobietę, którą następnie poślubił książę Hwanung.
Z ich związku narodził się syn Tan-gun, który w 2333 r. p.n.e. założył pierwsze królestwo **Choson,** *co dosłownie znaczy* **Kraj Porannego Spokoju.**
Tan-gun uważany jest za praojca narodu koreańskiego, a data założenia królestwa (3 października) do dziś świętowana jest jako Dzień Ustanowienia Państwa.

Królestwo Choson przetrwało do II wieku n.e. Po nim nastąpił okres dominacji królestwa Shilla (57 p.n.e. — 935 r. n.e.), ze stolicą w Kyongju. Szczytowy okres rozwoju królestwa Shilla przypadający na VII i VIII wiek charakteryzował się gwałtownym rozwojem nauki, sztuki, szkolnictwa, handlu i innych dziedzin, a licząca ponad milion mieszkańców stolica zasłynęła z licznych pałaców i świątyń buddyjskich. Wśród wielu uczonych nie brakowało również astronomów, którzy do swej dyspozycji mieli Obserwatorium Chomsongdae, usytuowane w centralnej części dawnego Kyongju.

Obserwatorium to, najstarsze we wschodniej Azji, zostało zbudowane około 634 r. w czasie panowania królowej Sondok. Do dnia dzisiejszego zachowała się w bardzo dobrym stanie wieża, przypominająca kształtem butelkę o wysokości 9.4 m i średnicy podstawy 5.2 m. Zorientowana względem stron świata budowla stoi na kwadratowej podstawie, obramowanej 12 granitowymi płytami. Wieża Obserwatorium jest zbudowana z 27 warstw kamieni ciosanych z granitu, których łączna liczba wynosi 366 (wśród nich 365 dużych i 1 niewielki), co miało odpowiadać liczbie dni w roku. Zwieńczenie wieży jest kwadratowe i obramowane belkami kamiennymi, które otaczały nie zachowany taras obserwacyjny. Wejście na taras, z którego dokonywano obserwacji astronomicznych, następowało poprzez kwadratowy otwór usytuowany pomiędzy 13 i 15 warstwą kamieni. Niestety, nie zachowały się informacje o rodzaju spostrzeżeń dokonywanych z tarasu tego budynku ani też nie wiadomo, jakimi instrumentami posługiwali się astronomowie. Poprzez analogię z astronomią chińską należy domyślać się, iż były to głównie obserwacje dotyczące praktycznego zastosowania astronomii, ale zapewne na tarasie prowadzono również dysputy związane z astrologią i symboliką cyfr.

W X w. królestwo Shilla zaczęło się chylić ku upadkowi, a rolę dominującą przejęło królestwo Koryo (od tej nazwy pochodzi dzisiejsza Korea), ze stolicą w Song-ak (obecnie: Kaesong). W 1392 r. władzę przejęła dynastia Choson (nazywana również dynastią Yi), panująca w Korei aż do roku 1910, tj. do momentu zaanektowania Korei przez Japonię.

Wśród władców dynastii Choson szczególnie wyróżnił się król Sejong, panujący w latach 1418–1450. Za jego czasów Korea przeżyła szczególny rozkwit nauki, kultury i sztuki. Pod osobistym nadzorem króla Sejonga (któremu nadano przydomek *Wielki*) opracowano stosowany po dzień dzisiejszy alfabet koreański, tzw. *Hangul*, odznaczający się znaczną prostotą. Alfabet ten składa się z 10 samogłosek i 14 spółgłosek, które mogą się łączyć, tworząc różne sylaby. W odróżnieniu od niezwykle skomplikowanego systemu znaków pisma chińskiego, alfabet koreański pozwala na szybkie nauczenie się czytania i pisania, a obecnie jest przystosowany do języka komputerów.

Wśród niezwykle szerokiego wachlarza zainteresowań króla Sejonga, szczególne miejsce zajmowała astronomia. W obrębie stolicy swojego królestwa (dzisiejszy Seul) zbudował on dwa obserwatoria astronomiczne, z których jedno znajdowało się w centrum miasta, a drugie w pałacu Kyongbok. W tym ostatnim, pod osobi-

stym nadzorem króla Sejonga umieszczono szereg przyrządów astronomicznych, a wśród nich sferę armilarną, zegar wodny, kilkunastometrowy gnomon do pomiaru wysokości Słońca i zegar słoneczny. Jakkolwiek przyrządy te były wykonane na wzór podobnych instrumentów chińskich, to jednak zostały istotnie ulepszone dzięki oryginalnym pomysłom króla. On sam był wynalazcą zegara wodnego, regularnie wybijającego godziny. W obserwatorium króla Sejonga stałe dyżury pełniło pięciu astronomów, którzy mieli obowiązek natychmiastowego zgłaszania królowi wszelkich nadzwyczajnych zjawisk dostrzeżonych na niebie.

Z tego okresu pochodzi również powstała w 1395 roku kamienna planisfera (o wymiarach 220 × 122 cm) przedstawiająca obraz nieba z zaznaczonymi 1496 gwiazdami.

Pierwsze kontakty astronomów koreańskich z nauką europejską nastąpiły zapewne z końcem XVII wieku, gdy zaczęli oni w miarę systematycznie odwiedzać Obserwatorium w Pekinie, gdzie pracowali astronomowie z zakonu Jezuitów. Chociaż władze chińskie bardzo niechętnie patrzyły na te kontakty, to jednak astronomom koreańskim udało się zdobyć i przywieźć do kraju niewielkie przyrządy optyczne, książki i kalendarze astronomiczne.

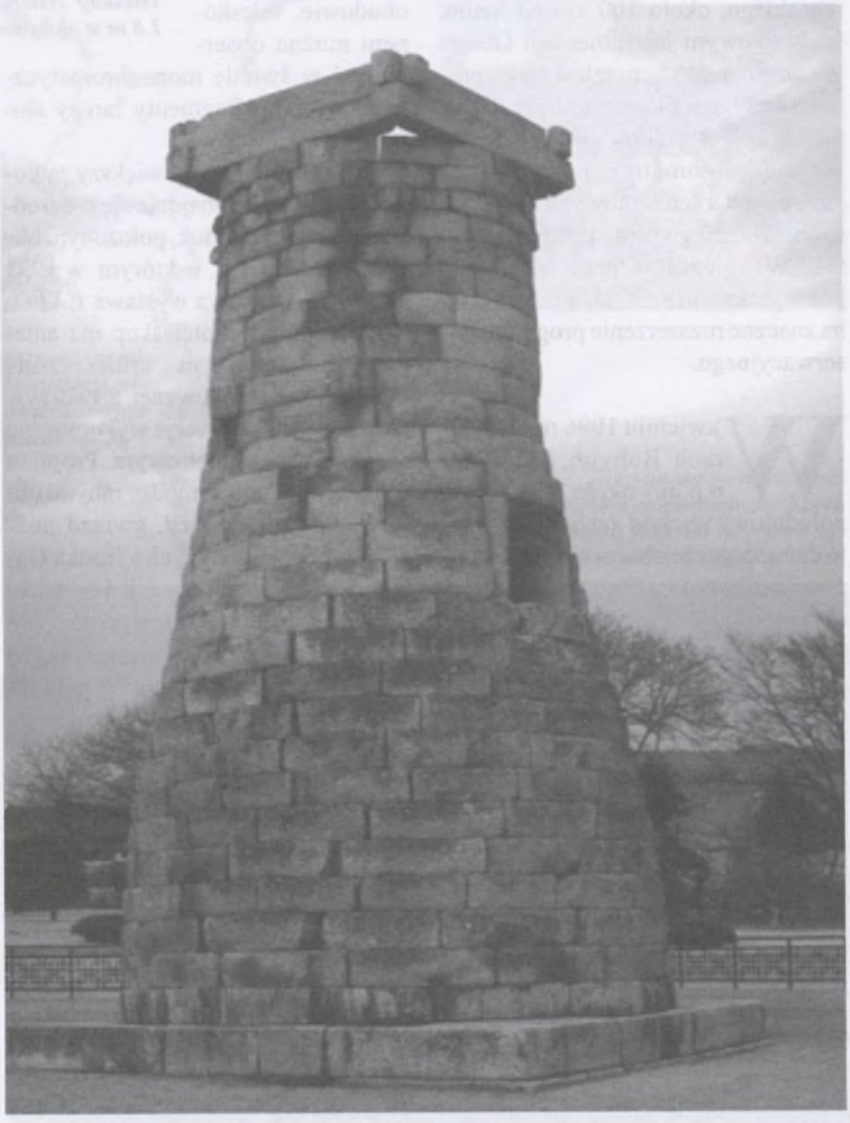
Gdy w 1910 roku Korea została skolonizowana przez Japonię, zamknięto królewskie Obserwatorium Astronomiczne, a wszelka działalność w dziedzinie astronomii została przerwana. Aż do końca II wojny światowej żadnemu z Koreańczyków nie pozwolono na zajmowanie się astronomią.

W latach 1907–1917 w Korei przebywał misjonarz chrześcijański, a zarazem astronom, dr Carl Rufus z Uniwersytetu w Michigan (USA). W latach 1915–17 prowadził on wykłady z astronomii w Choson Christian College (dzisiejszy Yonsei University). Po powrocie do Ameryki dr Rufus zaprosił jednego ze swych najzdolniejszych uczniów, D.W. Lee, do Michigan na dalsze studia. W roku 1926 Lee uzyskał pod kierunkiem dra Rufusa doktorat z astronomii, po czym powrócił do kraju. Jednakże wkrótce został zaaresztowany przez Japończyków, a po kilkumiesięcznym pobycie w więzieniu nałożono na niego areszt domowy, trwający do roku 1945. Dr D.W. Lee zmarł w 1963 r.

Wyzwolenie Korei w 1945 roku nie przyniosło spodziewanego spokoju. O wpływy na Półwyspie Koreańskim zabiegały zwycięskie mocarstwa, co, jak wiadomo, zakończyło się w 1950 roku inwazją komunistycznej Korei Północnej na południowego sąsiada. W wyniku trzyletniej wojny cały kraj popadł w ruinę. Gdy w lipcu 1953 r. zawarto rozejm, mieszkańcy Południa podjęli gigantyczny wysiłek odbudowy kraju, uwieńczony w latach osiemdziesiątych pełnym sukcesem, a Korea Południowa zyskała miano jednego z Azjatyckich Tygrysów.

Wraz z rozwojem gospodarczym w Korei tworzono nowe uniwersytety i laboratoria badawcze, starając się w możliwie krótkim czasie nadrobić wieloletnie zaległości w kontaktach z nauką światową. Najzdolniejsi studenci uzyskiwali rządowe stypendia dla pogłębienia wiedzy, przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych. Wśród nich znaleźli się również astronomowie. Podczas gdy przed rokiem 1970 w Korei nie było żadnego astronoma ze stopniem naukowym doktora, to pod koniec lat siedemdziesiątych już 4 osoby miały ten stopień, uzyskany głównie w ośrodkach astronomicznych Stanów Zjednoczonych, a w dziesięć lat później około 30 osób.

W 1965 roku skromna wówczas grupa astronomów koreańskich zawiązała Koreańskie Towarzystwo Astronomiczne (*Korean Astronomical Society*), które aktualnie zrzesza około 150 astronomów. Towarzystwo dwukrotnie w ciągu roku (w kwietniu i październiku) organizuje zjazdy naukowe, a także wydaje czasopismo naukowe



Obserwatorium Chomsongdae (VII wiek) w Kyongju. Fot. J.M. Kreiner

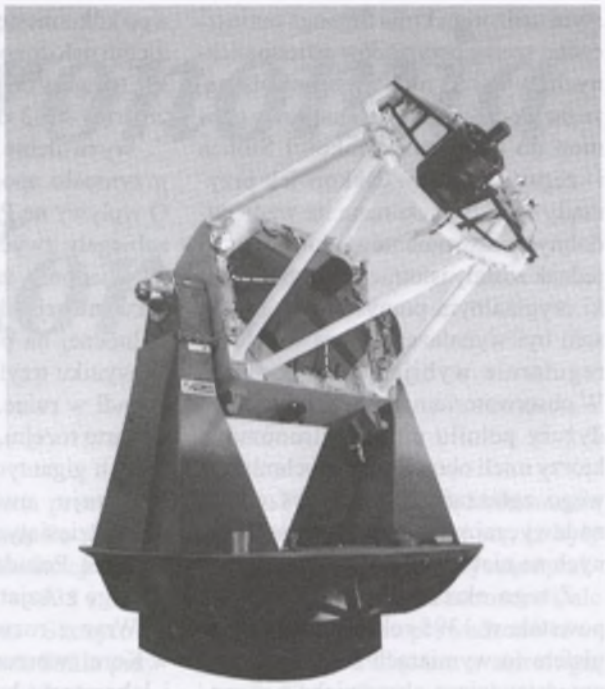
Journal of Korean Astronomical Society. W 1984 powstało także Koreańskie Towarzystwo Badań Kosmicznych (*Korean Space Science Society*), zrzeszające około 130 członków. Organem tego Towarzystwa jest czasopismo naukowe *Journal of Astronomy and Space Science*, ukazujące się dwa razy w roku, a także *Bulletin of Korean Space Science Society*.

Od 1979 roku Republika Korei jest członkiem Międzynarodowej Unii Astronomicznej, wprowadzając do tej organizacji zrzeszającej profesjonalnych astronomów około 30 członków.

Istotnym czynnikiem wpływającym na rozwój astronomicznych badań naukowych było otwarcie w 1978 roku pierwszego obserwatorium astronomicznego usytuowanego na górze Sobaek (Sobaek-san, 1340 m. n.p.m.), we wschodniej części Półwyspu Koreańskiego, około 100 km od Seulu. Podstawowym instrumentem Obserwatorium jest 61 cm teleskop wyprodukowany przez firmę Boller and Chivence. Teleskop służy głównie do obserwacji fotometrycznych gwiazd zmiennych zaćmieniowych, pulsujących, gromad gwiazd i jasnych galaktyk. Współcześnie przy teleskopie pracuje kamera CCD, co pozwala na znaczne rozszerzenie programu obserwacyjnego.

W kwietniu 1996 roku w górach Bohyun, (1127 m. n.p.m.) około 250 km na południowy wschód od Seulu, otwarto duże optyczne obserwatorium astronomiczne, wyposażone m. in. w teleskop Ritchey-Cretiena o średnicy zwierciadła 1.8 m. Z teleskopem współpracuje spektrograf, pozwalający uzyskać widma w szerokim zakresie dyspersji: od 2 do 22.4 nm/mm w zakresie spektralnym od 350 do 850 nm. Teleskop może również współpracować z kamerą CCD dla obserwacji fotometrycznych. Na uwagę zasługuje pomieszczenie, w którym umieszczono teleskop. Nie znajduje się on w tradycyjnej kopule z rozsuwaną szczeliną, ale w obrotowym prostopadłościanie z rozsuwaną boczną i górną ścianą, znajdującym się na większym budynku (również prostopadłościennym), mieszczącym laboratoria i warsztaty. Program badawczy przewiduje m.in. obserwacje spektroskopowe gwiazd zmiennych (jako uzupełnienie obserwacji fotometrycznych), badania składu chemicznego gwiazd, a także obserwacje jaśniejszych galaktyk.

Na terenie Obserwatorium znajduje się również heliofizyczny teleskop do obserwacji rozbłysków słonecznych. Składa się on z dwóch refraktorów 20/160 cm oraz dwóch refraktorów 15/225 cm, znajdujących się w jednej obudowie. Teleskopem można obserwować w świetle monochromatycznym wybrane fragmenty tarczy słonecznej.



Teleskop systemu Ritchey-Cretiena o średnicy zwierciadła 1.8 m w obserwatorium Bohyunsan.

Jak na razie jedyny większy radioteleskop w Korei znajduje się w ośrodku naukowym Taeduk, położonym blisko miasta Taejon, w którym w 1993 roku była światowa wystawa *EXPO*. Wspomniany radioteleskop ma antenę o średnicy 14 m., umieszczoną w dużej kuli zbudowanej z tworzyw sztucznych. Obserwacje wykonywane są w paśmie milimetrowym. Program naukowy obejmuje między innymi obserwacje protogwiazd, gwiazd późnych typów widmowych i środka Galaktyki. Celem obserwacji jest także identyfikacja międzygwiazdowych linii molekularnych, obserwowanych w zakresie milimetrowym. W najbliższym czasie planuje się włączenie tego radioteleskopu do międzynarodowej sieci VLBI. W pobliskim budynku umieszczono pracownie naukowe, bibliotekę, sale wykładowe etc. Ośrodek przygotowany jest również na prowadzenie szerokiej akcji popularyzatorskiej. Uzupełnieniem ośrodka Taeduk jest kilka niewielkich teleskopów przeznaczonych do celów dydaktycznych.

Oprócz wspomnianych już trzech najważniejszych obserwatoriów astronomicznych, badania naukowe (głównie teoretyczne) prowadzone są w kilku koreańskich uniwersytetach: w Narodowym Uniwersytecie w Seulu, w Uniwersytecie Yonsei w Seulu, w Uniwersytecie Chungbuk w Chongju i innych.

Jakkolwiek grupa koreańskich astronomów nie jest zbyt liczna, to ich plany są bardzo ambitne. Ponieważ Korea nie ma najlepszych warunków klimatycznych do prowadzenia obserwacji astronomicznych, planuje się zbudowanie za granicą 4.5-metrowego teleskopu przeznaczonego do obserwacji zarówno w zakresie optycznym, jak i bliskiej podczerwieni. W bardzo intensywnym tempie przebiega unowocześnianie posiadanej bazy instrumentalnej, w tym także instalacja komputerów najnowszej generacji. O ile chwilowy kryzys gospodarczy nie powstrzyma tego rozwoju, należy się spodziewać, że również w dziedzinie astronomii Korea może stać się „wielkim azjatyckim tygrysem".

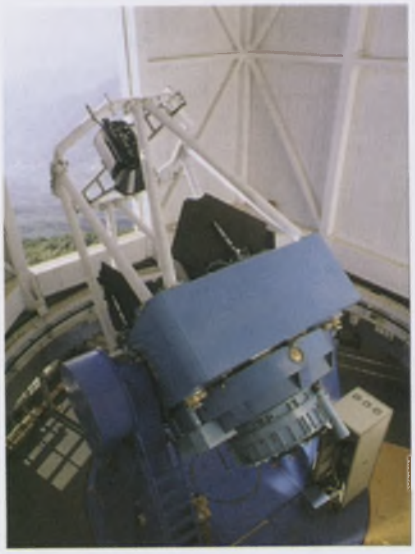
Profesor Jerzy M. Kreiner jest profesorem astronomii w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie i Prezesem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego.

Pierwsze współczesne obserwatorium koreańskie Sobaek-San położone na wysokości 1340 m n.p.m.

Astronomia w Korei

Mapa Korei z zaznaczonymi lokalizacjami obserwatoriów astronomicznych.

Kopula 14-metrowego radioteleskopu w ośrodku naukowym Taeduk, w pobliżu miasta Taejon.



Teleskop 1.8 m w obserwatorium astronomicznym Bohyunsan.

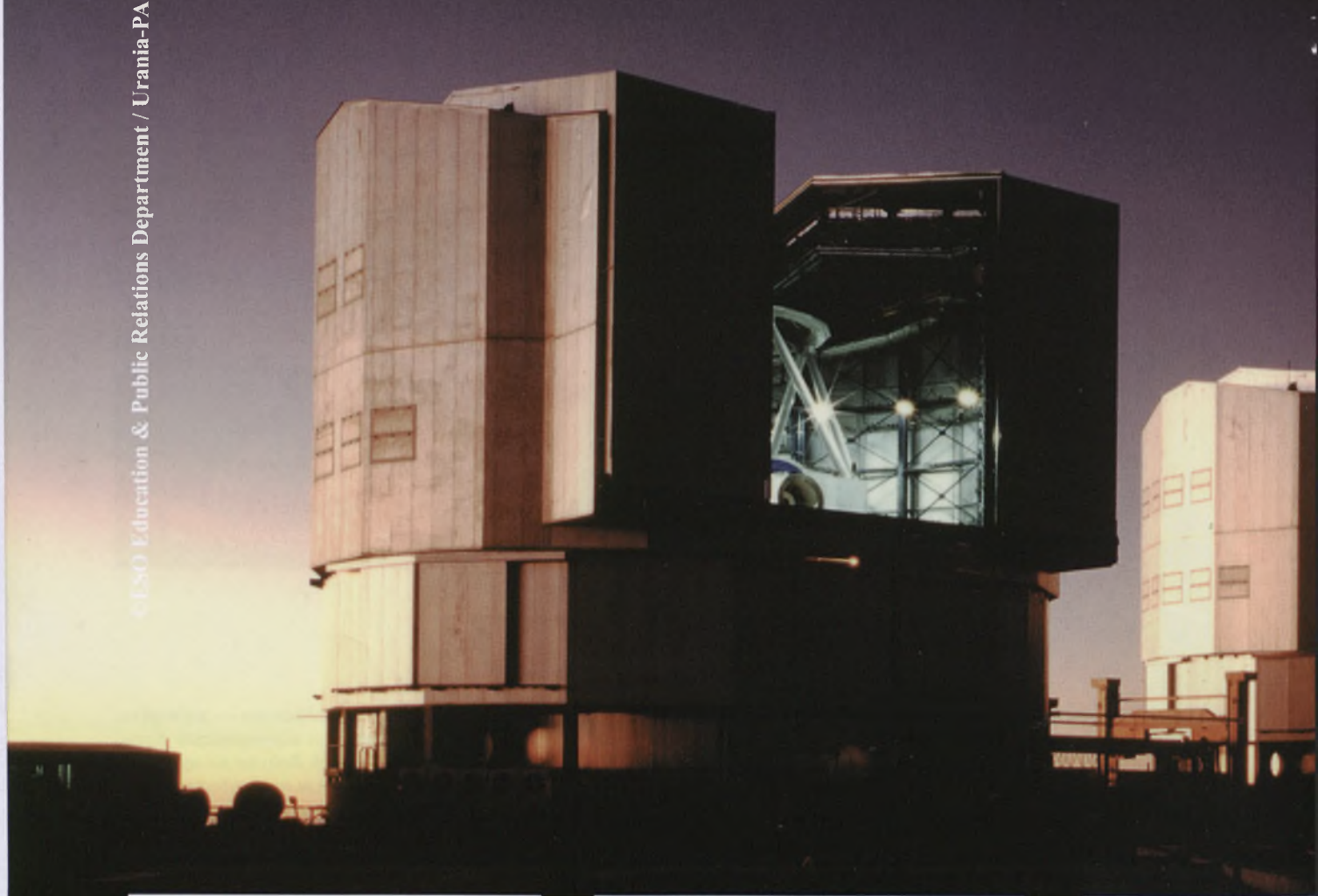
Bohyunsan — największe obserwatorium astronomiczne Korei, położone w górach Bohyun na wysokości 1127 m. n.p.m., wyposażone m.in. w teleskop 1.8 m.

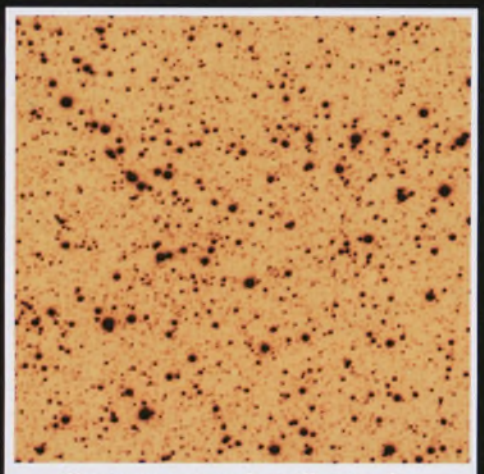
Teleskop do obserwacji rozbłysków słonecznych w obserwatorium Bohyunsan.

Pierwsze zdjęcia wykonane teleskopem VLT UT1

(opis na str. 169)

© ESO Education & Public Relations Department / Urania-PA





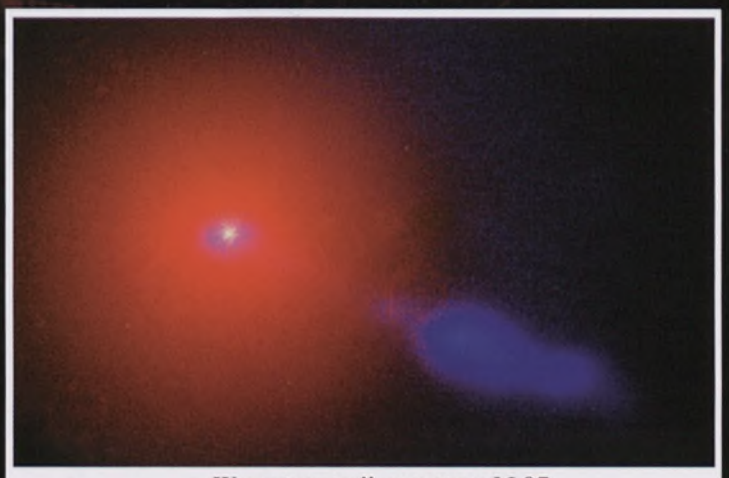
Centrum gromady ω Centauri

Centralny obszar gromady M 4

η Carinae

Mgławica Motyl (NGC 6302)

Pas pyłowy Centaura A



Wyrzut materii z wnętrza M 87

VLT
First Light

ESO

Urania

Najmłodsza mgławica planetarna

Obraz przedstawia najmłodszą z dotychczas odkrytych mgławic planetarnych — Henize 1357. Gwiazda centralna znajduje się w środku zielonego pierścienia gazu, jej towarzysza można dostrzec na lewo i nieco powyżej środka zdjęcia. Po obu stronach widoczne są „bąble" gazu. W tych kierunkach materia przyspieszana ciśnieniem promieniowania gwiazdy centralnej utworzyła swego rodzaju dziury w zewnętrznym pierścieniu o charakterystycznej czerwonej barwie.

Mgławica znajduje się na niebie południowym i leży w odległości 18 tysięcy l.św. od nas. Swymi rozmiarami przewyższa około 130 razy wielkość Układu Słonecznego, ale jest to zaledwie kilka procent rozmiarów typowych mgławic planetarnych.

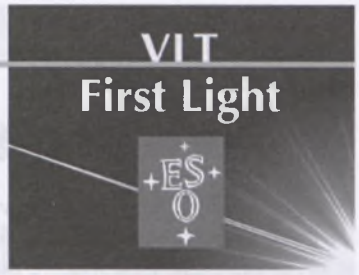
Barwy odpowiadają filtrom, reprezentującym emisje azotu (czerwona), tlenu (zielona) oraz wodoru (niebieska). Obserwacje wykonano szerokokątną kamerą planetarną (WFPC2) w marcu 1996.

Mgławica „prostokątna"

Ta mgławica planetarna o niezwykłym kształcie to IC 4406, sfotografowana przez teleskop kosmiczny. Jest to w rzeczywistości twór cylindryczny, oglądany przez nas „z boku". Gorący gaz wyrzucany przez kończącą swój żywot gwiazdę wydobywa się przez otwarte końce cylindra, którego „ściany" tworzy gęsta materia pyłu i obłoków molekularnych.

Obiekt ma rozmiary kątowe ok. pół minuty łuku i znajduje się w gwiazdozbiorze Wilka (na niebie południowym). Jasność obserwowana mgławicy wynosi 11 magnitudo.

Prezentowany obraz uzyskano przy pomocy kamery WFPC2 z użyciem filtrów V oraz I. Skalę barw dobrano, zachowując rzeczywiste różnice kolorów. Zielone kreseczki na tle nieba to ślady promieni kosmicznych.



Pierwsze zdjęcia z teleskopu VLT

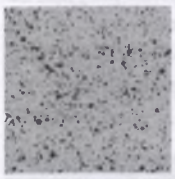
W miesiąc po zainstalowaniu w Obserwatorium ESO na Cerro Paranal (Chile), pierwsze z czterech potężnych (o średnicy 8.2 metra) zwierciadeł teleskopu VLT uzyskało obrazy o znaczącej wartości naukowej. Nawet pobieżna analiza wykonanych pod koniec maja br. zdjęć przekonuje o wyjątkowych możliwościach budowanego instrumentu. Doskonała jakość otrzymanego obrazu zaskoczyła samych konstruktorów. Próbne ekspozycje, trwające do 10 minut, potwierdzają dokładność i stabilność mechanizmu prowadzenia zwierciadła za pozornym ruchem sfery niebieskiej. Kątowa zdolność rozdzielcza, uzyskana jeszcze w fazie rozruchu, nie ma sobie równych wśród naziemnych instrumentów. Duża powierzchnia zbierająca (53 m^2, w przyszłości powiększona jeszcze o trzy identyczne zwierciadła) zapewni ogromną czułość zestawu, przewyższającą istniejące do tej pory w zakresie widzialnym możliwości.

Prace nad technicznym doskonaleniem procesu uzyskiwania obrazów potrwają do 1 kwietnia przyszłego roku, kiedy to pierwsi astronomowie rozpoczną realizować zgłoszone i zatwierdzone projekty. Po raz pierwszy od blisko stu lat kraje europejskie będą miały do dyspozycji najlepszy na świecie teleskop do badań w optycznej i podczerwonej części widma.

Prezentowane na rozkładówce obrazy różnych obiektów uzyskano przy pomocy tzw. Próbnej Kamery CCD teleskopu VLT UT1. Żadnego z nich nie poddawano szczegółowej obróbce poza standardową procedurą uwzględniającą zmiany czułości cyfrowego detektora.

Widoczny po lewej stronie budynek mieści w sobie pierwszą jednostkę (UT1) budowanego w Cerro Paranal interferometru optycznego VLT. Zdjęcie wykonane pół godziny po zachodzie Słońca 13 kwietnia br.

Mgławica Motyl — kompozycja obrazów uzyskanych przy użyciu trzech szerokopasmowych filtrów o łącznym czasie ekspozycji 25 minut. Jak widać, teleskop VLT będzie doskonałym narzędziem do badania obiektów o niewielkiej jasności powierzchniowej, ujawniając ich niezwykle subtelną i złożoną strukturę.



Centrum gromady ω Centauri — ta 10-minutowa ekspozycja uzyskana 16 maja w pasmie R (czerwonym) świadczy o precyzji mechanizmu prowadzenia zwierciadła powyżej 0.001 sekundy łuku na sekundę; obrazy gwiazd w całym polu widzenia są symetryczne i bardzo ostre (szerokość połówkowa FWHM wynosi 0.43 sekundy łuku). Wydaje się, że doskonałe warunki atmosferyczne obserwatorium zostaną w pełni wykorzystane.

Pas pyłowy Centaura A — w 10 sekund (!) zadziwiający rezultat: bogactwo pyłowych form w centralnym obszarze osobliwej galaktyki nieba południowego. Obraz o zdolności rozdzielczej 0.49 sekundy łuku uzyskano przy użyciu szerokopasmowego filtru czerwonego. Podobnych obrazków możemy oczekiwać dla szeregu innych galaktyk.

Centralny obszar gromady M4 — zdjęcie z 22 maja — to złożenie barwnych obrazów gromady kulistej. Przy seeingu o wartości 0.53 sekundy łuku ekspozycja w pasmie B sięga do obiektów o jasności 24 magnitudo w ciągu zaledwie 2 minut (tu co prawda przy stosunku sygnału do szumu równym tylko 5, wobec jasnego tła nieba, przy blasku Księżyca). Przy ciemnym tle obiekty o jasności 28 magnitudo będą dostępne w trakcie 1-godzinnej ekspozycji.

η Carinae — również ledwie 10 sekund ekspozycji i możemy podziwiać szczegóły, jakich na żadnym zdjęciu z naziemnego teleskopu nie byliśmy w stanie dostrzec.

Wyrzut materii z wnętrza M87 — to zdjęcie wykonano w nocy z 25 na 26 maja 1998, w gorszych od przeciętnych warunkach atmosferycznych. Na prezentowaną kompozycję złożyły się obrazy: ultrafioletowy, niebieski i zielony.

Rozbłyski gamma – nowe fakty, nowe zagadki

O rozbłyskach gamma (*gamma-ray bursts — GRB*) wiemy od lat 60., kiedy to amerykańskie satelity wojskowe mające pilnować ustaleń układu o zakazie naziemnych prób z bronią jądrową, owszem, zaczęły je wykrywać, ale (na szczęście) nie pochodziły one z Ziemi, lecz z Kosmosu. Zjawiska te są krótkotrwałe — od 30 ms do minut — toteż ich badanie, poczynając od kierunku, z jakiego nadchodzą, a skończywszy na dociekaniu ich przyczyn i mechanizmów, było przez wiele lat prawie niemożliwe. Przełom nastąpił dopiero w 1991 roku, kiedy GRB zaczęto rejestrować przy użyciu BATSE (*Burst and Transient Source Detector*) zainstalowanego na pokładzie CGRO (*Compton Gamma Ray Observatory*). Dotychczas BATSE zarejestrował ponad 2000 rozbłysków, co oznacza, że pojawiają się one średnio raz dziennie.

BATSE jest w stanie określić kierunek, skąd nadeszły promienie gamma, z dokładnością do około 1 stopnia. To zupełnie nieźle, żeby ogólnie się zorientować, z jakich kierunków rozbłyski są emitowane i utworzyć mapę rozkładu tych kierunków. Taka mapa pozwala na to, by w zasadzie móc rozstrzygnąć podstawową kwestię: czy GRB powstają w Galaktyce, czy poza nią. Otóż okazuje się, że rozkład jest idealnie izotropowy, a więc GRB bynajmniej nie preferują płaszczyzny Galaktyki. Jeśliby więc twierdzić, że źródło GRB jest jednak jakoś związane z Galaktyką, to co najwyżej z jakimś „superhalo" o rozmiarach znacznie większych od średnicy Galaktyki.

Nową jakość do badań nad rozbłyskami gamma wniósł włosko-holenderski satelita BeppoSAX. Dysponuje on m.in. monitorem GRB wykrywającym rozbłyski oraz — i to ma kluczowe znaczenie — kamerą mogącą określić kierunek, z którego nadchodzi rozbłysk gamma z dokładnością nie gorszą niż 6 minut łuku. Przy takiej precyzji staje się możliwe identyfikowanie GRB z ewentualnym pojaśnieniem widocznym w innych dziedzinach widma elektromagnetycznego czy to w zakresie X, czy zwłaszcza w zakresie optycznym.

Badanie „łuny" (ang. *afterglow*) po rozbłysku gamma przy użyciu czy to teleskopów naziemnych, czy też kosmicznego teleskopu Hubble'a doprowadziło do rozwikłania wielu tajemnic związanych z GRB. I tak, np. okazało się, że w widmie rozbłysku z 8 maja 1997, czyli GRB970508 zarejestrowano linię absorpcyjną o poczerwienieniu $z = 0.83$. Sam obiekt musi być zatem jeszcze dalej.

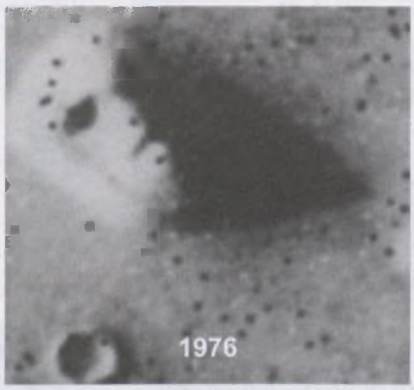
Jednak najbardziej spektakularnym rozbłyskiem gamma, jaki do tej pory zarejestrowała aparatura BeppoSAXa, był GRB971214, czyli rozbłysk z 14 grudnia 1997. Okazało się (Kulkarni i in., *Nature*, 7 maja, 1998), że widmo „łuny" ma poczerwienienie aż $z = 3.418$, tak iż linia L_α (λ_0=121.75 nm) znalazła się w samym środku widma optycznego — $\lambda = 538.21$ nm. Oznacza to, iż rozbłysk ten ma swoje źródło w obiekcie odległym o 12 miliardów lat świetlnych. Taka odległość w powiązaniu z jasnością samego zjawiska oznacza, że wyzwolona energia osiągnęła poziom kilkuset wybuchów supernowej. Nie bez powodu zaczęto określać tego typu zjawiska mianem „hipernowych".

Interpretacja GRB971214 stanowi na razie trudny problem. Do tej pory bowiem najczęściej przyjmowano, że rozbłyski gamma powstają w wyniku zlania się w jeden obiekt dwóch orbitujących wokół siebie gwiazd neutronowych. Energia w ten sposób wyzwolona osiąga rząd wielkości 10^{44} W. Tymczasem w GRB971214 uwolniło się 3×10^{46} W. To oszacowanie opiera się jednak na założeniu, że energia ta została wyemitowana izotropowo. Bardziej wyrafinowany model zderzenia dwóch obiektów, uwzględniający nieizotropowość usunąłby problem energii. Można by bowiem przyjąć, że GRB971214 był „wycelowany" akurat w naszą stronę i dlatego wydał się nam tak bardzo jasnym obiektem.

A. Marecki

Nowe spojrzenie na twarz Marsjanina

W lipcu 1976 roku do Marsa dotarła sonda Viking 1 i jej orbiter rozpoczął systematyczne fotografowanie powierzchni Czerwonej Planety. Na kilku zdjęciach regionu *Cydonia* dostrzeżono ciekawy twór nazwany Głową o rozmiarze około 1500 m (fot. po lewej). Specjalne metody komputerowej obróbki zdjęć, jakie wówczas zastosowano, ujawniły ponoć takie szczegóły, jak: źrenicę oka, łzę na policzku, zęby w uchylonych ustach. W pobliżu Głowy zidentyfikowano inne intrygujące twory w kształcie piramid.

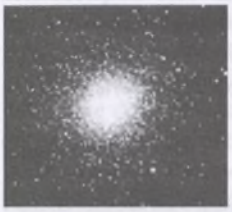


Nic dziwnego, że ów intrygujący rejon został poddany szczegółowej inspekcji przez stację Mars Global Surveyor, która od roku krąży wokół Marsa. Dzięki znacznie lepszej rozdzielczości nowych zdjęć, okazało się, że wbrew oczekiwaniom entuzjastów tzw. paleoastronautyki, marsjańska twarz okazała się tylko złudzeniem optycznym, jak swego czasu marsjańskie kanały widziane przez Schiaparellego. Przypomnijmy, że pierwsze zdjęcia były wykonane z wysokości ponad 2000 km i rozmiarom jednego piksela odpowiadało około 50 m. Nowe zdjęcie wykonano w czasie zbliżenia do powierzchni na odległość 444 km, a najmniejsze widoczne szczegóły mają rozmiar 4.3 m! (*jd*)

Na pozycjach od 2 do 5 w katalogu Messiera znajdziemy gromady kuliste — obiekty na pozór bardzo do siebie podobne. Tymczasem każda w jakiś sposób się wyróżnia...

Gwiezdne mrowiska

M 2 (NGC 7089) w Wodniku



Rektascensja ..... $21^h\,33^m.5$
Deklinacja ..... –0° 49′
Odległość ..... 36200 l.św.
Jasność obserw. ..... 6.5 mag
Rozmiary kątowe .... 12′.9

M 2, o średnicy sięgającej 150 lat świetlnych, zawiera ok. 150 tysięcy gwiazd; to jedna z bogatszych i bardziej gęstych gromad kulistych. Jest obiektem bardziej odległym niż centrum Galaktyki (dzieli nas od niej dystans 36 tysięcy l.św.), a mimo to jej jasność tylko nieznacznie wykracza poza zakres dostępny dla nieuzbrojonego oka. Najjaśniejsze gwiazdy — czerwone i żółte olbrzymy — świecą blaskiem 13 magnitudo.

Spośród 21 przebadanych gwiazd zmiennych w M 2 większość stanowią obiekty typu RR Lyrae o okresach krótszych od jednego dnia. Trzy cefeidy typu II (tj. gwiazdy W Virginis) analizowali H. Arp i G. Wallerstein, zaś ciekawą zmienną typu RV Tauri odkrył przed stu laty francuski miłośnik astronomii A. Chevremont. Samą gromadę po raz pierwszy oglądał 11 września 1746 r. Maraldi, zaś Messier dokonał jej niezależnego powtórnego „odkrycia" dokładnie 14 lat później.

M 3 (NGC 5272) w Psach Gończych

Rektascensja ..... $13^h\,42^m.2$
Deklinacja ..... +28° 23′
Odległość ..... 30600 l.św.
Jasność obserw. ..... 6.2 mag
Rozmiary kątowe ..... 16′.2

M 3 to jedna z najbardziej obfitych gromad, licząca około pół miliona gwiazd. Spośród nich udało się „wyłuskać" przeszło 200 zmiennych, dla większości wyznaczając okres (przeważnie są to zmienne typu RR Lyrae); tak wielu wyznaczeń okresu nie dokonano w żadnej innej gromadzie kulistej.

Zapisana przez Charlesa Messiera pod datą 3 maja 1764 r. obserwacja tej gromady stanowiła — jak się wydaje — jego pierwsze oryginalne odkrycie obiektu mgławicowego. To zdarzenie przekonało go ostatecznie do potrzeby „przeszukania" nieba i stworzenia katalogu obiektów przypominających komety, gdyż w samym tylko roku 1764 znalazł i skatalogował większość z nich: od numeru 3 do 40.

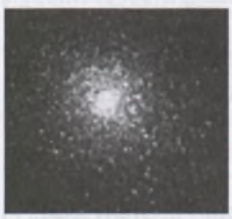
M 4 (NGC 6121) w Skorpionie

Rektascensja ..... $16^h\,23^m.6$
Deklinacja ..... –26° 32′
Odległość ..... 6 800 l.św.
Jasność obserw. ..... 5.6 mag
Rozmiary kątowe .... 26′.3

M 4 to bodaj najbliższa gromada kulista, oddalona o niespełna 7 tysięcy l.św. Spędzając letnie noce gdzieś w górach, pod rozgwieżdżonym niebem, można próbować dostrzec ją gołym okiem — leży nieco ponad 1° na zachód od Antaresa. Byłaby to przepiękna ozdoba naszego nieba (rozmiary kątowe bliskie wielkości księżycowej tarczy!), gdyby nie leżące w jej kierunku obłoki materii międzygwiazdowej.

Gromadę po raz pierwszy obserwował w roku 1745 de Chesaux. 11 lat temu właśnie w niej odkryto pierwszego milisekundowego pulsara, 10-krotnie „szybszego" niż pulsar w Mgławicy Krab. W sierpniu 1995 Teleskop Kosmiczny zaobserwował białe karły w M 4 (o tym odkryciu i samej gromadzie pisał Marek Gołębiewski na łamach „Postępów Astronomii" nr 4/95 oraz 1/96).

M 5 (NGC 5904) w Wężu



Rektascensja ..... $15^h\,18^m.6$
Deklinacja ..... +2° 05′
Odległość ..... 22800 l.św.
Jasność obserw. ..... 5.6 mag
Rozmiary kątowe .... 17′.4

M 5 to z kolei jedna z najstarszych gromad kulistych, a jednocześnie jedna z największych, zajmująca obszar o średnicy około 130 l.św. Porusza się wokół centrum Galaktyki z ogromną prędkością, sięgającą 500 km/s (jest to wartość porównywalna z prędkością ucieczki). Korzystając z lornetki, można podziwiać ją na letnim niebie — leży mniej więcej w połowie drogi między Arkturem i Antaresem. Jest równie jasna jak słynna gromada M 13 w Herkulesie; oglądana przez teleskop, jest od niej jeszcze piękniejsza.

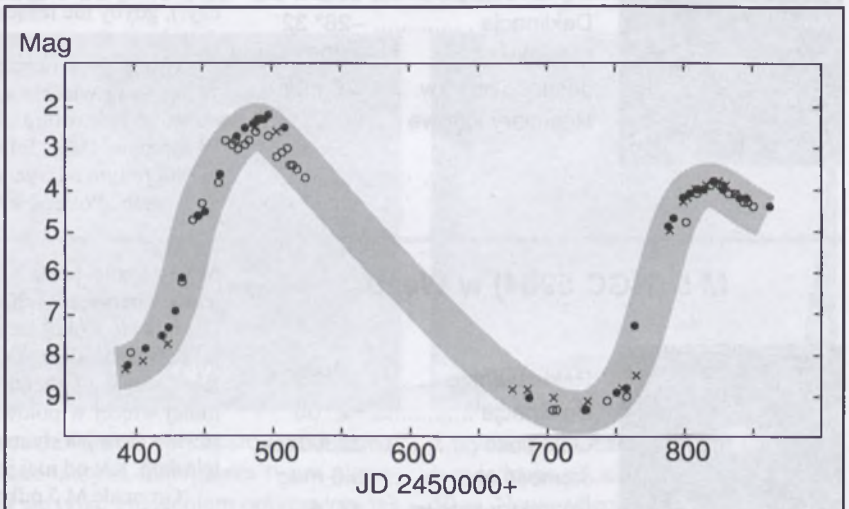
Gromadę M 5 odkrył Gottfried Kirch — ten niemiecki astronom rozpoczął swą karierę jako asystent Heweliusza, później dokonując odkrycia zmienności szeregu gwiazd, m.in. χ Cygni. Messier zanotował swoją pierwszą jej obserwację pod datą 23 maja 1764. (*kr*)

Obserwacje gwiazd zmiennych w 1997 roku

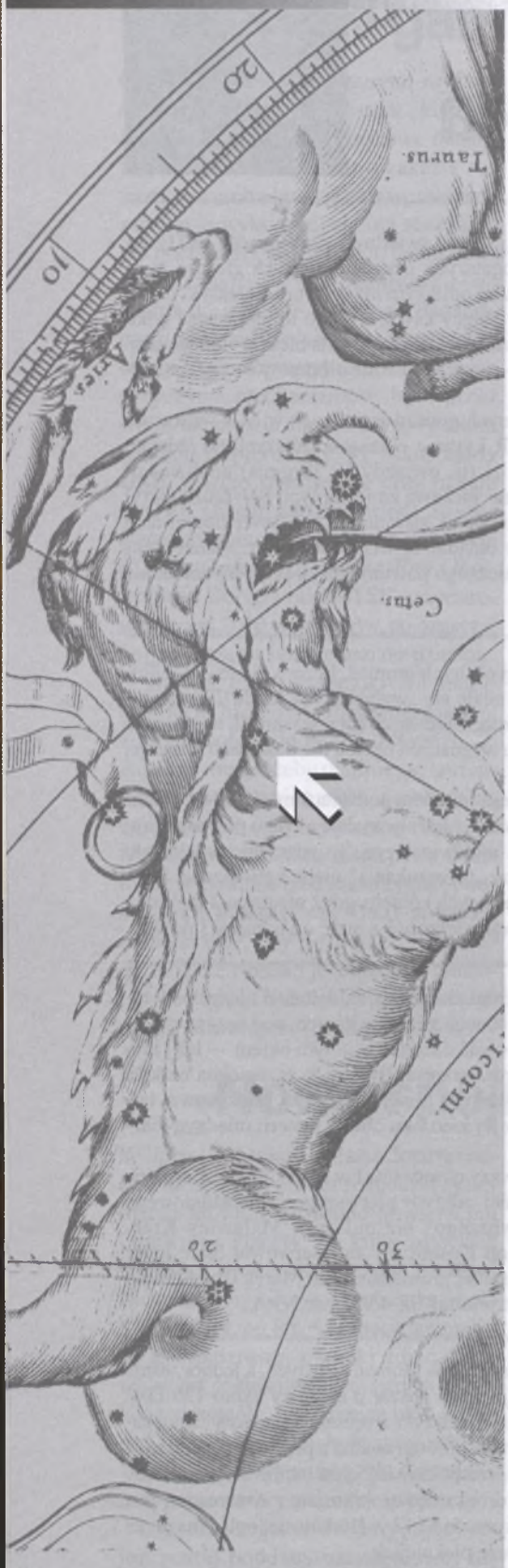
W ubiegłym roku wymienieni poniżej członkowie Sekcji Gwiazd Zmiennych PTMA wykonali 9185 obserwacji, z czego 6742 obserwacje przesłano do AAVSO (*American Association of Variable Star Observers*). Warto zauważyć, że na początku 1997 roku najjaśniejsza z gwiazd długookresowych, Mira, przeżyła jedno z wyższych maksimów, osiągając jasność 2.3 mag. Stała się wtedy najjaśniejszą gwiazdą w gwiazdozbiorze Wieloryba. Tak wysokie maksima tej gwiazdy występują co kilka lub kilkanaście cykli trwających średnio po 332 dni. Na wykresie, który przedstawia wyniki obserwacji trzech członków Sekcji z okresu od listopada 1996 roku do lutego 1998 roku, widać dwa kolejne maksima. Pierwsze z nich, właśnie to wysokie (luty 1997) oraz drugie, które wystąpiło w styczniu 1998 roku i było nieco niższe od średniego maksimum. Widoczny na wykresie rozrzut punktów w pobliżu wysokiego maksimum wynika przede wszystkim z braku odpowiednich gwiazd porównania oraz niekorzystnego wtedy położenia Miry — niewysoko nad południowo-zachodnim horyzontem. Od kwietnia do lipca Mira znajduje się na niebie w sąsiedztwie Słońca i jest wtedy niewidoczna lub wschodzi o świcie, co widoczne jest na wykresie jako spora przerwa na krzywej jasności.

Jerzy Speil

Obserwator	Ilość obserwacji Ogółem/wysłanych do AAVSO
1. Adam Cichy	213/213
2. Ryszard Cnota	2931/1050
3. Oskar Dereń	1852/1810
4. Radosław Grochowski	80/80
5. Marek Królik	56/0
6. Tomasz Krzyt	268/205
7. Michał Siwak	321/0
8. Jerzy Speil	1914/1914
9. Stanisław Świerczyński	1439/1391
10. Przemysław Żołądek	111/79
Razem	9185/6742



Krzywa jasności Miry według obserwacji wizualnych: R. Cnoty (○), J. Speila (●) i S. Świerczyńskiego (×)



Mira na tle gwiazdozbioru Wieloryba. Rysunek pochodzi z wydanego w 1687 roku w Gdańsku atlasu gwiazd Jana Heweliusza.

polecamy

Roje meteorów w roku 1998

Wstęp

W przypadku obserwacji meteorów bardzo ważnym czynnikiem są dobre warunki do obserwacji. Jeśli pogoda dopisze, jedyną rzeczą, która zaprząta głowy miłośników obserwacji tych obiektów, są fazy Księżyca. Ich nieodpowiedni układ, z pełnią w okolicach maksimum aktywności roju może dość skutecznie utrudnić pracę. Świecący z jasnością –13 mag Księżyc jest bowiem w stanie zredukować liczbę obserwowanych przez nas zjawisk prawie dziesięciokrotnie. Rok 1998 będzie jednak wyjątkowo dobry dla obserwatorów meteorów. Przede wszystkim w okolicach maksimum aktywności wielu dużych rojów Księżyc będzie daleko od pełni. Ponadto rok obecny może przynieść dwa deszcze meteorów. Taka gratka nie zdarza się często. Poniżej postaram się więc omówić meteorowe szlagiery roku 1998.

Perseidy

Kończy się, niestety, wysoka aktywność Perseid spowodowana powrotem komety macierzystej tego roju 109P/Swift-Tuttle w 1992 roku. Jak z pewnością pamiętamy, powrót ten spowodował pojawienie się nowego, wysokiego maksimum aktywności, które najbardziej spektakularne widowisko zaprezentowało w roku 1993. Zenitalne Liczby Godzinne (ang. ZHR) mówiące o liczbie meteorów, jaką obserwowałby jeden obserwator w bardzo dobrych warunkach atmosferycznych i w momencie, gdy radiant roju jest w zenicie, osiągnęły wtedy poziom 264±17. W następnych latach aktywność nowego piku regularnie spadała i w 1997 roku wyniosła już ZHR=137±7 (patrz *Urania* 2/1998).

Nowego maksimum w roku 1998 możemy oczekiwać w okolicach godziny 14 UT dnia 12 sierpnia. Jego aktywność wciąż powinna być wyższa od aktywności starego maksimum, które wystąpi najprawdopodobniej w okolicach godziny 22 UT także 12 sierpnia. Widać więc wyraźnie, że korzystny dla obserwatorów w Polsce jest tylko moment drugiego maksimum. Na pocieszenie warto jednak dodać, że jest ono znacznie szersze od pierwszego piku i ma aktywność niewiele od niego niższą (ZHR 80–100).

Bardzo interesującą rzecz w postaci trzeciego maksimum w okolicach długości ekliptycznej Słońca $\lambda_\odot$=140.32° odnotowali w zeszłym roku obserwatorzy zachodnioeuropejscy. W roku 1998 moment ten odpowiada godzinie 5 – 6 UT dnia 13 sierpnia. O tej porze jest już w Polsce jasno, ale cierpliwym obserwatorom polecam prowadzenie obserwacji do samego rana, aby sprawdzić, czy nie uda nam się zaobserwować jakiegoś wzrostu aktywności pod sam koniec nocy.

Niestety, niezbyt korzystnie przedstawia się sprawa faz Księżyca z pełnią 8 sierpnia. Przypominam jednak, że Perseidy są aktywne od 17 lipca do 25 sierpnia i dobre warunki do ich obserwacji wystąpią na początku i na końcu aktywności roju (nów Księżyca 23 lipca i 22 sierpnia).

Draconidy

Zwykle Draconidy są rojem mało efektownym. Ich aktywność trwa od 6 do 10 października z małym maksimum około 8 października. W momencie tym nie obserwuje się więcej niż dwa — trzy zjawiska w ciągu godziny. Wyjątkiem są lata, kiedy w najbliższe okolice Słońca powraca kometa macierzysta tego roju 21P/Giacobini-Zinner. Jej kolejny powrót spodziewany jest w listopadzie 1998 roku, nic więc dziwnego, że wszystkich obserwatorów meteorów interesuje to, co pokażą Draconidy w roku obecnym. A że możliwości mają spore, udowodniły już nie raz. Krótkie deszcze meteorów z ZHR rzędu 500 obserwowano w latach 1933 i 1946. Trochę niższą aktywność z ZHR=20–200+ w jeszcze kilku latach naszego stulecia (ostatnio w 1985). Wysoka aktywność tego roju trwa jednak krótko i ważne jest, aby jej nie przegapić. Deszcz z roku 1985 wystąpił w momencie $\lambda_\odot$=195.26°, co odpowiada dacie 8 października 1998 roku i godzinie 17 UT, a w 1933 roku w $\lambda_\odot$=197.0°, co odpowiada 10 października 1998 r, godz. 12 UT. Ziemia przetnie jednak węzeł wstępujący orbity komety macierzystej roju w momencie $\lambda_\odot$=195.398° (8 października 1998 r, godz. 21 UT). Tak więc najbardziej prawdopodobny moment wystąpienia wysokiej aktywności to okres pomiędzy godziną 17 a 21 UT dnia 8 października 1998 roku, co jest bardzo korzystne dla obserwatorów w Polsce.

Radiant roju ma współrzędne $\alpha = 17^h 28^m$, $\delta = +54°$ i w Polsce jest obiektem okołobiegunowym, dostępnym obserwacjom przez całą noc. Meteory z roju Draconid łatwo odróżnić od innych, są to bowiem zjawiska wolne (V_∞ = 20 km/s).

Zachęcam bardzo do obserwacji pomimo pełni Księżyca, która wystąpi 5 października.

Orionidy

To dobrze znany i regularny rój, którego twórczynią jest nie mniej znana kometa 1P/Halley. Orionidy możemy obserwować od 2 października do 7 listopada. Bardzo szerokie (trwające dwa-trzy dni) maksimum aktywności możemy obserwować w okolicach nocy z 21 na 22 października. Aktywność roju wynosi wtedy około ZHR=20. Nie znaczy to, że rój ten nie lubi płatać miłych niespodzianek. Przykładowo w roku 1993 w nocy z 17 na 18 października ZHR-y przekroczyły poziom 30, a w maksimum roku 1995 doszły nawet do 50.

Radiant roju w momencie maksimum ma współrzędne $\alpha = 6^h 20^m$, $\delta = +16°$ i charakteryzuje się dużymi rozmiarami (promień = 8°). Orionidy są zjawiskami bardzo szybkimi (V_∞ = 66 km/s).

Warunki do obserwacji w roku 1998 będą doskonałe, bowiem nów Księżyca wystąpi 20 października i nie będzie przeszkadzał w podziwianiu maksimum aktywności.

Leonidy

Ten rój jest znany chyba wszystkim miłośnikom astronomii. Swą sławę zawdzięcza obfitym deszczom meteorów z lat 1833 i 1966, kiedy to liczby godzinne sięgnęły poziomu kilkudziesięciu tysięcy. Dość szybko domyślono się, że wzmożona aktywność roju lub deszcze zdarzają się co 33 lata wraz z powrotem w okolice Słońca komety macierzystej tego roju 55P/Tempel-Tuttle (patrz *Urania* 11/96).

W latach 1988–1993, jak możemy zobaczyć na Rys. 1, Leonidy nie były zbyt spektakularnym zjawiskiem. Ich aktywność w maksimum występującym zwykle w nocy z 17 na 18 listopada nie była dużo wyższa od ZHR=10. Coś drgnęło w roku 1994, ale pełnia Księżyca w okolicach maksimum aktywności uniemożliwiła dokładne wyznaczenie ZHR. W roku 1995 ZHR-y wahały się w okolicach 50. W roku 1996 maksimum zobserwowano w mo-

mencie $\lambda_{\odot}$=235.17°. Jego aktywność wyniosła ZHR=86±22. Dodatkowo zaobserwowano drugie mniej wyraźne maksimum w momencie $\lambda_{\odot}$=235.4° z ZHR=45±4. Sytuacja zrobiła się więc podobna do tej obserwowanej w ostatnich latach u Perseid. Wcześniejsze maksimum obfite w jasne zjawiska jest związane z materiałem naniesionym przez kometę podczas jej ostatnich powrotów, a późniejszy pik z materiałem bardzo starym.

Dnia 4 marca 1997 roku ponownie zaobserwowano powrót komety 55P/Tempel-Tuttle. Z dokładnych wyliczeń wynikało, że przez peryhelium przejdzie ona 28 lutego 1998 roku.

Jak wyglądała aktywność Leonid w roku 1997, możemy obejrzeć na Rys. 2. Widać główne maksimum w momencie $\lambda_{\odot}$=235.17° z ZHR=150±20, a także mniej wyraźne drugie maksimum z ZHR≈80.

Co będzie działo się w nocy z 17 na 18 listopada 1998 roku, kiedy Ziemia wpadnie w świeży materiał naniesiony przez kometę Tempel-Tuttle? Według obliczeń D. Yeomansa deszcze lub bardzo wysoka aktywność rzędu ZHR≈1000 występują, gdy orbity Ziemi i komety mijają się w odległości mniejszej niż 0.01 AU. W momencie $\lambda_{\odot}$=235.25° (17 listopada 1998 r, godz. 19 UT) Ziemia minie orbitę komety o 0.0080 AU. Powinniśmy więc obserwować co najmniej wzmożoną aktywność roju. Dla przypomnienia warto dodać, że w 1833 roku odległość ta wynosiła 0.0012 AU, a w 1996 0.0031 AU. Tegoroczna odległość jest więc wyraźnie większa i tak spektakularnego deszczu nie powinniśmy chyba oczekiwać. Z drugiej strony komety i meteory to zjawiska bardzo kapryśne i nie należy zbyt pochopnie wyrokować co do ich zachowania. Wystarczy tylko przypomnieć sytuację Perseid z 1993 roku, kiedy to Ziemia mijała orbitę komety 109P/Swift-Tuttle w odległości 0.00094 AU i wszyscy oczekiwali ZHR większych od 100 tys. Tymczasem nie przekroczyły one poziomu 300.

Kiedy spodziewać się najwyższej aktywności tegorocznych Leonid? Wzmożoną czujność należy zachować w okresie $\lambda_{\odot}$≈235.1–235.4°, co odpowiada dacie 17 listopada i godzinom 14–22 UT. Szczególnie uważni powinniśmy jednak być w okolicach godziny 17–19 UT. Niestety, o tej porze w Polsce radiant Leonid jest jeszcze tuż pod horyzontem. Jeśli ufać powyższym przewidywaniom, najlepsze warunki do obserwacji ewentualnego deszczu będą mieli obserwatorzy w Azji i na Pacyfiku. Każde opóźnienie momentu wystąpienia maksimum działa jednak na korzyść obserwatorów w Polsce.

Zachęcam do obserwacji tym bardziej, że w roku obecnym wystąpi bardzo korzystny układ faz Księżyca z nowiem w dniu 19 listopada.

Przypominam, że Leonidy można obserwować nie tylko w nocy z 17 na 18 listopada, ale także w okresie 15–25 listopada. Radiant tego roju ma współrzędne $\alpha = 10^h 12^m$, $\delta = +22°$ i promień 5 stopni. Meteory z tego roju są zjawiskami bardzo szybkimi (V_{∞} = 65 km/s).

Geminidy

Rój ten jest kolejnym po Perseidach, który rok po roku przynosi aktywność o ZHR większym od 100. Geminidy możemy obserwować w dniach 7–17 grudnia z maksimum w nocy z 13 na 14 grudnia. Najbardziej prawdopodobnym momentem wystąpienia maksimum aktywności jest godzina 5 UT, a więc czas korzystny dla obserwatorów w Polsce zarówno pod względem trwania nocy, jak i wysokości radiantu nad horyzontem (około 40 stopni).

Radiant roju ma współrzędne $\alpha = 7^h 28^m$, $\delta = +33°$ i promień 5 stopni. Meteory z roju Geminid są zjawiskami o średniej prędkości (V_{∞} = 35 km/s). Fazy Księżyca są w miarę korzystne z III kwadrą 10 grudnia i nowiem 18 grudnia.

Ursydy

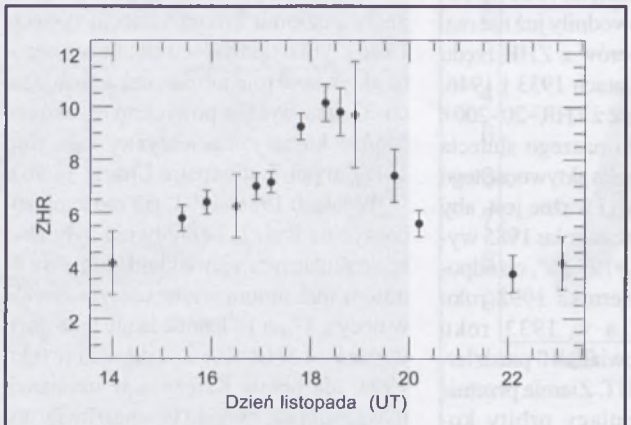
Dokładnie w momencie zakończenia aktywności Geminid możemy zacząć obserwować meteory z roju Ursyd. Maksimum tego roju powinno wystąpić około godziny 18–20 UT w nocy z 22 na 23 grudnia. ZHR-y wynoszą zwykle około 10, ale rój lubi płatać miłe niespodzianki. Ostatnie takie wydarzenia z ZHR≈50 miały miejsce w latach 1945, 1986, 1988 i 1994.

Radiant roju ma współrzędne $\alpha = 14^h 28^m$, $\delta = +76°$, jest więc dostępny obserwacjom przez całą noc. Meteory z roju Ursyd są zjawiskami o średniej prędkości (V_{∞} = 33 km/s).

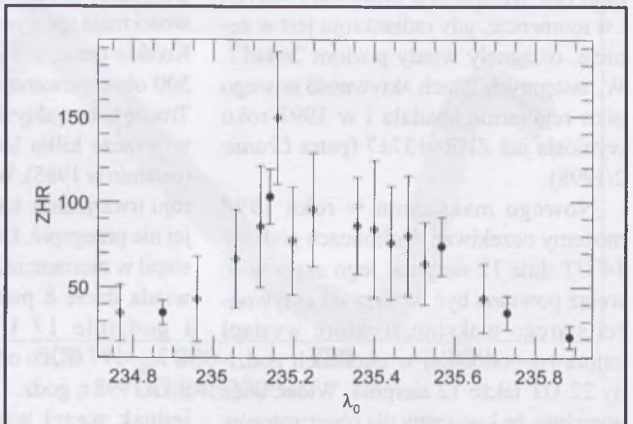
Podsumowanie

Jak widać z powyższego opisu, rok 1998 przynosi nam wiele interesujących zjawisk. Nieczęsto zdarza się możliwość obserwacji dwóch deszczów meteorów w odstępie troszkę ponad jednego miesiąca. Radzę więc tę okazję należycie wykorzystać. Wszystkich chętnych do obserwacji meteorów nie tylko z wyżej opisanych rojów, bardzo zachęcam do kontaktu z Pracownią Komet i Meteorów, jedną z najaktywniejszych na świecie grup obserwatorów meteorów. Gwarantujemy przesyłkę bezpłatnych materiałów do obserwacji, możliwość prenumeraty naszego biuletynu, a także możliwość uczestnictwa w obozach i seminariach astronomicznych. Prosimy tylko o dołączenie znaczka pocztowego w cenie 1 zł. Nasz adres: Pracownia Komet i Meteorów, Arkadiusz Olech, ul. Sokolicz 3/59, 01-508 Warszawa, e-mail: olech@sirius.astrouw.edu.pl.

Arkadiusz Olech



Rys. 1. Aktywność Leonid w latach 1988–1993. Wykres sporządzono na podstawie danych International Meteor Organization.



Rys. 2. Aktywność Leonid w roku 1997. Wykres sporządzono na podstawie danych International Meteor Organization zaprezentowanych w dwumiesięczniku *WGN*.

ZAĆMIENIE NA EKRANIE KOMPUTERA
I NIE TYLKO

Za niespełna rok (11 sierpnia 1999) oglądać będziemy (o ile pogoda pozwoli) kolejne zaćmienie Słońca. W Polsce będzie ono częściowym, jednak pas całkowitego zaćmienia (rys. 1) przebiegać będzie na tyle blisko naszych granic, że można będzie, stosunkowo niewielkim kosztem, znaleźć się w jego obszarze (Węgry, Austria). Jeśli posiadamy program komputerowy ***EZCosmos*** (program z kategorii *shareware*), możemy przebieg zaćmienia prześledzić już dziś.

Po uruchomieniu programu (ekran *STATUS)* wprowadzamy niezbędne dane:

— miejsce obserwacji *(change your location)* — VIENNA (Wiedeń),

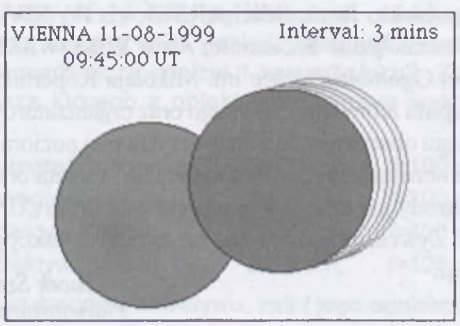
(uwaga — pojawi się prośba o podanie strefy czasowej *(time zone)*, proponuję wpisać GMT, będziemy wówczas posługiwać się czasem uniwersalnym),

— data *(local date)* — 08-11-1999,

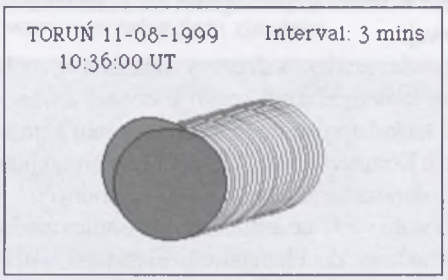
— czas lokalny *(local time)* — 9:15.

Wciskamy klawisz **P** lub klikamy myszką na opcji *Plot the sky.*

Na ekranie rozpoczyna się kreślenie mapy nieba dla podanego czasu i miejsca obserwacji. Jeśli Słońce i planety nie zostały wyświetlone, wciskamy **P** *(planets on/off)*. Ustawiamy kursor na Słońcu (żółta tarczka) i wciskamy **R** *(replot at object)*. Ekran jest przerysowywany tak, aby Słońce znalazło się w jego środku. Wciskamy **Z** *(zoom field)*, pojawia się okienko, w którym wybieramy średnicę pola widzenia. Proponujemy wybrać 3°. Ekran jest powtórnie przerysowany. Wciskamy **A** *(animation)* i w wyświetlonym okienku wpisujemy skok czasowy animacji *(interval...)* rzędu 0.0002, a na pytanie *Animate the moon?* odpowiadamy: tak. Rozpoczyna się animacja przebiegu zaćmienia. Na rys. 1 widzimy kopię ekranu animacji.



Oczywiście możemy sprawdzić, jak zaćmienie będzie widziane z terenu Polski. Niestety, w programie jest tylko kilka polskich miast. Jeśli wpiszemy nie istniejące, pojawi się prośba o podanie współrzędnych geograficznych. Można też poradzić sobie inaczej. Wprowadzamy do nortonowskiego edytora (lub dosowskiego *Edit*) plik *cosmos.cfg* i dokonujemy w nim odpowiednich zmian (miasto, kraj, współrzędne geograficzne). Na rysunku 2 pokazujemy, jak to samo zaćmienie będzie wyglądało w Toruniu.



Jeśli pokaz zaćmienia wzbudził zainteresowanie, możemy polecić uczniom rozwiązanie paru problemów.

1. O jakiej porze roku jest największe prawdopodobieństwo, że zaćmienie Słońca będzie całkowite?

(Latem, wówczas Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, a więc Słońce ma najmniejszą średnicę kątową i najłatwiej może być zakryte przez Księżyc).

2. Jak wyglądają zaćmienia Słońca i ZIEMI oglądane ze srebrnego globu?

(Średnica Słońca widzianego z Księżyca jest praktycznie taka sama, średnica ZIEMI jest czterokrotnie większa, stąd zaćmienia Słońca są bardzo dobrze widoczne, zaćmień Ziemi właściwie nie będzie, po dużej tarczy ZIEMI przesuwać się będzie malutki cień Księżyca).

3. Czy prawdziwe jest twierdzenie, że zaćmienie Słońca obserwowane z okolic przyrównikowych trwa przeważnie dłużej niż obserwowane w strefie umiarkowanej lub podbiegunowej? (Tak, w czasie zaćmienia cień Księżyca biegnie po powierzchni Ziemi z zachodu na wschód z prędkością rzędu 1 km/s. W tę samą stronę, na wschód, ale z mniejszą prędkością, obraca się Ziemia wokół swojej osi. Prędkość ta zmienia się od ok. 0.5 km/s na równiku do 0 na biegunach. Stąd też obserwator w okolicach równika może dłużej przebywać w obszarze cienia Księżyca. Jest też drugi, mniej istotny powód tego zjawiska — średnica cienia Księżyca na równiku jest nieco większa (równik znajduje się bliżej Księżyca niż biegun).

dokończenie na str. 181

PRZEBIEG XLI OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ W ROKU SZKOLNYM 1997/98

Jak co roku we wrześniu, tak i w roku szkolnym 1997/98 rozpoczęła się XLI Olimpiada Astronomiczna, kiedy do szkół dotarły afisze z informacjami regulaminowymi oraz pierwszą serią zadań. Zestaw zadań pierwszej serii — traktowanej jako seria zgłoszeniowa — składał się z czterech zadań teoretycznych oraz trzech obserwacyjnych do wyboru. Do tej serii zadań przystąpiło 109 uczestników z 39 województw. Termin nadsyłania zadania obserwacyjnego mijał wraz z terminem nadsyłania zadań drugiej serii I etapu. Po przeprowadzeniu zawodów I stopnia (szkolnych) wyłoniono grupę uczestników, która przystąpiła do zawodów II stopnia — okręgowych. Eliminacje te odbyły się 12 stycznia br. w dwóch ośrodkach: w I Liceum Ogólnokształcącym im. Ziemi Kujawskiej we Włocławku, dla uczestników z terenu Polski północnej i centralnej oraz w Planetarium Śląskim dla uczestników z Polski południowej.

Uczniowie rozwiązywali cztery zadania w warunkach kontrolowanej samodzielności, mogli korzystać z własnej literatury bądź kalkulatorów. Po przeprowadzeniu eliminacji półfinałowych Komitet Główny Olimpiady Astronomicznej zdecydował o dopuszczeniu do zawodów centralnych — III stopnia, czyli finału — 17 uczestników. Uczestnicy zjechali się na zawody finałowe do Planetarium Śląskiego w Chorzowie w dniu 5 marca 1998 r., gdzie dane im było spędzić czas aż do niedzieli. W pierwszym dniu uczestnicy zapoznali się z możliwościami aparatury projekcyjnej planetarium. Było to konieczne, gdyż jedno z zadań dotyczyło orientacji na sferze niebieskiej, do rozwiązania pod sztucznym niebem planetarium. Pierwsza część eliminacji finałowych odbyła się rano 6.03. br., kiedy to uczniowie mieli do rozwiązania trzy zadania teoretyczne. Tego samego dnia wieczorem miała miejsce druga część eliminacji, na którą składały się: jedno zadanie teoretyczne, zadanie obserwacyjne — będące odpowiednikiem zadania doświadczalnego w olimpiadzie fizycznej — oraz wspomniane już zadanie salowe. Niestety, złe warunki pogodowe uniemożliwiły przeprowadzenie zadania obserwacyjnego, którym miała być obserwacja zakrycia gwiazdy o jasności $5,^m9$ przez Księżyc, dlatego jak zwykle w takich sytuacjach zastosowano przygotowane wcześniej na taką ewentualność zadanie tzw. praktyczne. Zadanie praktyczne polega na opracowaniu wcześniej przeprowadzonych profesjonalnymi metodami obserwacji.

Zwycięzca XLI Olimpiady Astronomicznej Patryk Mach (w środku) oraz czterech wyróżnionych finalistów, od lewej: Bartłomiej Kozakowski, Paweł Michałek, Radosław Smolec i Przemysław Żołądek.

Sobota 7 marca była dla uczestników dniem wolnym od emocji, mieli możliwość uczestniczenia w imprezie zorganizowanej przez organizatorów, jaką było wyjście do kina na film TITANIC, za to w tym czasie intensywnie pracowała Komisja Olimpiady, poprawiając i oceniając prace.

Uroczystość zakończenia XLI Olimpiady Astronomicznej odbyła się w gmachu Planetarium Śląskiego w niedzielę 8 marca 1998 r. Przewodniczący Komitetu Głównego Olimpiady Astronomicznej prof. dr hab. Jerzy M. Kreiner podał końcową klasyfikację. I miejsce i tytuł laureata otrzymał Patryk MACH, uczeń klasy II, V Liceum Ogólnokształcącego im. Augusta Witkowskiego w Krakowie. II miejsce *ex aequo* z tytułem finalisty otrzymali: Bartłomiej KOZAKOWSKI, kl. V, Zespół Szkół Elektryczno-Mechanicznych w Legnicy, Paweł MICHAŁEK, kl. III, II Liceum Ogólnokształcące im. Hugona Kołłątaja w Wałbrzychu, Radosław SMOLEC, kl. III, II Liceum Ogólnokształcące im. Króla Jana III Sobieskiego w Grudziądzu oraz Przemysław ŻOŁĄDEK, kl. V, Zespół Szkół Zawodowych Nr 1 w Nowym Dworze Mazowieckim. Pozostali uczestnicy finału w kolejności alfabetycznej: Krzysztof BOLEJKO, kl. III, II Liceum Ogólnokształcące im. Cypriana Kamila Norwida w Jeleniej Górze; Tomasz BOSKO, kl. III, Liceum Ogólnokształcące w Radzyniu Podlaskim; Piotr FITA, kl. IV, Liceum Ogólnokształcące im. Tadeusza Kościuszki w Wieluniu; Miłosz JERKIEWICZ, kl. II, I Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Żeromskiego w Jeleniej Górze; Rafał KOSTUREK, kl. IV, IV Liceum Ogólnokształcące im. Mikołaja Kopernika w Rzeszowie; Katarzyna KOZIRÓG, kl. III, I Liceum Ogólnokształcące im. Mikołaja Kopernika w Łodzi; Wojciech KRZYSZTOFIK, kl. III, Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Żeromskiego w Opocznie; Przemysław KULIG, kl. IV, I Liceum Ogólnokształcące im. Stanisława Staszica w Chrzanowie; Tomasz SKIBA, kl. II, IV Liceum Ogólnokształcące im. Mikołaja Kopernika w Rzeszowie; Paweł STASIAK, kl. III, I Liceum Ogólnokształcące im. ks. J. Kompałły i W. Lipskiego w Ostrowie Wielkopolskim; Jacek SZKLARSKI, kl. IV, XIV Liceum Ogólnokształcące w Szczecinie; Artur WIROWSKI, kl. III, I Liceum Ogólnokształcące im. Mikołaja Kopernika w Łodzi. W opinii Komitetu Głównego oraz organizatorów w dalszym ciągu obserwuje się niższy niż dawniej poziom przygotowania uczestników do olimpiady. Dla laureata oraz finalistów nagrody już tradycyjnie ufundowała firma „UNIWERSAŁ" z Żywca, przeznaczając na ten cel teleskopy swojej produkcji.

Jacek Szczepanik
Planetarium Śląskie

ZADANIA XLI OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ

ZAWODY I STOPNIA

1.1. Na lato bieżącego roku przewidziano lądowanie sond kosmicznych na Marsie. Wyniki badań będą przesyłane na Ziemię drogą radiową przez kilka lat. Zakładając, że orbity Ziemi i Marsa są kołowe i współpłaszczyznowe, wyznacz minimalny przedział częstotliwości odbiornika rejestrującego w tym czasie na Ziemi sygnał, emitowany z częstotliwością ν przez nadajnik na Marsie. W obliczeniach przyjmij częstotliwość ν = 12 GHz oraz wartości umieszczone w tabelce:

	R orbity [$\times 10^6$ km]	R planety [km]	T obiegu [doby]	T obrotu [godz.]
Ziemia	149.6	6378	365.26	23.9
Mars	227.9	3393	686.98	24.6

1.2. Grupa 10 obserwatorów dysponująca identycznymi lunetami podjęła równoczesną obserwację z zamiarem odnalezienia komety o nieznanym położeniu, a będącej w zasięgu ich instrumentów. Każdy z nich dokonał obserwacji jednego, losowo wybranego fragmentu nieba mieszczącego się w polu widzenia lunety. Oblicz prawdopodobieństwo odnalezienia komety wiedząc, że gwiazda o deklinacji $\delta = -6°$ przechodzi przez średnicę pola widzenia lunety w czasie t = 7 minut.

1.3. Które z gwiazd jaśniejszych od 4^m mogłyby być obecnie obserwowane podczas zaćmień Słońca blisko brzegu tarczy słonecznej? Czy liczba takich gwiazd może ulec zmianie w przeciągu kilkudziesięciu tysięcy lat?

1.4. Napisz krótki artykuł popularnonaukowy na temat „Podobieństwa i różnice między planetoidami a kometami". Do artykułu, którego objętość nie może przekroczyć 2 stron (3600 znaków), należy dołączyć spis wykorzystanej literatury.

1.5. W jakiej minimalnej odległości kątowej powinny znajdować się składniki gwiazdy podwójnej o zbliżonych jasnościach, aby fakt, że jest ona gwiazdą podwójną, można było jeszcze stwierdzić, obserwując jej zakrycie przez Księżyc. Przyjmij, że obserwator jest w stanie dostrzec zmiany jasności zachodzące w czasie nie krótszym niż 0.1 s.

1.6. Odległości między poszczególnymi elementami światłoczułymi (pikselami) w detektorze kamery CCD wynoszą 9 μm. W którym z poniżej wymienionych obiektywów zastosowanie kamery CCD pozwoli osiągnąć teoretycznie zdolność rozdzielczą poniżej 1 sekundy łuku? Zdolność rozdzielczą którego z obiektywów kamera wykorzysta w pełni?

— Astrograf Sonnenfelda D=20 cm, f=100 cm,
— Astrograf Cooke'a D=33 cm, f=200 cm,
— Obiektyw Zeissa D=30 cm, f=450 cm,
— Obiektyw Zeissa D= 8 cm, f=120 cm.

D oznacza średnicę obiektywu, zaś f jego ogniskową.

1.7. Sonda *Cassini* dotrze do Saturna po skomplikowanym torze, zbliżając się wcześniej do Wenus (dwukrotnie) i do Jowisza. Jakiej energii należałoby użyć, aby sonda kosmiczna znajdująca się na orbicie wokółsłonecznej o promieniu równym 1 AU dotarła do orbity Saturna bezpośrednio?

1.8. Omów dotychczasowe rezultaty wyprawy sondy *Mars Pathfinder*.

ZADANIA OBSERWACYJNE

1.o.1. Tabelka podaje momenty zakryć obiektów przez Księżyc dla Warszawy. Zakrycia mogą być obserwowane również w innych miejscowościach, oczywiście w innym czasie. Dokonaj próby zaobserwowania przynajmniej jednego z tych zakryć. Niezależnie, czy zakrycie nastąpi, czy też nie, do opisu obserwacji dołącz mapkę przebiegu zjawiska. Przedyskutuj zgodność między przewidywanym a zaobserwowanym przebiegiem zjawiska.

data i moment zakrycia	h m	jasność obiektu m	
21.09.1997	20 54.3	5.5	
21.09.1997	20 02.2	3.6	θ *Tau*
16.10.1997	22 18.1	4.5	
9.11.1997	18 16.0	3.8	λ *Aqr*
12.11.1997	01 35.3	0.7	Saturn

1.o.2. W tabelce podano przybliżone efemerydy planetoidy *(4) Vesta*. Przeprowadź obserwację tej planetoidy i przedyskutuj zgodność między efemerydą a wynikami swoich obserwacji. Do rozwiązania dołącz samodzielnie wykonaną mapkę zaobserwowanych pozycji planetoidy.

Data	Rektascensja h m	Deklinacja °	Jasność m
10.09.1997	02 11	+1.8	7.0
25.09.1997	02 05	+0.5	6.7
10.10.1997	01 52	–1.0	6.4
25.10.1997	01 38	–2.2	6.4
10.11.1997	01 25	–2.7	6.8

1.o.3. Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można również nadesłać opracowane wyniki innych własnych obserwacji astronomicznych prowadzonych w latach 1996, 1997, a w szczególności obserwacji zaćmienia Księżyca 16.09.1997 r.

ZAWODY II STOPNIA

2.1. Krzywa jasności gwiazdy zmiennej zaćmieniowej ma w minimum głównym tzw. płaskie dno. Składnik o większym promieniu ma niższą temperaturę efektywną. Oblicz jasności składników gwiazdy, wiedząc, że w minimum głównym ma ona jasność $m_{min} = 6.^m5$, a w maksimum jasność $m_{max} = 6.^m0$.

2.2. Ostatnio opublikowano tabelę własności galileuszowych księżyców Jowisza. Z danych zawartych w tabeli można wyciągnąć szereg wniosków dotyczących budowy wewnętrznej i jej zmian, ewolucji orbit tych księżyców a także własności „młodego" Jowisza.

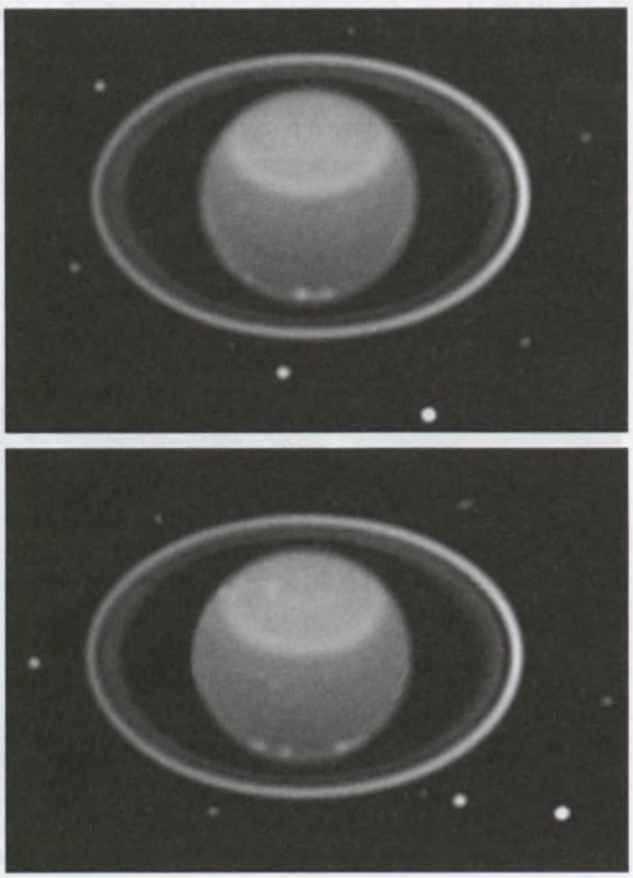
Księżyc	d	R	r	T	I/MR^2
Io	5.9	1821	3530	1.77	0.378
Europa	9.4	1565	3020	3.55	0.347
Ganimedes	15.0	2635	1940	7.16	0.311
Kallisto	26.4	2405	1850	16.69	0.406

gdzie:
d – odległość od Jowisza w promieniach planety
R – promień w km
r – gęstość w kg/m^3
T – okres obiegu w dobach
I – moment bezwładności księżyca
(dla kuli $I_k = 0.4\ MR^2$)

Spróbuj sformułować możliwie dużo takich wniosków.

2.3. Oblicz czas trwania całkowitego centralnego zaćmienia Słońca obserwowanego z powierzchni Księżyca. Dla uproszczenia przyjmij, że orbity Ziemi i Księżyca są kołowe i współpłaszczyznowe.

2.4. Na ilustracji przedstawiono Urana wraz z pierścieniami i kilkoma księżycami. Wiedząc, że promień Urana wynosi $R_U = 25400$ km, a jego masa $M_U = 8.68 \times 10^{25}$ kg oraz



zakładając, że pierścienie i orbity księżyców są kołowe i współpłaszczyznowe, oblicz, w jakim odstępie czasu zostały wykonane przez HST te dwa zdjęcia.

ZAWODY III STOPNIA

3.1. O warunkach klimatycznych na planecie decyduje nie tylko ilość energii uzyskiwanej od gwiazdy, ale również atmosfera planety. Uzasadnij to twierdzenie, analizując model atmosfery całkowicie „przeźroczystej" dla promieniowania elektromagnetycznego o długościach fal mniejszych od pewnego λ_0 i całkowicie „nieprzeźroczystej" dla dłuższych fal. W szczególności oszacuj wartość λ_0 dla tak skonstruowanej atmosfery, przy której na Marsie średnia temperatura wynosiłaby 300 K. Załóż, że planeta i Słońce są ciałami doskonale czarnymi.

Uwagi i wskazówki:
Ponieważ temperatura Słońca jest dużo wyższa od zakładanej w zadaniu, przyjmij, że całość energii słonecznej dochodzącej do Marsa dociera do jego powierzchni.
Dla uproszczenia rachunków można przyjąć przybliżenie liniowe polegające na zastąpieniu funkcji opisującej prawo Plancka linią łamaną. W szczególności dla zgrubnego oszacowania rozkładu Plancka w zakresie do okolic maksimum można zastosować prostą

$$E = \frac{E_{max}}{\nu_{max}}\nu ,$$

gdzie wartości oznaczone indeksem „max" odnoszą się do maksimum rozkładu Plancka, tzn. częstotliwości wynikającej z prawa Wiena i odpowiadającej jej wartości rozkładu Plancka. Prawa dotyczące promieniowania ciała doskonale czarnego mają postać:

prawo Plancka: $E = \frac{2\pi\nu^2}{c^2}\frac{h\nu}{exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right)-1}$

prawo Wiena: $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$

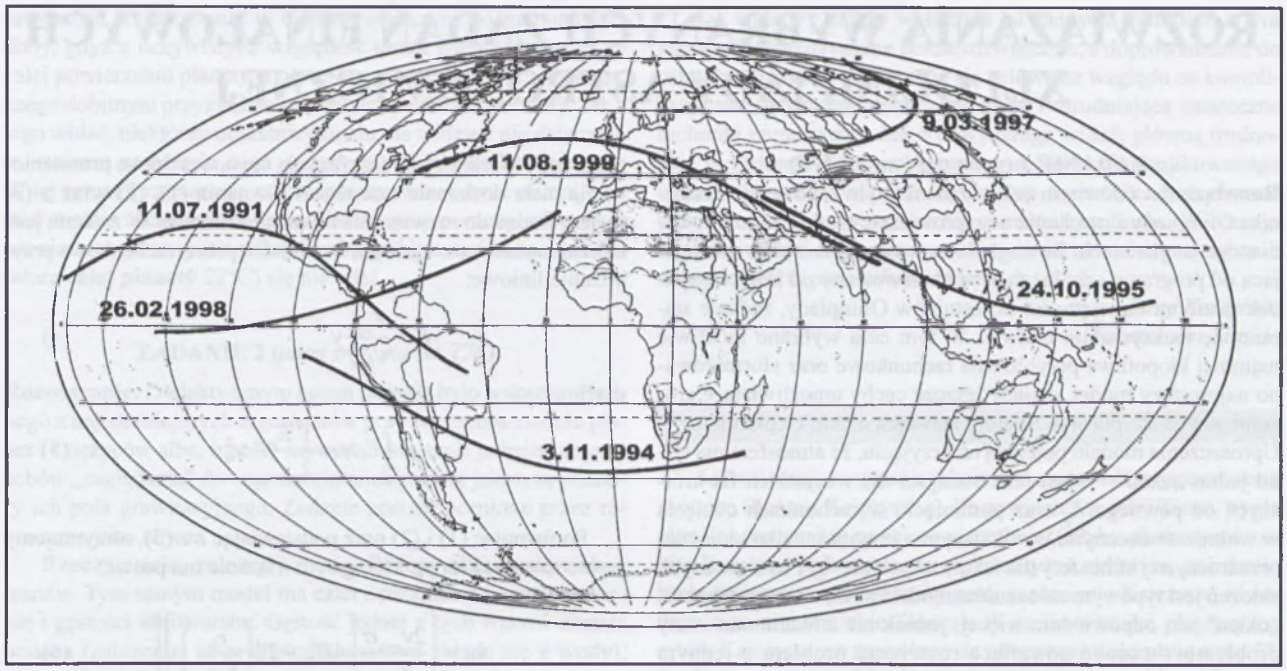
prawo Stefana-Boltzmana: $E_c = \sigma T^4$,

gdzie: $h = 2\pi\times10^{-34}$ J s, $\sigma = 5.67\times10^{-8}$ W m^{-2}K^{-4},
$c = 3\times10^8$ m s^{-1}, $k = 1.38\times10^{-23}$ J K^{-1},
$b = 3\times10^{-3}$ m K

3.2. Przelot sondy Galileo w pobliżu księżyców Jowisza umożliwił dokładne pomiary ich pola grawitacyjnego, a w konsekwencji wyznaczenie ich momentów bezwładności. W szczególności wyznaczono moment bezwładności dla Europy, który wynosi $I = 0.347\ Mr^2$, gdzie M – masa, r – promień Europy.

Przyjmując bardzo uproszczony model Europy zbudowanej jedynie z jednorodnego jądra pokrytego wodą, określ gęstość tego jądra. Moment bezwładności jednorodnej kuli jest opisany wzorem $I = 0.4\ Mr^2$.

3.3. Zaprojektuj sieć telekomunikacyjną wokół Księżyca złożoną z możliwie najmniejszej liczby satelitów umieszczonych na orbitach kołowych o równych i możliwie najmniejszych promieniach. Sieć nie musi zapewniać ciągłej łączności, a jedynie istnienie jednoczesnej łączności globalnej w ograniczonych przedziałach czasowych, w któ-



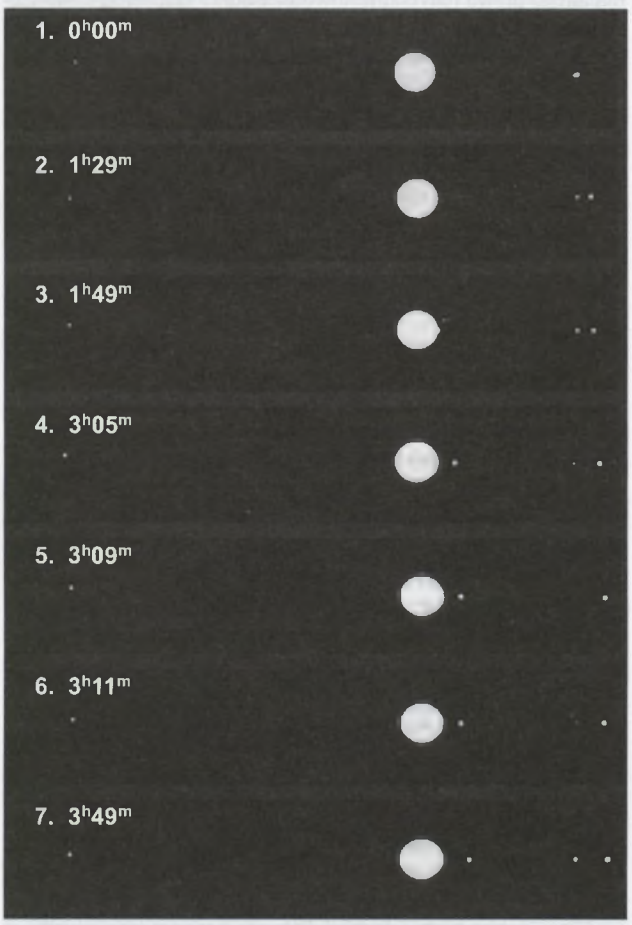
rych konfiguracja satelitów powinna zapewniać widoczność co najmniej jednego z nich z każdego punktu powierzchni Księżyca.Określ liczbę satelitów sieci, oblicz ich graniczny okres obiegu oraz podaj (wraz z uzasadnieniem) maksymalną liczbę przedziałów łączności w czasie jednego okresu obiegu. Jako dane liczbowe przyjmij: promień Księżyca $r = 1.738 \times 10^6$ m oraz drugą prędkość kosmiczną przy powierzchni Księżyca $v_{II} = 2.38 \times 10^3$ m/s.
W rozwiązaniu pomiń ruch obrotowy Księżyca i wpływ oddziaływań perturbacyjnych oraz przyjmij, że Księżyc jest kulą.

3.4. W jakiej minimalnej odległości kątowej powinny znajdować się składniki gwiazdy podwójnej o zbliżonych jasnościach, aby fakt, że jest ona gwiazdą podwójną, można było jeszcze stwierdzić, obserwując jej zakrycie przez Księżyc?
Przyjmij, że obserwator jest w stanie dostrzec zmiany jasności zachodzące w czasie nie krótszym niż 0.1 s.
Zakładając, że lokalny profil tarczy Księżyca można przybliżyć odcinkiem, przeanalizuj sytuację, gdy kierunek ruchu składników:

a) jest prostopadły do tego odcinka,
b) nie jest do niego prostopadły.

3.5. Na załączonej mapce zaznaczono pasy przebiegów całkowitych zaćmień Słońca z lat 1991–1999. Aparatura planetarium odtworzy przebieg jednego z nich, obserwowany z pewnego miejsca na Ziemi. Korzystając z mapki oraz z sytuacji odtworzonej przez aparaturę wyznacz datę i możliwie dokładnie określ miejsce obserwacji. Podaj pełne uzasadnienie odpowiedzi.

3.6. Fotografie 1–7 przedstawiają zdjęcia układu galileuszowych księżyców Jowisza. Na każdym zdjęciu podany jest odstęp czasu, jaki upłynął od momentu wykonania pierwszego zdjęcia. Dokonaj identyfikacji księżyców oraz zinterpretuj fotografię 5, na której jeden z księżyców nie jest widoczny. Przedstaw na rysunku wzajemne usytuowanie księżyców w płaszczyźnie ich orbit odpowiadające fotografii 5. Rysunek wykonaj w skali: promień Jowisza = 0.5 cm, przyjmując, że wszystkie orbity są kołowe i współpłaszczyznowe.
Skorzystaj z danych zawartych w *Tablicy V — Astronomia Ogólna* — Eugeniusz Rybka s. 286.



Fot. 1–7. Ilustracje do zadania 3.6.

ROZWIĄZANIA WYBRANYCH ZADAŃ FINAŁOWYCH XLI OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ

ZADANIE 1 (*patrz treść na str. 178*)

Rozwiązanie: Głównym celem zadania było zapoznanie uczestnika Olimpiady z mechanizmem prowadzącym do efektu cieplarnianego na planetach. Ze względu na tematykę znacznie odbiegającą od programu szkolnego oraz obserwowany od kilku lat spadek poziomu umiejętności uczestników Olimpiady, zadanie starano się maksymalnie ułatwić. W tym celu wybrano możliwie najmniej kłopotliwe przybliżenia rachunkowe oraz sformułowano najprostszy model, mający jeszcze cechy umożliwiające zrozumienie na ich podstawie istoty zjawiska efektu cieplarnianego. Uproszczenia modelu polegają na przyjęciu, że atmosfera ma tylko jedno „okno" — jest przeźroczysta dla wszystkich fal krótszych od pewnego λ_0 oraz pominięciu w rachunkach obcięcia w widmie słonecznym, wynikającym z przyjęcia całkowicie nieprzeźroczystej atmosfery dla fal dłuższych niż λ_0. Pierwsze z tych założeń jest typowym założeniem modelowym, w rzeczywistości „okien" jest odpowiednio więcej, jednak nie zmienia ono istoty problemu — osoba potrafiąca rozwiązać problem z jednym „oknem", mając odpowiednio więcej czasu, przeprowadzi rachunki z większą ich ilością. Drugie ze wspomnianych założeń ma wyłącznie charakter uproszczenia rachunkowego i zostało wprowadzone w trakcie ostatecznego formułowania tekstu zadania. W wersji pierwotnej od uczestnika wymagano uwzględnienia tego obcięcia z wykorzystaniem prawa Rayleigha-Jeansa. Użycie wspomnianego prawa natychmiastowo uzasadnia założenie stanowiące pierwsze zdanie „Wskazówek".

Z warunków równowagi termodynamicznej (stałość temperatury) wynika równość strumieni energii — energia dostarczana w ciągu jakiegoś czasu przez światło słoneczne jest równa energii wypromieniowywanej przez planetę w tym samym czasie. Przy uwzględnieniu przyjętych założeń, energia dochodząca w jednostce czasu do planety jest opisana wzorem:

$$L = \sigma T_S^4 \left(\frac{r_S}{r_{M-S}} \right)^2 \pi r_M^2 \qquad (1)$$

gdzie T_S, r_S, r_{M-S} i r_m to odpowiednio temperatura i promień Słońca, odległość Marsa od Słońca oraz promień Marsa. Wzór (1) wynika z prawa Stefana-Boltzmanna oraz faktu, że energia wypromieniowana przez Słońce rozprasza się i w odległości równej promieniowi orbity Marsa jej gęstość maleje w stosunku odpowiadającym stosunkowi powierzchni Słońca do powierzchni sfery o promieniu równym odległości r_{M-S}. Planeta promieniuje całą swoją powierzchnią odpowiednio do swojej temperatury, ale przez atmosferę przechodzi tylko ta część promieniowania, która się charakteryzuje długościami fal mniejszymi od λ_0 lub równoważnie częstotliwościami większymi od ν_0. Oznacza to, że moc promieniowania powierzchni Marsa wynosi:

$$L_M = 4\pi r_M^2 \left(\sigma T_{300}^4 - \varepsilon \right) \qquad (2)$$

gdzie T_{300} oznacza założoną na Marsie temperaturę 300 K, a ε jest tą częścią promieniowania powierzchni Marsa, której atmosfera nie przepuszcza. Dokładnie (w przybliżeniu ciała doskonale czarnego):

$$\varepsilon = \int_0^{\nu_0} E(\nu, T)\, d\nu \qquad (3)$$

gdzie oczywiście $E(\nu,T)$ jest funkcją opisującą prawo promieniowania ciała doskonale czarnego i równania (1), (2) wraz z (3) tworzą trudne do rozwiązania równanie całkowe. W zadaniu jednak zaproponowano zgrubne, lecz bardzo proste rachunkowo przybliżenie liniowe:

$$E = \frac{E_{max}}{\nu_{max}} \nu \qquad (4)$$

czyli

$$\varepsilon = \int_0^{\nu_0} E d\nu = \frac{1}{2} \frac{E_{max}}{\nu_{max}} \nu_0^2 \qquad (5)$$

Porównując (1) i (2) oraz podstawiając ε z (5), otrzymujemy proste równanie na ν_0, którego rozwiązanie ma postać:

$$\nu_0 = \left\{ \frac{2\nu_{max}\sigma}{E_{max}} \left[4T_{300}^4 - T_S^4 \left(\frac{r_S}{r_{M-S}} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \qquad (6)$$

Znalezienie wartości stałych E_{max} i ν_{max} nie stanowi problemu. W tym celu należy posłużyć się prawem Wiena w celu znalezienia długości fali odpowiadającej maksimum rozkładu energii ciała doskonale czarnego, następnie przeliczyć tę długość fali na częstotliwość i obliczyć wartość funkcji opisującej rozkład Plancka dla tej częstotliwości. Oczywiście, wszystko dla zakładanej temperatury 300 K. Warto przyjrzeć się wzorowi (6). Bez trudu zauważymy, że im wyższej temperatury zażądać na planecie, tym fale wyższej częstotliwości muszą być zatrzymywane w atmosferze. Na odwrót, im planeta bliższa gwieździe (r_{M-S}), tym „filtr atmosferyczny" może być mniej efektywny, aby uzyskać założoną temperaturę. Założony model nie umożliwia uzyskania efektu obniżenia temperatury planety, jednak wnikliwe rozważenie modelu umożliwia zrozumienie, w jaki sposób należy model zmienić, by taki efekt uzyskać. Mianowicie, aby spowodować chłodzenie planety, atmosfera musiałaby być przejrzysta w długościach fal, w których promieniowanie planety jest duże i nieprzejrzysta w tych częściach widma, w których gwiazda promieniuje dużo energii. Jak z tego wynika, rozwiązanie zadania i poświęcenie chwili czasu na analizę wyniku umożliwia zrozumienie często wspominanego, ale rzadko tłumaczonego w mediach problemu zjawiska cieplarnianego. Wyniki zadania zaskoczyły jego autora — znaczna część nie skojarzyła go ze zjawiskiem cieplarnianym (nawet praca uznana za „zrobioną" zawiera stwierdzenie „nie rozważam efektu cieplarnianego, gdyż..."). Większość podejmujących próbę rozwiązania zignorowała konsekwencje uwagi o braku przeszkód w docieraniu energii świetlnej do powierzchni planety, z niezrozumiałych powodów przyjmując, że atmosfera ma za zadanie... obniżyć temperaturę planety. Częściowym uzasadnieniem może być błąd polegający na przyjęciu, że Słońce ogrzewa taką samą powierzchnię, jaka wypromieniowuje energię (brak czwórki we wzorze (2)). W takim przypadku temperatura pozbawionego atmosfery Marsa „wychodzi" ok. 330 K — temperatura zbliżona do maksymalnej, zarejestrowanej przez meteorologów na powierzchni Ziemi. Zauważmy, że w zadaniu chodzi o temperaturę średnią — przyjmowanie strumieni docierających do i opuszczających Marsa energii za równe mocom jest pewnym przybliżeniem i formalnie należałoby prze-

prowadzić średniowanie w okresie większym od marsjańskiej doby, gdyż z oczywistych względów utrata energii zachodzi na całej powierzchni planety, a ogrzewana jest tylko strona dzienna, czego dobitnym przykładem jest nocny spadek temperatury. Jak z tego widać, niektórzy uczestnicy finału nie widzieli nic dziwnego w istnieniu na Marsie dużo wyższych od ziemskich temperatur. W tej sytuacji zamiar autora zadania, by zaszokować olimpijczyków możliwością uzyskania na Marsie, przy pomocy odpowiednio skonstruowanej atmosfery, upalnego klimatu (średnia temperatura **całej planety** 27°C) się nie udał.

ZADANIE 2 (*patrz treść na str. 178*)

Rozwiązanie: Dydaktycznym celem zadania było wskazanie jednego z najistotniejszych argumentów przy tworzeniu modelu planet i księżyców albo, inaczej mówiąc, wskazanie jednego ze sposobów „zaglądania" do wnętrza ciał niebieskich, jakim są pomiary ich pola grawitacyjnego. Zadanie zostało ocenione przez recenzenta jako łatwe.

Rzeczywiście, założony model Europy składa się z dwu warstw. Tym samym model ma cztery parametry — np. promienie i gęstości obu warstw. Gęstość jednej z tych warstw została podana (założenie, iż zewnętrzna warstwa składa się z wody), a „modelowy księżyc" oczywiście musi mieć masę i promień rzeczywistej Europy. Czwartego równania koniecznego do rozwiązania problemu dostarcza żądanie, by uzyskany model miał zmierzony przez Galileo moment bezwładności. Jak z tego wynika, rozwiązanie zadania sprowadza się do rozwiązania układu dwu równań. Równania te mogą mieć, np. postać („np." wynika z możliwości wyboru danych — zamiast wypisywać w jawnej postaci dane, organizatorzy Olimpiady wskazali znajdujący się na każdym stoliku podręcznik zawierający dane typu masy i promieni ciał niebieskich, jedyną dostarczoną, rzeczywiście nową daną był współczynnik opisujący bezwładność Europy):
równanie wynikające z masy

$$\frac{4}{3}\pi\left[\left(r_2^3 - r_1^3\right)\rho_2 + r_1^3\rho_1\right] = M \qquad (1)$$

i równanie wynikające z momentu bezwładności

$$\frac{2}{5}\left\{\frac{4}{3}\pi r_2^3\rho_2 r_2^2 - \frac{4}{3}\pi r_1^3\rho_2 r_1^2 + \frac{4}{3}\pi r_1^3\rho_1 r_1^2\right\} = 0.347 M r_2^3 \qquad (2)$$

gdzie indeksy „1" odnoszą się do wewnętrznej warstwy a indeksy „2" do warstwy zewnętrznej i tym samym r_2 jest promieniem Europy, M jej masą a ρ_2 gęstością wody. Istotnymi zmiennymi są promień r_1 wewnętrznej warstwy, którą można nazwać jądrem i gęstość tego jądra ρ_1. Problem rozwiązania układu równań (1) (2) jest więc czysto matematyczny. Pewne uproszczenie tego układu uzyskuje się przez wprowadzenie gęstości średniej Europy. Oznaczmy ją przez $\bar{\rho}$. W takim przypadku równania (1) (2) uzyskują przejrzystą formę:

$$r_2^5\rho_2 - r_1^5\rho_2 + r_1^5\rho_1 = \frac{5}{2}0.347\bar{\rho}r_2^5 \qquad (3)$$

$$r_2^3\rho_2 - r_1^3\rho_2 + r_1^3\rho_1 = r_2^3\bar{\rho}$$

Układ równań (3) ma rozwiązania:

$$r_1^2 = \frac{r_2^2\left(\frac{5}{2}0.347\bar{\rho} - \rho_2\right)}{\bar{\rho} - \rho_2} \qquad (4)$$

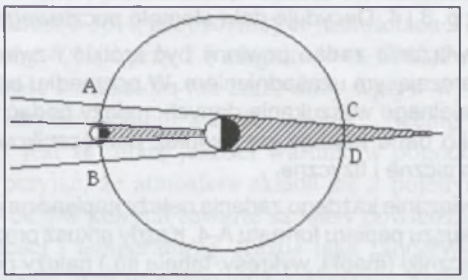
$$\rho_1 = \frac{r_2^3\left(\bar{\rho} - \rho_2\right)}{r_1^3} + \rho_2 \qquad (5)$$

Jak widać r_1^2 zależy wyłącznie od znanych wielkości, a tym samym zostało uzyskane jawne rozwiązanie, a doprowadzanie do ostatecznej postaci nie wydaje się celowe ze względu na komplikację wzoru zmniejszającą czytelność i utrudniającą ostateczne rachunki numeryczne. Jak z powyższego widać, główną trudnością w zadaniu było rozwiązanie względnie skomplikowanego układu równań i wydawało się, że etap znalezienia tych równań powinna przekroczyć większość uczestników finału. W rzeczywistości wyniki osiągnięte w tym zadaniu nie odbiegały od tych osiągniętych w pozostałych zadaniach.

Jerzy Kuczyński
Planetarium Śląskie

dokończenie ze str. 175

4. Porównaj, w sposób jakościowy, częstość występowania zaćmień Słońca i Księżyca: a) dla powierzchni całej Ziemi, b) dla określonego punktu na jej powierzchni. (Gdyby płaszczyzna orbity Księżyca pokrywała się z płaszczyzną ekliptyki, zaćmienia zachodziłyby w czasie każdej pełni (zaćmienie Księżyca) i każdego nowiu (zaćmienie Słońca). W rzeczywistości płaszczyzna orbity Księżyca jest nachylona do płaszczyzny ekliptyki o ok. 5°. Punkty przecięcia orbity Księżyca z płaszczyzną ekliptyki nazywamy węzłami. Mamy więc dodatkowy warunek wystąpienia zaćmień: w czasie pełni (lub nowiu) Księżyc musi znajdować się w pobliżu jednego z węzłów. Linia węzłów nie zachowuje stałego kierunku względem gwiazd i dokonuje pełnego obrotu w ciągu 18.6 lat. Jeśli rozpatrujemy dostatecznie długi przedział czasu, to prawdopodobieństwo wystąpienia węzła dla dowolnego punktu ekliptyki jest jednakowe. Popatrzmy teraz na rysunek 3.



Zaćmienie Słońca może wystąpić, gdy Księżyc znajduje się na łuku AB, zaćmienie Księżyca, gdy znajduje się on na łuku CD. Ponieważ łuk AB > od CD, zaćmienia Słońca muszą występować częściej. Zauważmy teraz, że zaćmienie Księżyca możemy obserwować z ponad połowy powierzchni Ziemi a zaćmienie Słońca tylko z bardzo wąskiego pasa na jej powierzchni. Stąd dla danego punktu Ziemi zaćmienia Księżyca występują częściej).

Juliusz Domański

ASTRO-BIT
Oprogramowanie i materiały astronomiczne

Ireneusz Włodarczyk
ul. Rewolucjonistow 15/13
42-500 Będzin

tel.:(0-32) 761-29-46 e-mail: astrobit@ka.onet.pl

XLII OLIMPIADA ASTRONOMICZNA ROK SZKOLNY 1998/99

INFORMACJE REGULAMINOWE

1. Olimpiada Astronomiczna jest organizowana dla uczniów szkół średnich.

2. Zawody olimpiady są trójstopniowe. W zawodach I stopnia (szkolnych) każdy uczestnik rozwiązuje dwie serie zadań, w tym zadanie obserwacyjne. Rozwiązywanie zadań zawodów II stopnia i III stopnia odbywa się w warunkach kontrolowanej samodzielności.

3. W pierwszej serii zadań zawodów I stopnia należy nadesłać, do **13 października 1998 r.**, rozwiązania 3 zadań, dowolnie wybranych przez uczestnika spośród zestawu zawierającego 4 zadania.

4. Rozwiązanie zadania obserwacyjnego należy przesłać wraz z rozwiązaniami zadań drugiej serii zawodów I stopnia, do **17 listopada br.** Decyduje data stempla pocztowego. Nadesłanie rozwiązania zadania obserwacyjnego jest warunkiem koniecznym dalszego udziału w olimpiadzie.

5. W przypadku nadesłania rozwiązań większej liczby zadań z danego zestawu, do klasyfikacji zaliczane będą rozwiązania ocenione najwyżej (po trzy zadania z każdej serii i jedno zadanie obserwacyjne).

6. Rozwiązania zadań zawodów I stopnia należy przesłać za pośrednictwem szkoły pod adresem: **KOMITET GŁÓWNY OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ, Planetarium Śląskie, 41-500 Chorzów, skr. poczt. 10**, w terminach podanych w p. 3 i 4. Decyduje data stempla pocztowego.

7. Rozwiązania zadań powinny być krótkie i zwięzłe, ale z wystarczającym uzasadnieniem. W przypadku polecenia samodzielnego wyszukania danych, należy podać ich źródło. Jako dane traktuje się również podręcznikowe stałe astronomiczne i fizyczne.

8. Rozwiązanie każdego zadania należy napisać na oddzielnym arkuszu papieru formatu A-4. Każdy arkusz oraz wszelkie załączniki (mapki, wykresy, tabele itp.) należy podpisać imieniem i nazwiskiem. W nagłówku zadania o najniższej numeracji należy umieścić dodatkowo: rok i miejsce urodzenia, pełną nazwę szkoły, jej adres, klasę i jej profil oraz adres prywatny (z kodami pocztowymi).

9. O uprawnieniach laureatów i finalistów decydują senaty wyższych uczelni. Wśród nagród dla najlepszych znajdują się teleskopy.

ZALECANA LITERATURA: obowiązujące w szkołach średnich podręczniki do przedmiotów ścisłych; H. Chrupała, M.T. Szczepański *25 lat olimpiad astronomicznych*; *Zadania olimpiad astronomicznych XXVI — XXXV* (w dwóch częściach); J.M. Kreiner *Astronomia z astrofizyką*; J. Mietelski *Astronomia w geografii*; E. Rybka *Astronomia ogólna*; David H. Levy *NIEBO — Poradnik użytkownika*; D.L.Moch'e *Astronomia — Przewodnik po Wszechświecie*; *Słownik szkolny — Astronomia* — praca zbiorowa; *atlas nieba*; *obrotowa mapa nieba*; czasopisma: *Urania — Postępy Astronomii*, *Wiedza i Życie*, *Świat Nauki*, *Delta*, *Fizyka w Szkole*.

PIERWSZA SERIA ZADAŃ

1. Sztuczny satelita porusza się w płaszczyźnie równika ziemskiego po eliptycznej orbicie o mimośrodzie e = 0,82, z okresem równym okresowi obrotu Ziemi dookoła własnej osi. Jaka może być maksymalna szerokość geograficzna miejsc na powierzchni Ziemi, z których czasami możliwa jest łączność radiowa z tym satelitą?

2. Nie wyklucza się istnienia w przestrzeni międzygalaktycznej różnorodnych obiektów astronomicznych, w tym również gwiazd. Przedyskutuj, korzystając z diagramu H-R, jakie gwiazdy można by jeszcze zaobserwować w odległości 3 Mpc. Jakie są możliwości odróżnienia takiej gwiazdy od odległej galaktyki tła?

3. W oparciu o samodzielnie wybrane dane tabelaryczne — podając źródło — wyraź okresy obiegów Wenus i Marsa dookoła Słońca w ich średnich dobach słonecznych.

4. Które z wymienionych w tabelce obiektów można by obserwować w Twojej miejscowości w październiku bieżącego roku? W jakich okresach doby są one widoczne i jakie są najdogodniejsze pory ich obserwacji?

obiekt	rektascensja α_{2000}		deklinacja δ_{2000}	
	h	m	°	′
1.	18	51	− 06	16
2.	16	42	+ 36	27
3.	04	43	+ 41	16
4.	06	09	+ 24	20
5.	08	40	+ 20	00

ZADANIA OBSERWACYJNE

1. Sporządź rysunek tarczy Słońca na podstawie obrazu uzyskanego na ekranie. Na rysunku zaznacz położenia i kształt plam oraz kierunek ruchu dziennego Słońca. Wyznacz wynikającą z rysunku wartość liczby Wolfa.

Uwaga! Zachowaj szczególną ostrożność przy kierowaniu przyrządu na Słońce. W szczególności nie wolno patrzeć przez przyrząd bezpośrednio na Słońce.

2. Maksimum jasności gwiazdy *o Cet* (Mira) przewidywane jest w połowie stycznia 1999 r. Na podstawie własnych obserwacji sporządź fragment krzywej jasności obejmujący okres co najmniej jednego miesiąca.

3. Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można również nadesłać opracowane wyniki innych własnych obserwacji astronomicznych prowadzonych w latach 1997, 1998, a w szczególności obserwacja zakrycia gwiazdy α *Tau* (Aldebaran) w dniu 6.11.1998 r.

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 17 listopada 1998 r.

ZDOLNOŚĆ ROZDZIELCZA

Zdolność rozdzielcza jest chyba najistotniejszą cechą określająca jakość posiadanego teleskopu. Definiuje się ją jako najmniejszą kątową odległość na niebie między dwoma punktowymi obiektami (gwiazdami), przy której są one jeszcze widoczne osobno. Wyrażamy ją w sekundach łuku. Najprościej możemy wyznaczyć zdolność rozdzielczą, obserwując ciasne układy podwójne. Można także obserwować detale na powierzchni Księżyca lub na powierzchni planet. Jednak kontrast uzyskiwanych obrazów jest mniejszy, co utrudnia określenie zdolności rozdzielczej w ten sposób. Ogólnie przyjętą metodą jest obserwacja układów podwójnych gwiazd o znanej separacji. Tabele z wybranymi układami podwójnymi publikowane są w wielu książkach przeznaczonych dla miłośników astronomii i w „Kalendarzu Miłośnika Astronomii" wydawanym przez PTMA. Do obserwacji układów podwójnych gwiazd lub fragmentów powierzchni Księżyca, w celu wyznaczenia zdolności rozdzielczej, stosujemy odpowiednio duże powiększenia. Co to znaczy odpowiednio duże powiększenie?

Zanim przejdziemy do wyznaczenia takiego powiększenia, zauważmy, że zdolność rozdzielcza oka ludzkiego wynosi 3 minuty kątowe. Niejednokrotnie zapewne słyszeliśmy, że rozdzielczość oka ludzkiego wynosi 1 minutę kątową. Wartość ta jednak odnosi się do osób obdarzonych wyjątkowo „ostrym" wzrokiem. Można by przyjąć 2 minuty kątowe jako wartość zdolności rozdzielczej dla naszego oka, ale obserwując takie pary gwiazd, nie zawsze jesteśmy w stanie stwierdzić, czy taka para gwiazd jest rozdzielona czy też nie, co jest wynikiem męczenia się naszego wzroku. Zatem wartość 3 minut kątowych wydaje się zupełnie przyzwoita.

Aby móc wyznaczyć „odpowiednią" wartość powiększenia dla naszego teleskopu, musimy wyznaczyć teoretyczną wartość zdolności rozdzielczej. O tym, że teoretyczna wartość różni się, czasami istotnie, od rzeczywistej, wielu obserwatorów przekonało się na własnej skórze. Poniższa formuła określa teoretyczną zdolność rozdzielczą pomiędzy dwiema gwiazdami o jednakowych jasnościach i na pamiątkę Lorda Rayleigha, który ją wprowadził, nazywa się kryterium Rayleigha:

$$\mathbf{R = 1.22\ \lambda/D}\ \text{(radiany)},$$

gdzie: λ — długość fali, na jakiej obserwujemy; D — średnica obiektywu teleskopu.

Długość fali oraz średnicę teleskopu wyrażamy w tych samych jednostkach. Jeśli powyższy wynik chcemy wyrazić w sekundach łuku, musimy prawą stronę równania pomnożyć przez 206 264.8. Jeśli założymy, że długość fali wynosi 550 nm (okolice maksimum czułości oka ludzkiego), to powyższa formuła przyjmie postać:

$$R = 138/D,$$

gdzie R jest zdolnością rozdzielczą w sekundach łuku, a D jest średnicą obiektywu teleskopu w milimetrach. Na przykład teoretyczna zdolność rozdzielcza popularnego w naszym kraju obiektywu MTO 1000 (średnica obiektywu 100 mm, a ogniskowa 1000 mm) wynosi 1.38 sekundy łuku. Aby otrzymać wartość powiększenia, przy którym gwiazdy o takiej separacji będą widoczne, musimy podzielić zdolność rozdzielczą oka ludzkiego (3′) przez zdolność rozdzielczą posiadanego teleskopu (np. 1.38″). Zatem:

$$P = R(\text{oka})/\ R(\text{teleskopu})$$

Pamiętajmy, aby wyrazić obie wielkości w tych samych jednostkach. W naszym przykładzie będziemy mieli

$$\mathbf{P = 180/1.38}$$

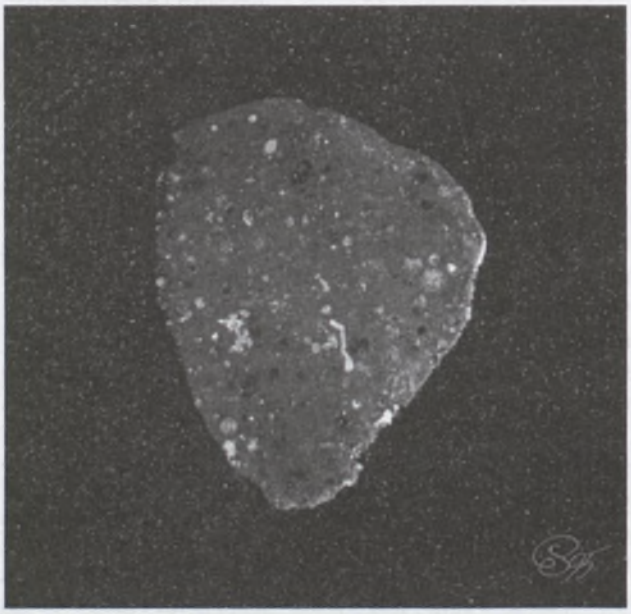
co daje powiększenie równe 130 razy. Jeśli komuś proponowana przeze mnie wartość 3′ wydaje się nieodpowiednia, wystarczy wstawić do wzoru na powiększenie wybraną przez siebie wartość. Wracając do naszego przykładu, okular dający takie powiększenie powinien mieć ogniskową 7.7 milimetrów (powiększenie teleskopu to jest stosunek ogniskowej obiektywu do ogniskowej okularu w tych samych jednostkach). Należy jeszcze raz przypomnieć, że wartość teoretyczna odnosi się do gwiazd o tej samej jasności, jeśli różnica między jasnościami gwiazd wynosi 0.5 magnitudo, to zdolność rozdzielcza wzrasta o 15%, jeśli różnica ta wynosi 1 magnitudo — zdolność rozdzielcza wzrasta o 25%, jeśli różnica wynosi 1.5 magnitudo, to mamy wzrost o 30%, przy różnicy w jasnościach 2 magnitudo mamy 40%, a przy 2.5 magnitudo — 50%. Poza tym na zdolność rozdzielczą ma także duży wpływ wysokość obiektu nad horyzontem, a także „seeing". „Seeing" przyjmowany jest za miarę jakości warunków pogodowych. Można przyjąć, że atmosfera składa się z pojedynczych „soczewek", w których zawarte są masy powietrza o różnej gęstości i temperaturze. Każda taka „soczewka" ma zatem trochę inny współczynnik załamania. Soczewki te są w ciągłym ruchu, toteż obraz gwiazdy nie jest stacjonarny, ale wykonuje chaotyczne ruchy, dając na kliszy obraz w postaci rozmytego krążka. Im „soczewki" są mniej ruchliwe (mniejszy seeing), tym średnica tego krążka jest mniejsza. „Seeing" podawany jest zatem w sekundach łuku. Generalnie w Polsce „seeing" nie jest mniejszy niż 2 – 3 sekundy łuku. Bardzo rzadko jego wartość wynosi mniej niż 2″. Są jednak miejsca na Ziemi (np. Chile), gdzie seeing często jest mniejszy niż 0.6 sekundy łuku.

W astrofotografii wartość zdolności rozdzielczej jest istotna przy fotografowaniu układów podwójnych gwiazd, planet czy powierzchni Księżyca. Stosujemy wtedy długie ogniskowe (powyżej 4 metrów), filmy o małym ziarnie (100–200 ASA) oraz jak najkrótsze czasy ekspozycji. Pamiętajmy, że uzyskanie dobrego zdjęcia Jowisza czy Saturna jest uwarunkowane nie tylko dobrym sprzętem, ale także doskonałymi warunkami atmosferycznymi.

Wiesław Skórzyński

Źródła informacji astronomicznych (cz. II)

Głównym źródłem informacji o Wszechświecie jest promieniowanie elektromagnetyczne. Nie jest to jednak źródło jedyne. Jak wiemy, nasza Ziemia bombardowana jest nieustannie także mniejszymi i większymi okruchami materii (szacuje się, że w ciągu doby jest to ogółem około 40–50 ton). Maleńkie okruchy unoszone są przez cyrkulacje w wysokich warstwach troposfery i czasowo grzęzną. Nie rozgrzewane przez tarcie nie ulegają stopieniu i stopniowo spowalniane bardzo powoli dryfują ku Ziemi. Największym fragmentom (około 1 tony dziennie) udaje się dotrzeć aż na powierzchnię naszej planety — mówimy wtedy, że spadł meteoryt. W sprzyjających okolicznościach mamy szansę go znaleźć i zbadać np. jego wiek, skład chemiczny, izotopowy itp. Bada się je identycznie jak skały ziemskie. Wiek oznacza się metodą datowania izotopowego — okazuje się bowiem, że względna ilość izotopów w skałach o wspólnym pochodzeniu jest stała. Nie dotyczy to jednak tych pierwiastków, które są niestabilne, rozpadają się radioaktywnie. Wtedy względna ilość izotopów zależy od czasu. Mierząc ją (i znając czas połowicznego rozpadu badanego pierwiastka), możemy wystawić skale „metrykę urodzenia". Stąd właśnie wiadomo, że niektóre meteoryty (chondryty węgliste) zawierają minerały na tyle stare, że musiały powstać w najwcześniejszej fazie tworzenia się Układu Słonecznego, między 4.5 a 4.6 miliardów lat temu. Ich skład chemiczny — jeśli nie liczyć najobfitszych na Słońcu lotnych pierwiastków, wodoru i helu — jest bardzo zbliżony do składu słonecznego. Są to resztki materii pozostałej po okresie narodzin Słońca i planet. Co więcej, mamy też „zapisane" w meteorytach warunki tych narodzin. W chondrytach bowiem znajdują się chondrule — zastygłe bardzo gwałtownie, mniej więcej milimetrowe krople materii. Opierając się na doświadczeniach przeprowadzonych w ziemskich laboratoriach, można oszacować, że powstały one w procesie skraplania materii podczas stygnięcia w tempie... kilkunastu kelwinów na minutę! Tak szybko chłodził się na początku protoplanetarny dysk! Nic zatem dziwnego, że planetolodzy bardzo intensywnie badają meteoryty, by odczytać z nich historię naszego Układu Słonecznego.



Chondryt węglisty Allende zawiera kuliste ziarna materii tworzącej kiedyś mgławicę, z której wyłonił się Układ Słoneczny — chondry oraz tajemnicze, starsze od nich o kilka milionów lat, inkluzje bogate w wapń i glin (na zdjęciu widoczne w postaci jasnych, nieregularnych wrostków).

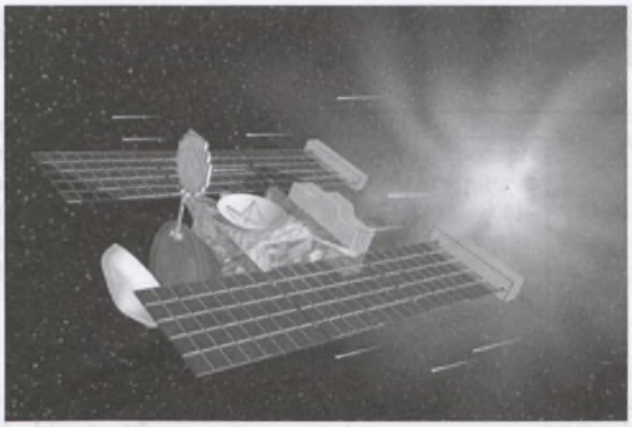
Kolejnym źródłem informacji o Wszechświecie są od niedawna skały przywożone z Księżyca dzięki sondom kosmicznym oraz te badane na Marsie czy na Wenus. A od momentu posiadania informacji o pozaziemskich skałach można ich wyszukiwać także... na naszej planecie! Jak się bowiem okazało, skład izotopowy niektórych meteorytów pozwala sądzić, że dotarły do nas z Księżyca czy z Marsa. Jeden z takich obiektów wywołał ostatnio sensację, gdy po zbadaniu meteorytu znalezionego na Antarktydzie dopatrzono się tam struktur zbliżonych do ziemskich nanobakterii. A meteoryt pochodził z Marsa (patrz *Postępy Astronomii* 44 str. 122; *Urania* 10/96).

Szeroko pojęte badania kosmiczne pozwalają na badanie ośrodka międzyplanetarnego *in situ*. Prowadzi się zliczenia cząstek, skąd daje się wyznaczyć temperaturę i gęstość ośrodka. Najpierw było to możliwe wyłącznie wokół Ziemi, potem sondy leciały do Księżyca i dalej w przestrzeń. W płaszczyźnie ekliptyki zdołały już spenetrować obszar między orbitą Merkurego a skrajem Układu Słonecznego (Voyager 1 na odległość ponad 70 j.a., patrz *Urania* 2/98). Potem udało się skonstruować sondę Ulisses, która dzięki wspomaganiu grawitacyjnemu Jowisza, wyleciała poza płaszczyznę ekliptyki i przeleciała nad oboma biegunami Słońca, badając wiatr słoneczny w zależności od szerokości heliograficznej.

Na Księżycu została przez jedną z załóg Apolla naświetlona cząstkami wiatru słonecznego folia aluminiowa. Po jej zwinięciu, szczelnym zapakowaniu i dostarczeniu do szwajcarskiego laboratorium zbadano skład izotopowy cząstek wiatru. Stopniowo więc ośrodek międzyplanetarny poznajemy z coraz to większą precyzją i to bardziej metodami fizyków czy geologów niż klasycznych astronomów.

Zbieranie danych *in situ* to także sondy opuszczane do atmosfer planet — początkowo Wenus i Marsa, ostatnio Jowisza i w najbliższej przyszłości do Tytana — księżyca Saturna. Aparatura kosmiczna przesyła zresztą, np. fotografie, wyniki zliczeń czy innych pomiarów za pomocą sygnałów radiowych — znów zatem korzystamy z najstarszego przekaźnika informacji astronomicznych, jakim jest po prostu światło!

Można się zastanowić, czy do Ziemi nie dopływają z kosmosu także cząstki elementarne. Ktoś kiedyś powiedział, że Wszechświat jest tak wielki, że jeśli coś się może zdarzyć, to na pewno się w nim zdarzy. I rzeczywiście. Rejestruje się od dawna strumień bardzo energetycznych



W przyszłym roku rusza w swą podróż sonda Stardust (ang. gwiezdny pył). Jej zadaniem będzie dolecieć w pobliże komety Wild-2 i złapać w specjalnie przygotowaną, gąbczastą pułapkę, cząstki materii emitowanej z jądra komety, a także cząstki wypełniające przestrzeń międzyplanetarną. Będzie to kolejny przykład badań materii kosmicznej in situ, czyli bezpośrednio w miejscu występowania. W roku 2006 planowany jest powrót kapsuły z tą pułapką na powierzchnię Ziemi, gdzie złapane cząstki będą poddane badaniom laboratoryjnym. Ciekawostką misji jest to, że wraz z pyłem powrócą na Ziemię kostki pamięci zapisane nazwiskami ludzi z całego świata, którzy zdążą się w nich zarejestrować za pomocą Internetu.

cząstek, tzw. promieniowanie kosmiczne. Zaczęło się od tego, że badając jonizację atmosfery ziemskiej (spowodowaną naturalną promieniotwórczością skał), spodziewano się, iż stopień tej jonizacji będzie systematycznie malał wraz z wysokością. Jak się okazało, takie przypuszczenia potwierdziły się, ale nie do końca. Powyżej pewnej wysokości jonizacja powietrza zaczęła gwałtownie rosnąć! Dziś wiemy, że jest to właśnie skutek bombardowania atmosfery ziemskiej przez wysokoenergetyczne (10^8 do 10^{19} eV) cząstki pierwotnego promieniowania kosmicznego. Składa się ono głównie z jąder atomowych, ale także rejestrujemy trochę elektronów, pozytronów, antyprotonów. Pojedyncze cząstki poruszają się z prędkościami zbliżonymi do prędkości światła. Oddziaływanie z atmosferą Ziemi powoduje tzw. wtórne promieniowanie kosmiczne.

Pomiary wykazują, że promieniowanie kosmiczne dociera do Ziemi ze wszystkich stron, a tylko niewielka jego część pochodzi ze Słońca — reszta to cząstki produkowane w gwałtownych procesach zderzeń i wybuchów we Wszechświecie przyspieszane w galaktycznym, a także międzygalaktycznym, polu magnetycznym.

Ziemię bombardują także neutrina. Początkowo udawało się rejestrować tylko te słoneczne (patrz *Urania* 10/92). Aby mówić jednak o astronomii neutrinowej trzeba nie tylko rejestrować to promieniowanie, ale także kierunek, z którego pochodzi. Tu akurat pomógł wybuch gwiazdy supernowej SN1987A — zanotowano wtedy „błysk" neutrinowy w sposób oczywisty skorelowany z momentem eksplozji tej gwiazdy (patrz *Urania* 4/94).

Dociera do nas na pewno także promieniowanie grawitacyjne, ale astronomia grawitacyjna jest jeszcze ciągle w stadium narodzin. Źródeł informacji, jak widać, nie brakuje — trzeba tylko umieć z nich czerpać. I powoli układać coraz dokładniejszy, barwniejszy i coraz bardziej szczegółowy obraz, z którego będziemy mogli się nauczyć rozumieć nasze makrootoczenie, czyli Wszechświat. (*msk*)

Konkurs „Uranii" 1998

*Zmieniła się „Urania", ale zależy nam na tym, by pozostały dobre jej tradycje. Zatem — jak przez ostatnie kilka lat — ogłaszamy konkurs na **WAKACYJNE ZDJĘCIE NIEBA!** Okres wypoczynku nie musi wszak oznaczać nieróbstwa — większość woli spędzić czas w taki sposób, na jaki zwykle tego czasu brakuje.*

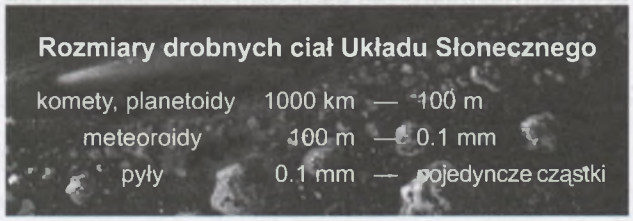
Wśród miłośników astronomii i fotoamatorów budzą się wtedy mniej lub bardziej ukryte talenty, a redakcja czeka na konkursowe koperty. Zawsze są dla nas ogromną radością — i te od początkujących dzieciaków, i te, wśród których trudno nam wybrać najpiękniejsze zdjęcia. Ze zrozumiałych względów Czytelnicy Uranii oglądają tylko niektóre fotografie, ale np. z części zdjęć korzystają (oczywiście za zgodą Autorów) także wydawnictwa popularnonaukowe, ilustrując swoje książki. Warto się zatem postarać. Liczymy oczywiście zarówno na uczestników poprzednich konkursów, jak i na debiutantów — doświadczenie uczy, że wygrywają i jedni, i drudzy.

Uczestnikom konkursu przypominamy, że opis obserwacji powinien zawierać: nazwę fotografowanego obiektu, jego położenie na niebie, dokładną datę, czas i miejsce dokonywania obserwacji, nazwę instrumentu, z jakiego korzystamy (aparatu fotograficznego, błony, czasu naświetlania, przesłony), ewentualne dodatkowe uwagi. Zależy nam na tym, by przy okazji konkursu mogli się czegoś nauczyć początkujący miłośnicy mający często kłopoty z doborem optymalnych materiałów fotograficznych, czasu naświetlania itp. Chcielibyśmy im oszczędzić kosztownych eksperymentów.

Termin nadsyłania prac upływa 30 października br.

Życząc wszystkim miłych wakacji, dobrego wypoczynku i pięknej pogody, dorzucamy jeszcze dodatkowo życzenia bezchmurnych nocy i pięknych zdjęć.

Redakcja



Wrzesień

Słońce

Słońce w swym ruchu rocznym po ekliptyce 23 września przekracza równik niebieski w punkcie równonocy jesiennej, wstępując w znak Wagi, co rozpoczyna astronomiczną jesień. Dni stają się ciągle coraz krótsze. W Warszawie 1 września Słońce wschodzi o 3^h47^m, zachodzi o 17^h24^m, a 30 września wschodzi o 4^h35^m, zachodzi o 16^h16^m.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h UT)

Data 1998	P[°]	B_0[°]	L_0[°]
IX 1	21.01	7.19	314.48
3	21.51	7.22	288.06
5	21.99	7.24	261.64
7	22.44	7.25	235.23
9	22.87	7.25	208.81
11	23.28	7.24	182.40
13	23.66	7.23	156.00
15	24.02	7.21	129.59
17	24.35	7.18	103.19
19	24.66	7.14	76.78
21	24.95	7.09	50.39
23	25.20	7.03	23.99
25	25.43	6.97	357.59
27	25.64	6.90	331.20
IX 29	25.82	6.81	304.80
X 1	25.97	6.73	278.41

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$24^d19^h39^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°

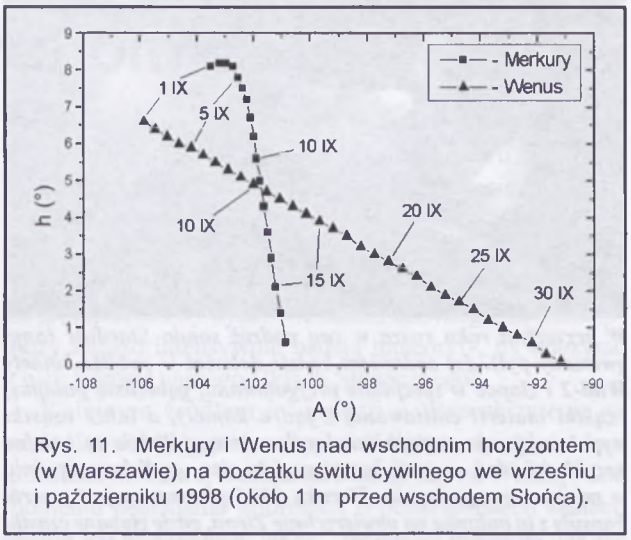
Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $6^d11^h21^m$, ostatnia kwadra $13^d01^h58^m$, nów $20^d17^h01^m$, pierwsza kwadra $28^d21^h11^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się 8 września o 6^h01^m, w apogeum 23 września o 21^h55^m.

Planety i planetoidy

Na początku miesiąca dobre warunki obserwacji Merkurego. Planetę możemy obserwować w pierwszych dniach września nad ranem, nisko nad wschodnim horyzontem. Na początku świtu cywilnego (Słońce 7° pod horyzontem), czyli około godzinę przed wschodem Słońca można ją obserwować jako „gwiazdę" o jasności -1^m około 8° nad wschodnim horyzontem. Średnica tarczy planety wynosić będzie wtedy (1 IX) około 7″ przy fazie ok. 0.5 (kwadra).

Jednocześnie, kilka stopni na lewo i nieco poniżej Merkurego, możemy próbować odnaleźć Wenus jako obiekt -3.8^m. Warunki widoczności planety w ciągu miesiąca systematycznie się pogarszają.



Rys. 11. Merkury i Wenus nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego we wrześniu i październiku 1998 (około 1 h przed wschodem Słońca).

Także o świcie coraz wyżej nad południowo-wschodnim horyzontem obserwować możemy Marsa jako „gwiazdę" 1.7^m. Średnica tarczy planety jest nadal bardzo mała (zaledwie 4″), tak więc obserwacja szczegółów na tarczy planety jest praktycznie niemożliwa.

Jowisz widoczny jest całą noc na granicy gwiazdozbiorów Ryb i Wodnika jako jasna „gwiazda" -2.9^m. W połowie miesiąca średnica tarczy planety osiąga wartość maksymalną: 49.7″, co ułatwi obserwacje układów chmur w atmosferze Jowisza nawet za pomocą niewielkiego sprzętu amatorskiego. Możemy także obserwować zjawiska w układzie czterech galileuszowych satelitów planety.

Także całą noc możemy obserwować Saturna na granicy gwiazdozbiorów Wieloryba i Ryb. Planeta osiągnie jasność 0.1^m, przy średnicy tarczy blisko 20″. W związku z maksymalnym nachyleniem bieguna planety w kierunku Ziemi, układ pierścieni Saturna osiąga maksymalną rozwartość, ułatwiając obserwacje m.in. przerwy Cassiniego nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie.

Uran i Neptun znajdują się w pobliżu opozycji i są widoczne całą noc obok siebie w gwiazdozbiorze Koziorożca jako „gwiazdy" o jasnościach odpowiednio 5.7^m i 7.9^m. Do obserwacji tarcz planet niezbędny jest teleskop o średnicy przynajmniej 15 cm (i oczywiście spokojna atmosfera w miejscu obserwacji).

Wieczorem można obserwować Plutona w gwiazdozbiorze Wężownika jako obiekt o jasności 13.8^m, jednak niezbędne jest posiadanie teleskopu o średnicy obiektywu (zwierciadła) równej przynajmniej 15 cm. Jest to ostatnia w tym roku okazja zobaczenia tego prawdopodobnie największego obiektu z Pasa Kuipera.

We wrześniu możemy obserwować w pobliżu opozycji planetoidy:
(1) Ceres, (jasność 8.4^m). 8 IX: $4^h38.7^m$, 15°57′; 18 IX: $4^h45.1^m$, 16°12′; 28 IX: $4^h49.4^m$, 16°25′.
(2) Pallas, (jasność 8.3^m). 8 IX: $23^h40.8^m$, –0°45′; 18 IX: $23^h33.4^m$, –3°05′; 28 IX: $23^h25.9^m$, -5°26′.
(15) Eunomia, (jasność 8.6^m). 8 IX: $2^h59.0^m$, 33°59′; 18 IX: $3^h03.9^m$, 35°19′; 28 IX: $3^h05.4^m$, 36°23′.

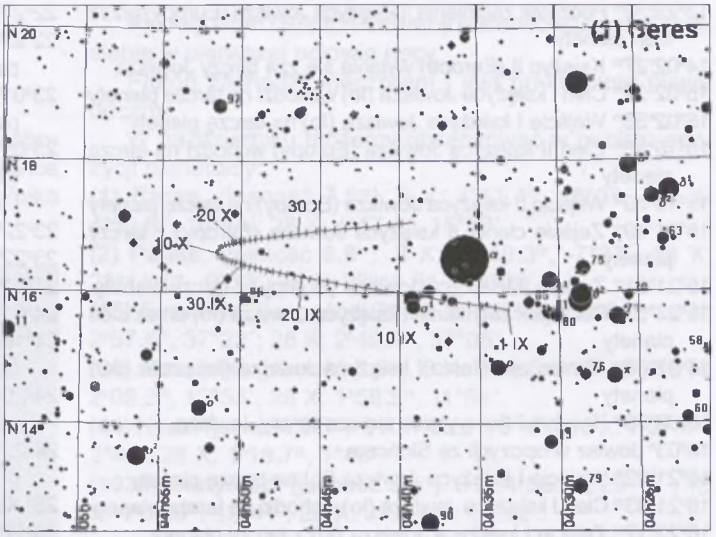
Meteory

Od 6 do 10 września promieniują meteory z roju Drakonid, związanego z kometą Giacobini-Zinnera. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzęd-

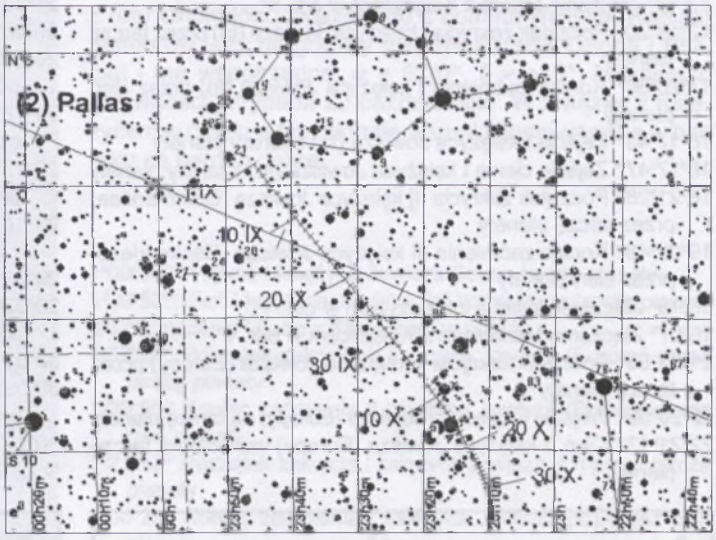
ne: $\alpha = 17^h28^m$, $\delta = +54°$. Maksimum aktywności roju przypada około 10 września, porannym obserwacjom będzie niestety przeszkadzał Księżyc po pełni. Można spodziewać się zwiększonej aktywności roju w związku z powrotem macierzystej komety.

***

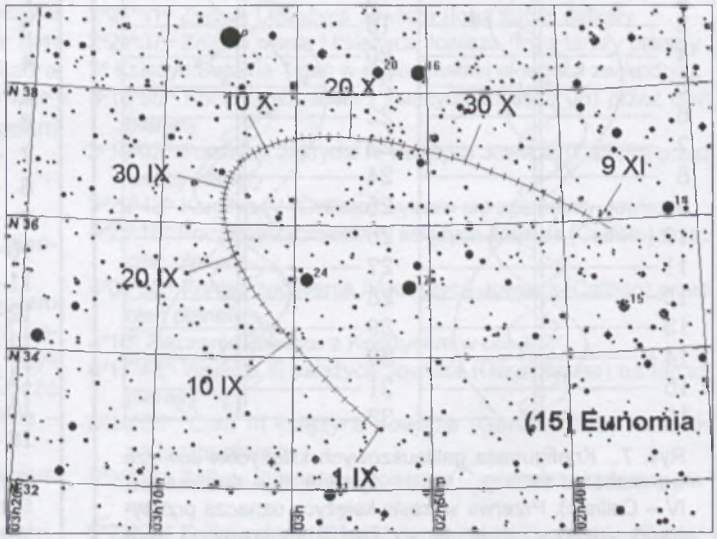
1^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
1^{d}00^{h}59^m Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
1^{d}01^{h}23^m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
1^{d}01^{h}28^m Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety
1^{d}02^{h}52^m Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety
1^{d}20^{h}05^m Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
1^{d}22^{h}41^m Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza
2^{d}19^{h}28^m Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
2^{d}19^{h}49^m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
3^{d}10^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.
4^{d}03^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 3°.
5^{d}02^{h}44^m Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety
5^{d}03^{h}19^m Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety
6^{d}20^{h}59^m Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety
7^{d}00^{h}12^m Księżyc II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza
7^{d}03^{h}30^m Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
7^{d}04^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 1°.
8^{d}00^{h}39^m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
8^{d}00^{h}52^m Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
8^{d}02^{h}54^m Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
8^{d}03^{h}07^m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
8^{d}03^{h}53^m Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety
8^{d}18^{h}44^m Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
8^{d}19^{h}07^m Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
8^{d}21^{h}59^m Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
9^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
9^{d}00^{h}25^m Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza
9^{d}18^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.
9^{d}19^{h}08^m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
9^{d}19^{h}18^m Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
9^{d}21^{h}23^m Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
9^{d}21^{h}33^m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
10^{d}18^h Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 0.4°.
10^{d}18^{h}50^m Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza
11^{d}21^{h}14^m Księżyc III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza



Rys. 1. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Byka we wrześniu i październiku 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10.5^m).

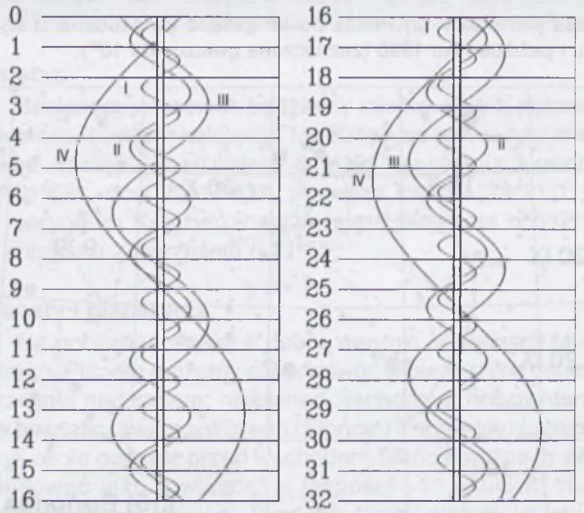


Rys. 2. Trasa planetoidy (2) Pallas na tle gwiazd gwiazdozbioru Ryb we wrześniu i październiku 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



Rys. 3. Trasa planetoidy (15) Eunomia na tle gwiazd gwiazdozbioru Perseusza we wrześniu i październiku 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

13^{d}23^{h}36^m Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety
14^{d}02^{h}27^m Księżyc II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza
15^{d}02^{h}34^m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
15^{d}02^{h}36^m Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
15^{d}18^{h}38^m Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety
15^{d}18^{h}39^m Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety
15^{d}21^{h}19^m Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
15^{d}21^{h}21^m Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
15^{d}23^{h}53^m Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
16^{d}02^{h}08^m Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
16^{d}02^{h}08^m Księżyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza
16^{d}03^h Jowisz w opozycji ze Słońcem.
16^{d}21^{h}02^m Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
16^{d}21^{h}03^m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
16^{d}23^{h}17^m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
16^{d}23^{h}18^m Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
17^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej
17^{d}13^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 3°.
17^{d}18^{h}20^m Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
17^{d}20^{h}36^m Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
18^{d}17^{h}43^m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
18^{d}17^{h}47^m Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
18^{d}21^{h}28^m Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety
19^{d}00^{h}48^m Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety
19^{d}18^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 1°.
20^{d}07^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 1°.
21^{d}01^{h}58^m Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety
22^{d}20^{h}52^m Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety
22^{d}21^{h}13^m Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety
22^{d}23^{h}34^m Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
22^{d}23^{h}55^m Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
23^{d}01^{h}37^m Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
23^{d}05^{h}37.2^m Słońce wstępuje w znak Wagi, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 180°, mamy zrównanie dnia z nocą i początek jesieni astronomicznej.
23^{d}22^{h}46^m Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
23^{d}22^{h}58^m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
24^{d}01^{h}01^m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
24^{d}01^{h}13^m Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
24^{d}18^{h}17^m Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety
24^{d}20^{h}03^m Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
24^{d}22^{h}31^m Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
25^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej
25^{d}17^{h}12^m Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
25^{d}17^{h}27^m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
25^{d}19^{h}27^m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
25^{d}19^{h}42^m Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
25^{d}20^h Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.
26^{d}00^{h}43^m Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety
26^{d}17^{h}00^m Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
29^{d}17^{h}34^m Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety
29^{d}18^{h}59^m Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety
29^{d}23^{h}06^m Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety
29^{d}23^{h}48^m Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety
30^{d}01^{h}48^m Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
30^{d}02^{h}31^m Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
30^{d}19^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 2°.



Rys. 7. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza we wrześniu 1998 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.

Rys. 9. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna we wrześniu 1998 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

Październik

Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca. W Warszawie 1 października Słońce wschodzi o 4^h36^m, zachodzi o 16^h14^m, a 31 października wschodzi o 5^h29^m, zachodzi o 15^h09^m.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 1998	P[°]	B_0[°]	L_0[°]
X 1	25.97	6.73	278.41
3	26.09	6.63	252.02
5	26.18	6.52	225.63
7	26.25	6.41	199.24
9	26.29	6.29	172.85
11	26.29	6.16	146.47
13	26.27	6.03	120.08
15	26.22	5.88	93.70
17	26.14	5.73	67.32
19	26.03	5.58	40.94
21	25.89	5.41	14.56
23	25.71	5.24	348.18
25	25.51	5.06	321.81
27	25.27	4.88	295.43
29	25.01	4.69	269.06
X 31	24.71	4.49	242.68
XI 2	24.38	4.29	216.31

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$22^d02^h32^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie października, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $5^d20^h12^m$, ostatnia kwadra $12^d11^h11^m$, nów $20^d10^h10^m$, pierwsza kwadra $28^d11^h46^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się $6^d13^h04^m$, a w apogeum $21^d05^h18^m$.

Planety i planetoidy

Merkury i Wenus znajdują się na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Nad ranem nad południowo-wschodnim horyzontem możemy obserwować Marsa jako „gwiazdę" 1.6^m. Na początku świtu cywilnego (Słońce 7° pod horyzontem), czyli około godzinę przed wschodem Słońca możemy odnaleźć planetę na wysokości 30° nad horyzontem w azymucie – 60° (licząc od południa).

Warunki obserwacji Jowisza w związku z przebywaniem w pobliżu opozycji, praktycznie nie ulegają zmianie.

W październiku opozycję ze Słońcem osiąga Saturn, w związku z czym osiąga jasność maksymalną 0^m, przy średnicy kątowej tarczy 20″.

Planety Uran i Neptun możemy obserwować nadal obok siebie w pierwszej połowie nocy.

Pluton zachodzi wieczorem i jest praktycznie niewidoczny.

W październiku możemy obserwować w pobliżu opozycji planetoidy:

(1) Ceres, (jasność 7.8^m). 8 X: $4^h51.4^m$, 16°35′; 18 X: $4^h50.8^m$, 16°44′; 28 X: $4^h47.4^m$, 16°53′.

(2) Pallas, (jasność 8.8^m). 8 X: $23^h19.3^m$, -7°37′; 18 X: $23^h14.1^m$, -9°33′; 28 X: $23^h10.8^m$, –11°08′.

(15) Eunomia, (jasność 8.0^m). 8 X: $3^h03.2^m$, 37°06′; 18 X: $2^h57.5^m$, 37°22′; 28 X: $2^h49.1^m$, 37°05′.

(20) Massalia, (jasność 8.9^m). 8 X: $2^h16.5^m$, 13°40′; 18 X: $2^h08.3^m$, 12°53′; 28 X: $1^h58.8^m$, 11°58′.

(44) Nysa, (jasność 9.8^m). 8 X: $1^h36.9^m$, 3°47′; 18 X: $1^h27.8^m$, 2°44′; 28 X: $1^h18.7^m$, 1°48′.

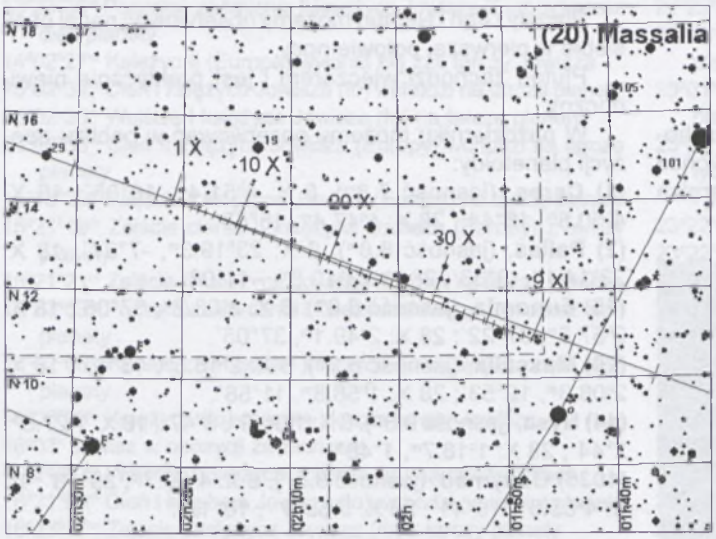
(1036) Ganymed, (jasność 9.5^m). 8 X: $4^h06.7^m$, 29°18′; 18 X: $4^h05.6^m$, 19°41′; 28 X: $3^h59.0^m$, 10°12′.

Meteory

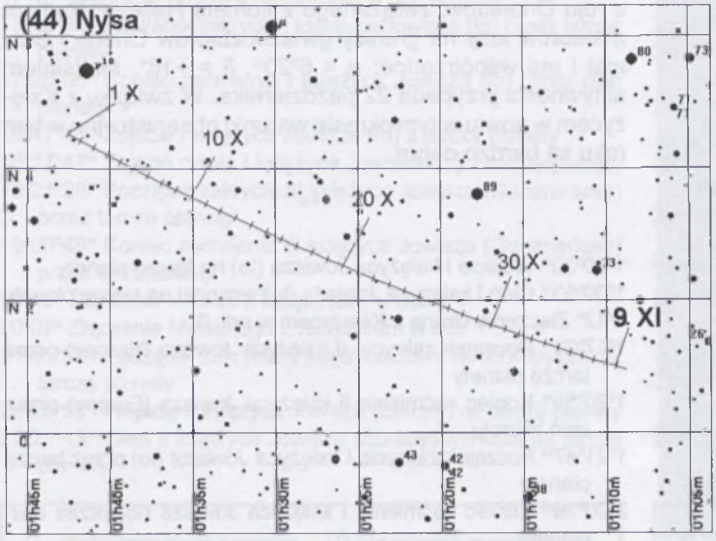
Od 2 października do 7 listopada promieniują meteory z roju Orionidów, związanego z kometą Halleya. Radiant meteorów leży na granicy gwiazdozbiorów Oriona i Bliźniąt i ma współrzędne: $\alpha = 6^h20^m$, $\delta = +16°$. Maksimum aktywności przypada 22 października. W związku z Księżycem w nowiu w tym okresie warunki obserwacyjne w tym roku są bardzo dobre.

***

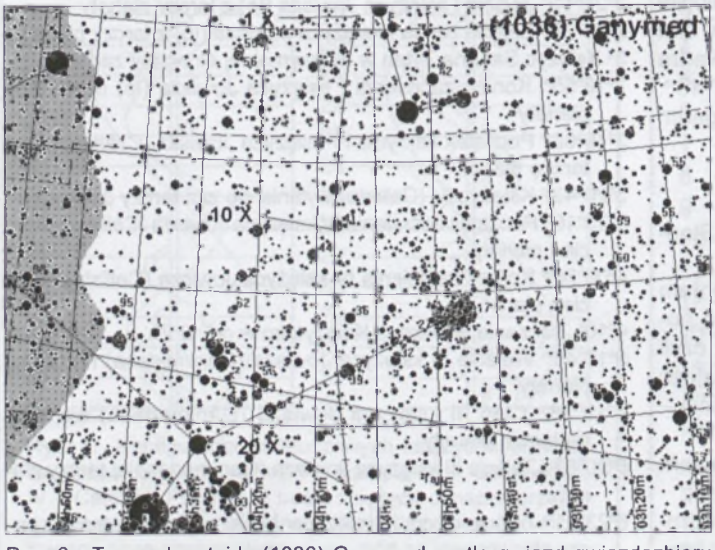
$1^d00^h30^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
$1^d00^h53^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
1^d12^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 3°.
$1^d17^h21^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety
$1^d20^h55^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety
$1^d21^h47^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
$2^d00^h26^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
$2^d18^h56^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
$2^d19^h22^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
$2^d21^h11^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$2^d21^h37^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
3^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$3^d18^h55^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
$3^d19^h02^m$ Początek zakrycia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez tarczę planety
$3^d20^h43^m$ Księżyc IV (Callisto) wyłania się zza tarczy Jowisza
$3^d23^h16^m$ Początek zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety
$4^d00^h58^m$ Koniec zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety
4^d10^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 0.2°.
$6^d17^h48^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety
$6^d19^h56^m$ Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety
$6^d20^h53^m$ Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety
$6^d23^h01^m$ Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety
7^d01^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.



Rys. 4. Trasa planetoidy (20) Massalia na tle gwiazd gwiazdozbioru Barana w październiku 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



Rys. 5. Trasa planetoidy (44) Nysa na tle gwiazd gwiazdozbioru Ryb w październiku 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).



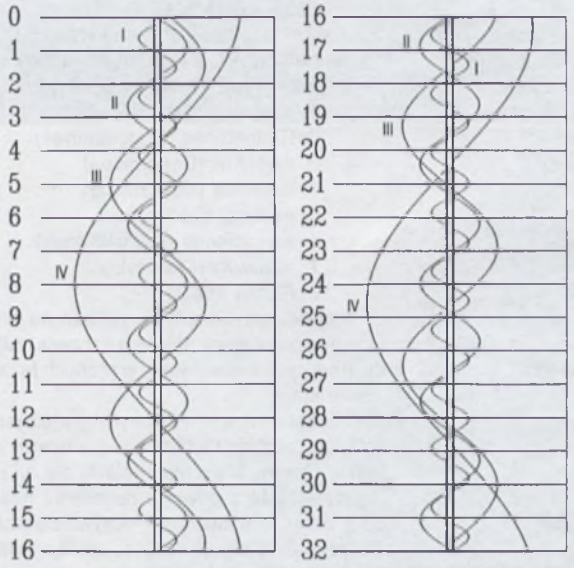
Rys. 6. Trasa planetoidy (1036) Ganymed na tle gwiazd gwiazdozbioru Byka w październiku 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

$7^d01^h21^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety
$8^d19^h38^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety
$8^d23^h32^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
$8^d23^h34^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety
$9^d20^h41^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
$9^d21^h17^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
$9^d22^h57^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$9^d23^h33^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$10^d17^h11^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
$10^d17^h58^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
$10^d18^h24^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
$10^d20^h49^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
11^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$11^d17^h23^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$11^d18^h02^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$13^d21^h09^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety
$13^d23^h56^m$ Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety
$14^d00^h16^m$ Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety
$15^d21^h57^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety
$16^d01^h17^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
16^d04^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 1°.
$16^d22^h27^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
$16^d23^h13^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
$17^d00^h43^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$17^d16^h45^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety
$17^d16^h57^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety
$17^d18^h17^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety
$17^d19^h28^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
$17^d19^h44^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
$17^d21^h00^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
$17^d22^h44^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
$18^d16^h54^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
$18^d17^h42^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
$18^d19^h09^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$18^d19^h57^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
19^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

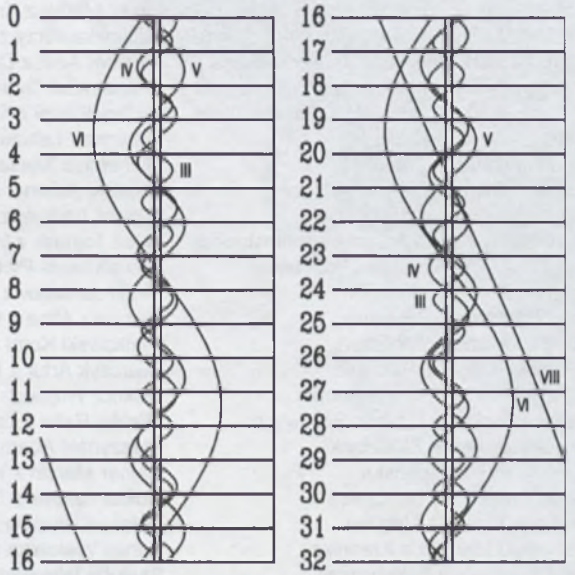
$19^d17^h13^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
20^d02^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 3°.
$20^d17^h15^m$ Początek zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety
$20^d19^h26^m$ Koniec zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety
$21^d00^h34^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety
21^d19^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 7°.
$23^d00^h17^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety
$23^d15^h00^m$ Słońce wstępuje w znak Skorpiona (Niedźwiadka), jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 210°.
23^d19^h Saturn w opozycji ze Słońcem.
$24^d00^h14^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
$24^d17^h17^m$ Księżyc III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza
$24^d17^h50^m$ Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety
$24^d19^h04^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety
$24^d20^h52^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety
$24^d20^h59^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety
$24^d21^h30^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
$24^d21^h48^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
$24^d23^h36^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
$25^d00^h40^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
$25^d18^h41^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety
$25^d19^h37^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
$25^d20^h57^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$25^d21^h53^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$26^d15^h57^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
$26^d18^h11^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety
$26^d19^h08^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety
27^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$27^d16^h22^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
28^d03^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 2°.
$28^d17^h04^m$ Wejście IV księżyca Jowisza (Callisto) na tarczę planety
$28^d19^h20^m$ Zejście IV księżyca Jowisza (Callisto) z tarczy planety
28^d20^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 2°.
30^d04^h Wenus w koniunkcji górnej ze Słońcem.
$31^d17^h40^m$ Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety
$31^d20^h50^m$ Księżyc III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza
31^d21^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 2°.
$31^d21^h25^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety
$31^d21^h51^m$ Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety
$31^d23^h18^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety
$31^d23^h28^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety

UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).
Aby otrzymać datę w obowiązującym we wrześniu w Polsce „czasie letnim", należy dodać 2 godziny, po wprowadzeniu w październiku „czasu zimowego" należy dodać 1 godzinę.
Momenty złączeń podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Opracował ***T. Ściężor***



Rys. 8. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w październiku 1998 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.



Rys. 10. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w październiku 1998 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

KRZYŻÓWKA

Pionowo:
-A- gwiazdozbiór -B- planetoida odkryta jako trzecia w 1804 roku -C- planeta z trójzębem -D- jest nią Ziemia -E- po zachodzie Słońca -F- litera greckiego alfabetu • największe miasto u podnóża Andów -G- ciągle płynie -H- gazowy bądź pyłowy -I- druga najjaśniejsza gwiazda w Wielkim Psie -J- Syriusz -K- najjaśniejsza gwiazda w Smoku -L- jednostka natężenia oświetlenia równa 0.1 luksa -Ł- program badania Marsa realizowany w latach 70. -M- księżyc Saturna

Poziomo:
-1- gwiazda Wielkiej Niedźwiedzicy -2- pływający ssak na niebie -3- cykl zmian faz Księżyca między dwoma nowiami -4- coś niezmiennego -5- lodowy wędrowiec • nie stereo -6- muzyczny gwiazdozbiór -7- gwiazda, która gwałtownie wybucha • największa sieć informacyjna na świecie -8- pierwszy od planety księżyc Neptuna -10- jedna z nierówności w ruchu Księżyca • pora, w której Słońce wędruje od Barana -12- dawny przyrząd astronomiczny -14- Mergentaler -15- operacja matematyczna.

(M. Czasnowski)

Litery z pól ponumerowanych od 1 do 26 utworzą rozwiązanie, które należy przysłać na adres redakcji z dopiskiem „Krzyżówka". Wśród osób, które do końca września br. nadeślą prawidłowe rozwiązania, rozlosujemy nagrody książkowe. Rozwiązaniem krzyżówki z numeru 2/98 było hasło: PLUTON – PLANETA CZY PLANETOIDA. Nagrody książkowe wylosowali pp. Hanna Szafrańska z Warszawy i Marek Żurawski z Kędzierzyna-Koźle. Gratulujemy. Książki prześlemy pocztą.

Pierwsi SUS-y w Konkursie

Czy znasz Układ Słoneczny?

Wbrew obawom części członków redakcji, zamieszczona w „Uranii-PA" 2/98 pierwsza część naszego konkursu nie sprawiła Czytelnikom wielkich kłopotów i otrzymaliśmy bardzo wiele całkowicie poprawnych odpowiedzi. Zgodnie z regulaminem konkursu zamieszczamy niżej pełną listę Superznawców Układu Słonecznego (jak na razie, naszego najbliższego sąsiada — Księżyca), czyli zdobywców maksymalnej liczby 36 punktów. I tak, w porządku alfabetycznym są to:

Barski Lech ze Szczecina
Brożek Tomasz z Żerków
Buczkowski Paweł z Gdańska
Burzyński Wojciech z Czarnej Białostockiej
Bystrzyński Kamil z Białej Podlaskiej
Chrapek Antoni z Nehrybki
Chyłek Andrzej z Palikówki
Ciepał Izabela z Wolbromia
Drobniewski Igor z Pabianic
Drzazgowski Leszek z Bytomia
Dygos Jarosław z Czernic Borowych
Filipiuk Cezary ze Studzionki
Gawęda Piotr z Gdańska
Gibiec Andrzej ze Skoczowa
Głowacki Maciej z Mogilna
Grabowski Mariusz z Kraśnika
Graul Romuald z Bydgoszczy
Jamro Robert z Gorlic
Jankowski Ireneusz z Siemianowic Śl.
Jaworski Jan z Łukówca
Jaworski Zygmunt z Łagowa
Jąkalski Dariusz z Żar
Kamiński Tomasz z Nowego Miasta Lub.
Karamucki Tadeusz ze Szczecina
Kardria Krzysztof z Katowic
Kida Krzysztof z Elbląga
Kosturek Rafał z Rzeszowa
Księżyk Mirosław z Katowic
Ladra Marek z Krakowa
Łągiewka Jerzy z Katowic
Majcher Ariel z Dębna Lubuskiego
Maliszewski Tadeusz z Białegostoku
Martys Paweł z Szczecina-Dąbie
Materniak Lesław z Krosna
Michalunio Maciej z Fromborka
Migulski Adam z Jasienia
Mirecki Andrzej z Łodzi
Musz Tomasz z Hańska
Nawalkowski Piotr z Sosnowca
Nirski Jarosław z Krakowa
Owczarz Alina z Czerwionki
Pankowski Karol z Lublina
Pilarczyk Artur z Gorzowa Wkp.
Piskorz Wojciech z Gliwic
Pliszka Rafał z Łabiszyna
Ptaszyński Adam z Pniew
Rajner Marcin z Warszawy
Rokita Janusz z Sztabina
Sałaban Wacław z Wrocławia
Sarwa Weronika z Sosnowca
Skałuba Wojciech z Niemodlina
Sobiech Sebastian z Zielonej Góry
Socha Krzysztof z Baćkowic
Strójwąs Łukasz z Wrocławia
Szafrańska Kamila z Gdańska
Szatkowski Krzysztof z Aleksandrowa Ł.
Szczerba Robert z Sieradza
Tomaszewski Zygmunt z Leszna
Walec Łukasz ze Stalowej Woli
Wiktor Patryk z Gorlic
Wiza Tomasz ze Skierniewic
Włodarczyk Robert z Częstochowy
Wrona Bogusław z Maszkiewic
Żołądek Przemysław z Nowego Dworu Maz.
Żurawski Marek z Kędzierzyna-Koźle

Prawidłowymi odpowiedziami były:

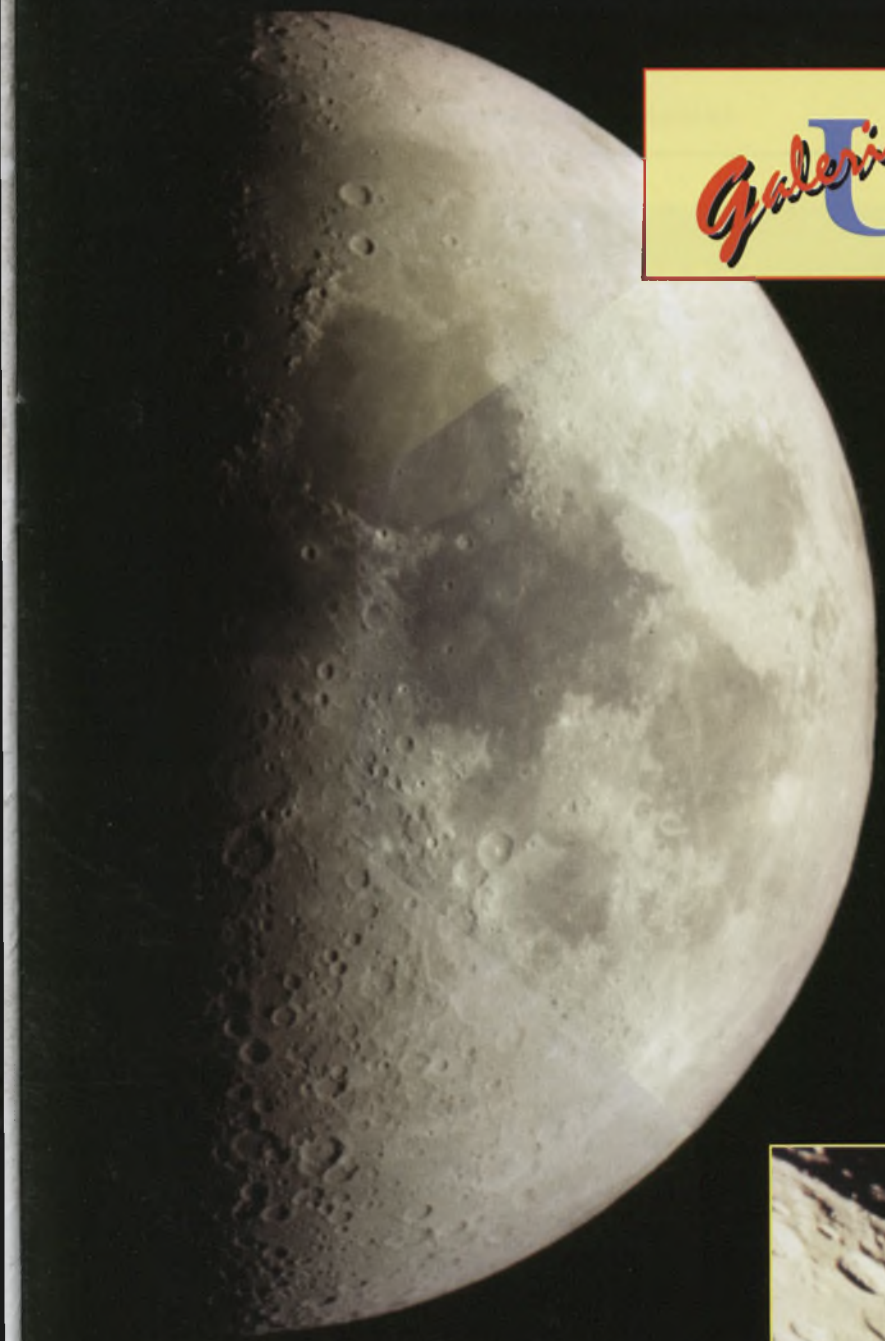
1. Klawiusz (Clavius)
2. Eratostenes (Eratosthenes)
3. Kopernik (Copernicus)
4. Kopernik (Copernicus)
5. Apeniny (Apennines)
6. Eratostenes (Eratosthenes)
7. Klawiusz (Clavius)
8. Platon (Plato)

Prawie nikt nie dał się nabrać na nasz podstęp polegający na zamieszczeniu zdjęć tych samych kraterów, ale w różnych fazach oświetlenia.

Wszystkim wymienionym gratulujemy i zapraszamy do kontynuowania naszej zabawy. Osoby, które nie znalazły się na powyższej liście z powodu uzyskania mniejszej ilości punktów, mają oczywiście szanse poprawić swoją lokatę, biorąc udział w kolejnych częściach konkursu. Przypominamy, że część II była w „Uranii-PA" 3/98 i jeszcze można nadsyłać odpowiedzi.

Dalsze zagadki oraz uaktualniona lista SUS-ów już w następnym zeszycie naszego pisma.

Galeria Uranii



Prezentowane obok zdjęcie Księżyca w pierwszej kwadrze jest montażem trzech zdjęć wykonanych przez Ireneusza Jankowskiego z Siemianowic Śląskich. Wszystkie zdjęcia wykonane były 20 stycznia 1998 roku ok. godz. 20 za pomocą teleskopu Ø 150 mm z ogniskową 5600 mm (popularna „piętnastka" firmy Uniwersał) na filmie Fujicolor 800 Super G Plus. Czas ekspozycji wynosił 1 sekundę.

Tym samym sprzętem zostało również wykonane zdjęcie Saturna – jedynie czas naświetlania był dłuższy i wynosił 4 sek.

Poniższe zdjęcia fragmentów powierzchni Księżyca wykonał Wiesław Skórzyński, wykorzystując teleskop Ø 250 mm, również z czasem naświetlania 1 s (film Fuji Super G 200 ASA). Dla zdjęcia po lewej f = 12 600 mm, dla zdjęcia po prawej f = 15 400 mm.

Teleskop kosmiczny sfotografował planetę!?

Ten obraz ma szansę przejść do historii jako pierwsze zdjęcie planety spoza Układu Słonecznego. Wykonała je przy użyciu Kamery Bliskiej Podczerwieni (NICMOS) Susan Terebey z Pasadeny (Kalifornia), badając obszary powstawania gwiazd w konstelacji Byka, m.in. ten oznaczony symbolem TMR-1 układ podwójny, odległy o 450 lat świetlnych od nas. Wiek składników A i B (które w rzeczywistości dzieli dystans około 40 jednostek astronomicznych) szacuje się na kilkaset tysięcy lat.

Badaczy zaintrygowała świecąca struga materii, wybiegająca z układu, na której zakończeniu (w odległości od macierzystej pary szacowanej na 1500 j.a.) odnajdujemy obiekt o jasności 18 magnitudo (TMR-1C). Jak się przypuszcza, został on wyrzucony poza system gwiazd na skutek oddziaływań grawitacyjnych podczas bliskiego przejścia obok jednego ze składników. Ta okoliczność okazała się dla nas niezwykle cenna, umożliwiając jego bezpośrednią obserwację. Jednocześnie gdyby nie ów „most" świecącej materii, prawdopodobnie obiekt nie zwróciłby niczyjej uwagi, uznany za jedną z gwiazd tła (zachowując ostrożność, badacze rezerwują 2% szans na taką ewentualność).

A teraz najważniejsze: przyjmując dla TMR-1C wiek taki sam jak wspomnianej pary, rzędu 300 tysięcy lat (co wydaje się najbardziej prawdopodobne), mielibyśmy do czynienia z obiektem o masie około 2-3 razy przewyższającej masę Jowisza. Założenie wieku około 10 milionów lat, przy uwzględnieniu obecnych modeli, nie wykluczałoby ewentualności, że jest to brązowy karzeł. Wszystko powinno się rozstrzygnąć w ciągu kilku miesięcy, kiedy to dokonana zostanie analiza widma tajemniczego obiektu (na razie ukrywa się on w blasku Słońca). Trzymajmy kciuki! (kr)

Urania

Postępy Astronomii

5/98 (677)

tom LXIX

wrzesień – październik

kolorowa wkładka

M8 – Klepsydra w Lagunie

Galaktyki normalne

Nowinki z Księżyca

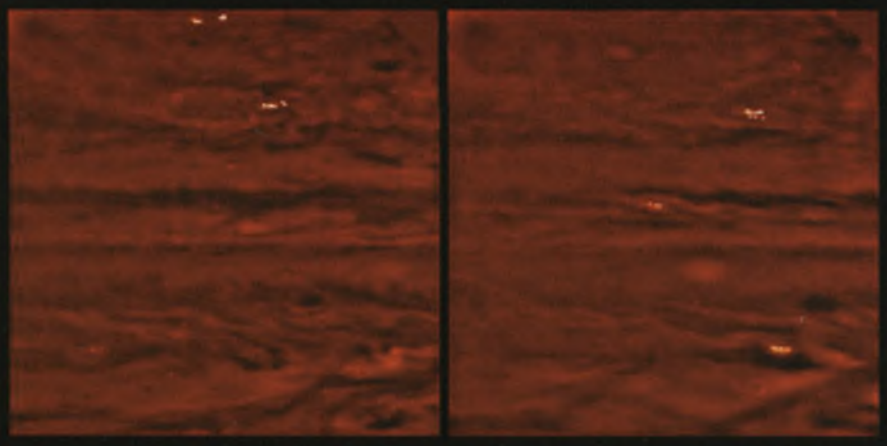
Nowy teleskop w Piwnicach

Mars z bliska

Planety wokół innych Słońc

Burze na Jowiszu...

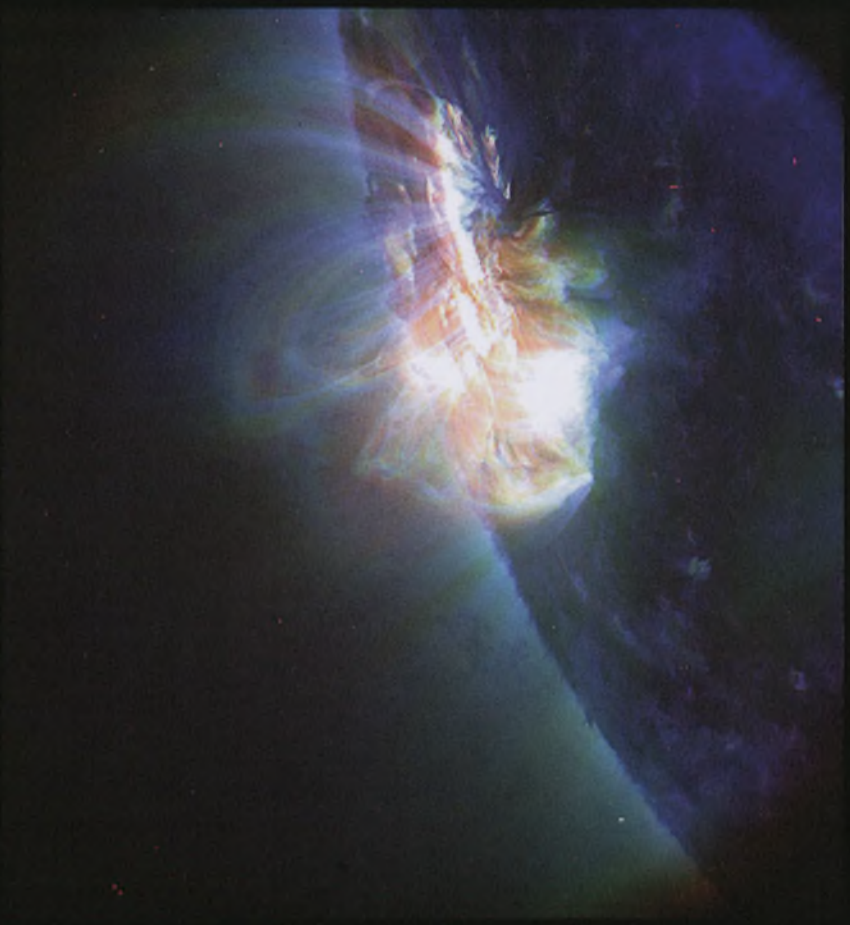
Zdjęcie wykonane z pokładu stacji Galileo w październiku 1997 roku przedstawia wyładowania atmosferyczne na Jowiszu. Są one dużo silniejsze niż na Ziemi. Czerwonawa poświata pochodzi od światła słonecznego odbitego od jednego z księżyców galileuszowych — Io. Wydaje się, że jasne wyładowania pochodzą z obłoków zawierających lód (wodny) — są tak silne, że oświetlają leżące jeszcze niżej chmury amoniaku.



...i wybuchy na Słońcu

Ten obraz aktywnego obszaru w pobliżu krawędzi słonecznego dysku pochodzi z ultrafioletowego teleskopu satelity TRACE (Transition Region and Coronal Explorer), umieszczonego na orbicie w kwietniu br. Wysoka rozdzielczość odbiornika umożliwia badanie struktury plazmy uwięzionej w pętlach linii sił pola magnetycznego. Barwom odpowiada różna temperatura: niebieskiej – ponad pół miliona stopni, zielonej – ok. półtora miliona, czerwonej – prawie 5 milionów. Obecność subtelnych struktur o odmiennej barwie świadczy o tym, że procesy odpowiedzialne za ogrzewanie plazmy wykazują znaczne zróżnicowanie na stosunkowo niewielkim obszarze.

Wykonany pod patronatem NASA satelita TRACE miał uzupełniać dane zbierane przez SOHO w okresie wzrostu aktywności Słońca. Wobec zaistniałych problemów w łączności z wymienionym poprzednikiem, jego misja nabiera jeszcze większego znaczenia.



Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Pięknie dziękujemy za liczne listy. Tylko niektóre możemy we fragmentach zacytować w rubryce „Czytelnicy piszą", ale wszystkie czytamy i analizujemy z wielką uwagą. Cieszymy się, że los naszego czasopisma leży tak bardzo na sercu naszym Czytelnikom. Dziękujemy za Wasze dotychczasowe sugestie i rady. Z niektórych już skorzystaliśmy, inne będziemy wykorzystywali, przygotowując kolejne zeszyty. Prosimy o dalsze listy i pomoc w pozyskiwaniu nowych czytelników i prenumeratorów oraz redagowaniu ***naszego pisma.***

Bieżący numer otwiera artykuł Pana ***Romana Brzostkiewicza*** *z Dąbrowy Górniczej prezentujący najnowsze doniesienia z badań Księżyca. Pan Roman jest tak dalece zakochany w astronomii, że nawet na szpitalnym łóżku śledzi bieżącą literaturę dotyczącą badań ciał Systemu Słonecznego i dzieli się znalezionymi nowościami z nami, czytelnikami URANII. Życzymy Mu dużo zdrowia, a nam wszystkim kolejnych jego artykułów.*

Galaktyki są podstawowymi ogniwami struktury otaczającego nas Wszechświata. ***Docent Andrzej Sołtan*** *z Warszawy przedstawia nam (str. 202) ogólne cechy i podstawy klasyfikacji tych obiektów. Oprowadza nas po świecie galaktyk normalnych, zostawiając zapewne do następnego artykułu świat galaktyk osobliwych. A galaktyki widziane inaczej to temat jednej ze stron kolorowych wewnątrz tego zeszytu.*

Doktor Andrzej Niedzielski *z Torunia prezentuje na str. 206 nowy instrument Obserwatorium Toruńskiego: „małą kamerę" (średnica zaledwie 20 cm!) współpracującą z odbiornikiem CCD. Na przykładzie tego instrumentu najlepiej widzimy, jak bardzo zmieniają się współczesne możliwości obserwacyjne i jak niewielki instrument może się stać wartościowym narzędziem badawczym. Na taki instrument już stać niektórych polskich miłośników astronomii, a na pewno mogą sobie na niego pozwolić kluby czy inne milośnicze obserwatoria.*

Czy można popularyzować współczesną fizykę i astronomię, oddając dostatecznie wiernie aktualny stan naszej wiedzy w tych dziedzinach nauki? Czy popularyzując te nauki nie czynimy więcej szkody i zamętu w głowach naszych odbiorców? To zagadnienie porusza w swym dyskusyjnym felietonie o ubocznych skutkach popularyzacji fizyki i astronomii ***profesor Jerzy Sikorski*** *z Gdańska. A jakie jest na ten temat zdanie Państwa, naszych Czytelników?*

W lipcu bieżącego roku minęła 10 rocznica śmierci ***Docenta Jerzego Stodółkiewicza****. Sylwetkę tego wybitnego astronoma, wieloletniego Prezesa Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, dyrektora CAMK-u i redaktora „Postępów Astronomii" przypominamy na str. 225. Piszą o Nim Jego kolega, dyrektor CAMK profesor Józefa Smak i Jego uczeń i kontynuator badań — doktor Mirosław Giersz.*

Jak zwykle w „Rozmaitościach" donosimy o najnowszych odkryciach i nowych poglądach na różne zagadnienia badawcze. M.in. prezentujemy dotychczas odkryte pozasłoneczne planety i nowe obrazy Marsa. Nie zaniedbujemy też „Astronomii w szkole", gdzie piszemy o widmach gwiazdowych.

Na stronach kolorowych kontynuujemy przegląd Galerii Mgławic z katalogu Messiera i przedstawiamy najnowsze obrazy uzyskane przy pomocy teleskopu kosmicznego Hubble'a.

Wiele miejsca poświęcamy w tym zeszycie obu naszym Towarzystwom Astronomicznym. Publikujemy komunikaty PTA (uwaga — PTA organizuje w przyszłym roku wycieczkę w rejon całkowitego zaćmienia Słońca) i pełną informację adresową o PTMA. Aczkolwiek nie jesteśmy pismem do publikacji oryginalnych wyników obserwacji astronomicznych, publikujemy w tym zeszycie podsumowanie miłośniczych obserwacji komet opracowane przez dr Tomasza Ściężora. Ten sam Autor opracował dla nas przegląd zjawisk astronomicznych w listopadzie i grudniu br., czyli kalendarzyk astronomiczny. Publikujemy go na zwykłym miejscu, podobnie jak krzyżówkę i konkurs dotyczący znajomości Układu Słonecznego.

Życzę Państwu przyjemnej lektury

Andrzej Woszczyk

Toruń, w sierpniu 1998 r.

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA

Szanowny Panie Redaktorze,

[...] Z wykształcenia jestem inżynierem mechanikiem, a trudniłem się konstruowaniem różnego rodzaju maszyn. Od niedawna korzystam z dobrodziejstw emerytalnych. [...] Jestem długoletnim członkiem PTMA, w związku z czym byłem czytelnikiem URANII. [...] W sposób amatorski zajmowałem się — i trochę jeszcze zajmuję — astrooptyką. Jak to szumnie brzmi! Chodzi po prostu o wykonawstwo zwierciadeł i układów zwierciadeł. [...] **Zawsze frapowało mnie pytanie, jakiego kształtu zwierciadło wtórne może współpracować z głównym zwierciadłem sferycznym**. Nie znalazłem nigdzie informacji na ten temat [...] Starałem się wobec tego sam rozwiązać ten problem i [...] udało mi się wyprowadzić równanie krzywizny sferoidu. Cała sprawa nie została przeze mnie doprowadzona do końca, gdyż jestem za słaby w nietypowej matematyce. [...] Udało mi się jedynie doprowadzić do sytuacji umożliwiającej wykonanie takiego układu optycznego złożonego ze sfery i sferoidu. [...] zagadnienie jest ciekawe, aby nie powiedzieć fascynujące, tak od strony matematycznej, jak i wykonawczej. [...].Spodziewam się, że Redakcja ma kontakt z odpowiednim specjalistą, z którym mógłbym wymienić informacje. [...] **chodzi o równanie powierzchni współpracującej z głównym zwierciadłem sferycznym**. Może Redakcja nawiąże kontakt z kimś, kto potrafi to zagadnienie przedstawić w rzeczowym artykule w URANII-PA, co na pewno zainteresuje wielu czytelników [...]

Adam Mierzejewski
Chorzów

Red.: *W rozmowie telefonicznej staraliśmy się, po pierwsze, przekazać naszemu Czytelnikowi informację, że takie układy optyczne, o które Mu chodzi, istnieją w sytuacjach adaptacji teleskopów Schmidta do pracy w układach Cassegraina lub coude i mają quasi-hiperboliczne lustra wtórne (np. teleskopy Schmidta-Cassegraina produkcji Zeissa w Tautenbergu czy w Toruniu), a po drugie, wskazać osoby i instytucje, z którymi mógłby podjąć merytoryczną wymianę zdań na ten temat. W konkluzji, w kolejnym liście, Pan Mierzejewski sformułował swoją prośbę tak, jak to przytaczamy powyżej. Publikując fragmenty Jego listów, zachęcamy kompetentnych autorów do nawiązania korespondencji z Autorem listu lub wypowiedzi na powyższy temat na łamach „Uranii-Postępów Astronomii".*

***

Otrzymałem trzeci egzemplarz „Uranii-Postępy Astronomii" i chcę się odnieść do problemu, jaki Pan przedstawił na łamach czasopisma. Napisał Pan, cytuję: „Gdyby każdy z Was nakłonił choćby jednego znajomego do zaprenumerowania naszego pisma, to czulibyśmy się lepiej." Nie dziwię się Panu, że się Pan martwi. Na stronie „Czytelnicy piszą" listy z pochwałami i praktycznie nic poza tym. Ja to już znam, ale pamiętam, że to wiele dobrego nie przyniosło. [...] Żeby przyciągnąć nowych czytelników, jest sposób i to prosty. „Urania-Postępy Astronomii" powinna być redagowana do szerszego ogółu czytelników. Wśród miłośników astronomii mamy miłośników z tytułami i takich, którzy tytułów nie mają, i do tej grupy należałoby skierować pewną część pisma. [...]

Czy nie można by więcej amatorskich zdjęć, więcej na temat instrumentów astronomii amatorskiej [...], więcej artykułów napisanych przez miłośników astronomii? Temat ten by zainteresował większe rzesze początkujących miłośników astronomii, a co za tym idzie, zwiększyłby się nakład pisma.

[...] Miłośnicy astronomii są to osoby, które do pracy astronoma amatora dokładają z własnego budżetu. Jeżeli ich pracy się nie docenia, z początku czują żal, wreszcie rezygnują i ich kierunek zainteresowania pada na inny cel. Kto na tym traci, nie muszę pisać.

Przy okazji chciałbym się odnieść do jednego listu. Zamieszczanie listów w stylu, że wreszcie „Urania-Postępy Astronomii" może wejść do Europy, jest wyrazem braku samokrytycyzmu. Polska Nauka nie musi wchodzić do Europy, ona w niej jest i to w samym środku!

[...] Może mój list będzie cząstką tego, że pismo „Urania-Postępy Astronomii" stanie się miesięcznikiem, czego życzę Państwu i sobie.

Jerzy Zagrodnik
Krosno

Red.: *Bardzo dziękujemy za wnikliwą analizę naszego Pisma i cenne rady. Podzielamy Pańskie zdanie i już w tym zeszycie w dużym stopniu dajemy temu wyraz. A nowych czytelników i prenumeratorów ciągle potrzebujemy! Potrzebujemy też korespondentów i autorów ciekawych i rzeczowych artykułów.*

***

Uprzejmie dziękuję za wydrukowanie mojego artykułu. Prosiłabym jednak o sprostowanie danych na mój temat: otóż jeśli piszecie Państwo: absolwent, to ja jestem absolwentem astronomii, i fizyki teoretycznej, i kulturoznawstwa (mam 3 oddzielne dyplomy magisterskie).

Natomiast nie jestem „doktorem UAM" (ani filozofii, ani niczego innego), tylko doktorem astronomii Uniwersytetu Jagiellońskiego, czym się szczycę [...] Prawdą natomiast jest, że w tej chwili jestem adiunktem Instytutu Filozofii UAM.

Serdecznie pozdrawiam, ślę ukłony i najlepsze życzenia wakacyjne!!!

Honorata Korpikiewicz
Puszczykowo

***

Szanowna Redakcjo!

Ośmielam się przedstawić propozycję przyszłych tematów artykułów:

1) Planety wokół innych gwiazd.
2) „COROT – co kryje się za tym skrótem? Parametry teleskopu, założenia badawcze projektu.
3) Jak sprawuje się „nasz" chilijski teleskop?

Cieszę się, że Redakcja nie zapomniała o losach VLT – materiał o nim był wspaniały. Może jest to najlepsza rzecz, jaką zostawia po sobie Europa końca XX wieku? Może to „Signum temporis" następnego stulecia – mniej brutalnego, bardziej uduchowionego. Może Europa wróci do roli naukowej kolebki tytanów na miarę Kopernika, Galileusza, Newtona...

Dariusz Dziedzic
Bytom

Red. *Pięknie dziękujemy za powyższe sugestie. Będziemy się starali je realizować. Pierwszy temat poruszamy już w tym zeszycie.*

Tu może być reklama Twojej Firmy!

Nasz cennik jest następujący:
cała strona kolorowa: 1000.00 zl
cała strona czarno-biała: 400.00 zl
Przy mniejszych formatach dla stron czarno-białych:
1/2 str.: 300.00 zł
1/4 str.: 200.00 zł
1/8 str.: 100.00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł". Podobnie jest ze stroną kolorową.
Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

Zapraszamy na nasze internetowe strony!

http://urania.camk.edu.pl

Reklamodawcom proponujemy miejsce dla reklamy ich produktów na dogodnych warunkach!

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe poprzez połączenie się „**Uranii**" — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 roku i „**Postępów Astronomii**" — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 roku. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN i Komitet Astronomii PAN.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK W-wa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet M.Kopernika
ul.Chopina 12/18
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 62 19 381

Poczta elektroniczna (E-mail adress):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Barbara Gertner, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: basia@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 1998 kosztuje 36 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 6 zł.

Numer zamknięto w sierpniu 1998

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formułowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

W NUMERZE

196 ***Nowinki z Księżyca***
Stanisław R. Brzostkiewicz

Sonda Clementine 1 i Lunar Prospector otworzyły nowy etap badań Księżyca. Miliony obrazów Srebrnego Globu przez nie przekazane na Ziemię są wnikliwie analizowane i stanowią podstawę do zaskakujących odkryć.

202 ***Galaktyki normalne***
Andrzej M. Sołtan

Na wzór botaników pragnących zrozumieć świat roślin, astronomowie stanęli wobec konieczności skonstruowania systematyki galaktyk, która, wykorzystując wybrane cechy galaktyk, pozwoliłaby uporządkować naszą o nich wiedzę, a być może również stanowiła naturalną podstawę do zrozumienia źródeł różnorodności. Współczesne poglądy na naturę oraz powstawanie i ewolucję galaktyk są przedmiotem tych rozważań.

206 ***Nowa „mała kamera" w Piwnicach***
Andrzej Niedzielski

Małą rzecz, a cieszy! Niewielki teleskop może stać się wartościowym instrumentem badawczym. Tajemnica zawarta jest w zastosowaniu informatyki i nowoczesnych odbiorników promieniowania oraz odpowiedniego programu badawczego.

teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje: *Narodziny gwiazd w Małym Obłoku Magellana (wkł.IV); Biały karzeł w Kokonie (okł.IV)*

rozmaitości: *Wielka Czerwona Plama (211); Mars z bliska (212); Nowe planety (214); Czarne serce Galaktyki (216); Galaktyki widziane inaczej (216)*

w kraju: *Komunikaty PTA (222); Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii (223); Sprawozdanie z trzecich bieszczadzkich spotkań dyskusyjnych: „Pola elektromagnetyczne ELF w astrofizyce i medycynie" (224)*

217 ***niebo nad nami:*** *Wielki Kwadrat Pegaza*

218 ***w kolorze i nie tylko:*** *Klejnoty w sercu Mlecznej Drogi (M6–M8)*

220 ***polemiki:*** *Uboczne skutki popularyzacji fizyki i astronomii*

225 ***sylwetki Uranii:*** *Jerzy S. Stodółkiewicz (1933–1988)*

226 ***miłośnicy astronomii obserwują:*** *Obserwacje komet w Sekcji Obserwacji Komet PTMA*

230 ***poradnik obserwatora:*** *Lorneta czy luneta?*

232 ***astronomia w szkole:*** *Widma gwiazd — dlaczego takie są?*

234 ***kalendarz astronomiczny '98:*** *listopad — grudzień*

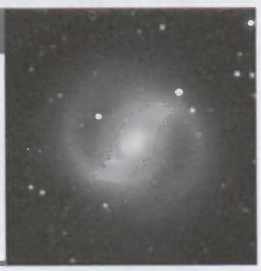
240 ***konkurs:*** *Czy znasz Układ Słoneczny? (cz. III)*

240 ***krzyżówka***

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)

NA OKŁADCE

Wykonane w grudniu 1995 r. zdjęcie (kamera WFPC2 teleskopu kosmicznego Hubble'a) przedstawia centralny obszar galaktyki spiralnej z poprzeczką — NGC 4314 (patrz zdjęcie obok). W ciągu minionych 5 milionów lat młode gwiazdy rodziły się w skupiskach, otaczających jasnym pierścieniem jądro galaktyki.



Stanisław R. Brzostkiewicz

Nowinki z Księżyca

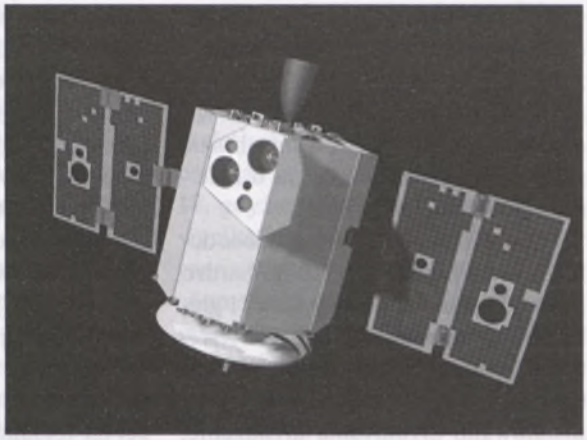
Wyprawy załogowe programu Apollo to jakby ukoronowanie pierwszego etapu współczesnych badań Księżyca. Okazały się one nadzwyczaj owocne, nasza wiedza o kosmicznym sąsiedzie Ziemi niepomiernie wzrosła, wiele problemów zostało definitywnie rozwiązanych, lecz pojawiły się nowe pytania i na niektóre z nich niełatwo będzie udzielić odpowiedzi. Wielu badaczy było nawet przekonanych, że stanie się to możliwe dopiero wtedy, gdy na Srebrnym Globie pojawią się stałe bazy załogowe. Tymczasem wcale nie jest aż tak źle, a dowodem tego są wyniki uzyskane w ostatnich latach za pomocą sond Clementine 1 i Lunar Prospector, przy konstrukcji których wykorzystano doświadczenia zdobyte podczas dotychczasowych eksperymentów astronautycznych i które wyposażono w aparaturę naukową najnowszej generacji. Inaczej mówiąc — te dwie misje otwierają zupełnie nowy etap w badaniach Księżyca.

Podstawowe informacje o przebiegu misji Clementine 1 były już publikowane na łamach Uranii i chyba nie ma potrzeby ich tu powtarzać. Należy może jedynie przypomnieć, że sonda ta badała Księżyc w roku 1994 i przekazała na Ziemię nie tylko ponad dwa miliony doskonałych obrazów jego powierzchni, ale i wiele innych danych. Ten obfity materiał obserwacyjny jest wciąż wnikliwie analizowany, toteż nieustannie dowiadujemy się czegoś nowego o naszym sąsiedzie kosmicznym, o procesach przebiegających na nim w bliższej i dalszej przeszłości. Na ten temat wiele mówi najnowsza mapa geologiczna Księżyca, opracowana właśnie na podstawie materiałów uzyskanych za pomocą sondy Clementine 1, umożliwiająca odczytanie wydarzeń rozgrywających się tam przed miliardami lat. Chodzi tu głównie o upadki większych i mniejszych brył meteorytowych, wybijających w księżycowej skorupie większe i mniejsze kotliny, zwane powszechnie kraterami. Są one — jak nam od dawna wiadomo — liczne i sprawiają wrażenie, że Księżyc obserwowany przez małą lunetę wydaje się być mocno podziurawiony i przypomina — na co już w roku 1610 zwrócił uwagę Galileusz — przekrojony ser szwajcarski. Dla ówczesnych uczonych powyższe odkrycie było dużym zaskoczeniem, bo przecież byli święcie przekonani, że Księżyc i wszystkie inne ciała niebieskie są doskonałymi, gładkimi kulami. Dziś nie ma już takich uczonych i trudno byłoby spotkać kogoś, kto odrzucałby teorię głoszącą, że na glob księżycowy spadały i nadal spadają różnej wielkości bryły meteorytowe. Najintensywniej odbywało się to w początkowym okresie istnienia Układu Słonecznego i ten właśnie okres zwiemy niekiedy okresem wielkiego bombardowania. Spadały wtedy na Księżyc duże planetoidy i przebijały nie tylko jego stosunkowo cienką skorupę, ale naruszały nawet — jak to wykazują badania wykonane za pomocą sondy Clementine 1 — górne warstwy tamtejszego płaszcza.

A co możemy dziś powiedzieć o odkrytym w ostatnich latach ogromnym basenie South Pole – Aitken? Przed rokiem 1990 o jego istnieniu nikt nie wiedział, gdyż okolice południowego bieguna Księżyca były słabo zbadane (białe plamy na mapie) i lukę tę wypełniły dopiero obrazy uzyskane za pomocą mknącej ku Jowiszowi sondy Galileo. Wnikliwa zaś analiza obrazów przekazanych przez sondę Clementine 1 doprowadziła uczonych do wniosku, iż basen South Pole – Aitken to w rzeczywistości twór podwójny, powstały w rezultacie upadków dwóch dużych planetoid. Spadły w krótkich odstępach czasu i wybiły w skorupie Księżyca blisko siebie kotliny, które zlały się i utworzyły jeden ogromny basen, mający około 2500 km średnicy i głębokość dochodzącą do 13 km. Wielu badaczy przyjmuje, że jest to największy twór uderzeniowy nie tylko na Księżycu, ale i w całym Układzie Słonecznym. Trudno przecież zakładać, aby znalazł się jeszcze większy twór, chociaż takiej możliwości całkowicie wykluczyć nie można. Niekiedy bowiem basen bywa silnie zamaskowany i nie tak łatwo ustalić jego brzegi, o czym swego czasu przekonał się William K. Hartmann. Był on przekonany, że basen Mendel-Rydbergov to bardzo duży twór, a w rzeczywistości — jak to wykazały materiały uzyskane w ramach misji

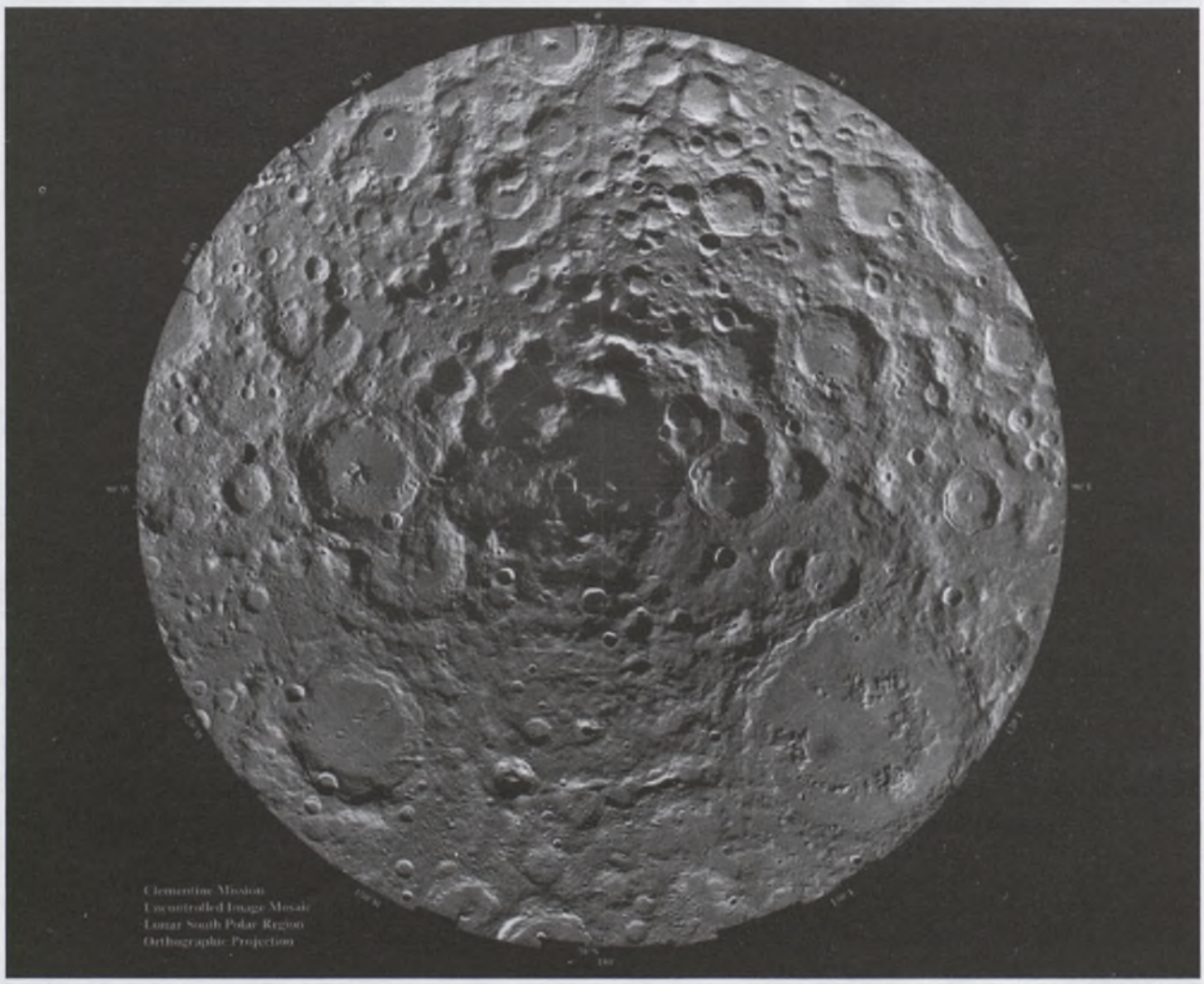
Clementine 1 — ma on tylko 600 km średnicy. Po prostu pomyłka nastąpiła na skutek błędnej interpretacji obrazów przekazanych przez sondy Lunar Orbiter.

Podczas formowania się tego lub innego basenu ze skorupy Srebrnego Globu zostały wyrwane ogromne ilości materii. Była ona pokruszona i wyrzucana nawet do wysokości około 400 km, osiągając czasem prędkość ucieczki i tym samym odlatując bezpowrotnie w przestrzeń kosmiczną. Znaczne jednak ilości rozkruszonej materii spadły na powierzchnię Księżyca i wokół wybitych basenów tworzyły koliste wały górskie. Niestety, większość tych pierścieniowych struktur została częściowo lub całkowicie zniszczona w wyniku późniejszych procesów i dlatego dziś nie zawsze możemy rozpoznać pierwotną granicę danego basenu. Zdarza się jednak i tak, że fragmenty takich wałów dobrze się zachowały i dziś możemy je obserwować jako łańcuchy górskie otaczające wokół daną kotlinę, a najlepszym takim przykładem może być basen Mare Imbrium (Montes Jura, Montes Alpes, Montes Caucasus, Montes Apeninus, Montes Carpatus) i basen Mare Serenitatis (Montes Haemus). Ale i w danym przypadku Matka Natura była dla nas łaskawa, bo przecież na powierzchni Księżyca zachował się basen w prawie nie naruszonym stanie i choć z Ziemi bardzo trudno go obserwować, to jednak na obrazach otrzymanych za pomocą sond kosmicznych prezentuje się wspaniale. Mamy oczywiście na myśli basen Mare Orientale, znajdujący się w pasie libracyjnym Księżyca, gdzie leżące twory na skutek skrótu perspektywicznego są dla naziemnych obserwatorów mocno zniekształcone.



Sonda Clementine 1 w całej okazałości.

Tak więc prawdziwe oblicze tego basenu zobaczyliśmy dopiero na obrazach przekazanych przez sondy Lunar Orbiter, które wprawdzie ustępują obrazom uzyskanym z Clementine 1, lecz one już pokazują ten młody twór bez wspomnianych wyżej zniekształceń. Widzimy więc, że mający około 930 km średnicy i aż 7 km głębokości basen Mare Orientale otoczony jest dobrze zachowanym pierścieniem gór-

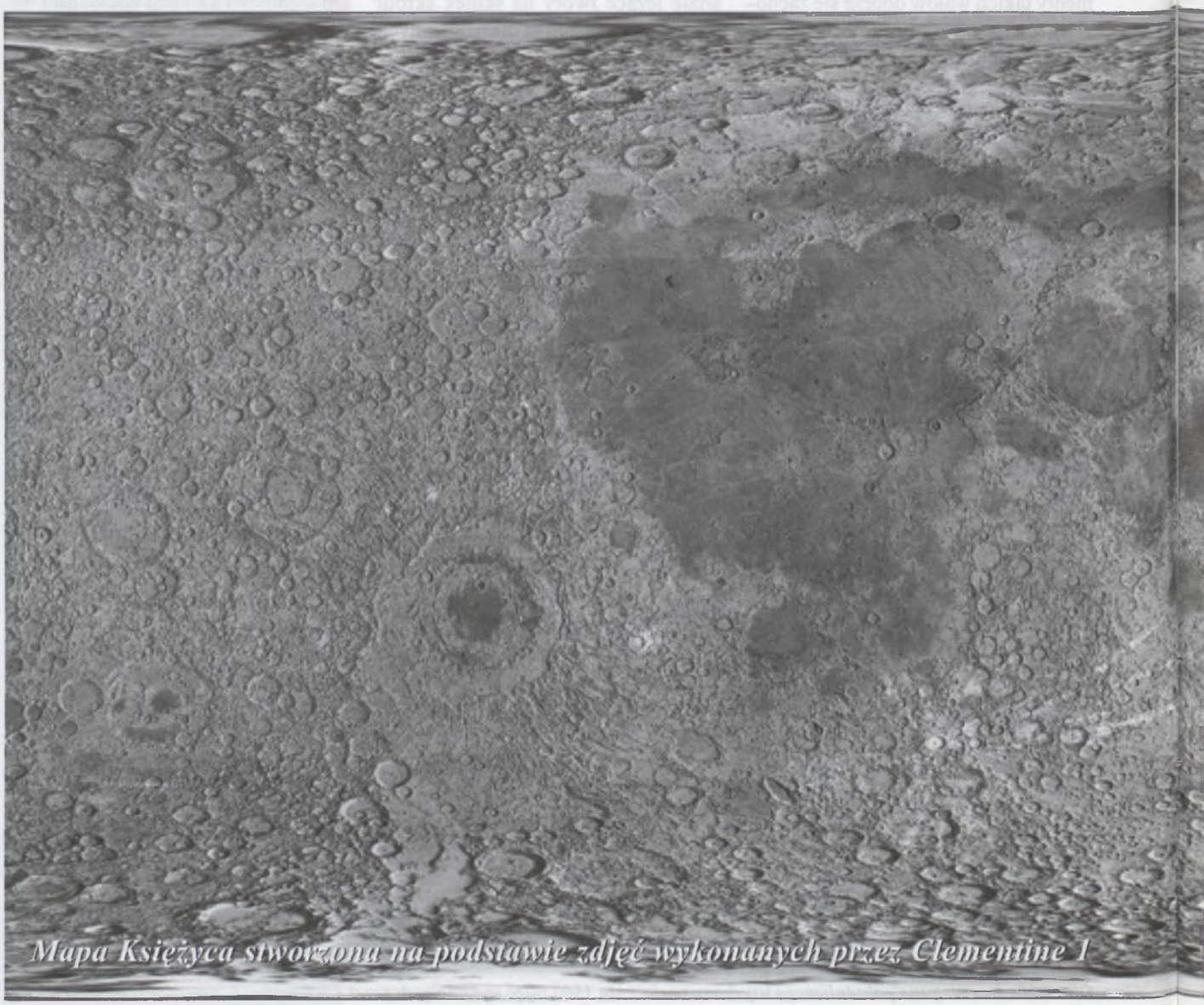


Obraz obszaru bieguna południowego uzyskany ze złożenia 1500 zdjęć wykonanych przez Clementine 1. Fot. Naval Research Lab.

skim i z uwagi na wygląd planetolodzy niekiedy żartobliwie zwą go „okiem byka". Jego prawie nie naruszony wał górski jest wspaniale widoczny na trójwymiarowym obrazie skomponowanym w oparciu o materiały z sondy Clementine 1.

Obecnie uczeni dysponują dość dokładnymi i przede wszystkim bardzo licznymi pomiarami wysokości i głębokości tworów topograficznych Księżyca. Zawdzięczają to właśnie sondzie Clementine 1, na pokładzie której zainstalowano przemyślne urządzenie, zwane altymetrem laserowym. Spisał się on wspaniale i dostarczył znacznie bogatszego materiału niż pomiary wykonywane podczas wypraw załogowych Apollo, bo te były mniej dokładne i obejmowały jedynie twory leżące w pasie równikowym. Tymczasem analogiczne badania wykonane w ramach misji Clementine 1 obejmują całą powierzchnię Księżyca, toteż można było poznać globalny kształt naszego sąsiada kosmicznego, dowiedzieć się czegoś bliższego o występujących na jego powierzchni tworach topograficznych. Po prostu altymetr laserowy „obmacał" powierzchnię globu księżycowego pulsami skoncentrowanego światła, przy czym jeden puls przypadał na jedną sekundę. Na podstawie czasu, podczas którego promień światła docierał do badanego tworu i odbity od niego powracał do krążącej na wysokości 400 km sondy Clementine 1, można było z dużą precyzją określić wysokość lub głębokość badanego tworu. Wnikliwa analiza uzyskanego w ten sposób materiału wykazała, że różnica pomiędzy najwyższym a najniższym punktem na Księżycu jest zaskakująco duża, przekracza bowiem aż 16 km. Analogiczna różnica na Ziemi jest mało co większa, wynosi przecież niecałe 20 km (Mt Everest — Rów Mariański). Ma ona zaś prawie czterokrotnie większą średnicę od globu księżycowego.

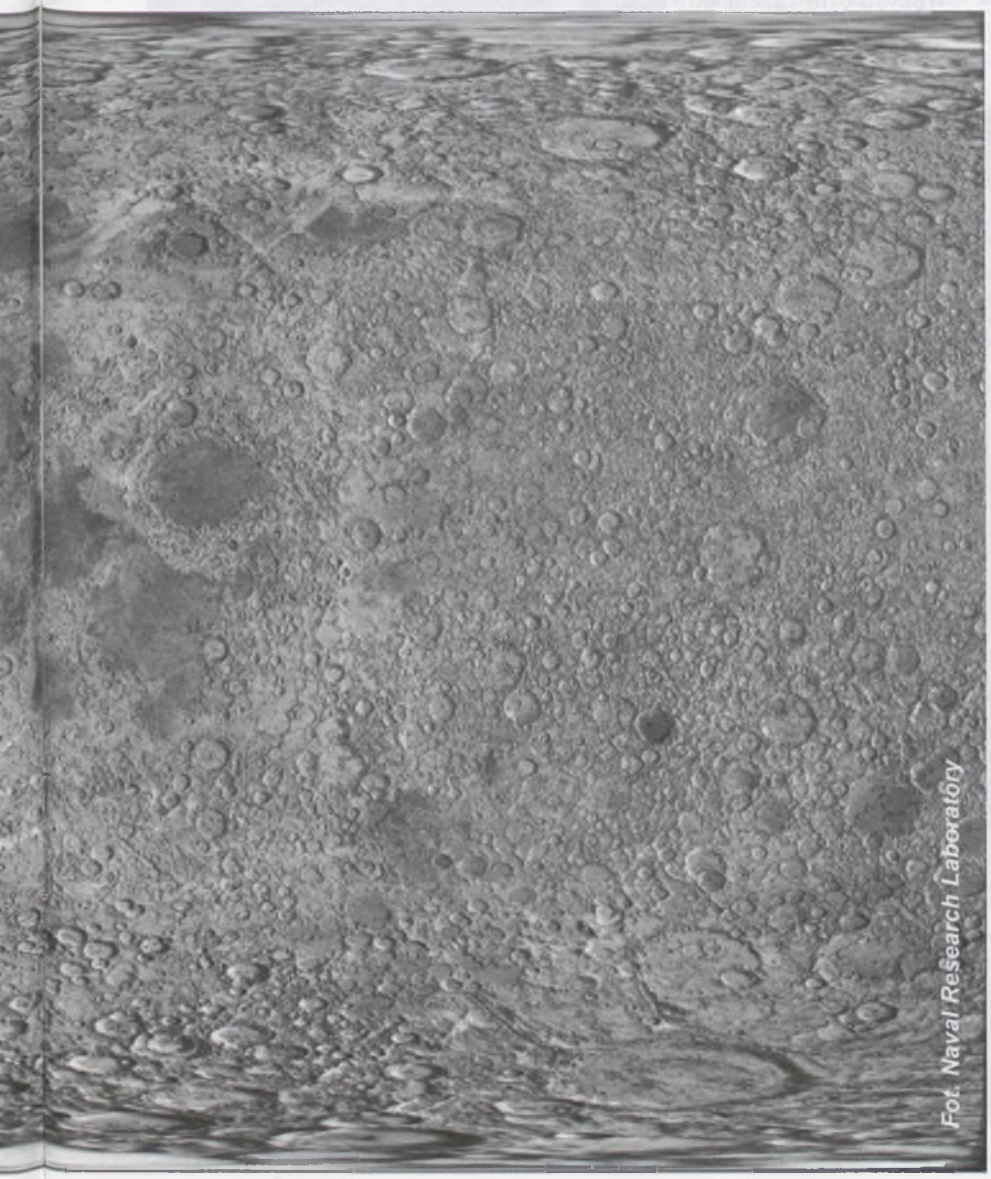
Najnowsze badania Księżyca ujawniły więcej podobnych niespodzianek. Zanim jednak przystąpimy do omówienia następnej, to koniecznie musimy wspomnieć o upadkach planetoid i ogromnych kotlinach wybitych przez nie w skorupie globu księżycowego. Z czasem niektóre z tych kotlin wypełniła wypływająca z wnętrza Księżyca lawa, która potem zastygała i utworzyła coś w rodzaju pokryw lawowych. Są to właśnie owe ciemne, rzadziej pokryte kraterami obszary, nazwane przez pierwszych obserwatorów morzami. Występują one głównie na zwróconej ku naszej planecie półkuli Srebrnego Globu, z czego można wyciągnąć dwa interesujące wnioski: po pierwsze — w tym czasie jego ro-



Mapa Księżyca stworzona na podstawie zdjęć wykonanych przez Clementine 1

tacja musiała już być w pełni zsynchronizowana z obiegiem orbitalnym, a po drugie — w procesie powstawania wspomnianych pokryw lawowych dużą rolę musiały odgrywać siły pływowe Ziemi. W każdym razie na odwrotnej stronie Księżyca mórz jest niewiele, chociaż i tam spadały niegdyś planetoidy i wybijały w księżycowej skorupie wielkie kotliny. Jedno zdaje się nie ulegać wątpliwości — wypływająca z wnętrza Księżyca lawa nie mogła zrekompensować tych ogromnych ubytków materii i wobec tego kotliny powinny wykazywać jakieś anomalie grawitacyjne, a czegoś podobnego nie stwierdzono. Czyżby powyższy fakt potwierdzał jedynie od dawna głoszoną tezę, iż w czasie formowania się basenów uderzeniowych wnętrze Księżyca było jeszcze plastyczne i materia mogła się tam swobodnie przemieszczać? A może wspomniany wyżej ubytek materii w księżycowej skorupie zrekompensowały zaryte w tamtejszym płaszczu fragmenty spadłych planetoid?

Z takimi i znacznie trudniejszymi do rozwiązania problemami współcześni planetolodzy spotykają się niemal na każdym kroku. No bo cóż dziś można bliższego powiedzieć o kraterach otoczonych wokół tajemniczymi „zawojami", przypominającymi bardzo cienkie warstwy świeżego śniegu i przebijającymi przez nie ciemnymi bruzdami? Typowym tego przykładem jest krater Reiner Gamma, mający zaledwie 30 km średnicy i leżący w południowo-wschodniej części basenu Oceanus Procelarum. Twory te wykazują wyraźne pole magnetyczne, powstałe — zdaniem niektórych planetologów — przed miliardami lat i dziś zamarznięte w pyle księżycowym. Pewne informacje o tym pierwotnym magnetyzmie Księżyca już mieliśmy, dostarczyły ich bowiem składy przywiezione na Ziemię przez wyprawę Apollo 11. O wiele jednak bardziej zaskakującym było odkrycie dokonane podczas wypraw Apollo 15 i Apollo 17, gdyż z badań tych jednoznacznie wynika, iż w niektórych basenach uderzeniowych występują zagadkowe anomalie magnetyczne. Idzie tu o tak młode baseny uderzeniowe jak Mare Orientale, Mare Imbrium, Mare Serenitatis i Marte Crisium.


Fot. Naval Research Laboratory

Niestety, na ten temat — podobnie jak na temat zawojów krateru Rainer Gamma — na razie nic pewnego nie potrafimy powiedzieć.

W ramach misji Clementine 1 uzyskano wiele interesujących danych na temat owego tajemniczego magnetyzmu. Nie przybliżyły nas one do rozwiązania problemu, bo wprawdzie pojawiło się parę ciekawych koncepcji, lecz żadna z nich nie jest bardziej wiarygodna od pozostałych. I tak na przykład niektórzy planetolodzy przypuszczają, iż wspomniane anomalie magnetyczne związane są z planetoidami wybijającymi w skorupie naszego sąsiada kosmicznego ogromne baseny, zwłaszcza te najmłodsze. Spadły one na glob księżycowy w krótkich odstępach czasu (oczywiście w astronomicznej skali czasu), a ponieważ jego wnętrze było wtedy jeszcze plastyczne, pojawiły się w nim procesy dające analogiczne efekty jak model dynama.

Druga grupa uczonych opowiada się raczej za wiatrem słonecznym omiatającym glob Księżyca i wytwarzającym pole magnetyczne. Jeszcze inna koncepcja głosi, iż owe anomalie związane są z dużą kometą mającą około 20 milionów lat temu zbliżyć się do układu Ziemia–Księżyc.

Wiadomo przecież, że te urocze ciała kosmiczne posiadają ogromne głowy, zawierające nie tylko uwolnione z jądra kometarnego gazy, ale i naładowane cząstki materii.

Gdy więc taka głowa spadła na glob księżycowy lub nawet tylko otarła się o niego, to — jak sądził Peter Schultz i inni planetolodzy — mogło to dać analogiczne efekty do wiatru słonecznego. Jest to równie interesująca koncepcja, lecz podobnie jak dwie poprzednie zawierająca wiele braków i w żadnym przypadku jej też nie moż-

na w pełni akceptować. Musimy poczekać na wyniki badań dokonanych w ramach misji Lunar Prospector, bo one dopiero mogą dać jakieś definitywne rozstrzygnięcie zagadki.

A może naturę owych anomalii magnetycznych poznamy dopiero po zrealizowaniu planowych eksperymentów astronautycznych? Zapewne wiele podobnych niejasności związanych jest z wulkanizmem księżycowym.

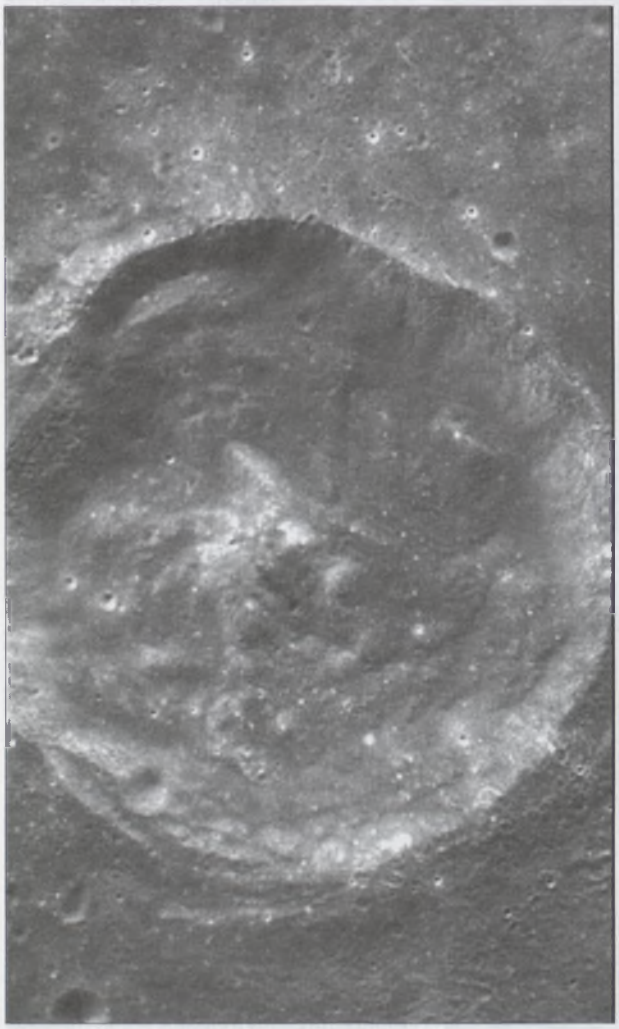
Nie chodzi tu tylko o wypływające z wnętrza Księżyca potoki lawy i powstające z nich pokrywy lawowe niektórych basenów, lecz przede wszystkim o inne przejawy aktywności wulkanicznych i tektonicznych.

Do nich wypada zaliczyć nie tylko słabo dotąd poznane kopuły i mało co bardziej zbadane szczeliny, ale i wiele innych formacji topograficznych Księżyca. Za przykład niech posłuży leżąca w północnej części Oceanus Procellarum niezwykła wyżyna, na której usadowione są kratery Aristarchus i Herodotus, a którą od południa przecina kręta dolina zwana Doliną Schretera (Vallis Schreteri).

Jest to nadzwyczaj interesująca okolica Księżyca wnikliwie obserwowana niemal od czasów Galileusza, bo astronomowie już dość wcześnie spostrzegli wyjątkowość tamtejszego krajobrazu. Szczególnie uwagę przykuwał krater Aristarch, mający wprawdzie tylko 45 km średnicy, lecz charakteryzujący się wyjątkowo dużą jasnością. W dodatku koronę tego krateru można dostrzec na długo przed wschodem Słońca nad omawianą okolicą Księżyca, z czego niekiedy wysuwano zbyt pochopne wnioski.

I tak William Herschel był przekonany, że widzi erupcję wulkaniczną, a inni obserwatorzy dla odmiany dostrzegali gazy unoszące się nad tym kraterem.

Wszystko to razem dowodzi, iż krater ten mający — jak się dziś ocenia — najwyżej 450 lat leży faktycznie na wyżynie i jego korona góruje nad okolicą.



Krater Rydberg

Jednak o wiele wyższa jest położona nieco dalej na zachód wyspa zastygłej lawy, dla odmiany bardzo ciemna, na co jako pierwszy zwrócił uwagę Jan Heweliusz. Wszystko to razem mówi o burzliwych procesach, które przebiegały tu już przed miliardami lat i w późniejszych dziejach Księżyca.

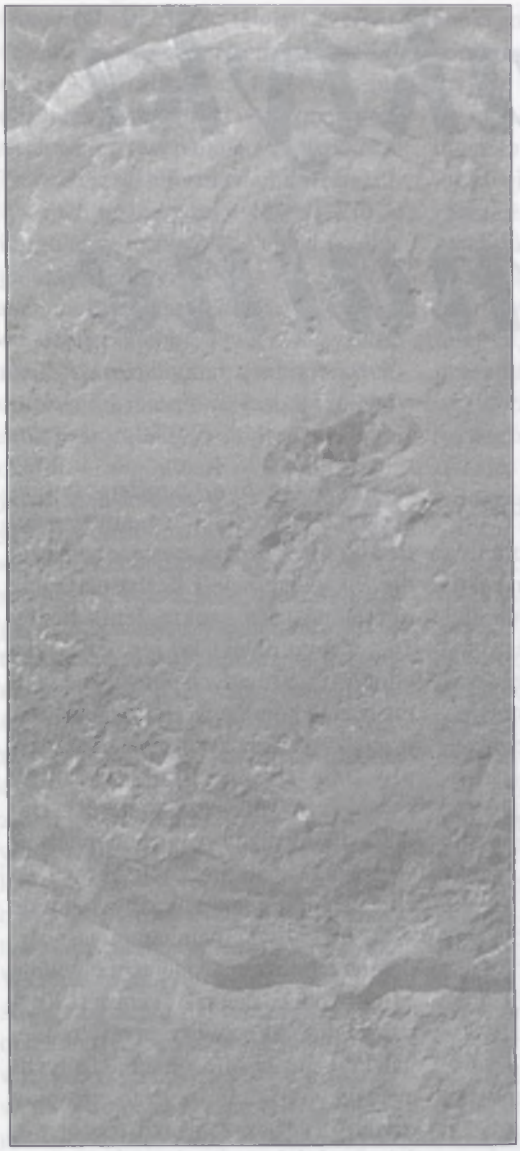
Być może jakieś nowe światło na przebiegające procesy rzucą obrazy uzyskane w ramach misji sondy Clementine 1. Na wzmiance o kraterze Arystarch i jego otoczeniu należałoby zakończyć artykuł poświęcony księżycowym nowinkom. Byłby on jednak niepełny, gdybyśmy nie wspomnieli o najbardziej sensacyjnym odkryciu, bo za takie należy chyba uznać stwierdzenie występowania lodu wodnego na Księżycu.

Ma on znajdować się w centralnych obszarach basenu South Pole — Aitken, dokąd Słońce nigdy nie zagląda i stale panuje tam siarczysty mróz. Postanowiono bliżej się tym zainteresować, dowiedzieć czegoś bliższego na ten temat, a przede wszystkim sprawdzić, czy analogicznych zasobów wody nie ma przy północnym biegunie Księżyca.

Zadanie to powierzono sondzie Lunar Prospector, która z Ziemi wystartowała 7 stycznia 1998 roku i po około 140 godzinach lotu zaczęła poruszać się po orbicie okołoksiężycowej.

Tym razem do poszukiwania wody na Księżycu zastosowano nieco inną metodę niż podczas misji Clementine 1. Po prostu na pokładzie sondy Lunar Prospector zainstalowano spektrometr neutronowy, zdolny rejestrować procesy przebiegające na powierzchni globu księżycowego, nieustannie bombardowanego przez nadlatujące z dużą energią cząstki promieniowania kosmicznego.

Wymieniają one w tamtejszym gruncie neutrony, przy czym część z nich uzyskuje duże prędkości, emituje promieniowanie gamma i bezpowrotnie umyka w przestrzeń kosmiczną. Część jednak z powrotem opada na powierzchnię Księżyca i zderzając się z różnymi atomami traci pierwotną prędkość, a najwydajniej ujawnia się to przy zderzeniu neutronu z atomem wodoru, co oczywiście dokładnie rejestruje wspomniany spektrometr. Jest to więc metoda stosunkowo prosta i jednocześnie pewna, ale zbyt pracochłonna i na przebadanie całego Księżyca potrzeba było aż pół roku. Jednak na zbadanie okolic okołobiegunowych wystarczyło tylko kilka dni, toteż Alan Binder na zwołanej już 5 marca konferencji podał sensacyjną wiadomość: Lunar Prospector potwierdził występowanie na Księżycu lodu wodnego, który znajduje się przy tym nie tylko w okolicy południowego, ale i w okolicy północnego bieguna, gdzie jest go nawet dużo więcej.



Krater Tycho

Niestety, nic więcej na ten temat nie potrafimy powiedzieć, gdyż aparatura sondy Lunar Prospector zdolna jest przeniknąć tylko do pół metra pod powierzchnię Księżyca, a lód wodny może znajdować się dużo głębiej. W każdym razie nie ma go tam zbyt dużo, najprawdopodobniej stanowi on nie więcej niż 0.3–1 % zawartości tamtejszego regolitu. Tym niemniej z metra sześciennego takiej materii można uzyskać parę litrów wody, czyli znowu nie tak mało. Ogółem na Księżycu — jak się dziś ocenia — znajduje się około od 10 do 30 milionów ton wody.

Omówione powyżej odkrycie zaskoczyło wielu znanych uczonych. W ten sposób potwierdziła się stara prawda, że śmiałe myśli po wielu latach zazwyczaj ulegają zapomnieniu, zwłaszcza gdy formułowane są przez zbyt młodych badaczy. Warto bowiem przypomnieć: Bruce Murray wraz ze swymi współpracownikami już w roku 1961 wystąpił z niezwykłą — jak się wówczas wydawało — tezą, iż na Księżycu może znajdować się woda w postaci lodu.

Słońce, na co zwrócili uwagę młodzi uczeni amerykańscy, na księżycowym niebie zawsze znajduje się blisko tamtejszego równika (odchylenia nie przekraczają 1.5 stopnia), a zatem — jak łatwo wykazać to rachunkiem — do kraterów położonych blisko biegunów nigdy nie zagląda i dna ich pogrążone są w wiecznej nocy. Musi zatem w nich panować niska temperatura, nie podnosi się ona nigdy powyżej 63 K (–210°C), czyli znajdujący się tam lód mógłby przetrwać miliony lat. Jeżeli więc do podbiegunowych kraterów na Księżycu spadły kiedyś jądra kometarne lub ich fragmenty, wówczas mamy rozwiązanie całej zagadki.

Myśli młodych badaczy w całej rozciągłości się sprawdziły, z czego powinni się cieszyć członkowie mających tam powstać stałych baz naukowych. Po prostu nie będą musieli przewozić wody z Ziemi na Księżyc.

Ale przecież Lunar Prospector miał nie tylko potwierdzić występowanie na Księżycu lodu wodnego i uzyskać na ten temat możliwie najwięcej informacji. Od tej misji uczeni oczekują o wiele więcej, toteż sonda została wyposażona w różnorodną aparaturę i spektrometr neutronowy to tylko jeden z jej przyrządów naukowych. Takim przyrządem jest na przykład magnetometr, służący — jak sama nazwa wskazuje — do pomiaru pola magnetycznego Księżyca.

Idzie przede wszystkim o tamtejszy paleomagnetyzm i jego pochodzenie, a także o uzyskanie jakichś bliższych informacji o tamtejszym jądrze (jego wielkość i skład chemiczny). Za pomocą spektrometru cząstek alfa dowiemy się czegoś bliższego o gazach promieniotwórczych, uwalnianych z wnętrza Księżyca przez znajdujące się tam pierwiastki promieniotwórcze.

Pozwoli to może nie tylko dowiedzieć się czegoś bliższego o tamtejszej aktywności tektonicznej i wulkanicznej, ale może również rzucić jakieś światło na zjawisko, nad którym planetolodzy zastanawiają się już od czterdziestu lat. Mowa oczywiście o zjawisku obserwowanym w roku 1958 przez Mikołaja A. Kozyrewa w kraterze Alfons, o czym swego czasu było bardzo głośno, lecz sprawa ta nadal stanowi zagadkę.

No i wreszcie, choć krótko, należy wspomnieć o spektrometrze promieniowania gamma, mającym dostarczyć nam nowych informacji o składzie chemicznym księżycowej skorupy, a przynajmniej o jej najważniejszych składnikach. Są nimi — jak to wynika z przekazanych już danych — następujące pierwiastki:

żelazo	3 — 13 %
glin	5 — 13 %
tlen	41 — 46 %
krzem	18 — 22 %
siarka	2 — 6 %
wapń	8 — 13 %

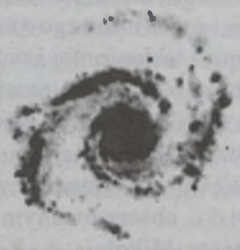
Czyżby miały to być już ostatnie nowinki uzyskane z Księżyca w tym stuleciu?

Raczej nie, gdyż materiał przekazany przez sondy Clementine 1 i Lunar Prospector jest przebogaty. Uczeni wnikliwie go studiują i w najbliższym czasie można się spodziewać napływu dalszych wiadomości o naszym sąsiedzie kosmicznym. Ponadto już w roku 1999 w kierunku Księżyca wystartuje kolejna, tym razem japońska sonda kosmiczna, po której też możemy wiele oczekiwać — w najbliższych latach na łamach czasopism naukowych i popularnonaukowych nie powinno zabraknąć artykułów poświęconych Srebrnemu Globowi!

Stanisław R. Brzostkiewicz jest miłośnikiem astronomii, autorem kilku książek o planetach Układu Słonecznego i współpracownikiem „Uranii" od prawie 40 lat.

Andrzej M. Sołtan

Galaktyki normalne



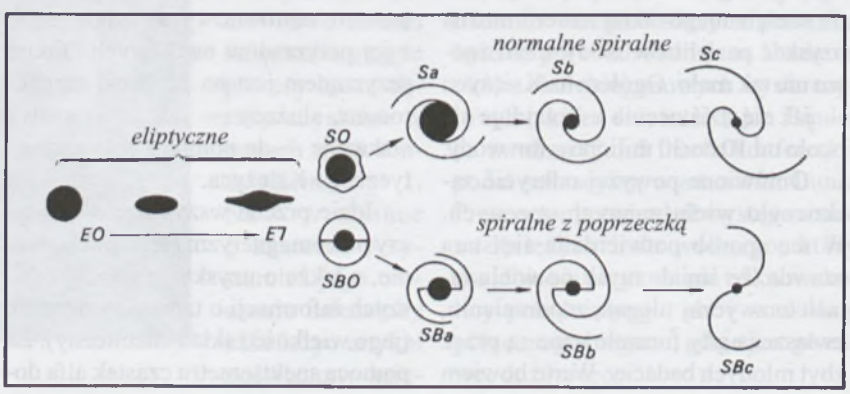
Na wzór botaników pragnących zrozumieć świat roślin, astronomowie stanęli wobec konieczności skonstruowania systematyki galaktyk, która, wykorzystując wybrane cechy galaktyk, pozwoliłaby uporządkować naszą o nich wiedzę, a być może również stanowiła naturalną podstawę do zrozumienia źródeł różnorodności. Istnieje obecnie szereg systemów klasyfikowania galaktyk, stosujących rozmaite kryteria, m.in.: wygląd zewnętrzny (budowa morfologiczna, stopień zwartości), jasność (całkowita, rozkład jasności powierzchniowej), widmo (kolor, obecność, rodzaje i kształt linii emisyjnych). Powszechnie stosowany system, zbudowany w oparciu o kryteria budowy morfologicznej, został wprowadzony w 1936 r. przez Edwina Hubble'a i z niewielkimi modyfikacjami jest używany do dziś.

Typy i klasyfikacja galaktyk

Klasyfikacja morfologiczna Hubble'a stosuje się do *galaktyk normalnych*, tj. takich, których świecenie pochodzi wyłącznie od gwiazd. Ściśle rzecz biorąc, do jasności galaktyki wnoszą swój wkład także jasne mgławice emisyjne pobudzane do świecenia przez najjaśniejsze gwiazdy. Ten dodatek jest zawsze niewielki, a — co ważniejsze — obłoki gazu świecą kosztem energii wyprodukowanej w gwiazdach, zatem ostatecznym źródłem jasności galaktyk normalnych są gwiazdy. Obok galaktyk normalnych istnieją również obiekty, w których znaczący ułamek promieniowania pochodzi z *aktywnego jądra,* tj. niewielkiego obszaru w centrum galaktyki, gdzie źródłem promieniowania nie są gwiazdy, a przynajmniej — nie tylko gwiazdy.

Pod względem budowy, galaktyki można podzielić na trzy grupy: *eliptyczne* (E), *spiralne* (S) i pozostałe, czyli te, które nie mieszczą się w żadnej z dwóch pierwszych klas; określamy je jako *nieregularne* (Irr — *ang.* irregular). Zgodnie z nazwą, obrazy galaktyk eliptycznych są z dobrym przybliżeniem elipsami. Oznaczając wielką i małą półoś elipsy jako a i b, spłaszczenie elipsy definiujemy jako stosunek $s=(a-b)/a$. Określając typ galaktyki eliptycznej, podajemy zazwyczaj jej spłaszczenie, stosując oznaczenie En, gdzie n jest liczbą naturalną określoną jako zaokrąglenie liczby $10s$. Zatem obiekt E0 jest galaktyką eliptyczną o równych półosiach (czyli ma kształt koła), a E1, E2 ... oznaczają galaktyki o wzrastającym spłaszczeniu. Nie obserwujemy galaktyk o większym spłaszczeniu niż E7. Galaktyki eliptyczne są pozbawione wewnętrznej struktury; ich obrazy na zdjęciach nie mają wyraźnych granic — są rozmytymi plamkami o jasności powierzchniowej spadającej łagodnie w miarę odchodzenia od centrum. Rozpatrywane jako twory przestrzenne, galaktyki te są elipsoidami. Dotychczas przyjmowano, że są to elipsoidy obrotowe spłaszczone, tzn. trzy osie a, b i c spełniają związek: $a=b>c$; obecnie wydaje się, że występują również elipsoidy obrotowe wydłużone ($a=b<c$), a nawet elipsoidy trójosiowe, czyli o wszystkich osiach różnych.

Galaktyki eliptyczne są zbudowane wyłącznie z gwiazd starych o stosunkowo małych masach (z reguły poniżej masy Słońca); zawierają jedynie niewielkie, często trudne do wykrycia, ilości gazu i pyłu. Brak młodych, masywnych, a zatem niebieskich gwiazd



Rysunek obok — klasyfikacja galaktyk wg Hubble'a.

sprawia, że galaktyki te mają czerwone zabarwienie w porównaniu z galaktykami spiralnymi. Obserwowane obecnie różnice barw wynikają z różnych warunków panujących w początkowych fazach formowania się galaktyk i ich późniejszej ewolucji. Prosta i regularna forma określająca wygląd galaktyki eliptycznej nie oznacza bynajmniej, że wszystkie te obiekty są do siebie podobne. Przede wszystkim różnią się rozmiarami, a w konsekwencji również masą oraz jasnością. Najmniejsze galaktyki eliptyczne (ozn. dE, d — *ang.* dwarf — karzeł) mają jasności absolutne $M \approx -8.5$, zawierają kilka milionów gwiazd i mieszczą się w obszarze o średnicy kilkuset parseków. Niewykluczone, że istnieje ciągłe przejście między skrajnie karłowatymi galaktykami eliptycznymi a gromadami kulistymi gwiazd. Małe jasności tych galaktyk sprawiają, że możemy je obserwować jedynie w bliskiej okolicy Drogi Mlecznej. W związku z tym nie wiadomo, czy ze stosunkowo znacznej ich liczby w Układzie Lokalnym należy wyciągnąć wniosek o powszechności występowania galaktyk karłowatych w dowolnym miejscu Wszechświata. Pewne jest natomiast, że gigantyczne galaktyki eliptyczne są obiektami rzadko występującymi. Największe z nich, oznaczane cD (c — w tradycyjnej terminologii astronomicznej oznacza obiekt nadolbrzymi, D — *ang.* diffuse — rozmyty) mają masy oceniane na $10^{13}\ M_\odot$, a absolutne wielkości gwiazdowe sięgają –25 mag; są zatem miliony razy jaśniejsze i bardziej masywne od najmniejszych galaktyk karłowatych. Cechą charakterystyczną obiektów cD są niezwykle rozległe otoczki gwiazdowe sięgające w skrajnych wypadkach paruset kpc od centrum. Ich jasność spada powoli z odległością tak, że trudno określić dokładnie całkowity rozmiar galaktyki cD. Pomiędzy tymi dwiema skrajnościami obserwujemy całą rozmaitość rozmiarów, jasności i mas galaktyk eliptycznych. Trudno zatem zdefiniować typowe parametry fizyczne galaktyk typu E; jako charakterystyczne wielkości przyjmujemy na ogół masę $10^{11-12}\ M_\odot$ i jasność $10^{11}\ L_\odot$.

Mimo wielkiej liczby gwiazd w galaktyce, typowe odległości między sąsiednimi gwiazdami (poza jądrem galaktyki i gromadami kulistymi) są dziesiątki milionów razy większe niż ich średnice. Dzięki temu gwiazdy niezwykle rzadko spotykają się ze sobą na tyle blisko, aby wskutek grawitacyjnego przyciągania znacząco zmienić swoją orbitę (podobna sytuacja ma również miejsce w pozostałych typach galaktyk). Zatem ruch gwiazdy w galaktykach jest określony nie przez oddziaływania dwuciałowe, jak to ma miejsce, np. dla cząsteczek gazu, ale przez wypadkowe pole grawitacyjne wytworzone przez wszystkie gwiazdy — i ogólniej — przez całkowitą masę układu. Każda gwiazda jest związana z macierzystą galaktyką przez wspólne pole grawitacyjne, natomiast z reguły w ciągu całego swojego życia nie spotka się blisko z żadną swoją „koleżanką". Orbity gwiazd w galaktykach eliptycznych są zorientowane w przestrzeni chaotycznie. W dowolnie wybranym elemencie objętości wewnątrz galaktyki eliptycznej znajdziemy gwiazdy, których wektory prędkości mają w przybliżeniu rozkład izotropowy. Ocenia się, że spłaszczenie galaktyki związane jest z jej obrotem wokół własnej osi. Jednak nawet w obiektach typu E7 prędkości chaotyczne dominują nad prędkościami uporządkowanymi związanymi z rotacją. Stanowi to w sensie kinematycznym podstawową różnicę w stosunku do galaktyk spiralnych.

Rodzina galaktyk spiralnych jest bardziej zróżnicowana wewnętrznie niż typ E. Ujmując najogólniej, każda galaktyka spiralna jest zbudowana z jądra i ramion spiralnych. Układ ramion tworzy *dysk* galaktyczny. Najczęściej występują dwa ramiona, choć zdarza się, że z jądra wychodzi tylko jedno ramię lub — bardzo rzadko — trzy. Wygląd galaktyk spiralnych — duże spłaszczenie i charakterystycznie wygięte ramiona — wskazuje niezbicie, że obiekty te rotują wokół własnej osi. Rozmiar ramion w stosunku do wielkości centralnie położonego jądra stanowi podstawę podziału galaktyk S na podtypy oznaczane kolejno literami a, b, c i d. Gdy jądro dominuje rozmiarami i jasnością, a ramiona są słabo zarysowane, gładkie i ciasno nawinięte wokół jądra, galaktyka określana jest jako Sa. Natomiast typ Sd odpowiada sytuacji odwrotnej: jądro jest ledwie widoczne, a ramiona są rozbudowane i mają bogatą strukturę. Typy Sb i Sc opisują przypadki pośrednie. Sekwencja Sa–Sd odzwierciedla rosnący udział ramion w wyglądzie galaktyki, jak również wzrost ilości materii międzygwiazdowej (gazu i pyłu) obecnej w dysku. W ramionach znajduje się dużo jasnych, niebieskich gwiazd. Oznacza to, że zachodzi tam wciąż proces tworzenia gwiazd z materii rozproszonej. Jądra galaktyk spiralnych przypominają kształtem i rozkładem jasności powierzchniowej niewielkie galaktyki eliptyczne oraz — podobnie jak one — składają się z małomasywnych starych gwiazd. Osobną klasę galaktyk spiralnych tworzą galaktyki z *poprzeczką* oznaczane SB (bar — *ang.* poprzeczka). Poprzeczka jest wydłużoną strukturą leżącą w płaszczyźnie dysku; jej środek pokrywa się ze środkiem jądra i całej galaktyki. Stopień rozbudowania ramion i ich rozmiarów w stosunku do jądra wyznacza podział galaktyk z poprzeczką na podtypy SBa, ..., SBd analogicznie, jak dla zwykłych galaktyk spiralnych Sa, ..., Sd.

Dla obu „gałęzi" wprowadza się obecnie kolejny podtyp Sm i SBm rozciągający powyższą sekwencję na pewną klasę galaktyk nieregularnych, czyli pozbawionych typowych elementów, takich jak jądro i struktura spiralna. Należą do niej galaktyki zawierające znaczne ilości gazu i pyłu oraz młodych gwiazd. Są to cechy charakterystyczne galaktyk Sd i SBd. Galaktyki Sm i SBm (oznaczane niekiedy Irr I) rotują wokół własnych osi, również podobnie do „klasycznych spiral"; nie można w nich jednak wyróżnić ani jądra, ani charakterystycznych spiralnych struktur.

Galaktyki spiralne w poszczególnych podtypach wykazują mniejszy (w porównaniu z galaktykami eliptycznymi) rozrzut jasności absolutnych. Tzw. *wczesne* typy, czyli a i b, typowo mieszczą się w przedziale $-21<M<-18$.

Dla *późnych* typów (c i d) zachodzi $-20 < M < -16$; galaktyki słabsze od $M = -16$ są określane jako *karłowate*. W zakresie dużych jasności absolutnych galaktyki z poprzeczką występują kilkakrotnie rzadziej niż zwykłe; proporcja ta zmienia się w miarę przechodzenia do słabszych i mniejszych obiektów tak, że w dolnym zakresie jasności obie klasy są równie rozpowszechnione. Wśród galaktyk karłowatych spotykamy (poza galaktykami

eliptycznymi) jedynie galaktyki podtypu m i skrajne d. Masy niekarłowatych galaktyk spiralnych mieszczą się w zakresie od poniżej 10^{10} $M_\odot$ do kilka × 10^{11} $M_\odot$, rozmiary od około 5 do ~50 kpc. Odpowiednie parametry dla nieregularnych galaktyk karłowatych są podobne, jak dla galaktyk dE.

Część galaktyk o nieregularnej budowie morfologicznej, klasyfikowanej dawniej jako Irr, traktujemy obecnie jako skrajne galaktyki spiralne ze względu na wiele podobieństw łączących obie grupy. Obserwujemy jednak galaktyki nieregularne w pełnym tego słowa znaczeniu. Oznaczamy je Irr II; są mniej liczną grupą niż Irr I — stanowią parę procent wszystkich galaktyk. Są to obiekty o amorficznym wyglądzie, typowo niewielkich rozmiarach, ale stosunkowo dużych jasnościach powierzchniowych. Od Irr I różnią się stosunkowo gładkim rozkładem jasności, brakiem wyraźnej struktury — pod tym względem przypominają galaktyki E. Są jednak bogate w wodór neutralny i zjonizowany oraz zawierają wiele młodych masywnych gwiazd. Być może podział na Irr I i II wynika jedynie z różnic w budowie morfologicznej: w Irr I rozkład gazu ma charakter kłaczkowaty, gdy w Irr II jest on skupiony w jednym gigantycznym obłoku o rozmiarach porównywalnych z całą galaktyką.

Galaktyki eliptyczne i spiralne stanowią dwie w pełni rozłączne klasy obiektów. Istnieją również galaktyki o własnościach pośrednich, które łączą w sobie cechy obu typów. Są to galaktyki, w których jądro jest zwykłą galaktyką eliptyczną. W płaszczyźnie równikowej jest ono otoczone niezbyt intensywnym dyskiem, jak to ma miejsce w galaktykach Sa. W dysku tym brak jednak zupełnie śladów ramion spiralnych. Również materia międzygwiazdowa występuje tam w znikomych ilościach, choć niekiedy obserwuje się charakterystyczne dla ramion ciemne pasma pyłu. Obiekty te — zwane galaktykami *soczewkowatymi* — oznaczane S0, są kształtem zbliżone do galaktyk eliptycznych o spłaszczeniach przekraczających E7. Jednakże rozkład jasności powierzchniowej otoczki nie odpowiada galaktyce eliptycznej, pasuje natomiast dobrze do rozkładu obserwowanego w dyskach galaktyk spiralnych.

Jednostki:
Jasność absolutna (magnitudo, mag): M = –5 log L + const, np. dla Słońca L = 3.83×10^{26} W i M = 4.79
Uwaga: Symbol M jest używany na oznaczenie zarówno masy, jak i jasności absolutnej.
Długość (parsek, pc): 1 pc ≈ 3.26 roku świetlnego ≈ 3.086×10^{16} m.

W galaktyce spiralnej jądro i ramiona spiralne tworzą jeden trwały układ gwiazd. Wytłumaczenie utrzymującej się odrębności między tymi dwoma systemami: *sferycznym* (jądro) i *płaskim* (dysk z ramionami) przy ich jednoczesnym wzajemnym przenikaniu wynika — podobnie, jak to ma miejsce w galaktykach eliptycznych — z bezzderzeniowego charakteru gazu gwiazdowego. Gwiazdy z obu systemów poruszają się w wypadkowym polu grawitacyjnym, ale praktycznie nie dochodzi w ogóle do indywidualnych spotkań gwiazda-gwiazda. Dzięki temu gwiazdy należące do jądra zachowują swój chaotyczny rozkład prędkości (podobny do rozkładu w galaktyce eliptycznej), natomiast gwiazdy podsystemu płaskiego bez zakłóceń poruszają się w jednej płaszczyźnie w tę samą stronę po mniej więcej kołowych orbitach.

Powstanie i ewolucja galaktyk

Fakt, że przy wielkiej różnorodności szczegółów zdecydowana większość galaktyk daje się podzielić na kilka dobrze określonych typów, ma z pewnością znaczenie dla zrozumienia procesów formowania się i ewolucji galaktyk. Brak jednak w tej chwili pełnej teorii powstawania galaktyk. Do niedawna materiał obserwacyjny był dalece niewystarczający, żeby takie teorie testować. W najbliższych latach można się spodziewać istotnej poprawy. Działający od kilku lat teleskop kosmiczny Hubble'a (HST) dostarcza doskonałej jakości zdjęcia odległych galaktyk. Pozwala to już w tej chwili uściślić szereg założeń dotyczących ewolucji galaktyk. Budowane obecnie olbrzymie teleskopy o średnicach ośmiu i więcej metrów również pozwolą na obserwacje bardzo słabych, a więc odległych galaktyk.

Różnice w obecnym wyglądzie między galaktykami eliptycznymi a spiralnymi odzwierciedlają inne drogi ewolucyjne tych obiektów. Przypuszczamy, że wszystkie galaktyki uformowały się z ogromnych obłoków pierwotnego gazu wypełniającego cały Wszechświat. We wczesnych chwilach istnienia Wszechświata gaz ten był rozmieszczony niemal równomiernie. Wskutek grawitacyjnej niestabilności drobne lokalne fluktuacje stopniowo wzrastały, by ostatecznie doprowadzić do wyłonienia gęstych obłoków — *protogalaktyk*, w których doszło następnie do lawinowego powstawania gwiazd. Warunki fizyczne (masa obłoku, gęstość, temperatura, moment pędu) miały decydujący wpływ na szczegóły tego procesu. W galaktykach eliptycznych gwiazdy powstały zapewne stosunkowo wcześnie i w krótkim przedziale czasu. Tworzenie gwiazd doprowadziło do niemal kompletnego zużycia gazu protogalaktycznego. W efekcie w całej początkowej objętości pojawiły się gwiazdy, a znikła materia rozproszona. Od tej chwili gwiazdy mogły zacząć poruszać się swobodnie, a ich ruchy zostały określone przez początkowe prędkości i położenia oraz — oczywiście — przez wypadkowe pole grawitacyjne układu. Wydarzenia w galaktykach spiralnych przebiegały nieco inaczej. Jedynie centralna część obłoku zamieniła się w układ gwiazd i powstało jądro galaktyki. Znaczna część warstw zewnętrznych stopniowo opadała ku centrum. W tym okresie proces powstawania gwiazd zachodził mało wydajnie i nie doszło do wyczerpania gazu. Wskutek rotacji obłoku nie mogło dojść do jego silnego skurczenia w obszarze jądra — materia skupiła się w jednej płaszczyźnie, tworząc przyszły dysk, analogicznie, jak dla dysku protoplanetarnego. Duże spłaszczenie galaktyk spiralnych w porównaniu z eliptycznymi wskazuje, że różnice w ilości momentu pędu na jednostkę masy odegrały być może decydującą rolę w wyborze drogi ewolucyjnej galaktyki i zdecydowały o jej typie morfologicznym.

Nie jest do końca jasne, co sprawia, że w dyskach galaktycznych niemal zawsze powstają ramiona spiralne. Według *teorii fal gęstości* ramiona spiralne powstają samorzutnie wskutek

oddziaływań grawitacyjnych w dysku; lokalna fluktuacja potencjału grawitacyjnego prowadzi do zagęszczeń obłoków gazu w tych obszarach, a to z kolei do intensywnego powstawania gwiazd. Tłumaczy to w sposób naturalny fakt występowania młodych masywnych gwiazd w ramionach. Alternatywna teoria postuluje *sprzężone powstawanie gwiazd*: gwiazdy rodzą się chętnie w obszarach, gdzie już wcześniej zachodziły intensywne procesy gwiazdotwórcze, gdyż właśnie tam znajduje się dużo gęstych obłoków powstałych w wyniku wybuchów gwiazd supernowych „poprzedniego pokolenia".

Scenariusze powstawania dwóch podstawowych typów galaktyk E i S wymagają obserwacyjnego potwierdzenia. Można tego dokonać, porównując budowę galaktyk zaawansowanych wiekowo z obiektami młodymi we wczesnych etapach ewolucji. Warto zauważyć, że w naszym otoczeniu obok galaktyk o wieku 10 mld lat i więcej obserwujemy również obiekty przechodzące fazę gwałtownego tworzenia gwiazd, czyli zapewne znacznie młodsze. Obserwacje tych „zapóźnionych" ewolucyjnie galaktyk dostarczą być może interesujących danych o początkowych fazach życia galaktyk, jednakże dopiero obserwacje galaktyk odległych o wiele miliardów lat świetlnych stanowią podstawę do zrozumienia przemian ewolucyjnych, jakim podlegała w przeszłości cała populacja galaktyk. Patrząc na coraz dalsze ciała niebieskie, przesuwamy się wstecz w czasie, np. obserwując obiekt znajdujący się w odległości 1000 lat świetlnych, widzimy go takim, jakim był 1000 lat temu. Ponieważ szybkość przemian ewolucyjnych galaktyk mierzy się w miliardach lat, jedynie odpowiednio odległe obiekty mogą dostarczyć interesujących informacji na ten temat. Materiał obserwacyjny w tym zakresie jest wciąż niekompletny i trudno się pokusić o ostateczne konkluzje. Warto jednak zestawić to, co wiemy w tej chwili. Pewne jest, że przynajmniej niektóre duże galaktyki eliptyczne powstały wcześniej niż galaktyki mniej masywne; obserwujemy bowiem galaktyki o przesunięciach ku czerwieni ~1.5, których widma są bardzo podobne do „starych" galaktyk eliptycznych w naszym najbliższym otoczeniu. Zatem już dla $z = 1.5$ galaktyki te były wiekowo zaawansowane. W naszych dotychczasowych rozważaniach zakładaliśmy, że każda galaktyka rozwija się w izolacji od pozostałych. Okazuje się jednak, że wzajemne oddziaływania galaktyk odgrywają istotną rolę ewolucyjną. Ostatnie obserwacje uzyskane za pomocą HST wskazują, że niektóre galaktyki powstały z mniejszych obiektów. Dotychczas przypuszczano, że proces łączenia galaktyk, a raczej wchłaniania mniejszych galaktyk przez gigantyczne galaktyki eliptyczne, dotyczy jedynie centralnych obszarów gromad galaktyk i prowadzi do powstania rozległych otoczek galaktyk cD. Jest to jednak zjawisko stosunkowo rzadkie — mało jest bowiem galaktyk cD. Kilka miliardów lat temu, gdy odległości między galaktykami były kilkakrotnie mniejsze niż obecnie[1], dochodziło znacznie częściej do kolizji galaktyk. Gromady galaktyk były często „zaśmiecone" przez fragmenty galaktyk rozrzucone w przestrzeni siłami grawitacji. Przypuszczamy, że obserwowane na zdjęciach HST liczne obiekty o niewielkich rozmiarach (fragmenty rozerwanych galaktyk lub twory, które wcześniej nie wchodziły w skład galaktyk) zostały ostatecznie użyte jako „materiał budowlany" normalnych galaktyk, które obecnie wypełniają Wszechświat. Zestawiając dostępny w tej chwili materiał obserwacyjny, wydaje się, że proces intensywnego powstawania gwiazd w galaktykach rozpoczął się w epoce odpowiadającej $z \approx 4$, osiągnął maksimum dla $z \approx 2$ i stopniowo wygasał do naszych czasów. Przy czym już dla $z = 3$ gęstość przestrzenna (po uwzględnieniu efektów rozszerzania Wszechświata) jasnych galaktyk była podobna do obecnej.

Ciemna materia w galaktykach

W morfologicznym opisie galaktyk poszczególnych typów w naturalny sposób decydującą rolę odgrywają widome kształty obiektów, rozkład jasności oraz rozmieszczenie gwiazd podsystemu płaskiego i sferycznego. Okazuje się jednak, że materia widoczna w formie świecących gwiazd i obłoków gazu stanowi jedynie część całkowitej masy galaktyk. Materia ciemna, której istnienie stwierdzamy jedynie dzięki wywołanym przez nią efektom grawitacyjnym, stanowi jedną z największych zagadek współczesnej astronomii. Dysponujemy przekonującymi argumentami za jej występowaniem w skali galaktyk i gromad galaktyk.

Ruch gwiazd w galaktyce określony jest przez pole grawitacyjne wytworzone przez wszystkie formy materii. W dyskach galaktyk spiralnych ruch gwiazd odbywa się w sposób uporządkowany: w dobrym przybliżeniu gwiazdy obiegają środek galaktyki po orbitach kołowych. Z prędkości tego ruchu możemy obliczyć przyspieszenie dośrodkowe działające na gwiazdy dysku, a stąd całkowitą masę zawartą wewnątrz orbity danej gwiazdy. Prędkości gwiazd wyznaczamy wykorzystując efekt Dopplera. Zatem zależność prędkości rotacji galaktyki od odległości od centrum, tzw. *krzywa rotacji* pozwala wyznaczyć przestrzenny rozkład masy w galaktyce. Porównanie tego rozkładu z rozmieszczeniem gwiazd wskazuje na obecność znacznych ilości ciemnej materii zarówno wewnątrz samej galaktyki, jak i w obszarze otaczającym. Dla wielu bliskich galaktyk spiralnych wyznaczono dokładnie krzywe rotacji aż do odległości 20 kpc (dla paru galaktyk nawet do 30 kpc). We wszystkich wypadkach suma mas gwiazd w galaktyce i obłoków gazu stanowi zaledwie około 30–40 % masy całkowitej. Podobne badania galaktyk eliptycznych wskazują na jeszcze większe ilości materii ciemnej. Ponieważ w galaktykach E gwiazdy poruszają się chaotycznie, miarą pola grawitacyjnego nie są prędkości grupowe gwiazd, ale dyspersja, czyli *rozrzut* prędkości gwiazd, który ocenia się z szerokości linii w widmie galaktyki, podobnie jak dla galaktyk S, wykorzystując efekt Dopplera.

---

[1] Wskutek ekspansji Wszechświata gęstość przestrzenna galaktyk jest obecnie mniejsza niż w odległych epokach kosmologicznych.

Docent Andrzej M. Sołtan jest astronomem Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika w Warszawie. Jego naukową pasją jest badanie rentgenowskiego promieniowania galaktyk.

Andrzej Niedzielski

Nowa „mała kamera" w Piwnicach

W Obserwatorium Astronomicznym UMK, siedzibie Centrum Astronomii UMK w Piwnicach, uruchomiony został nowy teleskop wyposażony w dwie kamery CCD. Teleskop ten usytuowany jest w kopule byłej „małej kamery" (nieczynnego od wielu lat małego teleskopu Schmidta o średnicy zwierciadła 30 cm) i przynajmniej na razie przejął tę nazwę.

Fot. 1. Kopuła teleskopu widziana w dzień. (fot. W. Skórzyński)

Leciwą kopułę wyremontowano tak, by nie kontrastowała ona zbytnio z nowoczesną techniką obserwacyjną prezentowaną w jej murach studentom astronomii. Zgodnie z obowiązującą obecnie w astronomii zasadą, że nic tak nie przeszkadza teleskopowi jak astronom, temu ostatniemu przeznaczono więc oddzielne pomieszczenie na parterze budynku, gdzie panują warunki zbliżone do gabinetowych. Górna kondygnacja, zajmowana przez teleskop i kamery CCD, odwiedzana jest przez astronoma tylko dwa razy w czasie obserwacji. Na początku, celem otwarcia szczeliny kopuły i załączania aparatury, oraz na zakończenie obserwacji — celem zamknięcia szczeliny i wyłączenia aparatury.

Wszystkie pozostałe czynności związane z obserwacjami wykonywane są przez obserwatora z dolnego pomieszczenia i tylko za pośrednictwem panujących nad całością komputerów. Po zakończeniu obserwacji zgromadzone obrazy mogą być natychmiast przesłane światłowodem do głównego budynku Centrum, gdzie mogą być dalej obrabiane, archiwizowane bądź wysyłane w świat za pomocą Internetu.

Jak wygląda ten system oraz z czego się składa, a także jakie są jego możliwości i czemu ma służyć, opiszemy w kolejnych rozdziałach.

1. Teleskop

Najważniejszym elementem nowego urządzenia jest oczywiście teleskop. Jest to mała kamera Cassegraina-Schmidta o średnicy 20cm (8 cali) i ogniskowej 200 cm (Meade LX 200 8" F/10). Teleskop zainstalowany jest w układzie paralaktycznym na montażu widłowym, wyposażonym w silniki umożliwiające ruch teleskopu w obu osiach: rektascencji i deklinacji. Montaż ten jest dodatkowo uzbrojony w przetworniki kąta służące do kontroli położenia teleskopu (czyli do precyzyjnego określenia współrzędnych tego obiektu na niebie, w który teleskop jest aktualnie wycelowany). Silniki wraz z systemem przekładni pozwalają teleskopowi poruszać się z 6 prędkościami od 8° na sekundę do 30" na sekundę. Wybór konkretnej prędkości naprowadzania na obiekt dokonywany może być bądź przez wykonującego tę operację astronoma, bądź automatycznie przez sam teleskop. Ponadto, oczywiście, silniki te potrafią prowadzić teleskop z prędkością jednego obrotu na dobę (gwiazdową), czyli z normalną roboczą prędkością. Zastosowane w teleskopie LX 200 przetworniki kąta pozwalają na orientację teleskopu (po uprzednim jego właściwym ustawieniu w południku lokalnym i wypoziomowaniu) z dokładnością do 2–5". Dla uzyskania takiej dokładności oraz celem właściwej orientacji teleskopu do jego pamięci należy zapisać pozycję obserwatorium, dokładny czas i wybrany sposób montażu (może on bowiem pracować także w układzie azymutalnym i tzw. ziemskim). Wszystkie operacje związane z teleskopem wykonywane mogą być z pomocą ręcznego kontrolera (manetki) przyłączonego do montażu.

Teleskop, a konkretnie jego montaż, jest urządzeniem wyposażonym w mikroprocesor wraz z pamięcią stałą EEROM, co pozwoliło producento-

wi na wprowadzenie do niego wielu funkcji i procedur, spośród których użytkownik może wybrać te, których akurat potrzebuje. Z najważniejszych warto z pewnością wymienić pozycjonowanie z dużą dokładnością (high precision pointing). Uruchomienie tej procedury powoduje, że ruch teleskopu na wybrany wcześniej obiekt poprzedzony jest automatycznym wybraniem i naprowadzeniem się teleskopu na dwie pobliskie wybranemu obiektowi gwiazdy. Rolą obserwatora jest potwierdzenie właściwego naprowadzenia bądź korekta położenia teleskopu. Po dokonaniu takiej korekty na wybranych obiektach teleskop celuje w zadany obiekt z dokładnością do 1″.

Inną bardzo ważną dla obserwatora możliwością jest korygowanie systematycznych błędów prowadzenia teleskopu, spowodowanych niedokładnościami wykonania przekładni. Funkcja „inteligentne prowadzenie" (smart drive) po pierwotnym „nauczeniu" przez obserwatora teleskopu jego wad (w tym celu należy przez kilka minut korygować ruch teleskopu, ręcznie kierując ruchem silników do najdrobniejszego ruchu) jest wykonywana dalej automatycznie i pozwala znacznie poprawić dokładność prowadzenia teleskopu. Inną bardzo ciekawą umiejętnością nowej „małej kamery" jest znajdowanie planety na niebie po podaniu jej nazwy. Jest to możliwe dzięki wprowadzeniu przez producenta do stałej pamięci teleskopu programu do obliczania współrzędnych planet (efemeryd) na podstawie znanego położenia obserwatorium (teleskopu) i czasu.

Największą jednak ciekawostką jest fakt zainstalowania „na pokładzie" teleskopu szeregu katalogów obiektów astronomicznych. I tak w szczególności teleskop zna położenia 110 obiektów katalogu Messiera, 15 928 gwiazd katalogu SAO, 12 921 galaktyk z Uppsala General Catalog, 7840 obiektów NGC, 5386 obiektów Index Catalog, 21 815 gwiazd zmiennych z GCVS (General Catalog of Variable Stars), 351 gwiazd używanych do kalibracji położenia teleskopu oraz 8 planet. Razem jest to 64 359 obiektów, na które teleskop potrafi się sam naprowadzić po wybraniu ich nazwy. Obsługujący ruch teleskopu program jest przy tym na tyle „inteligenty", że potrafi podpowiedzieć obserwatorowi, jeżeli żądany obiekt jest poniżej horyzontu bądź zbyt blisko Słońca.

Dodatkowe bardzo potrzebne nam właściwości teleskopu to możliwość kontroli wszystkich jego funkcji zdalnie za pośrednictwem złącza szeregowego RS 232, możliwość samokontroli ruchu teleskopu poprzez jego sprzęgnięcie z kamerą CCD (autoguiding) oraz silnik do mechanicznego ogniskowania. Właśnie dzięki tym funkcjom możliwa jest obsługa teleskopu zdalnie.

2. Kamery CCD

W chwili obecnej teleskop można uzbroić w jedną z dwóch kamer CCD: ST-7 firmy Santa Barbara Instrument Group (SBIG) oraz CCD800 firmy CompuScope. Kamery te różnią się szczegółami, jednak obie wyposażone są w matryce CCD KAF-400 firmy Kodak o rozmiarach 768×512 pikseli. Każdy z pikseli ma średnicę 9 μm. Obie kamery posiadają dodatkowo sterowane komputerem zestawy filtrów. W przypadku kamery ST-7 karetka z filtrami pomieścić może 5 filtrów i w chwili obecnej umieszczone są w niej filtry B, V, R, I. Kamera CCD 800 może być wyposażona w 8 filtrów, obecnie funkcjonuje jednak z trzema: B, V i R. Obie kamery są chłodzone elektronicznie (poprzez tzw. efekt Peltiera) do temperatury około –20 °C. Ze względu na obiektywne własności matrycy CCD zastosowanej w obu kamerach ich dynamika sięga w przybliżeniu 14 bitów, czyli sygnał może być rejestrowany w skali od 1 do 16 384 (czyli 2^{14}) jednostek natężenia. Innymi słowy każda z kamer może (w zasadzie) jednocześnie rejestrować gwiazdy o jasnościach widomych różniących się o 10^m.

Kamera ST-7 jest dodatkowo wyposażona w drugą matrycę CCD (TC211 wielkości 192×164 pikseli o rozmiarach 13.75×16 μm), której zadaniem jest umożliwienie kontroli ruchu teleskopu w trybie „samokontroli" (autoguiding). Wykonywanie obserwacji w tym trybie pozwala, po uprzednim wybraniu gwiazdy prowadzącej, sprawdzać kamerze dokładność prowadzenia teleskopu w czasie rzeczywistym, podczas wykonywanej ekspozycji i niezwłocznie wprowadzać niezbędne korekty. W efekcie światło obserwowanego za pomocą głównej matrycy obiektu pada w ciągu całej ekspozycji dokładnie w jedno miejsce. Taki tryb obserwacji ma oczywiście sens przy dłuższych ekspozycjach. Dla ekspozycji krótszych prowadzenie teleskopu jest wystarczająco dobre.

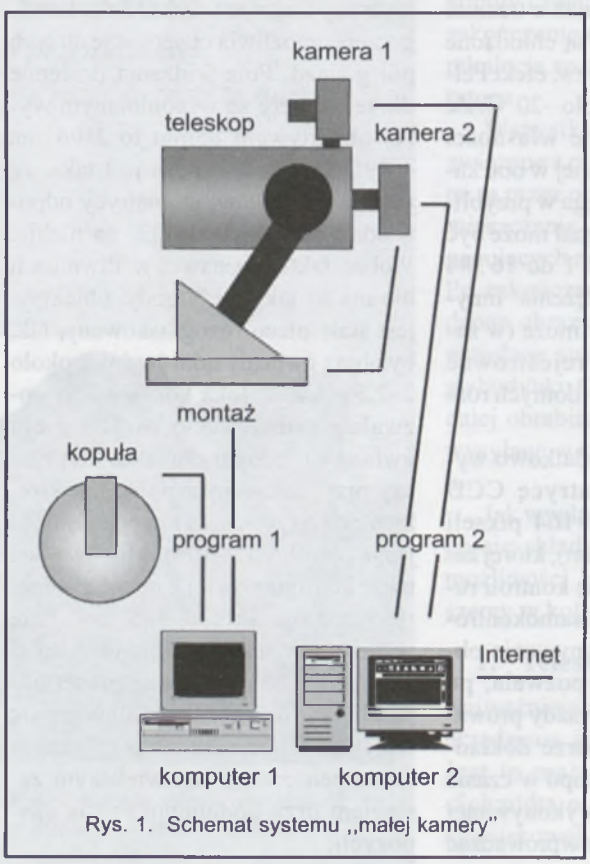
Ze względu na możliwość sprzęgnięcia jej z teleskopem kamera ST-7 jest wykorzystywana do obserwacji wykonywanych w ognisku głównym nowego teleskopu. W takiej konfiguracji matryca CCD pozwala obserwować pole 8′×12′. Skala obrazu jest taka, że jednemu pikselowi na matrycy odpowiada 0.96″. Tak więc w normalnych w Piwnicach warunkach pogodowych światło gwiazdy mieści się w okręgu o średnicy 3–10 pikseli. Kamera w takiej konfiguracji pozwala na obserwacje gwiazd zmiennych do około 13^m, w zależności od okresu zmienności (czyli stosowanego czasu ekspozycji).

Kamera CCD 800 montowana jest najczęściej poza optyką teleskopu, na jego tubusie. W takim położeniu instrumentem zbierającym światło dla tej kamery jest obiektyw fotograficzny, na przykład o ogniskowej 85 mm. Teleskop służy nam wtedy jedynie do naprowadzania kamery z obiektywem na wybrany fragment nieba. Taka konfiguracja umożliwia obserwację dużych pól gwiazd. Pole widzenia dostępne dla tej kamery ze wspomnianym wyżej obiektywem 85mm to 2°06′ na 4°39′. Skala obrazu zaś jest taka, że jednemu pikselowi na matrycy odpowiada w przybliżeniu 22″ na niebie. Wobec faktu, że nawet w Piwnicach nie ma aż tak złej pogody, obiektyw jest stale nieco rozogniskowany, tak, by obraz gwiazdy miał średnicę około 2–2.5 piksela. Taka konfiguracja pozwala na obserwację bardzo wielu gwiazd na jednym obrazku. Siłą rzeczy, przy stosowanych normalnie krótkich ekspozycjach, są to gwiazdy dość jasne (do około 9–10^m). Możliwa jest także konfiguracja tej kamery z obiektywem o ogniskowej 135 mm. Pole widzenia w takim układzie wynosi 1°57′ na 2°55′, zaś jeden piksel odpowiada 14″ na niebie. Mniejsze pole widzenia kamery w tej konfiguracji rekompensowane jest większym zasięgiem przy podobnym czasie ekspozycji.

3. Schemat systemu

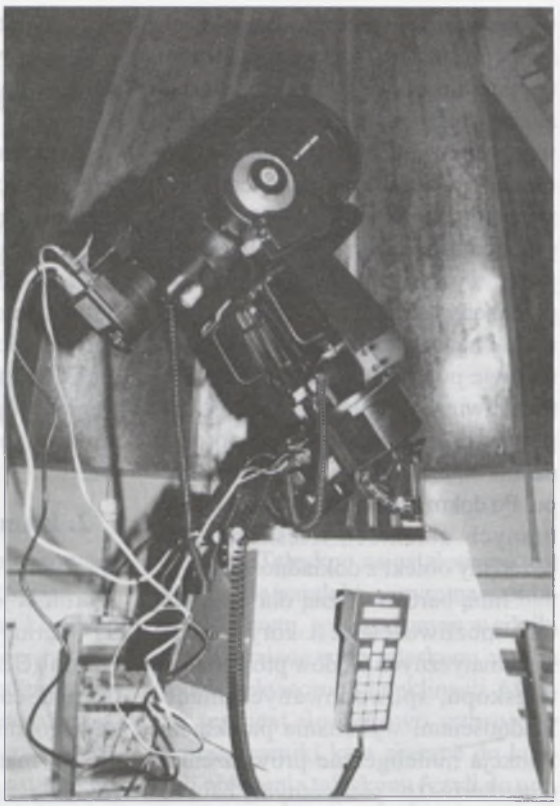
Ogólny układ systemu przedstawiony jest na Rysunku 1. Przedstawiono na nim wszystkie elementy składowe oraz sposób ich połączenia. I tak widzimy tam teleskop z montażem, dwie kamery CCD, dwa komputery oraz kopułę teleskopu.

Z rysunku wynika (i tak też jest faktycznie), że do komputera oznaczonego numerem 1 (a jest to PC z procesorem 386) dołączony jest teleskop (jego montaż) oraz mechanizm kontrolujący ruch kopuły. Połączenie tych dwóch elementów w jednym miejscu pozwala na ich jednoczesną obsługę za pomocą jednego programu działającego na tym komputerze. Tak więc opracowany przez nas program pozwala obserwatorowi na naprowadzenie teleskopu według współrzędnych na wybrany obiekt, kontrolę bieżącego ustawienia teleskopu, korektę jego nastaw i ogniskowanie obrazu w jego ognisku. Dodatkowo, poprzez zastosowanie 8-bitowego przetwornika kąta na osi silnika napędzającego kopułę, komputer stale kontroluje położenie jej szczeliny tak, by zawsze skierowana była ona tam, gdzie patrzy teleskop (dokładność, z jaką szczelina kopuły śledzi ruch teleskopu, wynosi około 1°.5 i jest w zupełności wystarczająca, gdyż szerokość kątowa szczeliny kopuły wynosi około 15°). Ta ostatnia procedura wykonywana jest automatycznie, bez udziału obserwatora, co wobec faktu, że obserwator nie widzi teleskopu (który znajduje się piętro wyżej, podczas gdy obserwator przebywa na parterze) ani szczeliny, pozwala uniknąć wielu nieporozumień. Pewne bardziej skomplikowane funkcje teleskopu, wymagające ingerencji obserwatora przy samym montażu, dostępne są wyłącznie z pomocą manetki znajdującej się przy teleskopie. Ich wykonywanie zdalnie jest, ze względów bezpieczeństwa, niemożliwe.



Rys. 1. Schemat systemu „małej kamery"

Komputer oznaczony na rysunku numerem 2 jest znacznie bardziej rozbudowaną maszyną (Pentium 200 MHz) pozwalającą na kontrolę kamer CCD, karetek z filtrami i ewentualną obróbkę wykonanych obrazów. W chwili obecnej do kontroli kamer i filtrów w czasie wykonywania obserwacji wykorzystywane jest oprogramowanie dostarczone przez producentów kamer CCD. Dodatkowo komputer ten dołączony jest światłowodem do lokalnej sieci komputerowej, dzięki czemu zgromadzone obrazy mogą być przesyłane do archiwizacji w urządzeniach zewnętrznych (taśmy DAT, płyty CD). Mogą one też zostać przesłane do innych maszyn dołączonych do sieci lokalnej obserwatorium UMK celem redukcji.


Zdjęcie małej kamery (fot. W. Skórzyński)

4. Możliwości i realizowane programy

Jak już wcześniej wspomnieliśmy, nowa „mała kamera" pełni dwie funkcje: po pierwsze pozwala na pozycjonowanie kamery CCD 800 wraz z obiektywem fotograficznym na wybrany fragment nieba, po drugie — pozwala na obserwacje z użyciem kamery ST-7 w ognisku głównym teleskopu. Ten drugi sposób obserwacji z pewnością nie jest niczym nowym, Warto jedynie podkreślić, że nowa „mała kamera" jest w stanie zaobserwować gwiazdy 12–13 wielkości widomej podczas kilkuminutowej ekspozycji. W tej konfiguracji jest ona wykorzystywana do obserwacji fotometrycznych gwiazd zmiennych i dzięki czułości CCD może konkurować z jednokanałowym fotometrem na teleskopie 60 cm.

Jednak tak naprawdę instrument[1] ten został pomyślany do obserwacji dużych pól gwiazdowych. Duże pola, czyli pola o boku kilku stopni,

[1] Pomysł realizacji takiego przeglądu nieba opartego o sprzęt klasy amatorskiej (czyli tani i łatwo dostępny) pochodzi od prof. Bohdana Paczyńskiego z Princeton University (USA).

są w astronomii obecnie bardzo rzadko obserwowane, dlatego warto w tym miejscu wyjaśnić w kilku słowach, na czym takie obserwacje w naszym wypadku polegają.

Wobec zastąpienia kliszy fotograficznej odbiornikami cyfrowymi typu CCD, rejestrowane w astronomii obrazy pomniejszyły się do prostokąta o boku kilku centymetrów, podczas gdy w kamerach Schmidta używano klisz szklanych o wielkości boku rzędu 20 cm i więcej. Na tak małych powierzchniach trudno jest rejestrować obrazy wielu gwiazd. W naszym konkretnym wypadku fizyczne rozmiary matrycy CCD to 4.6 na 6.9 mm. Jest to zaledwie 3% powierzchni klatki filmu małoobrazkowego! Aby na tak małej powierzchni rejestrować światło wielu (na przykład 1000) gwiazd w polu o rozmiarach kilku stopni kwadratowych, trzeba równocześnie wykorzystać charakterystyczne właściwości kamer CCD i techniki fotograficznej.

Technika CCD dostarcza nam niezwykle czułego urządzenia, które nawet w amatorskim wydaniu jest detektorem światła 100 razy czulszym niż klisza fotograficzna. Detektor ten, kamera CCD, posiada dodatkowo tę cechę, że zarejestrowany nim sygnał w sposób liniowy zależy od ilości światła dochodzącego do niego od gwiazdy — fakt ten znakomicie upraszcza redukcje w porównaniu z kliszą fotograficzną. Kamera CCD, jakiej używamy, charakteryzuje się bardzo małymi rozmiarami pojedynczego piksela — 9 na 9 µm. Pikseli tych jest jednak dość dużo, bo matryca jest prostokątem o bokach 512 i 768 pikseli. Tak więc nasze urządzenie w porównaniu z kliszą fotograficzną posiada 3 razy lepszą rozdzielczość (ilość elementów światłoczułych na jednostkę długości). Dla uzyskania obrazów CCD jakości pozwalającej na dokładny pomiar ilości światła pochodzącego od gwiazd (fotometrię) powinniśmy uzyskać na naszej matrycy obrazy gwiazd o średnicach nie mniejszych niż 2–4 piksele. Czyli światło od jednej gwiazdy powinno zawierać się w około 27–48 pikselach. Matryca nasza składa się z 393 216 pikseli. Jeżeli założymy, że gwiazdy mają stanowić na naszym obrazku około 10% powierzchni (reszta to tło nieba), to

Co to jest CCD

CCD, czyli *charge coupled device,* to urządzenie, które od lat 70-tych z powodzeniem wypiera kliszę fotograficzną w astronomii i staje się coraz częściej spotykane w życiu codziennym. Technicznie rzecz biorąc, jest to element półprzewodnikowy, składający się z wielu kondensatorów MOS. Kondensator taki to warstwa domieszkowanego półprzewodnika pokryta warstwą tlenku krzemu (SiO_2 — izolatora), na której umieszczona (napylona) jest elektroda (bramka). Warstwa tlenku krzemu jest grubości kilkudziesięciu mikronów, jednak umieszczona pomiędzy domieszkowanym półprzewodnikiem a elektrodą powoduje, że opisywany układ jest właśnie kondensatorem. Napięcie dodatnie, przyłożone do takiego kondensatora poprzez elektrodę powoduje, że w półprzewodniku (który jest najczęściej typu P) dziury (które są w tym wypadku nośnikami większościowymi) są odpychane w głąb materiału, czyli w kierunku od elektrody. Nośniki mniejszościowe (w tym wypadku elektrony) są natomiast przyciągane w kierunku elektrody. Wewnątrz półprzewodnika powstaje zatem studnia potencjału (pole elektryczne). Stan ten jest stanem niestabilnym układu i w miarę upływu czasu, elektrony termiczne (powstające w wyniku łamania wiązań sieci krystalicznej wobec niezerowej temperatury materiału) powodują zanikanie studni potencjału. Całkowicie znika ona po czasie nazywanym czasem termicznej relaksacji, który w temperaturze pokojowej wynosi kilka — kilkanaście sekund.

Detektor światła, jakim jest CCD, pracuje właśnie w tym niestabilnym stanie kondensatorów. Poprzez schłodzenie do bardzo niskich temperatur czas termicznej relaksacji zostaje wydłużony na tyle, że można w nim CCD używać do rejestracji obrazów w astrofizyce, gdzie wymagane są ekspozycje wynoszące niekiedy wiele minut. Kondensator MOS, w którym dzięki schłodzeniu możemy w pierwszym przybliżeniu zaniedbać wpływ elektronów termicznych, służyć może do rejestracji światła dzięki wewnętrznemu efektowi fotoelektrycznemu. Padający bowiem na krzem foton powoduje wybicie ze struktury krystalicznej półprzewodnika elektronu i dziury, które są przez pole elektryczne wewnątrz półprzewodnika separowane: elektron jest przyciągany przez odległe od elektrody dziury, dziura jest przyciągana przez zgromadzone blisko warstwy tlenku krzemu elektrony. Tak więc padający foton rozładowuje nasz kondensator. Jeżeli w trakcie ekspozycji na elektrodzie utrzymywane było stałe napięcie, ilość zgromadzonych elektronów będzie proporcjonalna do ilości fotonów, jakie padły na ten piksel.

Matryca CCD jest zatem do pewnego stopnia analogiem kliszy fotograficznej. Ziarna kliszy są w ramach tej analogii pikselami. Fizyczne rozmiary matryc CCD są jak dotąd mniejsze od standardowo stosowanych w astrofizyce klisz fotograficznych. Poza tym jednak, są one o niebo lepszymi detektorami światła.

Matryce CCD stosowane obecnie w astrofizyce to zespoły milionów kondensatorów MOS ułożonych w formie prostokąta lub kwadratu. Typowe wymiary to 1024×1024, 2048×2048 lub 3072×2048. Piksele, czyli pojedyncze kondensatory, są kwadratami o bokach od 6 mm do 30 mm. Tak więc fizyczne rozmiary matryc CCD są rzędu kilku–kilkudziesięciu milimetrów. Bardzo istotną cechą CCD, stanowiącą o jego wyższości nad kliszą fotograficzną, jest fakt, że zarejestrowany za jego pomocą sygnał jest proporcjonalny do ilości padających fotonów. Kalibracja takich obserwacji jest bardzo prosta a wyniki obserwacji niezwykle dokładne. Inną bardzo ważną cechą CCD jest jego czułość sięgająca niekiedy do 90%. Tu porównanie z kliszą fotograficzną jest druzgocące, klisza bowiem była w stanie wykorzystać jedynie około paru procent padającego na nią światła, reszta była bezpowrotnie tracona.

Te niezwykłe cechy CCD spowodowały, że po technologicznym opracowaniu kilku nie opisanych tutaj problemów (chłodzenie do temperatur rzędu –120°C, stabilizacja temperatury, przesyłanie i odczyt zgromadzonego ładunku) *kamery CCD* stały się standardowymi detektorami światła stosowanymi w astrofizyce obserwacyjnej. W ostatnich latach dzięki masowej produkcji tanich matryc CCD, mogących funkcjonować w stosunkowo wysokich temperaturach (–20°C) oraz dzięki zastosowaniu do ich chłodzenia zjawiska Peltiera (co pozwoliło pominąć skomplikowane w budowie i eksploatacji chłodzenie ciekłym azotem), kamery CCD stają się bardzo popularne wśród amatorów astronomów.

mamy do dyspozycji 39 312 pikseli. Zatem na naszej matrycy możemy zarejestrować ponad 800 gwiazd! Dużo to czy mało? Warto przypomnieć w tym miejscu, że ilość gwiazd widzianych na niebie zależy od granicznej wielkości gwiazdowej, do której chcemy gwiazdy liczyć. W przeliczeniu na stopień kwadratowy ilość gwiazd zmienia się tak, jak to przedstawiono w Tabeli 1.

Jak widać, nasze szacunki dowodzą, że jeżeli będziemy obserwowali duże pola, rzędu 4 stopni kwadratowych, możemy obserwować gwiazdy do około 13 wielkości gwiazdowej. Nasza kamera okazuje się być dostatecznie „duża" do tego celu. Pozostaje jedynie kwestia układu optycznego, który pozwoli obserwować tak duże pola na tak małym obrazku. „Normalne" astronomiczne teleskopy charakteryzują się ogniskowymi rzędu metra lub większymi. Taki teleskop daje jednak bardzo małe pola widzenia, szczególnie na tak małym obrazku jak nasza matryca CCD.

Jedynym wyjściem w tej sytuacji jest zastosowanie do naszych obserwacji „nieastronomicznych" teleskopów o bardzo krótkich ogniskowych. „Teleskopami" takimi mogą być właśnie obiektywy fotograficzne o ogniskowych kilku — kilkunastu cm. W połączeniach nawet z niewielkimi kamerami CCD dają one ogromne pola widzenia. Pewnym problemem jest fakt, że kamera nasza, ze względu na dużą rozdzielczość, jest w stanie zauważyć wszystkie wady produkowanych seryjnie obiektywów. W szczególności błędy odwzorowania, niewidoczne na kliszy fotograficznej, na naszym CCD są świetnie widoczne. Na szczęście nie ma to jednak istotniejszego znaczenia dla masowej fotometrii gwiazd.

Dzięki niezwykłej czułości kamer CCD nawet tak małymi „teleskopami" jak obiektywy od aparatów fotograficznych możemy obserwować dość słabe obiekty przy krótkich ekspozycjach[2].

Celem prowadzonego za pomocą „małej kamery" programu, w którym wykorzystujemy obiektyw fotograficzny jako kolektor światła dla kamery CCD 800, jest monitorowanie jasnych gwiazd do około 10^m na całym północnym niebie.

Tabela 1.

Jasność graniczna (mag)	Ilość gwiazd na stopień kwadratowy
5	0,025
7	0,20
9	1,5
11	11
13	66
15	360
17	1 700
19	6 700
21	22 000

5. Zakończnie

Nowa „mała kamera", mimo że bardzo mała, jest z pewnością ciekawym instrumentem. Bardzo bogate oprogramowanie oraz rozległa baza obiektów pozwalają, poza standardowymi obserwacjami, w bardzo nowoczesny sposób podziwiać uroki nocnego nieba. Wobec możliwości podłączenia tego teleskopu do komputera możliwe jest jego używanie w sposób zbliżony do obsługi nowoczesnych teleskopów astronomicznych, czyli bez bezpośredniego kontaktu. Wobec tego możliwe jest jego zastosowanie w ramach pracowni astrofizycznej jako miniatury teleskopu, celem wdrożenia studentów astronomii w profesjonalne obserwacje: przygotowanie programu obserwacyjnego, naprowadzania na wybrane obiekty, rejestracja obrazów. W przyszłości możliwe będzie także prowadzenie obserwacji w trybie zdalnym, czyli z dowolnego miejsca posiadającego połączenia z Internetem.

[2] Obiektyw o ogniskowej 85 mm działający z przesłoną ustawioną na 4 ma średnicę wejściową około 21 mm, zaś obiektyw 135 mm z przesłoną 2.8 – 48 mm. Są to naprawdę małe urządzenia jak na astronomię.

Dr Andrzej Niedzielski jest adiunktem Centrum Astronomicznego UMK. Jego astronomiczne zainteresowania dotyczą spektroskopii i fotometrii oraz gwiazd Wolfa-Rayeta.

INFORMACJA O PRENUMERACIE

Prenumerata na rok 1999 (6 zeszytów) kosztuje 36 zł.
Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
BIG Bank S.A. o/Toruń
Nr 11601612-6347-132

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych udziela:

Barbara Gertner
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11
87-100 Toruń

E-mail: basia@astri.uni.torun.pl, tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

Wielka Czerwona Plama

Już ponad trzy stulecia astronomowie obserwują Wielką Czerwoną Plamę na Jowiszu (odkrył ją Robert Hooke w 1664 roku). Mogłoby się zatem wydawać, że tak długo badany twór atmosferyczny nie może ukrywać przed nami wielu tajemnic, że współcześni planetologowie wszystko lub prawie wszystko o nim wiedzą. A tymczasem nie jest wcale tak dobrze, bo Wielka Czerwona Plama wciąż uchodzi za jeden z najbardziej zagadkowych tworów atmosferycznych Jowisza i każda o niej informacja przekazana przez sondę Galileo bywa wnikliwie badana. Tym problemem zajmuje się wielu badaczy, a między innymi także grupa uczonych z wydziału Atmospheric, Oceanic and Planetary uniwersytetu w Oksfordzie.

W marcu 1998 roku uczeni z Oksfordu ogłosili wyniki dwuletnich badań materiałów uzyskanych w ramach misji Galileo. Wynika z nich — twierdzi Fred Taylor — że ten olbrzymi wir atmosferyczny Jowisza jest napędzany ciepłem pochodzącym z jądra planety. Wbrew pozorom może to być ważny wniosek, gdyż podobne struktury obserwowane są w atmosferach trzech pozostałych planet grupy jowiszowej, chociaż nie mają one już tak dużych rozmiarów i są o wiele mniej stabilne. Ale przecież i te plamy pojawiają się i zanikają w wyniku napędzającego je mechanizmu, który nie został dotychczas w pełni poznany. Dzięki zaś aparaturze zainstalowanej w sondzie Galileo uczeni mogą badać skład chemiczny, uwarstwienie, zagęszczenie i inne cechy atmosfery Jowisza, co może ułatwić im wyjaśnić następujące, dotąd nie znane zagadnienia:

☞ Co powoduje nadzwyczaj pstre zabarwienie górnych warstw atmosfery Jowisza? Co bliższego można by powiedzieć o czerwonym pigmencie Wielkiej Czerwonej Plamy, jak też o brązowych i żółtych odcieniach niektórych obłoków tej olbrzymiej struktury? Dotychczasowe teorie nie pokrywają się całkiem z faktami obserwacyjnymi.

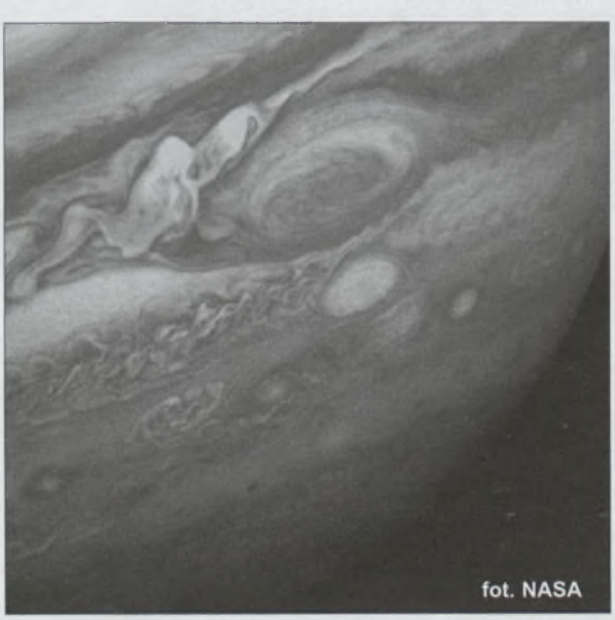
☞ Planetologowie chcieliby dowiedzieć się czegoś bliższego o cyrkulacji jasnych pasów w atmosferze Jowisza, poruszających się z różnymi prędkościami. Sprawa ta nie jest całkiem jasna i wymaga dalszych badań.

☞ Uczeni dotąd nie potrafią w pełni wyjaśnić mechanizmu powstawania tych długotrwałych wirów atmosferycznych, do złudzenia przypominających ziemskie cyklony. Te na Jowiszu nieustannie się pojawiają i zanikają w różnych szerokościach, a Wielka Czerwona Plama jest prawdopodobnie jednym z nich. Wyróżnia się przypuszczalnie wielkością i trwałością.

Dotychczasowa analiza danych uzyskanych w ramach misji Galileo wydaje się być bardzo obiecująca. Przekonaliśmy się na przykład już ostatecznie, że w najwyższych warstwach atmosfery Jowisza wieją nadzwyczaj silne wiatry i unoszą turbulentne systemy obłoków obiegających tę olbrzymią planetę. Planetę obiegają też plamy o stosunkowo długim żywocie, które na Jowiszu można obserwować w każdym czasie i które — podobnie jak Wielka Czerwona Plama — są potężnymi wirami atmosferycznymi. Uczeni jednak długo sądzili, że mamy tu do czynienia z głębokimi lejkowatymi strukturami rotujących obłoków, a tymczasem dane otrzymane w ramach misji Galileo zdają się wskazywać, iż pod tymi wirami w zasadzie znajduje się względnie jasna i spokojna atmosfera. Najgrubsza warstwa obłoków jest — zdaniem badaczy z Oksfordu — w środku wiru, w kierunku ku brzegom wyraźnie słabnie i jakby przechyla się w jedną stronę. Wygląda to tak, jakby wiatr wiejący z nieco chłodniejszych obszarów z dużą prędkością napędzał materię ku centralnym rejonom plamy, które są oczywiście dużo cieplejsze i tu się rozpływał na wszystkie strony. Podobnie się dzieje w ziemskich huraganach, lecz te na Jowiszu są nieporównywalnie większe i silniejsze.

Główną warstwę obłoków tworzą na Jowiszu — zgodnie zresztą z oczekiwaniami — kryształki zamarzniętego amoniaku. Warstwa ta leży na takiej wysokości, na jakiej ciśnienie atmosferyczne osiąga wartość 1 bara, czyli jest porównywalne z ciśnieniem na Ziemi. Obłoki te przypominają ziemskie cirrusy, lecz tworzące je kryształki zamarzniętego amoniaku są 100 razy mniejsze od kryształów lodu tworzącego ten typ obłoków na Ziemi. Należy przy tym dodać, że obłoki te pokrywa warstwa barwnej mgły, którą najprawdopodobniej tworzy smog składający się z mikroskopijnych kropelek węglowodoru. Pod główną warstwą obłoków znajduje się gruba warstwa obłoków składających się — jak się przypuszcza — z analogicznych kropelek siarczanu amonu. Ale coś pewniejszego na ten temat będzie można powiedzieć po wnikliwej analizie całego materiału uzyskanego w ramach misji Galileo.

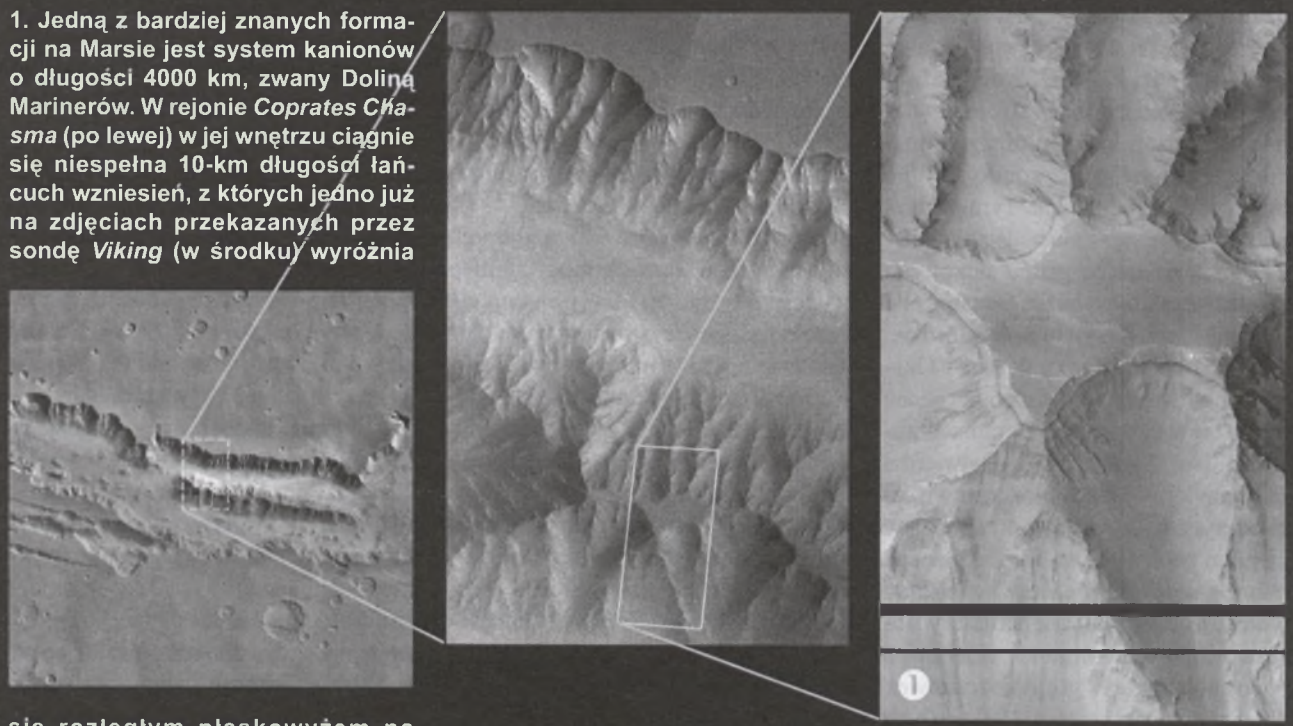
Stanisław R. Brzostkiewicz



fot. NASA

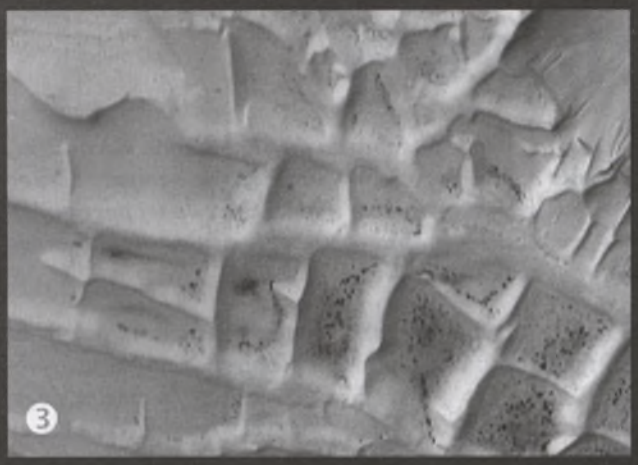
Mars z bliska

Już od roku *Mars Global Surveyor* (MGS) obiega Czerwoną Planetę, przyglądając się jej powierzchni. Nie obyło się bez problemów technicznych, skutkiem których sonda zmierza ku ostatecznej orbicie wolniej niż przewidywano i misja kartograficzna ma szansę rozpocząć się dopiero w marcu przyszłego roku. Wierząc, że najlepsze wciąż przed nami, przedstawiamy kilka ciekawszych obrazów wybranych spośród kilkudziesięciu tysięcy przekazanych na Ziemię do tej pory. Patrząc na te zapierające dech w piersiach krajobrazy, myślimy już o czekających na rozpoczęcie dwóch kolejnych misjach: *Mars Climate Orbiter* (10 grudnia br.) i *Mars Polar Lander* (3 stycznia 1999).

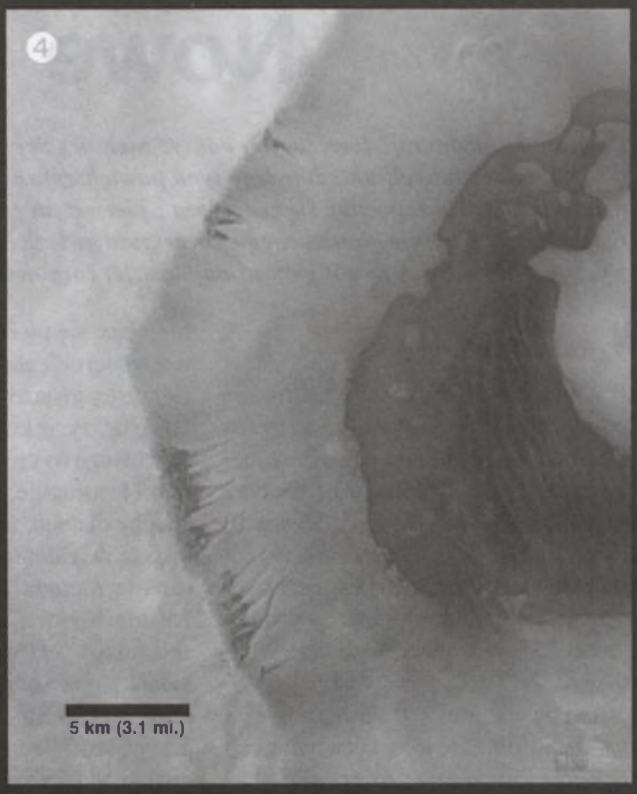


1. Jedną z bardziej znanych formacji na Marsie jest system kanionów o długości 4000 km, zwany Doliną Marinerów. W rejonie *Coprates Chasma* (po lewej) w jej wnętrzu ciągnie się niespełna 10-km długości łańcuch wzniesień, z których jedno już na zdjęciach przekazanych przez sondę *Viking* (w środku) wyróżnia się rozległym płaskowyżem na szczycie. 1 stycznia br. przelatująca nad nim sonda MGS przekazała obraz obejmujący obszar o rozmiarach około 10 na 17 km z rozdzielczością sięgającą 6 m (po prawej). Skalne formacje (o grubości sięgającej kilkudziesięciu metrów), ograniczające opadające we wszystkich kierunkach doliny i żleby, mają wyraźną strukturę warstwową. Na Ziemi za takie formy odpowiedzialne są procesy osadowe lub wulkaniczne i obydwa mogły mieć miejsce w marsjańskiej przeszłości.

2. Obszar zwany *Medusae Fossae* (widoczny na zdjęciu z *Vikinga*) powstał najprawdopodobniej setki milionów lat temu na skutek erupcji wulkanicznych, zaś silne wiatry spowodowały erozję skał. Zdjęcie wykonane przez MGS (z najwyższą jak dotąd rozdzielczością z marsjańskiej orbity, sięgającą 3,6 metra) ujawniają charakterystyczne struktury, zdradzające ich pochodzenie (poniżej po prawej). Przedstawiony obszar zajmuje ok. 3.5 na 20 km.

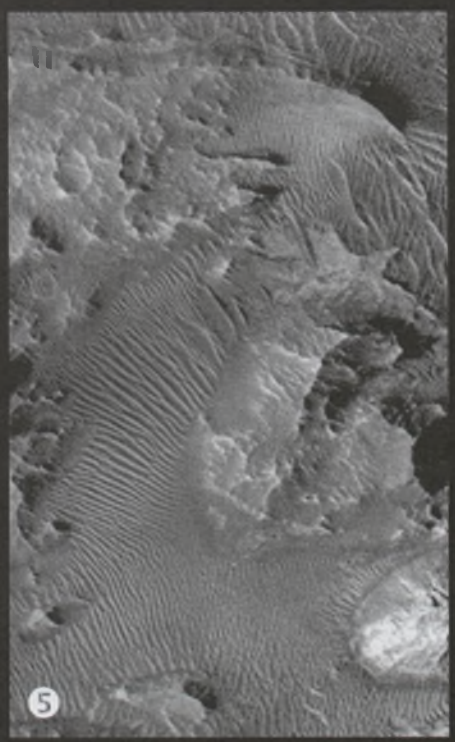


3. Te przypominające gofry formy krajobrazu sonda MGS odkryła w pobliżu południowego bieguna Marsa. Może to być rodzaj wydm, które w jakiś sposób zastygły w bardziej trwałej postaci. Pomiędzy nimi zwracają uwagę kilkudziesięciometrowej średnicy ciemne plamki, najwyraźniej pozbawione nalotu z zestalonego dwutlenku węgla.



4. Pomimo dość przekonujących zdjęć z *Vikinga*, sugerujących występowanie w marsjańskiej przeszłości wody w formie ciekłej, brakowało do niedawna śladów istnienia również wodnych akwenów. Być może ten 50-kilometrowy bezimienny krater usatysfakcjonuje uczonych. Widoczne są ślady spływania po ścianach krateru oraz coś, co nieodparcie nasuwa skojarzenie z linią brzegową dawnego jeziora. Nie można oczywiście wykluczyć, że za powstanie tych form odpowiedzialna jest lawa.

5. Ten obszar (*Hebes Chasma*) o rozmiarach 2.3 na 3.6 km chyba najwspanialej demonstruje siłę wiatru, rzeźbiącego pejzaże Czerwonej Planety.



6. Jeszcze jeden twór podejrzany o to, że w jego genezie „maczała palce" woda — dolina *Nanedi Vallis* w obszarze *Xanthe Terra* (obraz z *Vikinga* po lewej, po prawej — powiększenie z MGS, ok. 10 na 20 km). Przeciwnicy wodnej hipotezy oczywiście stwierdzą, że brak dopływów i ciasne, nietypowe meandry w dolnej części zdjęcia sugerują, że jest to raczej zapadlisko. (*kn*)

Nowe planety

Pomimo kontrowersji dotyczących odkryć niektórych planet wokół gwiazd podobnych do Słońca (por. PA nr 2/97, str. 32), lista znanych układów tego typu powiększyła się ostatnio o dwie pozycje, wkraczając tym samym w drugą dziesiątkę. Warto zapoznać się zwłaszcza z pierwszym z doniesień, gdyż dotyczy ono najbliższej z do tej pory podejrzanych o posiadanie planetarnego towarzysza gwiazd oraz — co bardziej istotne — upewnia nas, że planety mogą występować również wokół gwiazd najbardziej rozpowszechnionych w Galaktyce.

Karzeł z olbrzymem

Pod koniec czerwca zaprezentowane zostały wyniki prowadzonych od trzech lat obserwacji widmowych czerwonego karła Gliese 876. Ta gwiazdka typu widmowego M4 o jasności zaledwie 10 magnitudo to czterdziesty (w kolejności rosnącego dystansu) kosmiczny sąsiad naszego Słońca, położony w odległości 15 l.św. w gwiazdozbiorze Wodnika.

Od października 1995 roku był on na liście obiektów obserwowanych w Haute Provence przez szwajcarsko-francuski zaspół pod wodzą Michela Mayora. Periodyczne zmiany prędkości radialnej o okresie dwóch miesięcy i półamplitudzie przekraczającej 200 m/s potwierdzili już G. Marcy i P. Butler za pomocą teleskopów Kecka i Licka (rys.1). Zmiany takie mogłoby wywoływać ciało o masie co najmniej 1.9 razy większej od masy Jowisza, poruszające się po ekscentrycznym torze w średniej odległości 30 mln km od macierzystej gwiazdy.

To odkrycie kolejnego ciała typu jowiszowego na krótkookresowej orbicie (tab.1) zasługuje na szczególną uwagę choćby dlatego, że Gliese 876 jest najbliższą ze zidentyfikowanych dotychczas tą metodą „gwiazd z planetą". Istotna różnica dotyczy rozmiarów składników układu: mamy tu do czynienia z gwiazdą pięciokrotnie mniej masywną od Słońca, tj. w najlepszym przypadku kilkadziesiąt razy masywniejszą od jej planetarnego towarzysza, a co za tym idzie — niewiele od niego większą.

Najważniejszą bodaj konsekwencją pojawiającą się w związku z omawianym układem jest perspektywa odkrycia kolejnych planet w sąsiedztwie Słońca: spośród 150 gwiazd nam najbliższych mniej więcej 80% to czerwone karły o stosunkowo niewielkiej masie.

Spekulując na temat warunków fizycznych panujących na planecie wokół Gliese 876, należy pamiętać, że jej słońce jest dwukrotnie chłodniejsze od naszego i świeci około 600 razy słabiej. Biorąc więc nawet pod uwagę pięciokrotnie mniejszą niż Słońce–Ziemia odległość, nie wydaje się prawdopodobne, by temperatura na jej powierzchni przekraczała minus 100 stopni Celsjusza...

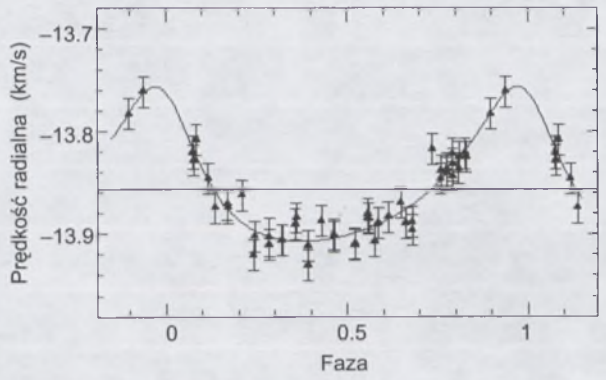
Ku coraz dłuższym okresom obiegu

Znakomita większość orbit planet odkrytych do tej pory wokół gwiazd podobnych do Słońca charakteryzuje się krótkimi okresami obiegu, w przedziale od kilku do kilkudziesięciu dni. Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy może być efekt selekcji — powinniśmy cierpliwie poczekać na rezultaty systematycznych analiz, które rozpoczęły się na dobre zaledwie kilka lat temu. Do-

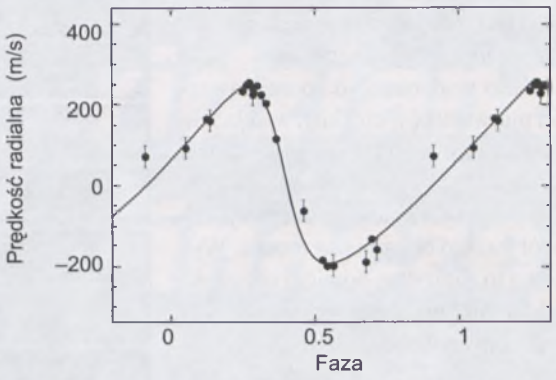
Tabela 1

Lista gwiazd wykazujących okresowe zmiany prędkości radialnej linii w widmie, których źródłem wydają się być planety (ciała o masach poniżej 13 mas Jowisza). Oprócz podstawowej identyfikacji gwiazdy podano zaobserwowane cechy zmienności: okres P i półamplitudę K oraz wynikające stąd parametry towarzysza: jego minimalną masę (m sin i), wielką półoś orbity (a) i jej mimośród (e). Kolejność odpowiada wzrastającemu okresowi.

Gwiazda	Typ widm.	Jasność V	P [d]	K [m/s]	m sin i [M_J]	a [j.a.]	e
τ Boo	F6IV	4.5	3.3	469	3.87	0.057	0.02
51 Peg	G2IVa	5.49	4.2	56	0.5	0.046	0.02
υ And	F7V	4.63	4.6	71	0.68	0.05	0.11
55 Cnc	G8V	5.95	14.7	77	0.84	0.11	0.05
ρ CrB	G2V	5.4	39.6	67	1.1	0.23	0.028
Gliese 876	M4V	10.17	60.7	220	1.86	0.20	0.37
HD 114762	F9V	7.3	84	616	9	0.38	0.38
70 Vir	G4V	5.0	117	318	6.6	0.43	0.40
16 Cyg B	G2.5V	6.2	801	43.9	1.5	1.68	0.67
47 UMa	G0V	5.1	1088	45.5	2.3	2.1	0.08
14 Her	K0V	6.67	1619	350	3.3	2.5	0.35



Rys. 1. Krzywa zmian prędkości radialnych gwiazdy 14 Herculis. Wg OHP.



Rys. 2. Krzywa zmian prędkości radialnych gwiazdy Gliese 876. Wg G. Marcy, P. Butler, i San Francisco University.

piero bowiem po zaobserwowaniu pełnego cyklu zmian prędkości radialnej, odpowiadającego dokonaniu jednego obiegu, możemy mówić o kandydacie na planetę.

Takim świeżo upieczonym „podejrzanym" jest niewidoczny towarzysz 14 Herculis — odległej o 60 l.św. gwiazdy typu K, nieco mniej masywnej od Słońca, o jasności poniżej 6 magnitudo. O jego obecności świadczą zmierzone przez M. Mayora i jego współpracowników w ciągu ponad 4 lat prędkości radialne gwiazdy, układające się w przedstawioną na rys.2 krzywą. Dane te sugerują istnienie obiektu o masie co najmniej 3.3 razy większej od masy Jowisza, poruszającego się w średniej odległości 2.5 j.a. od macierzystej gwiazdy (wskutek dość znacznej ekscentryczności dystans ten zmienia się w granicach od 1.6 do 3.4 j.a.).

Choć okres obiegu (4.4 roku) jest najdłuższy z dotychczas proponowanych dla kandydatów na planety, to i tak pozostaje prawie trzykrotnie krótszy od jowiszowego. Niemniej stwarza to sprzyjające warunki dla bezpośredniej detekcji: przy spodziewanej separacji kątowej sięgającej 0.14 sekundy łuku nie byłoby problemem odkrycie drugiego składnika, gdyby był on brązowym karłem. Próby takie były po-

Tabela 2

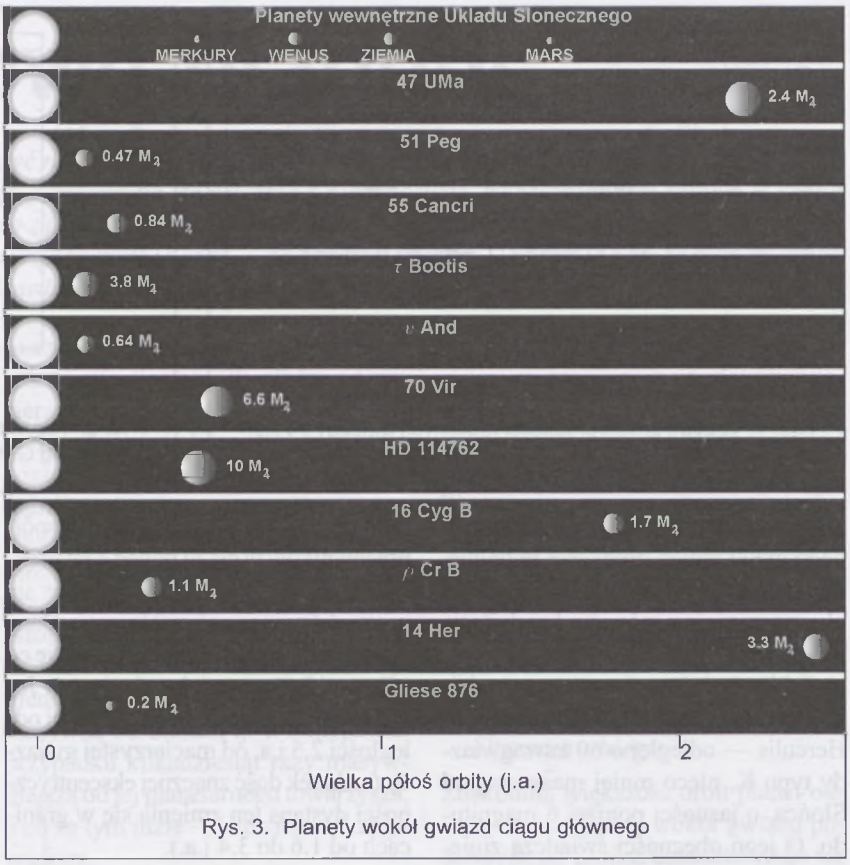
Programy poszukiwań planet w oparciu o precyzyjne pomiary prędkości radialnych gwiazd.

Obserwatorium, instrument	Realizatorzy	Liczba badanych gwiazd	Typy widmowe	Początek obserwacji	Dokładność
Keck HIRES	Marcy, Butler i inni	400	późne F – późne K	lipiec 1996	≈ 2 m/s
Lick 3m Shane lub CAT + Hamilton echelle	Marcy, Butler i inni	120	późne F – M	1987	≥ 3 m/s
AAO 3.9 m	Butler, Marcy i inni	150	późne F – K	wrzesień 1997	≥ 3 m/s
Keck HIRES i AFOE /CORALIE	Latham i in.	1000	późne F – G	połowa 1997 r.	planowana ≈ 10 m/s
OHP 1.9m + ELODIE	Mayor, Queloz i inni	350	G i K	1994	7 m/s (od II 97)
La Silla Swiss 1.2m + CORALIE	Mayor, Queloz i inni	800	późne F – późne K	czerwiec 1998	spodziewana 5 m/s
Whipple 1.5m + AFOE	Noyes i in.	100	słoneczny	połowa 1996 r.	10 m/s
HET + HRS	Cochran, Hatzes	300	średnie F – późne G	wrzesień 1998	3 – 10 m/s
McDonald 2.7m + Coude	Cochran, Hatzes	30	późne F – późne K	1987	20 m/s
ESO CAT 3.6m + CES	Kurster, Hatzes i inni	35	późne F – M	listopad 1992	10 – 20 m/s, w planach 1–2 m/s

dejmowane jak dotąd bez powodzenia, co jest tylko dodatkowym argumentem na rzecz hipotezy planetarnej.

Warto wspomnieć o sporej zawartości pierwiastków ciężkich w składzie chemicznym 14 Her. Przy okazji można nawet zaryzykować stwierdzenie, że duże planety częściej obserwujemy wokół gwiazd bogatych w metale. Wydaje się to naturalne, bowiem obecność ciężkich pierwiastków sprzyja tworzeniu drobin pyłu, może więc wpływać korzystnie na przebieg procesu formowania planet.

Jesteśmy z pewnością u progu odkryć kolejnych planet wokół gwiazd ciągu głównego, co może sugerować choćby tylko zwiększająca się ilość podejmowanych projektów systematycznych obserwacji zmian prędkości radialnych gwiazd ze wzrastającą dokładnością (tab.2). (*kr*)



Rys. 3. Planety wokół gwiazd ciągu głównego

Czytelnikom zainteresowanym śledzeniem odkryć planet poza Układem Słonecznym, dysponującym dostępem do Internetu, polecamy poniższe adresy zawierające m.in. pełniejszy opis dotychczasowych badań; to już nie katalogi osobliwości, ale wręcz encyklopedie poświęcone tej tematyce.

http://www.physics.sfsu.edu/~gmarcy/planetsearch/news.html http://wwwusr.obspdm.fr/departement/darc/planets/encycl.html http://ast.star.rl.ac.uk/darwin/planets/Welcome.html

Czarne serce Galaktyki

Obecnie nie ma już praktycznie wątpliwości, że w centrum naszej Galaktyki znajduje się supermasywna czarna dziura. Podejrzewano to już od jakichś dwudziestu lat, jednakże trudno było zdobyć rozstrzygające dowody, gdyż samo centrum Drogi Mlecznej spowite jest w gęstych „tumanach" pyłu międzygwiazdowego, co praktycznie wyklucza możliwość dokonywania optycznych badań tego obszaru. Obserwacje radiowe ujawniły obecność zagadkowego źródła Sagittarius A*, a z badań podczerwonych wiemy, iż jest ono otoczone przez gęstą gromadę gwiazd.

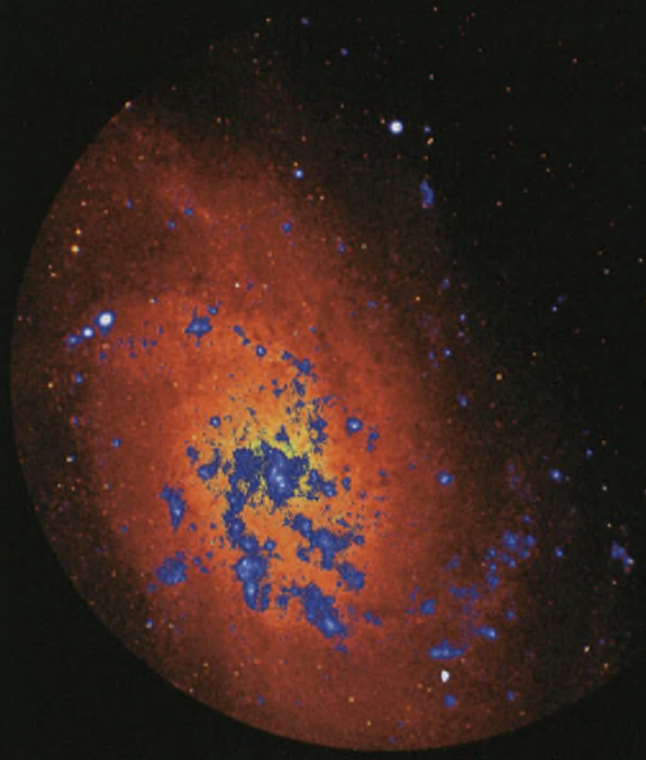
Andrea Ghez z University of California w Los Angeles wykazała, że gwiazdy te poruszają się z prędkościami dokładnie takimi, jakich się spodziewano, jeśliby znajdowały się one pod wpływem niewidocznej centralnej masy, wynoszącej — bagatela — 2.6 milionów mas Słońca. Ghez z kolegami wykorzystała kamerę podczerwoną plus 10-metrowy teleskop Keck na Mauna Kea do drobiazgowego przyjrzenia się owej centralnej gromadzie gwiazd. Dzięki temu mogli obserwować, jak gwiazdy te zmieniają swoje pozycje z roku na rok, z prędkościami osiągającymi nawet 1400 km/s. Jest to możliwe jedynie, jeśli w centrum znajduje się faktycznie czarna dziura, do tego supermasywna. (*mag*)

Galaktyki widziane inaczej

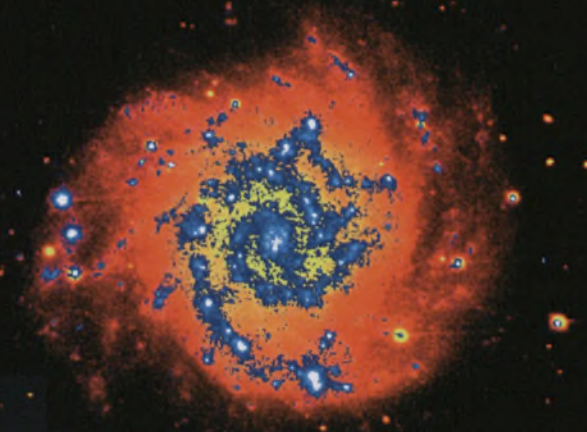
Gdybyśmy mogli podziwiać galaktyki nie tylko w świetle widzialnym, ich wygląd różniłby się od tego, który znamy ze „zwykłych" fotografii. Na przykład promienie ultrafioletowe — zaznaczone na obrazach M33, M74 i M81 niebieską barwą — dobiegają tylko z pewnych obszarów galaktyk spiralnych (kolorem czerwonym zakodowano ich obraz optyczny). To miejsca, w których koncentrują się gorące, jasne gwiazdy. Ponieważ są to obiekty masywne, ich ewolucja przebiega szybko — a więc znajdujemy je blisko miejsc ich narodzin: ramion spiralnych.

Przedstawiamy też galaktykę-widmo: to odległa o 15 milionów l.św. NGC 2915. W świetle widzialnym obserwujemy tylko zaznaczony żółtym kolorem centralny jej obszar, piękne ramiona spiralne (na obrazie – niebieskiej barwy) „świecą" tylko na falach radiowych w pasmie wodoru. Ta karłowata galaktyka kryje w sobie więcej tajemnic, znana jest m.in. ze znacznej zawartości ciemnej materii. (*kr*)

Galaktyki widziane inaczej



M33



M74

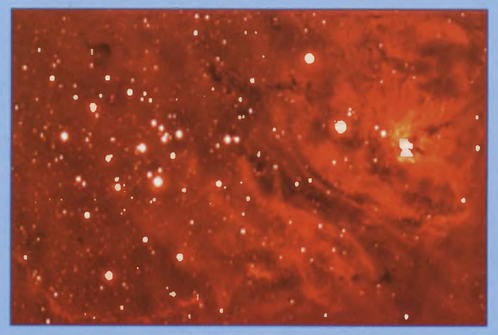
M81

NGC2915

Klepsydra w Lagunie (M8)

Fragment nieba w gwiazdozbiorze Strzelca z mgławicami Trójlistną (M20, w górnym rogu) oraz Laguna (M8, u dołu). Fot. J. Ware

Mgławica Laguna w pełnej krasie (zwiększono dodatkowo kontrast obrazu). Fot. D. Malin



Laguna wraz z gromadą otwartą NGC 6530. Wyraźnie widać, że najjaśniejszy obszar ma kształt klepsydry. Fot. B. Wallis i R. Provin

Ten niesamowity obraz ruchów turbulentnych w gazowo-pyłowej materii pochodzi z kosmicznego teleskopu (kamera WFPC2, lipiec-wrzesień 1995). Widoczna jest gwiazda Herschel 36, pobudzająca gaz do świecenia. Fot. A. Caulet, NASA

Najjaśniejszy obszar mgławicy zwany Klepsydrą. Jego powiększenie możemy podziwiać na środkowym zdjęciu. Fot. D. Malin (AAT)

W Lagunie wciąż rodzą się gwiazdy. Filtry umożliwiają odtworzenie struktury włókien wodoru (kolor zielony na zdjęciu).
Fot. G. Bernstein, CTIO

Urania
Postępy Astronomii

Narodziny gwiazd w Małym Obłoku Magellana

Nim teleskop kosmiczny wykonał kamerą WFPC2 to efektowne zdjęcie, przedstawiony na nim obiekt nazywano „Plamą" — tak jawił się naszym niedoskonałym ziemskim instrumentom. Oznaczony symbolem katalogowym N81 fragment Małego Obłoku Magellana okazał się gwiezdną rodzinką, skupiającą jedne z najmłodszych masywnych gwiazd należących do pobliskich galaktyk. Narodzinom towarzyszą efektowne wyrzuty materii gazowej. W centralnym obszarze o rozmiarach rzędu 10 lat świetlnych powstało ok. 50 nowych słońc (to słowo nie jest chyba jednak zbyt adekwatne, bowiem poszczególne „słońca" promieniują nawet 300 tysięcy razy silniej od naszej Dziennej Gwiazdy...).

Procesy formowania gwiazd mogły przebiegać równie gwałtownie w młodym Wszechświecie. Analogia jest tym bardziej uzasadniona, że obiekty należące do Małego Obłoku Magellana wykazują niską metaliczność, więc skład chemiczny budulca jest zbliżony do pierwotnego. Obserwowany obszar jest dla nas swego rodzaju laboratorium fragmentu dziejów materii, stworzonym przez naturę.

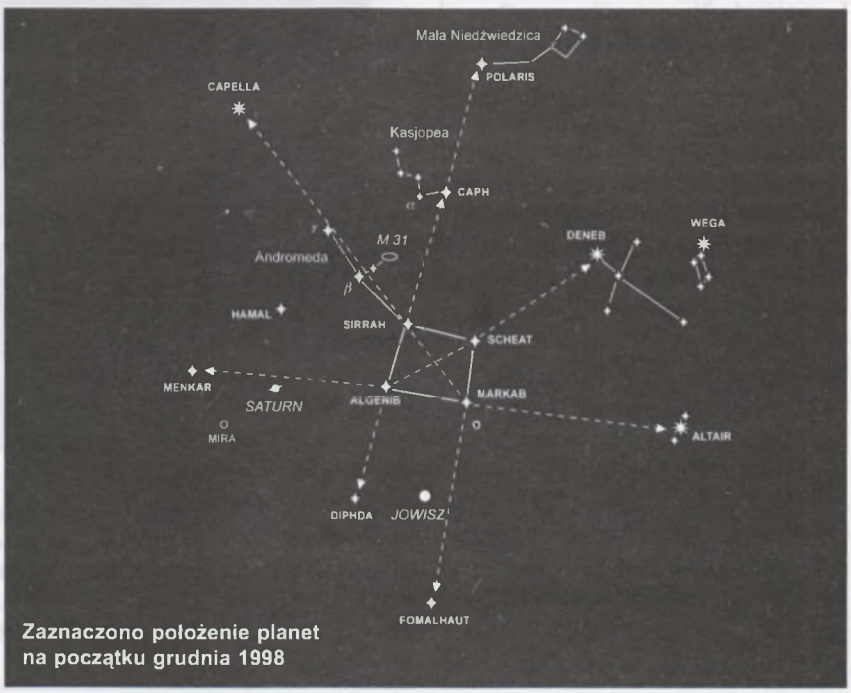
Ogromne ilości gazu wymiatanego z tej gwiezdnej kolebki biorą się stąd, że masywne gwiazdy są wyjątkowo rozrzutne i szybko pozbywają się większości swojej masy. Wśród zaobserwowanych obiektów są m.in. tracące w rekordowym tempie materię gwiazdy Wolfa-Rayeta, uważane za końcowe stadium ewolucji (przed ostatecznym finałem w postaci wybuchu supernowej). Z pierwszych analiz wynika, że mogą one być słabsze niż przewidują obowiązujące modele. Dalsze obserwacje gwiazd w N81 będą więc miały duże znaczenie dla testowania teorii ewolucji.

(kr)

WIELKI KWADRAT PEGAZA

Astronomowie bywają często pytani, jak pomagać uczniom w orientowaniu się na niebie, jak samemu odnajdywać interesujące obiekty. Poniżej przedstawiamy taki „przepis", jak orientować się na jesienno-zimowym niebie, biorąc za punkt wyjścia gwiazdozbiór Pegaza, tworzący charakterystyczny, regularny kwadrat na niebie. W mitologii greckiej Pegaz to koń uskrzydlony, który uderzaniem kopyta w górę Helikonu sprawił, że wytrysnęła tam woda poświęcona muzom. Wody tej fontanny miały moc dostarczania natchnienia poetom. Według innego mitu, skrzydlaty koń pomagał bohaterowi Bellerofonowi w walce z Chimerą, potworem zrodzonym z Tajfunu i Echidny, mającym głowę lwa, tułów kozy i ogon węża. Niezależnie jednak od mitu można spróbować odnaleźć ten charakterystyczny układ gwiazd na niebie, rozciągający się na przestrzeni ponad 1 godziny w rektascensji i około 15 stopni w deklinacji. Cztery jasne gwiazdy tworzące czworokąt są zbliżonej jasności, od 2.1 do 2.8 magnitudo. Zachodni bok figury tworzą gwiazdy α (na południu) i β (na północy) Pegaza, noszące nazwy arabskie Markab i Scheat. W północno-wschodnim narożniku jest jasna gwiazda należąca właściwie do sąsiedniego gwiazdozbioru, α Andromedy, nosząca nazwę Alpheratz lub Sirrah, będąca głową Andromedy lub też bokiem uskrzydlonego konia. Wreszcie czwarta z gwiazd, w narożniku południowo-wschodnim, to γ Pegaza, Algenib. Otóż, jeżeli teraz przedłużymy boki kwadratu Pegaza, to natrafimy na interesujące obiekty. Zacznijmy od boku wschodniego: przedłużając go w kierunku wschodnim mijamy gwiazdę β Kasjopei (ostatnią z charakterystycznej litery „W") zwaną Caph i jeszcze dalej dochodzimy do Gwiazdy Biegunowej, α Małej Niedźwiedzicy. Bok wschodni kwadratu leży prawie równolegle do koła godzinowego przy wznoszeniu prostym 0 godzin. Gdybyśmy przedłużyli ten bok na południe, to natrafimy na gwiazdę β Wieloryba, zwaną Diphda. Zachodni bok Pegaza leży blisko koła godzinowego dla wznoszenia prostego 23 godziny. Przedłużenie boku na północ daje nam także kierunek do Gwiazdy Biegunowej, zaś na południe doprowadza nas do gwiazdy Fomalhaut, α Ryby Południowej, zaś po drodze mijamy tej zimy jasno świecącego Jowisza. Przedłużenie południowego boku kwadratu Pegaza doprowadza nas w kierunku zachodnim do gwiazdy Altair, α Orła, zaś w kierunku wschodnim do Saturna a następnie Menkara, α Wieloryba. Warto tu wspomnieć, że w tym gwiazdozbiorze leży gwiazda o Wieloryba albo inaczej Cudowna, Mira Ceti, pierwsza odkryta w XVIII w. gwiazda zmienna, zmieniająca swoją jasność o blisko 8 wielkości gwiazdowych! Utwórzmy teraz przekątne kwadratu Pegaza i przedłużmy je poza obręb tej figury. Kierunek północno-wschodni doprowadza nas obok jasnych gwiazd β i γ Andromedy aż do Capelli, gwiazdy najjaśniejszej, α, z gwiazdozbioru Woźnicy. W gwiazdozbiorze Andromedy czeka nas próba wzroku (i czystości atmosfery!): poszukujemy okiem nieuzbrojonym galaktyki M31. Znajdziemy ją, posuwając się od β Andromedy w kierunku północnym, mijając kolejno dwie słabsze gwiazdy; nad tą drugą, przy dobrej widoczności, zaobserwujemy słabą mgiełkę. Jest to jedna z najbliższych naszych sąsiadek w przestrzeni, odległa tylko o 2 miliony lat świetlnych, Wielka Galaktyka w Andromedzie. Wreszcie, gdy przedłużymy drugą przekątną kwadratu Pegaza, to posuwając się w kierunku północno-zachodnim mijamy Deneba, α Łabędzia i dochodzimy do Wegi, najjaśniejszej gwiazdy w gwiazdozbiorze Lutni. A gdy odnaleźliśmy już gwiazdę γ Andromedy, to posuwając się w kierunku południowym odnajdziemy dwa charakterystyczne trójkąty, już nie tak jasne jak kwadrat Pegaza. Pierwszy, regularny trójkąt równoboczny, zwrócony wierzchołkiem na zachód, należy do gwiazdozbioru Trójkąta, na którego obszarze leży galaktyka spiralna M33. Drugi trójkąt, mniej regularny, tworzą gwiazdy Barana, z najjaśniejszą gwiazdą Hamal, α Barana w narożniku wschodnim. I w ten sposób dochodzimy do zodiaku, bo Baran jest pierwszym gwiazdozbiorem zodiakalnym.

Cecylia Iwaniszewska



Zaznaczono położenie planet na początku grudnia 1998

Klejnoty w sercu Mlecznej Drogi

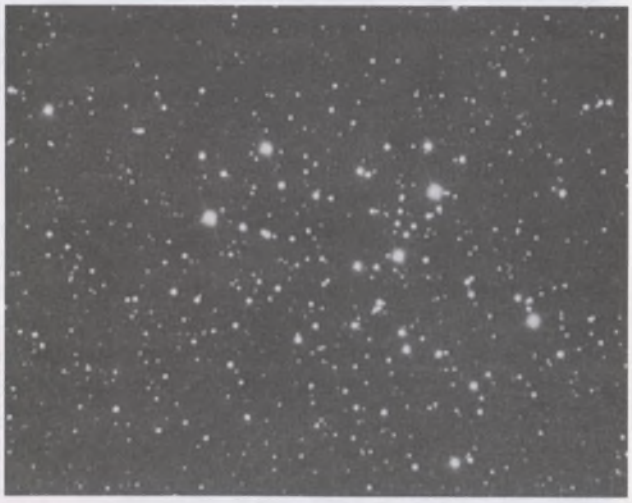
Patrząc w kierunku wnętrza Galaktyki, czyli penetrując gwiazdozbiory Skorpiona i Strzelca, odkrywamy piękno i ogromne bogactwo różnorodnych astronomicznych obiektów. Kilka z nich zajęło „czołowe" miejsca w katalogu Messiera.

M 6 (NGC 6405) w Skorpionie

Gromada otwarta M 6, znana też jako Gromada Motyl, to zgrupowanie około 80 gwiazd w obszarze o promieniu rzędu 10 lat świetlnych (średnio mniej niż jedna gwiazda przypada na jeden parsek sześcienny). Wiek gromady szacuje się na 50–100 milionów lat. Najjaśniejszą gwiazdą (6.2 magnitudo) jest żółtopomarańczowy olbrzym (widoczny na lewo od środka zdjęcia), najgorętsze gwiazdy (ciągu głównego) mają typ widmowy B4–B5.

Warto może wspomnieć, że jest to obiekt z katalogu Messiera leżący w najmniejszej kątowej odległości od centrum Galaktyki, choć oczywiście w rzeczywistości znajduje się znacznie bliżej nas.

Niektórzy sądzą, że tę „mgiełkę" wskazał już Ptolemeusz (przy swym opisie, dotyczącym zasadniczo gromady M 7). Jeszcze do lat 80-tych za odkrywcę M 6 uważany był szwajcarski astronom i matematyk de Cheseaux, który ok. 1746 roku zauważył, że jest to gromada gwiazd. Tymczasem sto lat wcześniej 18 gwiazd w tym miejscu na niebie doliczył się włoski astronom Hodierna (patrz ramka).



Rektascensja ..... $17^h40^m.1$
Deklinacja ..... –32°13'
Odległość ..... 2000 l.św.
Jasność obserw. ..... 5.3 mag
Rozmiary kątowe .... 25'.0

M 7 (NGC 6475) w Skorpionie

Gromada otwarta M 7, zwana Ogonem Skorpiona lub Gromadą Ptolemeusza, może być podziwiana gołym okiem z miejsc położonych na południe od Polski. Ptolemeusz ok. roku 130 p.n.e. opisał ją jako „mgławicę obok żądła Skorpiona". Giovanni Batista Hodierna w połowie XVII w. naliczył w niej 30 gwiazd.

Dziś wiemy, że 80 gwiazd jaśniejszych od 10 magnitudo zajmuje obszar o średnicy 18 l.św. (warto podkreślić stosunkowo wysoki stopień koncentracji gwiazd w kierunku centrum). Gromada zbliża się do nas z prędkością 14 km/s.

Najjaśniejszą gwiazdą (5.6 magnitudo) jest żółty olbrzym, niewiele ustępują mu blaskiem najgorętsze gwiazdy ciągu głównego (typu widmowego B6). Wiek gromady szacuje się zgodnie na 220 milionów lat, za to na jej jasność integralną podawane są wartości pomiędzy 3.3 a 5.0 magnitudo.

Rektascensja ..... $17^h53^m.9$
Deklinacja ..... –34°49'
Odległość ..... 800 l.św.
Jasność obserw. ..... 4.1 mag
Rozmiary kątowe .... 80'.0

M 8 (NGC 6523) w Strzelcu

Odkrycie Mgławicy Laguna (M 8), jak to często z mgławicami dyfuzyjnymi bywało, poprzedziło odnalezienie gromady gwiazd uformowanej z jej materii: chodzi o NGC 6530 we wschodniej części M 8 — młodą gromadę otwartą, którą w połowie XVII w. odkrył Hodierna. Samą mgławicę natomiast dostrzegł Le Gentil w roku 1747. Jest ona jednym z wdzięczniejszych motywów astrofotografii, co prezentuje również nasza rozkładówka.

M 8 rozciąga się na obszarze nieba o rozmiarach kilku księżycowych tarcz, co przy odległości 5200 l.św. (w literaturze można spotkać wartości pomiędzy 4850 a 6500 l.św.) odpowiada przestrzennym rozmiarom 140 na 60 l.św.

Najjaśniejsza część M 8 to tzw. Mgławica Klepsydra (centralny obraz na rozkładówce) — obszar pobudzany do świecenia przez gorącą gwiazdę Herschel 36 (typ widmowy O7, jasność 9.5 magnitudo). Do świecenia całej mgławicy przyczynia się też promieniowanie najjaśniejszej związanej z nią gwiazdy — 9 Sag (typ widmowy O5, jasność 6 magnitudo).

Mgławica Laguna to obszar, w którym zachodzą procesy powstawania gwiazd, z całą dynamiką i gwałtownością ukazane na zdjęciach z teleskopu kosmicznego (por. druga strona okładki „Postępów Astronomii" nr 2/97). Jedną z charakterystycznych form występowania materii są ciemne globule — kurczące się obłoki protogwiazdowe o rozmiarach rzędu 10 tysięcy j.a.

Związana z Laguną gromada otwarta NGC 6530 leży „po naszej stronie" mgławicy (o czym świadczy niewielkie poczerwienienie) i zawiera kilkadziesiąt gwiazd. Wiek najjaśniejszej (6.9 magnitudo, typ widmowy O5) szacuje się na zaledwie 2 miliony lat. (kr)

Rektascensja	$18^h03^m.8$
Deklinacja	–24°23'
Odległość	5 200 l.św.
Jasność obserwow.	6.0 mag
Rozmiary kątowe	90´ 40´´

Nim zrobił to Messier

Zestawienie Messiera zostało częściowo oparte na „Katalogu Mgławic Południowego Nieba", sporządzonym przez Lacaille'a (Abbé Nicholas Louis de la Caille, 1713–1762) w czasie jego dwuletniej podróży do Przylądka Dobrej Nadziei (1751–52). Lacaille wyróżnił trzy grupy obiektów: „mgławice", „mgliste gromady gwiazd" oraz „mgliste gwiazdy". Odnalazł po 14 przedstawicieli każdej z grup (8 skatalogowanych przez niego obiektów nie zostało później zidentyfikowanych). Siedem weszło do katalogu Messiera, zaś cała lista Lacaille'a (która ukazała się w Paryżu w roku 1755) była przedrukowywana w jego kolejnych edycjach.

Szwajcar Philippe Loys de Cheseaux (1718–1751) zapisał się w historii astronomii m.in. jako odkrywca bardzo jasnej komety z lat 1743/44 (która, notabene, oczarowała 13-letniego Charlesa Messiera...). W roku 1746 de Cheseaux sporządził katalog 21 gromad i „mglistych gwiazd", który Reaumur zaprezentował Francuskiej Akademii Nauk (nie został on jednak opublikowany i odnaleziono go dopiero w roku 1884). Przypisuje mu się odkrycie ośmiu „mgławic" (w tym sześciu z katalogu Messiera).

Sensacją sprzed kilkunastu lat było natomiast odnalezienie wydrukowanego w roku 1654 w Palermo katalogu 40 obiektów (w tym 19 prawdziwie „mgławicowych"), którego twórcą był Giovanni Batista Hodierna (1597–1660). Przedsięwzięcia tego dokonał przy użyciu zwykłej lunety Galileusza o 20-krotnym powiększeniu. Zaowocowało ono odkryciem 9 lub 10 „mgławic" (w tym sześciu skatalogowanych przez Messiera). Te m.in. postacie wiążą się z prezentowanymi do tej pory obiektami z katalogu Messiera. Historia odkryć obiektów mgławicowych i powstawania samego katalogu jest niezwykle bogata. Zainteresowanym Czytelnikom mającym dostęp do internetu polecam adres http://www.seds.org/messier/ lub polską kopię tej strony — http://messier.man.szczecin.pl/

UBOCZNE SKUTKI POPULARYZACJI FIZYKI I ASTRONOMII

W ostatnich dziesięcioleciach widoczny jest lawinowy wprost rozwój nauki. Szacuje się, że nasza wiedza o świecie podwaja się co kilkanaście lat. Przybywa coraz więcej nowych faktów, nowych danych doświadczalnych, a przy okazji także nowych idei teoretycznych starających się zinterpretować dane empiryczne.

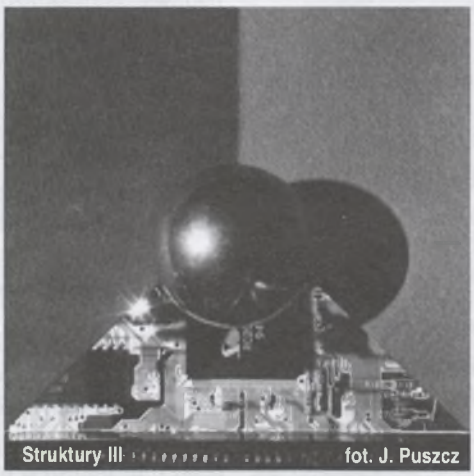
Fizyka weszła na tę drogę przyspieszonego rozwoju na początku naszego wieku, kiedy to pojawiły się dwie nowe wielkie teorie: teoria względności oraz mechanika kwantowa. Zmieniły one nasz dotychczasowy obraz świata w stopniu porównywalnym z rewolucją kopernikańską. Minęło wiele lat, zanim fizycy jakoś przetrawili w swej świadomości te nowe koncepcje. Spory o ich interpretację trwały dziesięciolecia i tak całkiem nie wygasły do dziś. Obraz świata, jaki tworzą nauki przyrodnicze — w tym także fizyka i astronomia — jest składnikiem ogólnoludzkiej kultury, tak jak sztuka czy religie. Aby jednak nowa idea naukowa stała się faktycznie takim składnikiem naszej kultury, musi zacząć funkcjonować w powszechnej świadomości. Musi „trafić pod strzechy". Kopernikański obraz świata pełni już taką rolę. Naucza się o nim już na poziomie podstawowym i jest powszechnie przyjmowany jako pewna oczywistość. W pewnym stopniu można to rozciągnąć na całą tzw. fizykę klasyczną. I nie chodzi tu o powszechną znajomość wzorów matematycznych, bo nie to jest najważniejsze. Funkcjonują w miarę znośnie intuicyjnie wyczuwane prawidła kinematyki, grawitacji czy elektromagnetyzmu. Wiadomo coś o lotach kosmicznych. Zdążyliśmy się do tego wszystkiego przyzwyczaić. Zupełnie inaczej ma się sprawa z teoriami fizyki XX wieku. Wprawdzie trafiły już do programów szkolnych pewne elementy wiedzy o budowie atomu i o cząstkach subatomowych, ale to nie znaczy, że naucza się powszechnie, czym jest w istocie mechanika kwantowa lub teoria względności. A przecież w drugiej połowie XX wieku na gruncie owych teorii rozwinęły się kolejne nowe idee, jeszcze bardziej abstrakcyjne i jeszcze bardziej odległe od naszych codziennych doświadczeń i intuicji. Aby wprowadzić je do szerszego obiegu w świadomości społecznej, dokonuje się prób popularyzowania ich. Próbuje się językiem potocznym i przy pomocy pojęć powszechnie rozumianych wyrazić to, co fizycy zwykle wyrażają poprzez dość wyrafinowany język matematyczny. Stąd też pojawia się spora ilość książek popularnonaukowych (czy też innych form przekazu z telewizyjnymi programami popularnonaukowymi na czele) usiłujących spełnić to zadanie.

W ogólności zgadzam się z tezą, że jest swego rodzaju moralnym obowiązkiem uczonych upowszechnianie w społeczeństwie rezultatów swojej pracy. Popularyzacja wyników i odkryć naukowych jest więc zajęciem godnym najwyższego uznania. Ale też warto zdawać sobie sprawę z tego, że różne dziedziny nauki różnie się do tej popularyzacji nadają. Pozostając przy najbliższej mi, z racji zawodu, astronomii i fizyce mogę zauważyć, że efekty popularyzacji współczesnych odkryć czy teorii fizycznych bywają bardzo różne. I tu zaryzykuję dość obrazoburczą tezę — czasem jest z tego więcej szkody niż pożytku. Nie chodzi mi przy tym wcale o przypadki popularyzacji kiepskiej jakościowo, nieudacznej czy mało kompetentnej. To się zdarza w popularyzacji każdej dziedziny nauki. Natomiast moja teza jest następująca — niektóre koncepcje współczesnej fizyki czy kosmologii, jak np. teoria superstrun w dziesięciowymiarowej przestrzeni, modele wczesnego Wszechświata opisywane w tzw. czasie urojonym, teorie unifikacji oddziaływań, kwantowa teleportacja, parowanie czarnych dziur i jeszcze sporo innych podobnego typu tematów — tego wszystkiego dzisiaj jeszcze popularyzować się nie da. Jest to co najmniej przedwczesne, zwłaszcza dla tzw. szerokiego kręgu odbiorców. A przecież takie próby się podejmuje. Tematy są nośne, wystarczy dać atrakcyjny tytuł, sławne nazwisko autora, trochę reklamy i sukces wydawniczy murowany. Tu przecież też liczy się rynek. Przykładem może być choćby okrzyczana jako bestseller książka Hawkinga — „Krótka historia czasu" lub też „Hiperprzestrzeń" autorstwa M. Kaku (a także sporo innych). Wiem, że szargam tu niemal świętości. Przecież obaj wymienieni autorzy to światowej klasy fizycy kompetentni jak mało kto w tematyce, o której piszą. A jednak, czy te przykładowe pozycje wydawnicze, a zwłaszcza niektóre ich rozdziały, spełniają swoją rolę i przybliżają szerokiemu odbiorcy opisywane idee? Czy nazwiska autorów oraz fakt, że nie posługują się oni wzorami matematycznymi, jest już wystarczającą rekomendacją skutecznej popularyzacji? W moim odczuciu nie. Nie jest dla mnie jasne, do kogo tak właściwie adresowane są książki podejmujące wyżej wymienioną tematykę. Jeśli do czytelnika o pewnej akademickiej wiedzy matematyczno-fizycznej, to czemu nie użyć paru pojęć i równań matematycznych? To by takiemu czytelnikowi pomogło bardziej niż potok samych słów. Jeśli zaś adresatem miał być tzw. szeroki krąg odbiorców o wiedzy w najlepszym razie na poziomie przeciętnej szkoły średniej, który na dodatek sporo już zapomniał, to efekt takiej lektury może być dość zaskakujący. Najczęściej czytelnik taki zrozumie opisywane teorie w sposób dość odległy od ich rzeczywistego znaczenia.

Ryzyko nieporozumień tkwi w kilku miejscach. Jedno z nich to używana w popularyzowanej teorii terminologia. Występują w niej często słowa funkcjonujące w języku potocznym, lecz mające tu całkiem inne znaczenie. Czytelnik przeważnie nie zwróci na to uwagi, zastosuje potoczny zakres znaczeniowy i już jego dalsze rozumowanie idzie błędnym torem. Inny rodzaj ryzyka bie-

rze się z tego, że chcąc przybliżyć interpretację jakiejś abstrakcyjnej teorii, trzeba odwoływać się do różnych porównań i codziennych przykładów, których sens jest ogólnie znany. Jednak analogie takie nigdy nie są w stu procentach trafne. W najlepszym razie stanowią jakieś lepsze lub gorsze przybliżenie i nigdy nie można traktować ich zbyt dosłownie. Dość popularnym przykładem może być porównywanie ekspandującego Wszechświata do nadmuchiwanego balonika. Ileż nieporozumień wokół tego powstaje! Innym przykładem są nieporozumienia związane z dualizmem falowo-korpuskularnym obiektów mikroświata. Ileż tam zamieszania pojęciowego powstaje przy próbach wyobrażenia sobie tych nieszczęsnych elektronów lub fotonów, które raz trzeba traktować jak punktowe cząstki a kiedy indziej jak fale. Tu każdy chwyt popularyzatorski może być mylący, albowiem nie ma odpowiednich analogii w naszym świecie makroskopowym, które by dobrze pasowały. A cóż dopiero mówić o strunach w dziesięciowymiarowej przestrzeni, tunelach czasoprzestrzennych, wszechświatach równoległych itp.

Nasz język potoczny, którym próbuje się popularyzować takie teorie, jest całkowicie nie przystosowany do prezentowania większości z nich. Ukształtował się on bowiem na przestrzeni naszych dziejów jako narzędzie dopasowane do opisywania świata makroskopowego, w którym efekty kwantowe nie mają znaczenia, prędkości są małe w porównaniu z prędkością światła, zaś skale odległości i czasu niewielkie w porównaniu ze skalą Wszechświata. Gdy fizyka w swych badaniach wyszła poza ten zakres, gdy wkroczyła w świat subatomowy z jednej strony oraz w skalę kosmologiczną z drugiej, to okazało się, że pojawiły się zjawiska, których codziennym dotychczasowym językiem opisać się nie da, gdyż dla większości z nich nie ma w tym języku odpowiednich słów i pojęć. Fizycy potrafią opisywać te nowe sytuacje językiem równań matematycznych, ale w końcu przychodzi etap, kiedy rezultaty obliczeń oraz wyniki eksperymentów trzeba jakoś zinterpretować, a więc wypowiedzieć je słowami. A tu odpowiednich słów brakuje. Znajdujemy się jakby w sytuacji pierwotnych mieszkańców dżungli afrykańskiej, którzy wodę znają tylko w postaci cieczy lub pary. I gdyby któryś z nich wybrał się w daleką podróż w okolice podbiegunowe i zobaczył tam lód i śnieg, to jak mógłby mówić o tym swoim współplemieńcom? Przecież w ich narzeczu nie ma stosownych słów — lód, śnieg — bo w ich świecie coś takiego nie występuje. Będzie on więc próbował użyć jakichś analogii ze swego języka potocznego. Ale jak to zrozumieją jego słuchacze? Co można więc w takiej sytuacji zrobić? Były dwie możliwości: albo dodać do języka potocznego zupełnie nowe wyrazy i pojęcia (jakoś je definiując), albo używać słownictwa już istniejącego, zmieniając jego zakres znaczeniowy. Tak się jakoś ułożyło, że fizycy wybrali w większości to ostatnie. Ceną za to jest ryzyko wielkich nieporozumień na tle znaczenia poszczególnych słów. A skutki tych nieporozumień widać często w odbiorze popularyzowanych teorii fizycznych. Reakcje odbiorców bywają różne. Krytyczny wobec siebie czytelnik zdaje sobie sprawę z tego, że mimo swoich wysiłków wielu rzeczy nie rozumie lub nie jest pewny poprawności tego rozumienia. Będzie może próbował szukać innych źródeł wyjaśnienia. Jest to przynajmniej intelektualnie uczciwe. Gorzej jednak, gdy książka (film, program TV) trafi do odbiorcy przekonanego o swej mądrości, który prezentowane treści zrozumie po swojemu i będzie uważał, że wie już wszystko i to wie najlepiej. Kogoś takiego nawet trudno wyprowadzić z błędu. A już zupełna klęska jest wówczas, gdy trafi to w ręce kompletnego maniaka, który przekonany o swej genialności zaczyna na bazie zasłyszanej popularyzacji konstruować swoje własne teorie i interpretacje. Kiedy ogarnięty poczuciem misji zaczyna je głosić i publikować dalej, powołując się przy tym na wielkie nazwiska autorów książek popularnonaukowych. Większość instytutów naukowych doświadczyła kontaktów z takimi „geniuszami" przynoszącymi swe elaboraty z zamiarem ich upowszechnienia i nie przyjmującymi do wiadomości słów krytyki. Są to już przypadki skrajne, ale tym niemniej warto odnotować i taki uboczny skutek popularyzacji. Fachowa skądinąd i kompetentnie napisana książka popularna może stać się pożywką dla różnych paranaukowych pomysłów. Liczne tego przykłady widać zarówno w księgarniach, jak i w Internecie (np. na liście dyskusyjnej pl.misc.paranauki). Rozwijające się w ostatnich latach liczne ideologie z okolic tzw. New Age także często karmią się swoiście przetworzonymi teoriami współczesnej nauki. Różni guru szermujący naukową terminologią ubitą w dziwaczny bełkot potrafią znakomicie oddziaływać na odpowiednio podatnych słuchaczy. Ale to już nieco inne zagadnienie zahaczające o psychologię i socjologię.


Struktury III fot. J. Puszcz

Cóż więc, w kontekście opisanych powyżej zjawisk, można zrobić? Nie jest przecież możliwy dzisiaj jakiś Index Librorum Prohibitorum zakazujący nie przygotowanemu odpowiednio odbiorcy zapoznawać się z najnowszymi teoriami fizyków. To już nie te czasy (choć kiedyś było skuteczne). Trzeba prawdopodobnie pogodzić się z istniejącymi ubocznymi skutkami popularyzacji, tak jak musimy jakoś żyć z ubocznymi skutkami motoryzacji czy industrializacji. Można jedynie starać się jakoś minimalizować owe skutki, tak jak próbujemy zmniejszać skutki uprzemysłowienia większą dbałością o ochronę środowiska. Podobnie trzeba bronić się przed zaśmiecaniem „środowiska kulturowego" różnymi „intelektualnymi odpadkami" powstającymi jako produkt uboczny burzliwego rozwoju nauk fizycznych.

Jerzy Sikorski

Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki
Uniwersytet Gdański

Komunikat PTA nr I

Nagroda Młodych PTA

Zarząd Główny PTA powołał Jury Nagrody Młodych w składzie: Józef Smak — przewodniczący, M.Urbanik, B.Rudak, H.Cugier, T.Michałowski.

Zgodnie z obowiązującym regulaminem Nagrody Młodych (patrz: „Postępy Astronomii" nr 2/94, str. 96) nagroda przyznawana jest (lub nie) co dwa lata, za wybitny, indywidualny dorobek w dziedzinie astronomii, uzyskany podczas całej pracy naukowej, astronomowi posiadającemu obywatelstwo polskie i nie przekroczony wiek 35 lat. Kandydatki i kandydatów do nagrody może zgłosić każdy członek PTA, załączając podstawowe dane osobowe kandydata, krótkie uzasadnienie i odbitki ważniejszych publikacji — wszystko w dwóch egzemplarzach.

Termin składania wniosków upływa z dniem 30 kwietnia 1999r.

Wnioski prosimy składać na adres Towarzystwa: ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa, z dopiskiem na kopercie „Nagroda Młodych PTA"

Nagroda W. Zonna

Zarząd Główny PTA powołał Jury Nagrody W.Zonna: E.Wnuk — przewodniczący, K. Ziołkowski, J. Włodarczyk — członkowie delegaci PTA, H.Chrupała, H.Brancewicz — członkowie delegaci PTMA.

Przypominamy, że termin zgłaszania kandydatur do Nagrody im. Włodzimierza Zonna — za popularyzację wiedzy o Wszechświecie upływa z dniem 15 listopada 1998 r. Zgodnie z regulaminem nagrody, kandydatury mogą być zgłaszane przez:

- członków PTA,
- Zarząd Główny PTMA,
- placówki astronomiczne (naukowe i planetaria).

Wniosek winien zawierać:

— imię i nazwisko kandydata,

— jego adres i miejsce zatrudnienia oraz merytoryczne uzasadnienie.

Zgłoszenia prosimy nadsyłać na adres przewodniczącego Jury:

Prof. dr hab. Edwin Wnuk
Obserwatorium Astronomiczne UAM
ul. Słoneczna 36
60-286 POZNAŃ
e-mail: wnuk@phys.amu.edu.pl

Komunikat PTA nr 2

1. Uprzejmie Państwa informuję, że przed oficjalnym otwarciem zebrania ZG PTA, w dniu 21 maja '98 odbyło się uroczyste pożegnanie Sekretarki PTA, Pani Iwony Korzeniewskiej, odchodzącej na emeryturę. Prezes PTA, wręczając Pani Iwonie kwiaty i książkę, podziękował Jej serdecznie w imieniu Zarządu za wieloletnią pracę na rzecz Towarzystwa. W zwiazku z tym nasze Towarzystwo od 1 czerwca do końca września pozbawione jest sekretarki. W tym okresie nie będą przyjmowane składki członkowskie. Zarząd stara się o obsadzenie vacatu sekretarki.

2. W dniu 15 lipca składałem wyjaśnienia przed Sądem Apelacyjnym w Warszawie w sprawie odrzucenia przez Sąd Wojewódzki w Warszawie — VII Wydział Cywilny i Rejestrowy odwołania Prezesa PTA od decyzji unieważnienia zmiany Statutu PTA, dokonanego na Walnym Zebraniu Członków PTA w Zielonej Górze w dniu 10 września 1997 r. Niestety, Sąd Apelacyjny podtrzymał decyzję poprzedniej instancji, stojąc na stanowisku, że każdy członek PTA ma n i e z b y w a l n e prawo do osobistego udziału w Zjeździe i głosowania nad zmianami Statutu i Regulaminów Towarzystwa. Zatem czeka nas najprawdopodobniej nadzwyczajny Zjazd PTA w sprawie zmian statutowych. Według wstępnych ustaleń Zarządu Głównego PTA, Zjazd taki odbyłby się na początku października br. w CAMK-u w Warszawie. Dla przypomnienia podam Państwu, że we wrześniu 1997 r. Towarzystwo liczyło 221 członków. W Zjeździe uczestniczyło 72 członków, a 59 członków było reprezentowanych przez pełnomocników (upoważnienia). Zmiany w Statucie Towarzystwa wymagają osobistej obecności 1/2 liczby członków, a Uchwała o zmianie Statutu musi być podjęta większością 2/3 ważnych głosów.

3. Wycieczka PTA na całkowite zaćmienie Słońca. ZG PTA organizuje dla członków Towarzystwa i osób im towarzyszących wycieczkę na Węgry, na całkowite zaćmienie Słońca (11 sierpnia 1999). Po wstępnym rozpatrzeniu ofert biur podróży, proponujemy wyjazd luksusowym autokarem ze Sport Touristem do miejscowości Siofok nad Balatonem, hotel (pokoje 2 osobowe z łazienką), śniadania + obiadokolacje. Termin wycieczki: 9–12 sierpnia 1999. Dla członków PTA spoza Krakowa możemy zarezerwować hotel WSP (noce: 8/9 i 12/13 sierpnia 99). Planowany wyjazd godz. 7.00. Trasa: Kraków, Łysa Polana, Tatrzańska Łomnica (Skalnate Pleso) i wieczorem dojazd do hotelu w Siofok. W drodze powrotnej przewidujemy zwiedzanie obserwatorium w górach Matra.

Koszt wycieczki: około 360 DEM od osoby (cena może ulec zmianie).

W chwili obecnej zarezerwowaliśmy 46 miejsc.

Termin wstępnych zgłoszeń (e-mail: michalec@oa.uj.edu.pl) upłynął 15 lipca br.*, ale są jeszcze wolne miejsca.

W terminie późniejszym dla uczestników wycieczki podamy konto, warunki i terminy płatności. O przyjęciu decydować będzie kolejność zgłoszeń.

Sekretarz PTA Adam Michalec
Krakow, dnia 17 lipca 1998

* *Komunikat był rozesłany pocztą zwykłą i elektroniczną do wszystkich członków PTA w czerwcu br.*

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii

Zarząd Główny — ul. Św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków, Tel. (0-12) 422-38-92

Poczta elektroniczna (E-mail:) ptma @oa.uj.edu.pl

Szukajcie nas w Internecie po adresem:

www.oa.uj.edu.pl:80/~ptma/

ODDZIAŁY I SEKCJE

(1) Białostocki — Kolonia Księżyno 4, 15-601 Białystok

(2) Częstochowski — Obserwatorium Astronomiczne Instytutu Fizyki WSP, Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, E-mail: saturn @ matinf.pcz.czest.pl (spotkania w piątki g.17.00)

(3) Gliwicki — Al. Korfantego 23/1, 44-100 Gliwice

(4) Grudziądzki — Planetarium, ul. Hofmana 5, 86-300 Grudziądz

(5) Jeleniogórski — Plac Piastowski 18, 58-560 Jelenia Góra 9

(6) Krakowski — PTMA, ul. Św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków, tel. (0-12) 422-38-92, (spotkania poniedziałki g. 18.00), jest to także adres **Sekcji Obserwatorów Gwiazd Zmiennych i Sekcji Obserwatorów Komet**

(7) Krośnieński — Czajkowskiego 92, 38-400 Krosno

(8) Lubelski — Instytut Fizyki, Pl.M.Curie Skłodowskiej 1, pok.260, 20-031 Lublin

(9) Łódzki — Planetarium, ul. Pomorska 16, 91-416 Łódź, tel. (0-42) 633-13-63, jest to również adres **Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć**

(10) Nowosądecki — ul.Śniadeckich 6/10, 33-300 Nowy Sącz

(11) Poznański — ul. Dmowskiego 37, 61-772 Poznań, DK „Krąg"

(12) Puławski — ul. Filtrowa 50, 24-100 Puławy, tel. (0-81) 886-49-68 (spotkania wtorek, piątek g.18.00)

(13) Szczeciński — DK „Hetman" ul. 9-Maja 17, 70-136 Szczecin

(14) Śląski — Planetarium Śląskie, skr. poczt. 10, 41-500 Chorzów, tel.(0-32) 254-63-30

(15) Toruński — ul. Kopernika 42, 87-100 Toruń, tel. (0-56) 228-46, (dyżury w poniedziałki i środy od 17 do 19), jest to również adres **Sekcji Obserwatorów Słońca**

(16) Warmiński — Obserwatorium, ul. Żołnierska 13, 10-558 Olsztyn, przy oddziale działa Komisja Współpracy Planetariów Polskich , Aleja J. Piłsudskiego 30, 10-450 Olsztyn, przy oddziale pracuje **Sekcja Meteorów i Meteorytów**, skr.poczt 6, 14-530 Frombork

(17) Warszawski — CAMK, ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa, tel. (0-22) 41-00-41 (spotkania w poniedziałki g.17.00), jest to również adres **Sekcji Instrumentalnej**

(18) Zielonogórski — Zielonogórskie Centrum Astronomii WSP Wieża Braniborska, ul. Lubuska 2, 65-265 Zielona Góra, tel. (0-68) 20-28-63 E-mail: zca@astro.ca.wsp.zgora.pl

Członkom i sympatykom wysyłamy następujące materiały astronomiczne:

1. Obrotowa Mapa Nieba 3.50zł
2. Mapa Księżyca z diagramem faz 3.50zł
3. Pocztówki o tematyce astronom.(kpl. 4 szt) 2.00zł
4. A. Rybarski, K Serkowski: Amatorski Teleskop Zwierciadlany 3.00zł
5. Mieczysław Markowski: Uniwersytet Krakowski jako miejsce duchowych narodzin Mikołaja Kopernika 4.00zł
6. Janusz Kosinski: Poradnik Obserwatora Meteorów 5.00zł
7. Tomasz Ściężor: Kalendarz Astronomiczny na 1999 rok 16.00zł
8. Tomasz Krzyt: Poradnik Obserwatora Gwiazd Zmiennych 8.50zł
9. Marek Zawilski i inni: Poradnik Obserwatora Pozycji i Zakryć 13.00zł
10. Tomasz Ściężor: Poradnik Obserwatora Komet 2.50zł
11. Stanisław R. Brzostkiewicz: Obserwujemy Księżyc, Planety i Słońce 13.00zł
12. Jacek Kruk: Dawne stacje astronomiczne Obserwatorium Krakowskiego na Ziemi Myślenickiej 6.00zł

Pieniądze należy przesyłać przekazem pocztowym „czerwonym" na adres PTMA z adnotacją, czego dotyczy wpłata. W sprawie archiwalnych egzemplarzy URANII (do 1997 roku) prosimy o kontakt z Zarządem Głównym w Krakowie.

ASTRO-BIT
Oprogramowanie i materiały astronomiczne

Ireneusz Włodarczyk
ul. Rewolucjonistow 15/13
42-500 Będzin

tel.:(0-32) 761-29-46 e-mail: astrobit@ka.onet.pl

Sprawozdanie z trzecich bieszczadzkich spotkań dyskusyjnych: „Pola elektromagnetyczne ELF w astrofizyce i medycynie"

Spotkanie — a raczej warsztaty dyskusyjne — odbyły się w Dwerniczku na Rusinowej Polanie w dniach 6–9 czerwca 1998 r. Wzięło w nich udział 18 osób z następujących ośrodków naukowych: CBK Warszawa, CBK Toruń, Politechnika Rzeszowska, AGH i OAUJ z Krakowa. Dzięki uprzejmości Państwa Rusinów do dyspozycji mieliśmy — jak zwykle — obszerny i niezwykle wygodny pensjonat (patrz zdjęcie). Ogółem wysłuchaliśmy 13 wykładów, których tematyka dotyczyła: obserwacji rezonansu jonosferycznego Alfvéna na powierzchni Ziemi, wpływu akustycznych pól ULF na rytm alfa u człowieka, mechanizmów przewodnictwa elektrycznego i dyspersji fal EM w dielektrykach, obserwacji satelitarnych fal Alfvéna w zorzowym promieniowaniu kilometrowym, generacji sztucznych pól ELF na powierzchni Ziemi, wpływu ekscesów magnetycznych na serce człowieka, serwisu prognoz z zakresu aktywności związków Słońce–Ziemia, badań Słońca za pomocą sondy „Mikumazi", tworzenia norm ochrony środowiska EM w zakresie ELF, możliwości wpływu mikropulsacji na proces myślenia człowieka, pola magnetycznego ELF człowieka przebywającego w warunkach naturalnych, przenośnego magnetometru — jego budowy i charakterystyki działania, opisu budowy i działania stacji „Elżbieta II" (pokaz i pomiary). Przy pięknej pogodzie odbyły się pokazy pomiaru sieci 50 Hz na Rusinowej Polanie oraz wycieczka do Zatwarnicy w dolinę potoku Hylatego, gdzie zwykle dokonuje się pomiarów rezonansu Schumanna. Ze względu na aurę (burze) skróciliśmy pobyt w Dwerniczku o jeden dzień i przez to nie odbyła się planowana wycieczka na trasie: Muczne — Tarnawa Niżna — Sokoliki. Natomiast wcześniej pogoda sprzyjała długim i owocnym dyskusjom przy ognisku w Gawrze.

Adam Michalec

Uczestnicy III spotkania w Dwerniczku, przed pensjonatem na Rusinowej Polanie.

Oto wiersz, jaki napisała Pani Maria Inglot-Siemaszko:

Ku Dwerniczkowi...

Mija Pagórek na widnokręgu,
Miga, z kapliczką, szmat ojcowizny...
Parada stogów w równym szeregu...
Pomniki zdobią dziejowe blizny.

Roztapia rozum czerwcowy upał,
rozterki ducha przyroda koi.
Zmierza do celu fizyczna grupa,
która o losy świata się boi.

Wreszcie u celu. Rusinów chaty
konie, zaprzęgi, piec przysadzisty,
stoły ozdobne w drzew majestaty...
Balsam dla duszy... świat znowu czysty!

Pies kąsa uda, co nieostrożne...
Ostrożnie trzeba z tym, co nieznane!!!
Pulsują mózgi. Uszy nabożnie
w sieć neuronalną wpisują dane.

Znów nowy ranek. Świat we mgle tonie,
świata ciekawość znów się wyłania...
Uczonych znowu magia pochłonie...
Szansa na szczerość. Chęć do działania.

Bioastronomia, astrobiologia...
elektronika w Psyche zaprzęgu...
czuwa nad nami Bieszczadzki Zodiak
i Rusinowie — w ręku zasięgu.

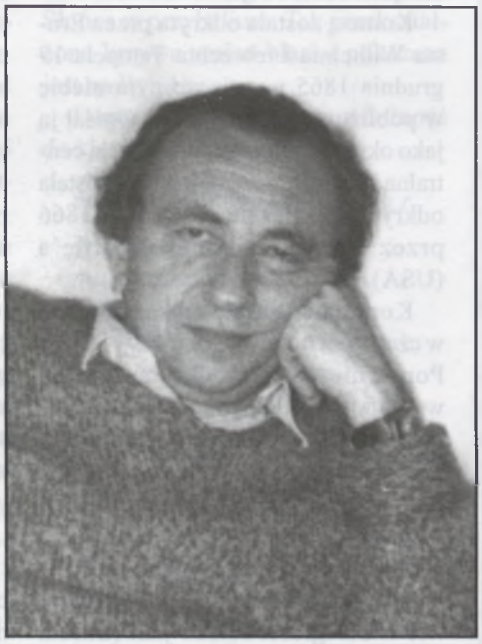
Rusinowa Polana, 7 czerwca 1998.

Jerzy S. Stodółkiewicz

(1933–1988)

26 lipca minęła dziesiąta rocznica śmierci docenta Jerzego Stodółkiewicza, długoletniego dyrektora Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN, długoletniego prezesa Polskiego Towarzystwa Astronomicznego.

Z perspektywy, jaką daje upływ czasu, można dziś coraz pełniej oceniać Jego wkład do astronomii, Jego zasługi jako wychowawcy i organizatora nauki, a także stratę, jaką dla polskiego środowiska astronomicznego stała się Jego przedwczesna śmierć. Najważniejszym wkładem Jerzego Stodółkiewicza w rozwój astronomii były wyniki Jego prac poświęconych dynamice układów gwiazdowych, a w szczególności badań dotyczących dynamicznej ewolucji gromad kulistych. W latach 80. był On jednym z pionierów nowoczesnych metod numerycznych w tej dziedzinie, zwłaszcza jeśli chodzi o rozwinięcie i zastosowanie metody Monte-Carlo. Stworzony przez Niego kod numeryczny (w przeciwieństwie do innych używanych w tym czasie modeli numerycznych) pozwalał na kompleksowe badanie ewolucji gromad kulistych pod wpływem różnorodnych procesów fizycznych, mających (zgodnie z ówczesną wiedzą teoretyczną) wpływ na ich ewolucję. Przeprowadzone przez Niego symulacje ewolucji gromad kulistych były unikatowe i do tej pory nie zostały przez nikogo powtórzone. Niestety, po śmierci docenta Jerzego Stodółkiewicza prace nad rozwojem metody Monte-Carlo zostały przerwane. Wysiłki naukowców zostały skierowane na rozwój metod numerycznych, które umożliwiały, mniejszym nakładem środków, badanie wyidealizowanych modeli gromad kulistych. Jednak bardzo szczegółowe obserwacje astronomiczne, przeprowadzone w latach dziewięćdziesiątych, wykazały, że modele te nie mogą sobie poradzić z bardzo złożonymi oddziaływaniami pomiędzy ewolucją gwiazd, dynamiką gwiazdową i zewnętrznym środowiskiem, w którym poruszają się gromady. Przyczyniło się to do ponownego zainteresowania metodą Monte-Carlo opracowaną przez Stodółkiewicza. Metoda ta, jak się wydaje, pozwoli bez użycia bardzo drogich superszybkich komputerów (specjalnego przeznaczenia) śledzić ewolucję rzeczywistych gromad kulistych. Opracowane przez Stodółkiewicza metody i uzyskane przezeń wyniki należą dziś do klasyki tego ważnego działu astrofizyki (ich obszerne omówienie można znaleźć w artykule w *Postępach Astronomii*, 36 [1988], str.157). Stanowią one podstawę tworzonego obecnie kodu numerycznego, który umożliwi odkrywanie tajemnic ewolucji gromad kulistych.



Dzięki swoim talentom i pracy, a w jeszcze większym stopniu dzięki swemu rozumieniu roli uczonego w społeczeństwie, Jerzy Stodółkiewicz wniósł ogromny wkład do rozwoju i popularyzacji nauki w Polsce. Był jednym z współtwórców, a w trudnych latach 1981–87 — dyrektorem Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN. Był utalentowanym wykładowcą, autorem podręcznika akademickiego *Astrofizyka ogólna z elementami geofizyki* oraz wielu artykułów popularnych, długoletnim redaktorem naczelnym *Postępów Astronomii*, promotorem i realizatorem wielu akcji w dziedzinie popularyzacji astronomii, wreszcie także inicjatorem działań zmierzających do podnoszenia poziomu nauczania astronomii w szkole średniej. Polskie środowisko astronomiczne do dziś zachowuje Go we wdzięcznej pamięci jako długoletniego prezesa Polskiego Towarzystwa Astronomicznego; na tę funkcję był wybierany aż siedmiokrotnie.

Tak się złożyło, że ta piękna i owocna działalność Jerzego Stodółkiewicza przypadła na czasy PRL-u, w szczególności na lata stanu wojennego, gdy praca na rzecz środowiska i dla dobra społeczeństwa oznaczała najczęściej działanie wbrew systemowi, a troska o zachowanie imponderabiliów wymagała wręcz przeciwstawiania się temu systemowi. Swoją działalnością — postawą i czynem — Jerzy Stodółkiewicz dawał niejednokrotnie świadectwo swoich głębokich zasad moralnych.

Wielka to szkoda, że Uczony i Obywatel tej miary nie dożył czasów, gdy Jego talent i praca służyłyby tworzeniu nowych wartości, a Jego zasady moralne stanowiłyby wzór dla nowego pokolenia.

M. Giersz i J. Smak

Obserwacje komet w Sekcji Obserwatorów Komet PTMA

Obserwacje komety krótkookresowej 55P/Tempel-Tuttle

Kometa krótkookresowa 55P/Tempel-Tuttle była obiektem niezbyt efektownym, lecz w związku z bardzo korzystnym położeniem w stosunku do Ziemi stanowiła obiekt możliwy do amatorskich obserwacji.

Kometa została odkryta przez Ernsta Wilhelma Liebrechta Tempela 19 grudnia 1865 na wieczornym niebie w pobliżu gwiazdy β *UMa*. Opisał ją jako okrągły obiekt z kondensacją centralną i 30' warkoczem. Kometa została odkryta niezależnie 6 stycznia 1866 przez Horace´a Parnella Tuttle´a (USA).

Kometa nie była obserwowana w czasie powrotów w roku 1899 i 1932. Ponownie została odkryta dopiero w 1965 roku. Dokładne badanie orbity pozwoliło stwierdzić (J.Schubart), że kometa Tempel-Tuttle jest tożsama z kometami obserwowanymi w roku 1366 oraz 1699.

Najbliżej Ziemi kometa Tempel-Tuttle przeszła w 1366 roku, zaledwie w odległości 0.0229 j.a.! (trzecia znana w historii). Osiągnęła wtedy jasność ~3^m. W 1699 roku zbliżyła się na odległość 0.0644 j.a. od Ziemi, osiągając jasność ok. 4^m. Warkocz obserwowany był jedynie w 1866 roku i nawet wtedy jego długość nie przekroczyła 30´.

W 1867 roku J.Schiaparelli wykazał związek pomiędzy znanym listopadowym rojem meteorów Leonidów a kometą Tempel-Tuttle.

Przy obecnym powrocie kometa została odkryta przy pomocy 10-metrowego teleskopu Keck II (Hawaje, USA) 4 marca 1997 jako obiekt 22.5^m.

Powrót komety 55P/Tempel-Tuttle w roku 1997 był piątym z kolei powrotem od czasu odkrycia.

W peryhelium kometa 55P/Tempel-Tuttle podchodzi do Słońca na odległość 0.977 j.a., w aphelium oddala się na odległość 19.696 j.a., przy okresie obiegu 33.23 roku, co oznacza, że należy do rodziny kometarnej Urana. Orbita komety 55P/Tempel-Tuttle jest nachylona do płaszczyzny ekliptyki pod kątem 162.5° (–17.5°), co oznacza, że kometa porusza się ruchem wstecznym (tzn. przeciwnie do kierunku ruchu planet). W trakcie obecnego powrotu w pobliże Słońca 17 stycznia 1998 roku zbliżyła się do Ziemi na minimalną odległość 0.3561 j.a., następnie w dniu 28 lutego 1998 przeszła przez peryhelium.

Kometa Tempel-Tuttle nie była łatwym obiektem obserwacyjnym w związku z jej niską jasnością powierzchniową. Ułatwieniem w obserwacjach był natomiast fakt, że kometa wieczorem znajdowała się praktycznie w zenicie.

Sprawozdania z obserwacji komety 22P/Kopff otrzymaliśmy od 16 członków SOK, którzy wykonali łącznie 83 ocen jasności, 79 ocen stopnia kondensacji oraz 80 pomiarów średnicy otoczki. A oto autorzy niektórych „rekordów":

· pierwsza obserwacja (1 I 1998) — Piotr Sadowski

· ostatnia obserwacja (21 II 1998) — Janusz Płeszka

· najdłuższa seria (13 I 1998 — 21 II 1998) — Janusz Płeszka

· najwięcej nocy obserwacyjnych: 15 — Janusz Płeszka.

Tabela 1 zawiera nazwiska wszystkich 16 osób, które nadesłały nam raporty z obserwacji.

Przegląd wyników rozpoczniemy od analizy krzywej blasku. Na Rys.1a

przedstawiono postać podstawową krzywej — 83 oceny jasności sprowadzone do standardowej średnicy teleskopu 6.84 cm przedstawione są w funkcji czasu. W obszarze maksimum jasności różnice jasności komety widzianej oczyma różnych obserwatorów przekraczają 1^m. Są to stosunkowo nieduże różnice, biorąc pod uwagę duży stopień rozmycia komety i wynikającą z tego trudność w ocenie jasności. Przypominamy, iż regułą jest, że im mniejszy jest stopień koncentracji otoczki komety (DC), tym większy błąd oceny jasności. W każdym razie wyraźnie widać, że maksymalną jasność, równą w przybliżeniu 8.5^m, kometa osiągnęła około 20 stycznia 1998 roku, czyli w czasie maksymalnego zbliżenia do Ziemi. Jednocześnie widać, że kometa była o około 1^m jaśniejsza niż przewidywano (linia przerywana).

Tab. 1.

Obserwator	Miejscowość	Użyty sprzęt
Wojciech Burzyński	Czarna Białostocka	L110
Franciszek Chodorowski	Kolonia Księżyno	L110 L150
Antoni Chrapek	Nehrybka	R68 C350
Kazimierz Czernis	Wilno (Litwa)	B60 B100 B120
Michał Drahus	Kraków	B60 B100
Marcin Filipek	Jerzmanowice	B66 B100
Darius Gasiunas	Meisiagala (Litwa)	L120
Marcin Konopka	Rogóżno	B60
Maciej Kwinta	Kraków	R80 L250
Janusz Płeszka	Kraków	M350 B50 B66 B100 M150
Piotr Sadowski	Pcim	L110 B50 B60
Henryk Sielewicz	Lavariskes (Litwa)	R120
Tomasz Ściężor	Kraków	B60
Mariusz Świętnicki	Zręcin	L250
Paweł Trybus	Łajsce	B60

Oznaczenia: B — lornetka, R — refraktor, L — newton, M — maksutow, T— schmidt-cassegrain, C — cassegrain.
Liczby oznaczają średnicę instrumentu w milimetrach.

W celu uchwycenia ogólnego sensu zmian blasku komety należy oczyścić krzywą blasku z fałszującego wpływu zmiennej odległości komety od Ziemi, zwłaszcza że zbliżenie było dosyć duże. Robimy to, odejmując od obserwowanej jasności otoczki pięciokrotny logarytm odległości kometa–Ziemia, wyrażonej w jednostkach astronomicznych. Ten zabieg ma sens taki, jak gdyby pomiary jasności komety byłyby przeprowadzane w stałej odległości 1 j.a. od niej. Zmieniamy również oś odciętych krzywej blasku, zastępując datę różnicą logarytmów odległości komety od Słońca w danym momencie i odległości komety od Słońca w peryhelium. Tak przekształcona krzywa zmian blasku pokazana jest na Rys.1b.

Dopasowano otrzymaną zależność do klasycznej formuły:

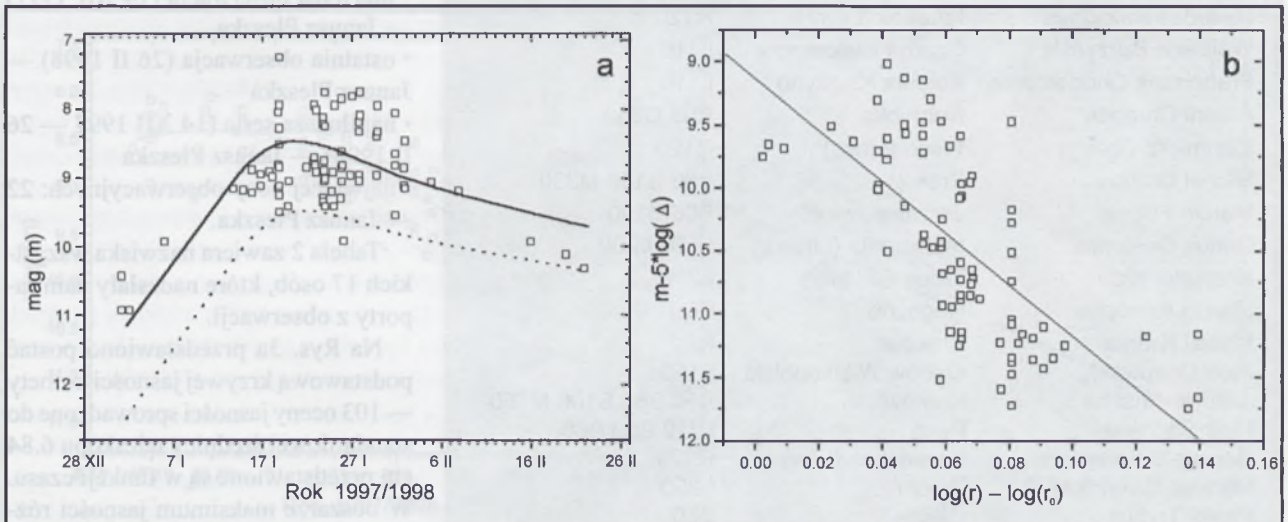
$$m = H(0) + 5\log D + 2.5n \log r$$

gdzie:
m — jasność obserwowana,
$H(0)$ — jasność absolutna (1 j.a. od Słońca i 1 j.a. od Ziemi),
D — odległość od Ziemi,
r — odległość od Słońca,
n — czynnik określający aktywność komety.

Po dopasowaniu otrzymaliśmy:

$$H(0) = 9.3^m \pm 0.1^m$$
$$n = 8 \pm 1$$

Duży rozrzut obserwacji oraz krótki ich okres spowodował pewne trudności w dopasowaniu zależności. Pomimo tego można zauważyć, że kometa Tempel-Tuttle była kometą o raczej słabym jądrze. Zgodnie ze stosowanymi formułami na podstawie wartości jasności absolutnej komety można wyznaczyć w przybliżeniu średnicę lodowo-kamiennego jądra komety. W naszym przypadku dla 55P/Tempel-



Rys.1. a) Krzywa zmian jasności komety 55P/Tempel-Tuttle utworzona na podstawie wszystkich 83 obserwacji wykonanych przez członków Sekcji Obserwatorów Komet PTMA (linią przerywaną pokazano jasność przewidywaną), b) jasność komety zredukowana do stałej odległości obserwatora od komety (1 AU) oraz przedstawiona w funkcji różnicy logarytmów odległości komety (r) od peryhelium (r_0).

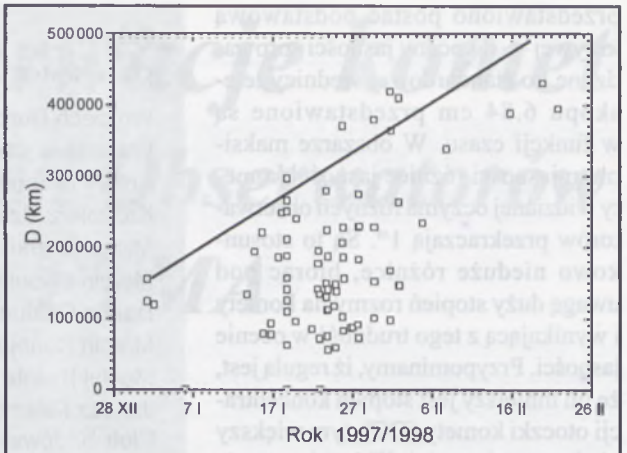
-Tuttle jest ona równa około 3 km, co jest normalne dla komet krótkookresowych. Przypominamy także, że czynnik n dla większości komet przyjmuje się równy od 4.0 do 6.0, tak więc $n = 8$ wskazuje na kometę aktywną, co jest raczej niezwykłe dla komety krótkookresowej. Brak jakichkolwiek odstępstw od powyższej formuły świadczy o tym, że wydzielanie materii z jądra odbywało się równomiernie.

Pomiar średnicy kątowej głowy komety jest dla obserwatora zawsze zadaniem trudnym, zwłaszcza dla tak rozmytego obiektu, jak kometa Tempel-Tuttle. W naszym przypadku wydaje się, że średnica kątowa głowy komety była raczej stała i wynosiła 15′. Po przeliczeniu średnicy kątowej na liniową, uwzględniając zmiany odległości komety od Ziemi okazało się, że średnica liniowa głowy komety rosła w miarę zbliżania się do Słońca od ok. 100 tys. km w styczniu do 400 tys. km w lutym 1998 (Rys.2), co można wiązać ze zwiększaniem się ilości wydzielanej materii z jądra pod wpływem coraz większego strumienia ciepła płynącego ze Słońca.

Analogicznie, tradycyjnie trudnym zadaniem jest ocena stopnia kondensacji głowy DC, zwłaszcza dla tak rozmytego obiektu. W naszym przypadku w całym okresie obserwacyjnym DC wynosił zaledwie około 2.5, co znacznie utrudniało obserwacje komety.

Żaden z SOK-istów nie obserwował warkocza komety Tempel-Tuttle.

Podsumowując, należy stwierdzić, że kometa 55P/Tempel-Tuttle była obiektem raczej mało efektownym, zwłaszcza dla obserwatorów z obszarów miejskich.



Rys.2. Średnica liniowa głowy komety 55P/Tempel-Tuttle w funkcji czasu.

Obserwacje komety 103P/Hartley2

Kometa 103P/Hartley2 ma krótką historię. Została odkryta przez Malcolma Hartleya (USA) 15 marca 1986 roku jako obiekt $17–18^m$. W czasie kolejnego powrotu do Słońca w sierpniu 1991 roku kometa osiągnęła jasność 9^m. Tak więc obecny powrót był dopiero trzecim od chwili odkrycia.

W peryhelium kometa 103P/Hartley2 podchodzi do Słońca na odległość 1.032 j.a., w aphelium oddala się na odległość 5.855 j.a., przy okresie obiegu 6.39 roku, co oznacza, że należy do rodziny krótkookresowych komet Jowisza. Orbita komety 103P/Hartley2 jest nachylona do płaszczyzny ekliptyki pod kątem 13.6°. W trakcie obecnego powrotu w pobliże Słońca dnia 22 grudnia 1997 kometa osiągnęła peryhelium, a już 6 stycznia 1998 znalazła się najbliżej Ziemi w odległości 0.820 j.a.

Kometa Hartley2 była łatwiejszym obiektem obserwacyjnym niż Tempel-Tuttle, ponieważ była obiektem bardziej skondensowanym, jednakże utrudnieniem było to, że znajdowała się znacznie niżej nad horyzontem

Sprawozdania z obserwacji komety 103P/Hartley2 otrzymaliśmy od 17 członków SOK, którzy wykonali łącznie 103 ocen jasności, 89 ocen stopnia kondensacji oraz 89 pomiarów średnicy otoczki. A oto autorzy niektórych „rekordów":

- pierwsza obserwacja (14 XII 1997) — Janusz Płeszka
- ostatnia obserwacja (26 II 1998) — Janusz Płeszka
- najdłuższa seria (14 XII 1997 — 26 II 1998) — Janusz Płeszka
- najwięcej nocy obserwacyjnych: 22 — Janusz Płeszka.

Tabela 2 zawiera nazwiska wszystkich 17 osób, które nadesłały nam raporty z obserwacji.

Na Rys. 3a przedstawiono postać podstawową krzywej jasności komety — 103 oceny jasności sprowadzone do standardowej średnicy teleskopu 6.84 cm przedstawione są w funkcji czasu. W obszarze maksimum jasności różnice jasności komety widzianej oczyma różnych obserwatorów wynoszą ok. 1^m, co należy uznać za bardzo dobry rezultat. Widać także, że maksy-

Tab. 2.

Obserwator	Miejscowość	Użyty sprzęt
Ricardas Balciunas	Ignalina (Litwa)	R120
Wojciech Burzyński	Czarna Białostocka	L110
Franciszek Chodorowski	Kolonia Księżyno	L110
Antoni Chrapek	Nehrybka	R68 C350
Kazimierz Czernis	Wilno (Litwa)	R120
Michał Drahus	Kraków	B60 B100 M350
Marcin Filipek	Jerzmanowice	B66 B100
Darius Gasiunas	Meisiagala (Litwa)	L120 L200
Krzysztof Kida	Tropy Elbląskie	L250
Marcin Konopka	Rogóźno	B60
Maciej Kwinta	Kraków	R80
Piotr Ossowski	Ostrów Wielkopolski	L150
Janusz Płeszka	Kraków	B50 B66 B100 M150
Piotr Sadowski	Pcim	L110 B50 B60
Henryk Sielewicz	Lavariskes (Litwa)	R120
Mariusz Świętnicki	Zręcin	L250
Paweł Trybus	Łajsce	B60

Oznaczenia: B — lornetka, R — refraktor, L — newton, M — maksutow, T— schmidt-cassegrain, C — cassegrain.
Liczby oznaczają średnicę instrumentu w milimetrach.

malną jasność równą w przybliżeniu 8.5^m kometa osiągnęła około 28 grudnia 1997 roku, czyli po przejściu komety przez peryhelium. Jednocześnie wyraźnie widać, że charakter zmian jasności komety był nieco inny od przewidywanego (linia przerywana).

Przeprowadzone analogiczne jak dla komety 55P rozważania doprowadziły do wniosku, że parametry opisujące kometę 103P/Hartley2 miały wartości:

$$H_0 = 8.6^m \pm 0.1^m$$
$$n = 4.4 \pm 0.4$$

Z wyznaczonych wielkości wynika, że jasność absolutna komety pozostała zgodna z przewidywaniami (sugerując średnicę jądra na około 4 km), natomiast współczynnik aktywności był około dwa razy mniejszy. Jego wartość wynosząca ok. 4 wskazuje na kometę mało aktywną, o aktywności typowej dla komet krótkookresowych.

Z obserwacji wynika, że średnica kątowa głowy komety była raczej stała i wynosiła 15′. Po przeliczeniu średnicy kątowej na liniową, uwzględniając zmiany odległości komety od Ziemi, okazało się, że średnica liniowa głowy komety była także stała i wynosiła ok. 600 tys km

Stopień kondensacji głowy DC był wyższy niż dla 55P i dla całego okresu obserwacyjnego wynosił ok. 4, co sprawiło, że kometa Hartley2 była znacznie łatwiejsza do obserwacji niż Tempel-Tuttle. Żaden z SOK-istów nie obserwował warkocza komety Hartley2.

Podsumowując, należy zauważyć, że pomimo pozornych podobieństw (jasność wizualna, średnica głowy) komety 55P/Tempel-Tuttle i 103P/Hartley2 znacznie się różniły od siebie. Ich porównanie może posłużyć za przykład, jak jasność absolutna, aktywność oraz odległość komety od Ziemi wpływają na jej wygląd na niebie.

Obserwacje słabych komet w 1997 roku

W 1997 roku przez członków SOK były także obserwowane dwie słabe komety, dla których nie były ogłaszane akcje obserwacyjne. Były to komety **81P/Wild2** oraz **C/1997T1 (Utsunomiya)**.

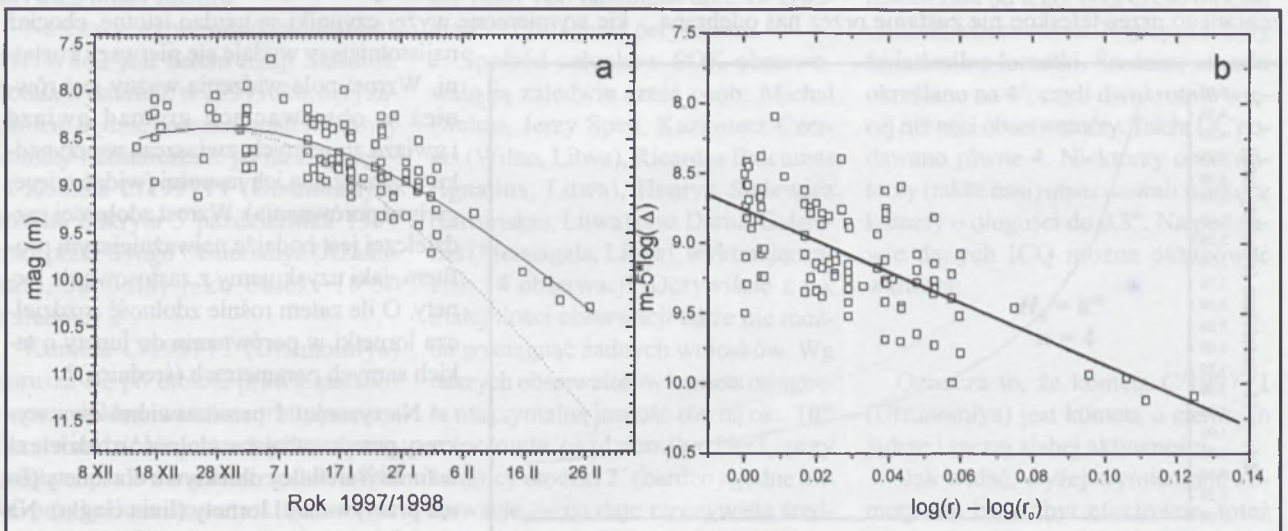
Kometa krótkookresowa **81P/Wild2** została odkryta 6 stycznia 1978 roku przez P.Wilda (Szwajcaria) jako obiekt 13^m. Badanie ewolucji orbity komety pozwoliło stwierdzić, że w 1974 roku przeszła ona w odległości tylko 0.2 j.a. od Jowisza! To bliskie przejście zmniejszyło radykalnie okres obiegu komety wokół Słońca z blisko 40 lat do zaledwie 6.17 roku, przy jednoczesnym zmniejszeniu odległości peryhelium z 4.9 j.a. do 1.49 j.a. Tak więc jest to przykład narodzenia się komety krótkookresowej z rodziny Jowisza!

W peryhelium kometa 81P/Wild2 podchodzi do Słońca na odległość 1.58 j.a., w aphelium oddala się na odległość 5.30 j.a., przy okresie obiegu 6.39 roku. Orbita komety 81P/Wild2 jest nachylona do płaszczyzny ekliptyki pod kątem zaledwie 3.2°. W trakcie obecnego powrotu w pobliże Słońca dnia 13 lutego 1997 znalazła się najbliżej Ziemi w odległości 0.850 j.a., natomiast dnia 6 maja 1997 kometa osiągnęła peryhelium.

Spośród członków SOK obserwowały ją zaledwie trzy osoby: Michał Drahus, Maciej Kwinta oraz Ricardas Balciunas (Ignalina, Litwa), wykonując razem 10 obserwacji. Oczywiście z tak małej ilości obserwacji nie można wyciągnąć żadnych wniosków. Według naszych obserwatorów kometa osiągnęła maksymalną jasność równą ok. 10^m na przełomie marca i kwietnia 1997, przy średnicy otoczki 6′ (co daje rzeczywistą średnicę równą ok. **200 tys. km**, „standardową" dla komet krótkookresowych) i DC równym **2–3**. Tak więc niewątpliwie był to niezwykle trudny obiekt do obserwacji. Opierając się na archiwum ICQ można stwierdzić, że maksimum jasności wystąpiło rzeczywiście ok. 31 marca 1997 i wynosiło 9.6^m. Także wartości średnicy otoczki i DC są zgodne z naszymi, co dobrze świadczy o wartości naszych obserwatorów. Niektórzy amatorzy na świecie obserwowali także warkocz komety o długości do 0.5°. Na podstawie danych ICQ można oszacować wartości:

$$H_0 = 5.4^m$$
$$n = 8$$

dokończenie na str. 231



Rys.3. a) Krzywa zmian jasności komety 103P/Hartley2 utworzona na podstawie 103 obserwacji wykonanych przez członków Sekcji Obserwatorów Komet PTMA (linią przerywaną pokazano jasność przewidywaną), b) jasność komety zredukowana do stałej odległości obserwatora od komety (1 AU) oraz przedstawiona w funkcji różnicy logarytmów odległości komety (r) od peryhelium (r_0).

LORNETA CZY LUNETA ?

Wielu miłośników podziwiania nocnego nieba rozpoczyna swoją przygodę z astronomią od obserwacji za pomocą lornetki — kolejnym etapem jest teleskop. Może dlatego lornetka uważana jest za sprzęt początkujących miłośników, a teleskop — to sprzęt wytrawnych obserwatorów. Celem niniejszego artykułu jest wykazanie, iż wbrew obiegowym opiniom, lornetka, składająca się z dwóch lunet, daje duże możliwości obserwatorom nocnego nieba i pod pewnymi względami jest lepszym rozwiązaniem niż luneta. Poniższe rozważania będą oparte na założeniu, że interesują nas obserwacje wizualne obiektów mgławicowych. Obserwacje takie wymagają użycia sprzętu dającego możliwie duże pole widzenia oraz jasny, o dużej rozdzielczości obraz. Uzyskanie dużego powiększenia w tym przypadku nie jest aż takie ważne. Powiększenie w tego typu obserwacjach powinno być jak najmniejsze (im mniejsze, tym większe pole widzenia) i zapewnić rozróżnienie wszystkich szczegółów utworzonych przez obiektyw. Powiększenie to nosi nazwę rozdzielczego i możemy wyrazić je następująco:

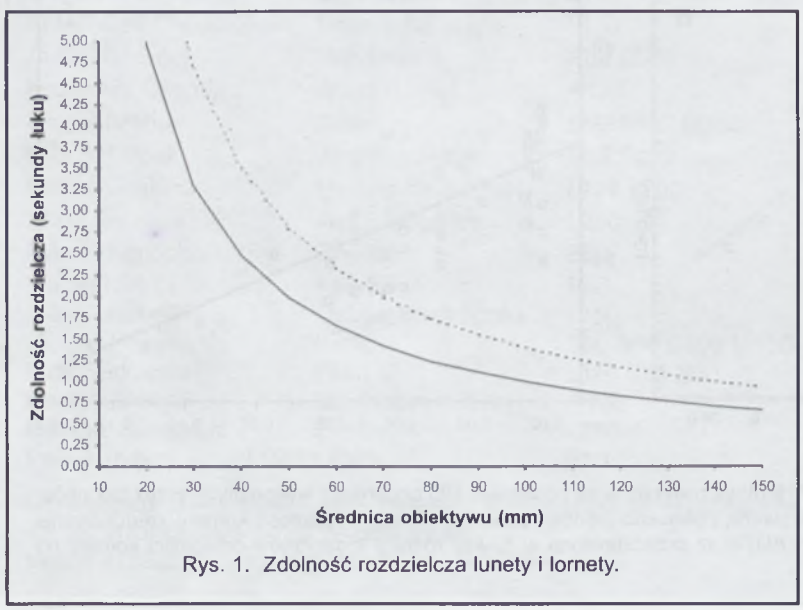
$$P = \frac{\phi_{wej}}{\phi_{wyj}}$$

gdzie ϕ_{wej} i ϕ_{wyj} są odpowiednio średnicą wiązki wejściowej do teleskopu i wiązki wyjściowej — wychodzącej z okularu — w tych samych jednostkach. Średnica wiązki wyjściowej powinna być tak dobrana (poprzez dobór odpowiedniego okularu — powiększenia), aby była w przybliżeniu równa średnicy źrenicy oka obserwatora (w warunkach nocnych). Na ogół przyjmuje się, iż źrenica oka ludzkiego w warunkach nocnych wynosi 6–7 milimetrów, przy czym zdarzają się osoby mające średnicę źrenicy dochodzącą do 8 milimetrów. Jeśli nasz teleskop da wiązkę wyjściową większą niż źrenica naszego oka, to część światła zebranego przez teleskop nie zostanie przez nas odebrana (nie o to przecież chodzi!). Stosowanie większych powiększeń — dających mniejsze wiązki wyjściowe — nie powoduje wzrostu ilości obserwowanych szczegółów, a obraz staje się ciemniejszy. Przyjmując zatem, iż średnica źrenicy oka wynosi 6 mm, możemy wyznaczyć wartość powiększenia rozdzielczego. I tak dla lunety o średnicy obiektywu równej 60 milimetrów powiększenie to wynosi 10×, a dla średnicy równej 100 milimetrów — 16×. Warto podkreślić, że wartości powiększeń lornetek są zbliżone do powiększenia rozdzielczego. Wartość powiększenia lornetki podawana jest na obudowie przez producenta wraz z inną wartością — średnicą obiektywów w milimetrach. I tak, np. lornetka o oznaczeniu 10×50 posiada powiększenie 10×, a średnica obiektywów wynosi 50 milimetrów. Oczywiście im większa średnica lornetki, tym lepiej. Na rynku polskim możemy nabyć szereg lornetek produkcji rosyjskiej o średnicach nie przekraczających 50 mm. Większe lornetki są również dostępne — 20×60; 25×70 — i stanowią doskonały sprzęt obserwacyjny, przez który możemy podziwiać nie tylko obiekty mgławicowe, ale także kratery i góry na Księżycu.

Można również samemu zbudować lornetkę. W tym celu musimy posiadać dwie identyczne lunety (identyczne średnice i powiększenia), które następnie mocujemy tak, aby ich osie optyczne były do siebie równoległe.

Skoro lorneta składa się z dwóch lunet, to jakie korzyści wynikają z jej użycia (w porównaniu do lunety o jednakowych parametrach)?

Po pierwsze, rośnie pole widzenia o około 30%. Po drugie, obserwowany obraz ma większy kontrast. Po trzecie, komfort obserwacji jest dużo większy. I po czwarte, widzimy więcej szczegółów — wzrasta zdolność rozdzielcza. W przypadku obserwacji obiektów mgławicowych wszystkie wymienione wyżej czynniki są bardzo istotne, chociaż najistotniejszy wydaje się pierwszy i ostatni. Wzrost pola widzenia ważny jest również w obserwacjach gromad gwiazd i gwiazd zmiennych, zwłaszcza w przypadku wyznaczania ich jasności (widać więcej gwiazd porównania). Wzrost zdolności rozdzielczej jest bodajże najważniejszym profitem, jaki uzyskujemy z zastosowania lornety. O ile zatem rośnie zdolność rozdzielcza lornetki w porównaniu do lunety o takich samych parametrach (średnica)?

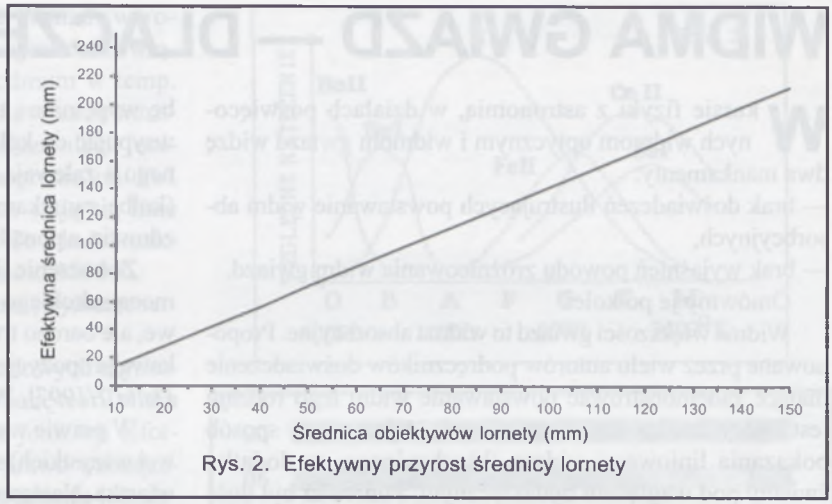


Rys. 1. Zdolność rozdzielcza lunety i lornety.

Na rysunku 1 przedstawiono dwa wykresy przedstawiające zdolność rozdzielczą w funkcji średnicy obiektywu dla lunety (linia przerywana) i lornety (linia ciągła). Na rysunku tym wyraźnie widać zysk w zdolności rozdzielczej dla lornety. Lornetka o średnicy 50 mm daje zdolność rozdzielczą o 0.8″ lepszą niż luneta o tej samej śred-

nicy, a lornetka o średnicy 70 mm — daje zdolność rozdzielczą lepszą o 0.7″. Trzeba przyznać, że są to wartości spore.

Skoro rośnie zdolność rozdzielcza, to otrzymujemy efekt analogiczny do użycia instrumentu o większej średnicy. Rysunek 2 przedstawia efektywny przyrost średnicy w przypadku użycia lornetki. I tak, np. lornetka o średnicy obiektywów 70 mm daje taką samą zdolność rozdzielczą jak luneta o średnicy 100 mm. Wykonanie lornety z teleskopów Newtona o średnicy 150 mm (np. szukacze komet Uniwersała) da nam w efekcie zdolność rozdzielczą równą teleskopowi o średnicy 210 mm!



Rys. 2. Efektywny przyrost średnicy lornety

W USA i Kanadzie wielu miłośników buduje lornety w oparciu o teleskopy Newtona i niejednokrotnie są to instrumenty bardzo spore — średnice luster wynoszą 400–500 mm! Warto na zakończenie podkreślić, że wielu łowców komet również używa lornet. Jedną z najpiękniejszych komet w tym stuleciu odkrył japoński miłośnik Y. Hyakutake i dokonał tego za pomocą 150 mm lornety dającej powiększenie 25×. Należy również dodać, że była to apochromatyczna lorneta firmy Fuji zbudowana ze szkieł o niskiej dyspersji, której cena w USA wynosi „zaledwie" 12 500 dolarów!

Wiesław Skórzyński

Y. Hyakutake i jego 150 mm lorneta

ciąg dalszy ze str. 229

Oznacza to, że kometa Wild 2 jest kometą o jasnym jądrze i dużej aktywności, co jest niezwykłe dla komety krótkookresowej. Szkoda, że nie przelatywała bliżej Ziemi!

Należy przypomnieć, że kometa 81P/Wild2 jest celem misji Stardust. Sonda wystartuje w 1999 roku, a jej zadaniem będzie pobranie materii głowy komety i dostarczenie jej na Ziemię!

Kometa **C/1997T1 (Utsunomiya)** została odkryta 3 października 1997 roku przez Syogo Utsunomiya (Azamihara, Japonia) jako obiekt 10.5^m o średnicy 2′.

Kometa C/1997T1 (Utsunomiya) porusza się po orbicie prawie parabolicznej, dokładna analiza orbity pozwoliła stwierdzić, że jest to bardzo wyciągnięta elipsa o mimośrodzie 0.998498. W peryhelium kometa Utsunomiya podeszła do Słońca na odległość 1.36 j.a., w aphelium oddala się na odległość prawie 2000 j.a., przy okresie obiegu około 30 tys. lat! Orbita komety Utsunomiya jest nachylona do płaszczyzny ekliptyki pod kątem aż 128°, czyli kometa porusza się ruchem wstecznym. W dniu 11 października 1997 kometa znalazła się najbliżej Ziemi w odległości 1.007 j.a., natomiast dnia 10 grudnia 1997 osiągnęła peryhelium.

Spośród członków SOK obserwowało ją zaledwie sześć osób: Michał Drahus, Jerzy Speil, Kazimierz Czernis (Wilno, Litwa), Ricardas Balciunas (Ignalina, Litwa), Henryk Sielewicz (Lavariskes, Litwa) oraz Darius Galsiunas (Meisiagala, Litwa), wykonując razem 14 obserwacji. Oczywiście z tak małej ilości obserwacji także nie można wyciągnąć żadnych wniosków. Wg naszych obserwatorów kometa osiągnęła maksymalną jasność równą ok.. $\mathbf{10}^m$ w połowie października 1997, przy średnicy otoczki **2′** (bardzo zgodne obserwacje — co daje rzeczywistą średnicę równą ok. **100 tys. km**, czyli raczej małą) i DC równym **2–3**. Tak więc niewątpliwie był to także niezwykle trudny obiekt do obserwacji. Opierając się znowu na archiwum ICQ można stwierdzić, że maksimum jasności wystąpiło rzeczywiście w październiku 1997 i wynosiło ok. 10^m. Silny wkład do jasności wnosiła otoczka, czyli ocena zależała od tego, jaką część otoczki widział obserwator. Najlepsze były światłosilne lornetki. Średnicę otoczki określano na 4′, czyli dwukrotnie więcej niż nasi obserwatorzy. Także DC podawano równe 4. Niektórzy obserwatorzy (także nasi) obserwowali warkocz komety o długości do 0.3°. Na podstawie danych ICQ można oszacować wartości:

$$H_0 = 8^m$$
$$n = 4$$

Oznacza to, że kometa C/1997T1 (Utsunomiya) jest kometą o ciemnym jądrze i raczej słabej aktywności.

Jak widać, wyżej wymienione komety nie były zbyt efektowne, toteż należy docenić wysiłek i umiejętności obserwatorów, którzy je obserwowali.

Tomasz Ściężor

WIDMA GWIAZD — DLACZEGO TAKIE SĄ?

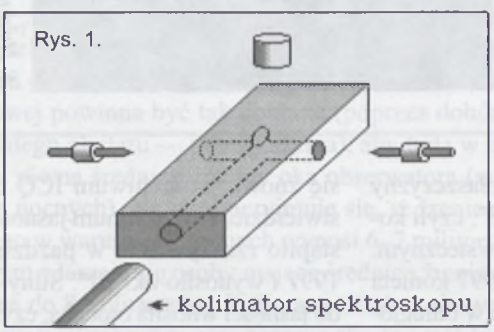
W kursie fizyki z astronomią, w działach poświęconych widmom optycznym i widmom gwiazd widzę dwa mankamenty:

— brak doświadczeń ilustrujących powstawanie widm absorbcyjnych,

— brak wyjaśnień powodu zróżnicowania widm gwiazd.

Omówmy je po kolei.

Widma większości gwiazd to widma absorbcyjne. Proponowane przez wielu autorów podręczników doświadczenie mające zademonstrować powstawanie widm tego rodzaju jest z góry skazane na niepowodzenie. A jest prosty sposób pokazania liniowego widma absorbcyjnego, w dodatku świetny pod względem dydaktycznym. Ponieważ był dość dawno opisany i czytelnik mógłby mieć trudności z dotarciem do materiału źródłowego (*Augustyn Rakowski, Kilka doświadczeń, Fizyka w Szkole nr 2/1959*), pokrótce go opiszę. Do wykonania doświadczenia niezbędna jest nieco „przerobiona" cegła, najlepiej tzw. szamotowa. Wiertłem z nakładkami widii o średnicy 10 mm wiercimy w cegle 3 otwory wg **rysunku 1**. Jeden otwór „na wylot", pozostałe do spotkania z nim (w latach 60-tych wykonywałem takie otwory przebijakiem, ileż cegieł przy tym pękło!). W przelotowym otworze w korkach (takich z prawdziwego korka) z otworami osadzamy elektrody węglowe. Elektrody łączymy z siecią przez opornik od lampy Classena. Będzie to łuk węglowy, dający widmo ciągłe. Przygotowujemy jeszcze trzeci korek do nakrywania górnego otworu. Na dłuższy, poziomy otwór kierujemy kolimator spektroskopu. Uruchamiamy łuk. W lunetce spektroskopu pojawia się widmo ciągłe. Przez górny otwór wsypujemy na łuk nieco soli (a najlepiej kawałeczek metalicznego sodu). Na tle widma ciągłego pojawia się bardzo jasna, żółta linia. Nakrywamy korkiem górny otwór. Żółta linia momentalnie zamienia się w czarną linię absorbcyjną. Jest to możliwe dzięki temu, że pary sodu uchodzące swobodnie górnym otworem zmuszone są teraz do wędrówki dłuższym poziomym kanałem, w którym ochładzają się, zachowując jednocześnie wystarczającą gęstość.



Powstawanie pasmowych widm absorbcyjnych (pasma absorbcyjne prostych cząsteczek występują w widmach gwiazd późnych typów) demonstruje się znacznie łatwiej. Między żarówkę a kolimator spektroskopu wstawiamy kolbę wypełnioną tlenkami azotu. Tlenki azotu uzyskujemy, wsypując do kolby nieco drobno pociętego drutu miedzianego i zalewając go kilkoma kroplami kwasu azotowego (kolbę zamykamy korkiem, tlenki azotu są szkodliwe dla zdrowia, a ponadto mają niezbyt przyjemną, drażniącą woń).

Zobaczenie linii absorbcyjnych w widmie Słońca za pomocą szkolnego spektroskopu produkcji ZPPN jest możliwe, ale bardzo trudne. Zwróćmy więc uwagę na bardzo ciekawą propozycję Jerzego Gintera (*Spektroskop za złotówkę, Delta 7/1997).* Warto wykorzystać!

W prawie wszystkich podręcznikach fizyki (a może nawet wszystkich) stwierdza się — widmo jest wizytówką pierwiastka. Następnie bardziej lub mniej pobieżnie omawia się chemiczną analizę widmową. Jest tak nawet w podręcznikach fizyki z astronomią, np. w skądinąd bardzo dobrym podręczniku Marka Demiańskiego i Mariana Kozielskiego (*Fizyka dla szkół średnich, t.4, wyd. B.Kozielski, W-wa 1998*). Jest to oczywiście prawda, ale niecała. Gdyby bowiem o wyglądzie widma decydował wyłącznie skład chemiczny, widma prawie wszystkich gwiazd byłyby identyczne. O tym, że przy tym samym składzie chemicznym widma mogą się różnić, można się przekonać również w warunkach laboratoryjnych. Wystarczy skierować spektroskop na lampę sodową nisko- a następnie wysokociśnieniową. W obu przypadkach zobaczymy zupełnie inny obraz. Nie było to co prawda widmo termiczne, ale obserwacja miała tylko pokazać, że widmo tego samego pierwiastka nie zawsze jest takie samo.

Stawiamy problem: czy możliwe jest, aby w widmie gwiazdy składającej się prawie wyłącznie z wodoru nie wystąpiły linie wodorowe? W jakich warunkach?

Uczniowie dość łatwo zauważają, że gdy gwiazda (ściślej — górne warstwy jej fotosfery) ma dostatecznie wysoką temperaturę, wodór może być prawie w całości zjonizowany i nie będzie mógł absorbować charakterystycznych dlań linii. Większą trudność sprawia zauważenie drugiej możliwości, mimo iż uczniowie powinni wiedzieć, że linie emisyjne wodoru (linie Balmera) powstają przy przejściach elektronów z wyższych poziomów energetycznych na poziom drugi.

$$\nu = \frac{1}{\lambda} = \frac{R}{c}\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2}\right)$$

Odwrotnie, absorbcja linii wodorowych wystąpi, gdy elektrony z poziomu drugiego będą przechodziły na poziomy wyższe. A jest to możliwe tylko wówczas, gdy poziom drugi jest obsadzony. Przy dostatecznie niskiej temperaturze atomy wodoru są głównie w stanie podstawowym i absorbcja serii Balmera nie jest możliwa.

A jak z widmami innych pierwiastków? Tu warto odwołać się do energii jonizacji. (Tabela 1) oraz wykresu względnych natężeń linii widmowych w funkcji temperatury (rys. 2). Przy okazji zwracamy uwagę, że w notacji przyjętej przez astronomów He I oznacza hel niezjonizowany a He II zjonizowany jednokrotnie. Zwracamy uwa-

gę, np. na natężenie linii widma żelaza Fe I. W miarę wzrostu temperatury natężenie tych linii rośnie (jest coraz więcej atomów wzbudzonych) i osiąga maksimum w temp. ok. 4400 K (typ widmowy K5). Jednocześnie wraz ze wzrostem temperatury coraz więcej atomów żelaza ulega jonizacji i po przekroczeniu tej temperatury natężenie linii Fe I zaczyna maleć. W zamian coraz silniejsze stają się linie jednokrotnie zjonizowanego żelaza Fe II. Te z kolei maksimum natężenia osiągają w temperaturze ok. 5500 K.

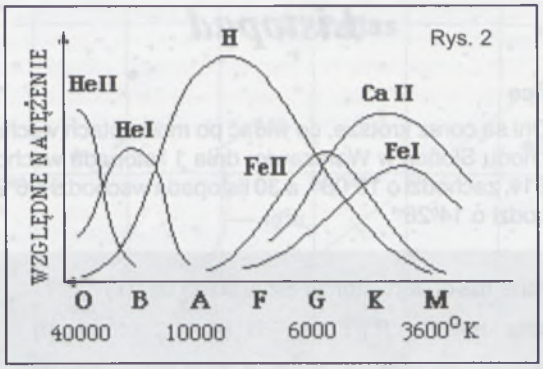
Natężenie linii wodorowych nadal rośnie (wyższa energia jonizacji).

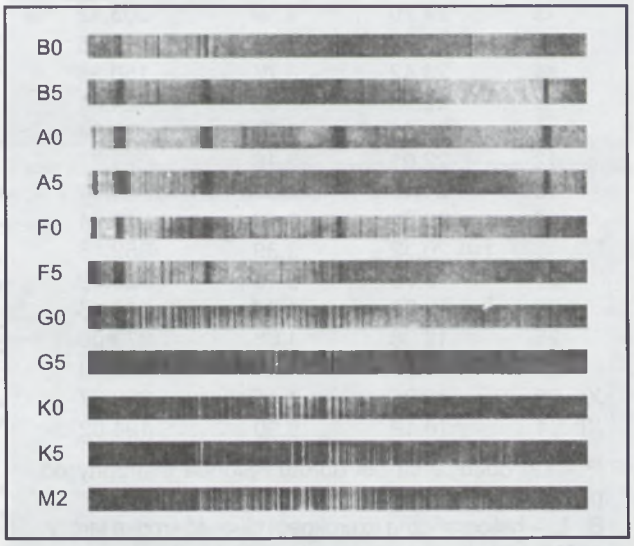
Pełne wyjaśnienie wyglądu widm gwiazdowych uzyskano ok. 1920 r. po opracowaniu przez Megh Sahę teorii widm gwiazdowych. Teoria jest oparta o prawo jonizacji (sformułowane też przez Sahę) i wcześniejsze prawo wzbudzenia Boltzmanna. Konieczną ilustracją tego tematu jest dobra plansza (lub dobre przezrocze) przedstawiająca sekwencję widm gwiazdowych kolejnych typów. Tym bardziej, że autorzy aktualnie dostępnych podręczników szkolnych uznali zamieszczenie zdjęć widm gwiazdowych za zbędne.

Juliusz Domański

Tab. 1. Energia jonizacji (eV)

wodór	H I	13.54		
hel	He I	24.48	He II	54.4
potas	K I	4.34	K II	31.81
żelazo	Fe I	7.83	Fe II	9.3
wapń	Ca I	6.25	Ca II	8.6

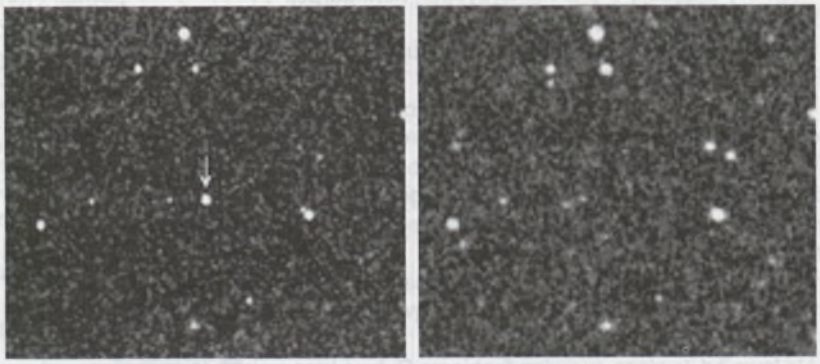




Nowy typ widmowy

Po raz pierwszy od ponad stu lat, astronomowie dodają nowy typ widmowy do ich znanej sekwencji OBA-FGKM. Litery te oznaczają różne temperatury powierzchniowe gwiazd palących wodór wzdłuż ciągu głównego: od gorących, niebiesko-białych, masywnych i jasnych gwiazd O do chłodnych, czerwonych, małomasywnych i słabo widocznych gwiazd M.

J. Davy Kirkpatrick z Caltechu wraz z kolegami proponuje rozszerzenie ciągu głównego w kierunku niższych temperatur i dodanie nowego typu widmowego L. Pozwoliłoby to objąć klasyfikacją nową populację obiektów, która okazuje się być bardzo liczebna — wskazują na to wyniki programu 2-Micron All-Sky Survey (2MASS) — z dwóch miejsc w Arizonie i Chile obserwowane jest niebo w bliskiej podczerwieni. Karły L mają temperaturę powierzchniową od 1500 do 2000 kelwinów i emitują większość energii w podczerwieni. Analizy widmowe pokazują, że niektóre z nich są praktycznie obiektami podgwiazdowymi — brązowymi karłami, podczas gdy pozostałe wydają się z ledwością podtrzymywać spalanie wodoru w swoich jądrach, co czyni je „prawdziwymi" gwiazdami. Kirkpatrick ocenia, że karłów L jest tak dużo, jak wszystkich obiektów pozostałych typów widmowych łącznie, jednakże ich masy są tak małe (rzędu 30 do 80 mas Jowisza), że nie mają wielkiego wpływu na całkowitą dynamikę Drogi Mlecznej. Jeśli astronomowie zaakceptują nowy typ widmowy, trzeba będzie nieco przeformułować znaną angielską formułkę ułatwiającą zapamiętanie kolejności typów. Zamiast „**O**h, **B**e **A** **F**ine **G**irl/Guy, **K**iss **M**e", trzeba będzie pamiętać na przykład „**O**h, **B**e **A** **F**ine **G**irl/Guy, **K**iss **M**y **L**ips". (*mag*)



Po lewej fragment nieba (o krawędzi 5 minut łuku) zawierający prototyp karła typu widmowego L: J1146+2230. Obraz pochodzi z przeglądu 2MASS prowadzonego w bliskiej podczerwieni. Po prawej ten sam fragment nieba w świetle widzialnym, w którym karzeł typu L świeci co najmniej 1000 razy słabiej i jest niewidoczny. (Fot. D. Kirkpatrick, 2MASS)

Listopad

Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca w Warszawie: dnia 1 listopada wschodzi o 5^h31^m, zachodzi o 15^h08^m, a 30 listopada wschodzi o 6^h21^m, zachodzi o 14^h28^m.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h UT)

Data 1998		P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
XI	1	24.55	4.39	229.50
	3	24.20	4.19	203.12
	5	23.83	3.98	176.75
	7	23.42	3.77	150.38
	9	22.98	3.55	124.01
	11	22.51	3.32	97.64
	13	22.01	3.10	71.27
	15	21.48	2.87	44.91
	17	20.91	2.63	18.54
	19	20.32	2.39	352.18
	21	19.70	2.15	325.82
	23	19.05	1.90	299.46
	25	18.38	1.66	273.09
	27	17.67	1.41	246.73
XI	29	16.95	1.16	220.37
XII	1	16.19	0.90	194.02

P – kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 – heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$18^d09^h46^m$ – heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $4^d05^h18^m$, ostatnia kwadra $11^d00^h28^m$, nów $19^d04^h27^m$, pierwsza kwadra $27^d00^h23^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się 4 listopada o 0^h42^m, w apogeum 17 listopada o 6^h25^m.

Planety i planetoidy

Merkury znajduje się w niekorzystnej konfiguracji ze Słońcem i jest niewidoczny.

Także niewidoczna jest Wenus, znajdująca się nadal w pobliżu koniunkcji ze Słońcem.

Na ranem wysoko nad południowo-wschodnim horyzontem obserwować możemy Marsa jako „gwiazdę" 1.5^m. Średnica tarczy planety jest nadal bardzo mała (zaledwie 5″), tak więc obserwacja szczegółów na tarczy planety jest praktycznie niemożliwa. Jednocześnie wyraźnie widoczna jest faza planety.

Wieczorem nad południowo-zachodnim horyzontem można zaobserwować Jowisza w gwiazdozbiorze Wodnika jako jasną „gwiazdę" –2.7^m.

Na lewo od Jowisza, w gwiazdozbiorze Ryb widoczny jest Saturn. Planeta osiągnie jasność 0.1^m, przy średnicy tarczy blisko 20″.

Wieczorem na południu można próbować obserwować Urana i Neptuna stosunkowo nisko nad horyzontem, jako „gwiazdy" o jasnościach odpowiednio 5.7^m i 7.9^m. Warunki obserwacji planet szybko się pogarszają.

Pluton znajduje się na niebie zbyt blisko Słońca i jest niewidoczny.

W listopadzie możemy obserwować na niebie gościa — kometę krótkookresową **21P/Giacobini-Zinner.**

Kometa może osiągnąć jasność 9.0^m, tak więc do jej obserwacji niezbędne jest posiadanie przynajmniej lornetki (oraz oczywiście brak sztucznych źródeł światła w okolicy).

Oto jej współrzędne równikowe (na epokę 2000.0):

2 XI: $19^h02.0^m$, –4°13′; 7 XI: $19^h23.0^m$, –6°45′; 12 XI: $19^h45.5^m$, –9°20′; 17 XI: $20^h09.3^m$, -11°53′; 22 XI: $20^h34.5^m$, –14°21′; 27 XI: $21^h00.8^m$, –16°40′(patrz rys. 1).

W listopadzie możemy także obserwować w pobliżu opozycji planetoidy:

(1) Ceres, (jasność 7.0^m). 7 XI: $4^h41.4^m$, 17°02′; 17 XI: $4^h33.1^m$, 17°11′; 27 XI: $4^h23.4^m$, 17°22′ (patrz rys. 8).

(2) Pallas, (jasność 9.3^m). 7 XI: $23^h09.7^m$, –12°20′; 17 XI: $23^h10.8^m$, –13°10′; 27 XI: $23^h14.0^m$, –13°40′(patrz rys. 2).

(4) Westa, (jasność 7.6^m). 7 XI: $9^h17.4^m$, 17°05′; 17 XI: $9^h27.0^m$, 16°46′; 27 XI: $9^h34.8^m$, 16°38′ (patrz rys. 9).

(5) Astraea, (jasność 9.8^m). 7 XI: $4^h23.8^m$, 12°42′; 17 XI: $4^h15.4^m$, 12°09′; 27 XI: $4^h05.7^m$, 11°41′(patrz rys. 3).

(15) Eunomia, (jasność 7.9^m). 7 XI: $2^h39.4^m$, 36°14′; 17 XI: $2^h30.1^m$, 34°53′; 27 XI: $2^h22.9^m$, 33°14′ (patrz rys. 10).

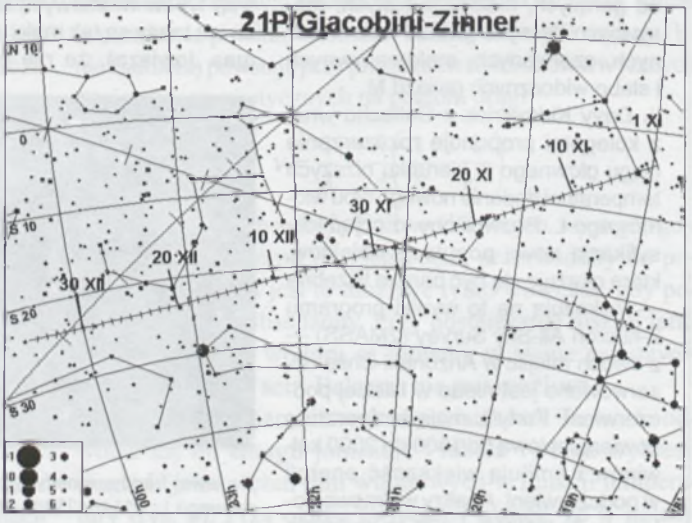
(20) Massalia, (jasność 9.2^m). 7 XI: $1^h49.5^m$, 11°03′; 17 XI: $1^h41.7^m$, 10°16′; 27 XI: $1^h36.4^m$, 9°42′(patrz rys. 4).

Meteory

Od 14 do 21 listopada promieniują meteory z roju Leonidów, związanego z kometą Tempel-Tuttle. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne: $\alpha = 10^h08^m$, $\delta = +22°$. Maksimum aktywności przypada 18 listopada. W związku z niedawnym powrotem macierzystej komety możliwa jest zwiększona aktywność roju. Warunki obserwacyjne w tym roku są bardzo dobre, ponieważ nów Księżyca pokrywa się z okresem maksimum aktywności roju.

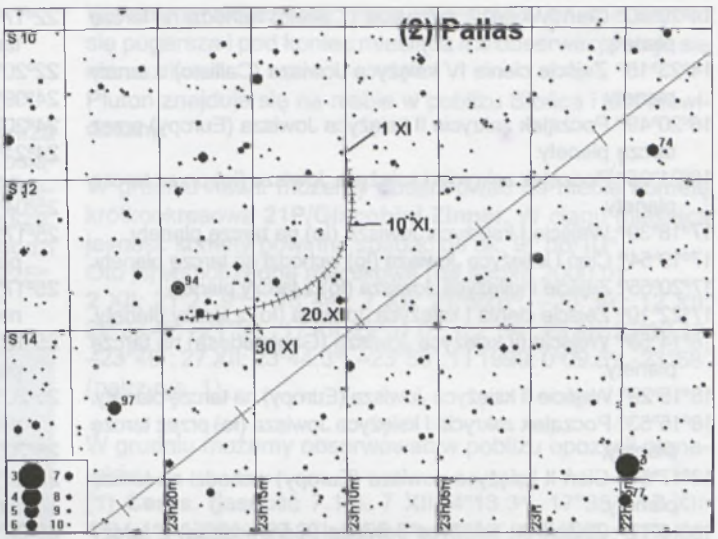
***

$1^d00^h09^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$1^d20^h30^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$1^d21^h33^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

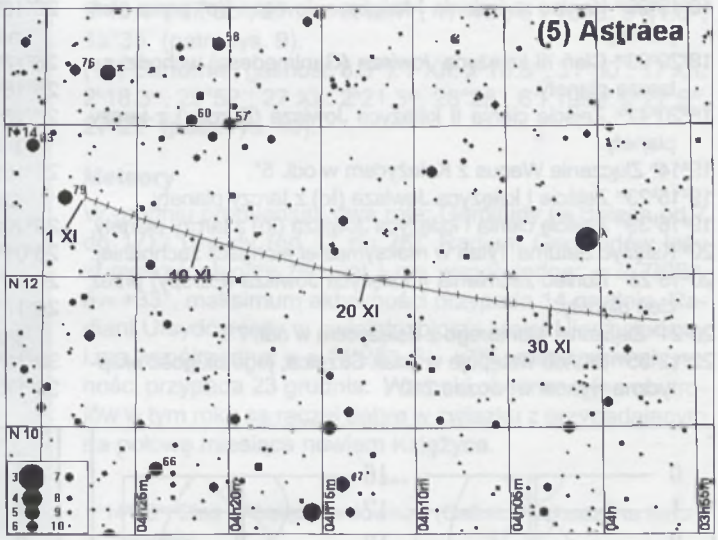


Rys. 1. Trasa komety 21P/Giacobini-Zinner na tle gwiazd w listopadzie i grudniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 6.5^m).

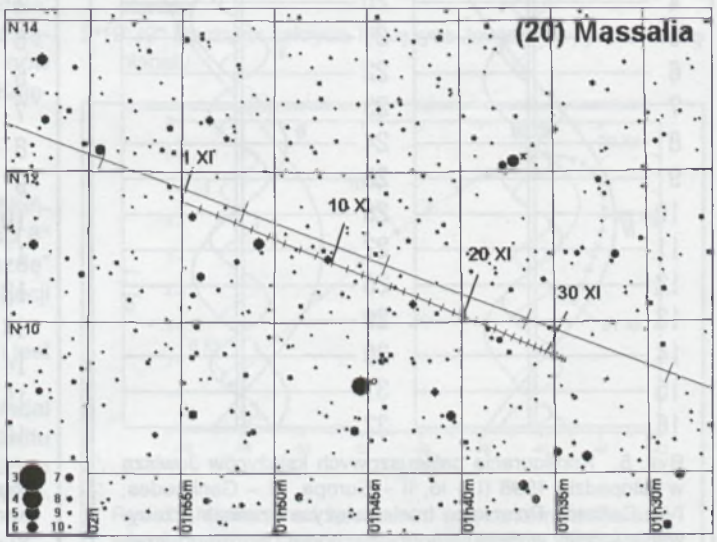
$1^d22^h45^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$1^d23^h49^m$ Zejście cienia i księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$2^d15^h53^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
$2^d17^h45^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
$2^d20^h50^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
$2^d21^h04^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
3^d08^h Złączenie Urana z Neptunem w odl. 1°.
3^d09^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.
$3^d16^h02^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$3^d17^h13^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
$3^d18^h18^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety
4^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$4^d15^h30^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$4^d15^h32^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
6^d01^h Zakrycie gwiazdy α Tau (Aldebarana) przez Księżyc (44.5m — Gdańsk, 47.6m — Kraków, 50.2m — Krosno, 46.1m — Łódź, 50.4m — Lublin, 39.5m — Szczecin).
$7^d21^h16^m$ Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.
$7^d23^h49^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$8^d22^h19^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$8^d23^h29^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$9^d18^h20^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
$9^d19^h35^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
$9^d22^h59^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$9^d23^h29^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
$10^d16^h47^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$10^d17^h58^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety
$10^d19^h03^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$10^d20^h14^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
11^d09^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 22°57′.
$11^d15^h22^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$11^d15^h46^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$11^d16^h02^m$ Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.
$11^d17^h28^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$11^d18^h06^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$11^d19^h14^m$ Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
12^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
13^d18^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 1°.



Rys. 2. Trasa planetoidy (2) Pallas na tle gwiazd gwiazdozbioru Wodnika w listopadzie 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10.5m).

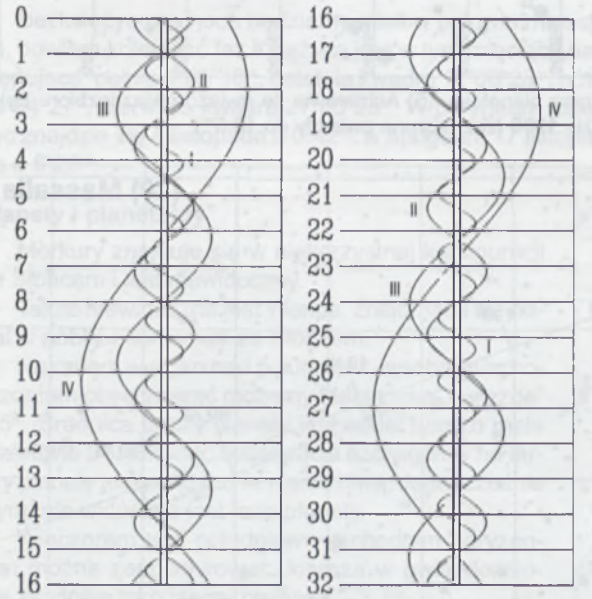


Rys. 3. Trasa planetoidy (5) Astraea na tle gwiazd gwiazdozbioru Byka w listopadzie 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10.5m).

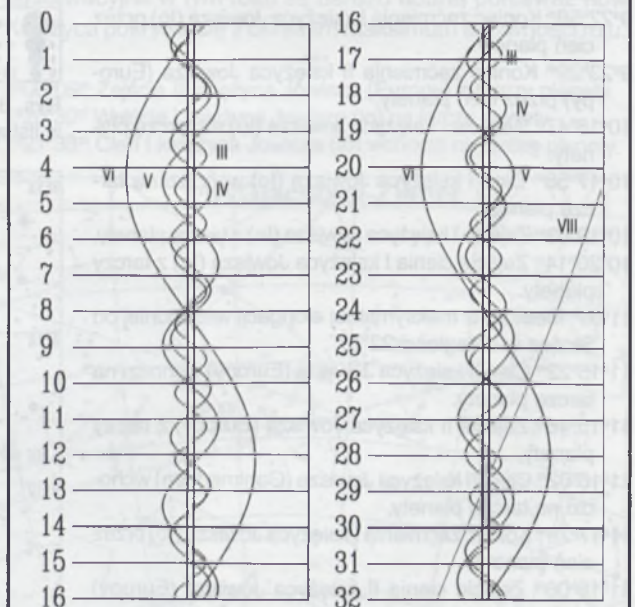


Rys. 4. Trasa planetoidy (20) Massalia na tle gwiazd gwiazdozbioru Ryb w listopadzie 1998 (zaznaczone gwiazdy do 10.5m).

$14^d20^h40^m$ Cień IV księżyca Jowisza (Callisto) wchodzi na tarczę planety.
$14^d23^h15^m$ Zejście cienia IV księżyca Jowisza (Callisto) z tarczy planety.
$16^d20^h49^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
$16^d21^h25^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
$17^d18^h39^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$17^d19^h54^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$17^d20^h55^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$17^d22^h10^m$ Zejście cienia i księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$18^d14^h59^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
$18^d15^h29^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$18^d15^h53^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
$18^d17^h57^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$18^d18^h12^m$ Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
$18^d18^h13^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$18^d19^h23^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$18^d20^h03^m$ Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.
$18^d20^h42^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
19^d14^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 5°.
$19^d15^h23^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$19^d16^h39^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
20^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$20^d15^h28^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
20^d21^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 7°.
$22^d12^h35^m$ Słońce wstępuje w znak Strzelca, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 240°.
$22^d17^h28^m$ Początek zakrycia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez tarczę planety.
$22^d20^h11^m$ Księżyc IV (Callisto) wyłania się zza tarczy Jowisza.
24^d09^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 2°.
$24^d20^h31^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$24^d21^h50^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
25^d04^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 2°.
$25^d17^h45^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
$25^d17^h59^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$25^d18^h48^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
$25^d20^h33^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$25^d20^h43^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$25^d21^h18^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$25^d22^h02^m$ Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
$26^d15^h00^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$26^d16^h19^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$26^d17^h16^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$26^d18^h35^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$27^d15^h47^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$27^d18^h07^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
28^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
28^d01^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 1°.
28^d12^h Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 1°.
$29^d17^h12^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety
30^d11^h Pluton w koniunkcji ze Słońcem.
30^d17^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.



Rys. 5. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w listopadzie 1998 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.



Rys. 6. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w listopadzie 1998 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

Grudzień

Słońce

Słońce w swym ruchu rocznym po ekliptyce zmierza w kierunku punktu przesilenia zimowego i 22 grudnia osiąga najniższy punkt ekliptyki pod równikiem niebieskim, wstępując w znak Koziorożca. Dni są nadal coraz krótsze. W Warszawie 1 grudnia Słońce wschodzi o 6^h22^m, zachodzi o 14^h27^m, 22 grudnia wschodzi o 6^h43^m, zachodzi o 14^h25^m, a 31 grudnia wschodzi o 6^h45^m, ale zachodzi o 14^h32^m.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Data 1998	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
XII 1	16.19	0.90	194.02
3	15.41	0.65	167.66
5	14.61	0.39	141.30
7	13.79	0.14	114.94
9	12.95	–0.12	88.59
11	12.09	–0.38	62.24
13	11.21	–0.63	35.89
15	10.31	–0.89	9.53
17	9.40	–1.14	343.19
19	8.47	–1.39	316.84
21	7.54	–1.65	290.49
23	6.59	–1.90	264.14
25	5.64	–2.14	237.80
27	4.68	–2.39	211.46
29	3.71	–2.63	185.11
XII 31	2.75	–2.87	158.77
99I 2	1.78	–3.10	132.43

P – kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 – heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$15^d17^h23^m$ – heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w połowie grudnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $3^d15^h19^m$, ostatnia kwadra $10^d17^h54^m$, nów $18^d22^h42^m$, pierwsza kwadra $26^d10^h46^m$. W perygeum Księżyc znajdzie się $2^d12^h18^m$, a w apogeum $14^d17^h05^m$.

Planety i planetoidy

W połowie miesiąca około godzinę przed wschodem Słońca możemy próbować znaleźć Merkurego na wysokości 8° nad południowo-wschodnim horyzontem, jako „gwiazdę" -0.2^m. Merkury zbliża się do swej maksymalnej elongacji od Słońca równej 22° (patrz rys. 7).
Wenus znajduje się na niebie nadal w pobliżu Słońca i jest niewidoczna.
Nad ranem nad południowym horyzontem możemy nadal obserwować Marsa jako „gwiazdę" 1.1^m. Na początku świtu cywilnego (Słońce 7° pod horyzontem), czyli około godzinę przed wschodem Słońca możemy odnaleźć planetę na wysokości 35° nad horyzontem.
Warunki obserwacji Jowisza i Saturna w stosunku do listopada praktycznie nie ulegają zmianie.
Wieczorna widoczność Urana i Neptuna w grudniu szybko się pogarsza i pod koniec miesiąca ich obserwacja staje się niemożliwa.
Pluton znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

W grudniu nadal możemy obserwować na niebie kometę krótkookresową **21P/Giacobini-Zinner.** W ciągu miesiąca jasność komety powinna spadać od ok. 9^m do 10^m.
Oto jej współrzędne równikowe (na epokę 2000.0):
2 XII: $21^h27.9^m$, –18°44′; 7 XII: $21^h55.6^m$, –20°30′; 12 XII: $22^h23.4^m$, –21°56′; 17 XII: $22^h51.0^m$, -22°59′; 22 XII: $23^h18.1^m$, –23°40′; 27 XII: $23^h44.3^m$, –23°59′;1 I 1999: $0^h09.5^m$, -23°58′ (patrz rys. 1).

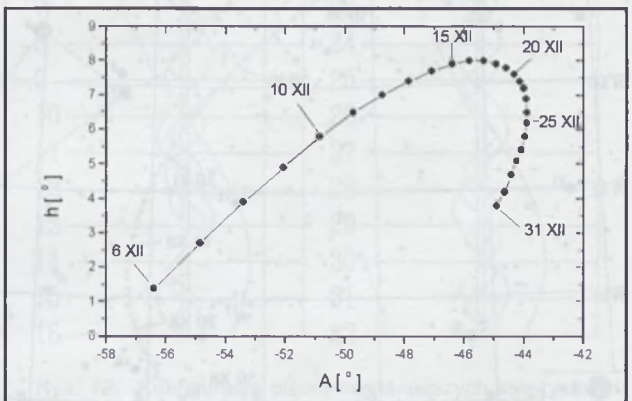
W grudniu możemy obserwować w pobliżu opozycji planetoidy:
(1) Ceres, (jasność 7.1^m). 7 XII: $4^h13.3^m$, 17°35′; 17 XII: $4^h04.1^m$, 17°51′; 27 XII: $3^h56.6^m$, 18°12′, 6 I 1999: $3^h51.6^m$, 18°37′ (patrz rys. 8).
(4) Westa (jasność 7.1^m). 7 XII: $9^h40.3^m$, 16°42′; 17 XII: $9^h43.4^m$, 17°03′; 27 XII: $9^h43.7^m$, 17°40′, 6 I 1999: $9^h41.0^m$, 18°35′ (patrz rys. 9).
(15) Eunomia, (jasność 8.3^m). 7 XII: $2^h18.8^m$, 31°30′; 17 XII: $2^h18.3^m$, 29°52′; 27 XII: $2^h21.3^m$, 28°28′, 6 I 1999: $2^h27.5^m$, 27°22′ (patrz rys. 10).

Meteory

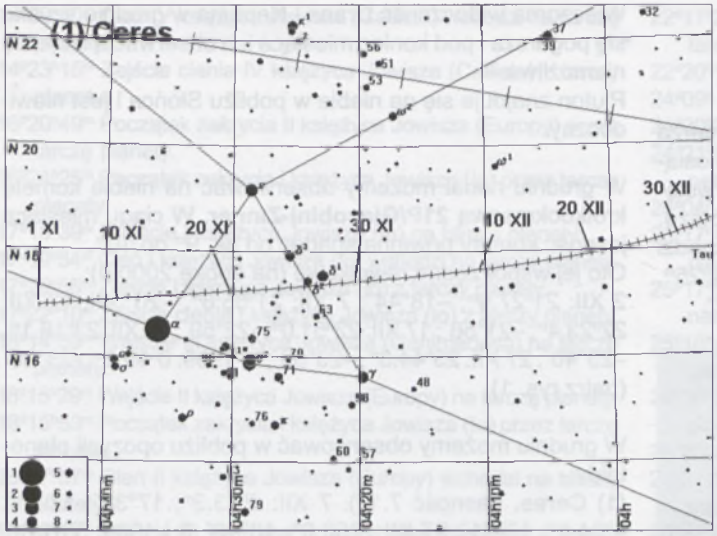
W grudniu promieniują dwa roje: Geminidy (w dniach od 7 do 17) i Ursydy (od 17 do 26). Radiant Geminidów leży w gwiazdozbiorze Bliźniąt i ma współrzędne: $\alpha = 7^h28^m$, $\delta = +33°$, maksimum aktywności przypada 14 grudnia. Radiant Ursydów leży w gwiazdozbiorze Małej Niedźwiedzicy i ma współrzędne: $\alpha = 14^h28^m$, $\delta = +75°$, maksimum aktywności przypada 23 grudnia. Warunki obserwacyjne obu rojów w tym roku są raczej dobre w związku z przypadającym na połowę miesiąca nowiem Księżyca.

***

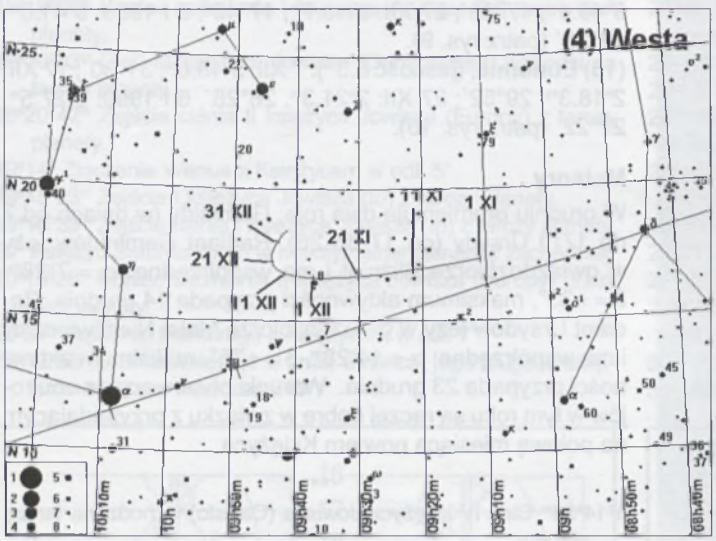
$1^d14^h53^m$ Cień IV księżyca Jowisza (Callisto) wchodzi na tarczę planety.
1^d15^h Merkury w dolnym złączeniu ze Słońcem.
$1^d17^h37^m$ Zejście cienia IV księżyca Jowisza (Callisto) z tarczy planety.
$2^d19^h39^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety



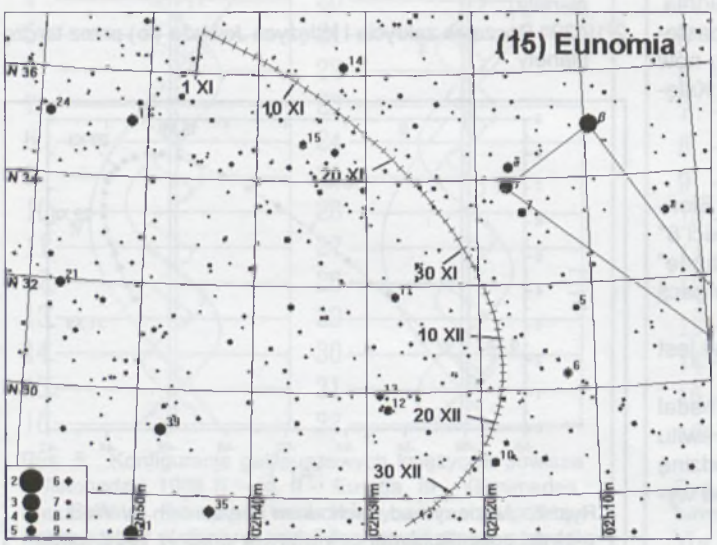
Rys. 7. Merkury nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego w grudniu 1998 (około godziny przed wschodem Słońca).



Rys. 8. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Byka w listopadzie i grudniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 8.5^m).



Rys. 9. Trasa planetoidy (4) Westa na tle gwiazd gwiazdozbioru Lwa w listopadzie i grudniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 8.5^m).



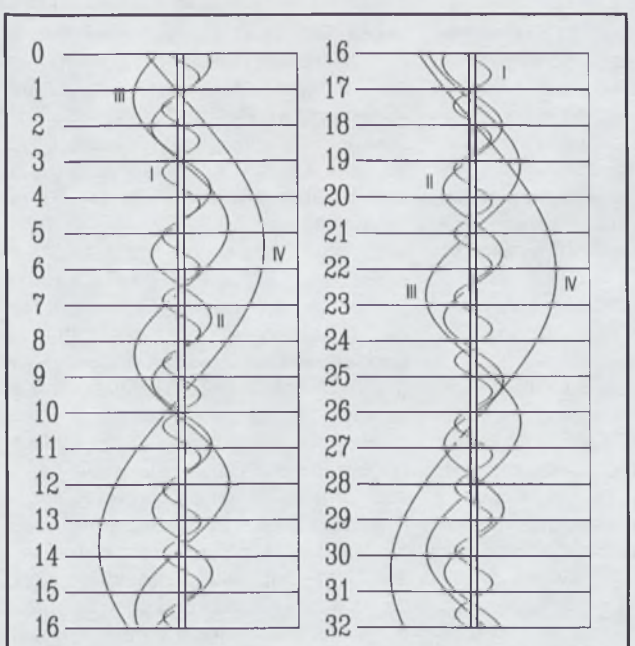
Rys. 10. Trasa planetoidy (15) Eunomia na tle gwiazd gwiazdozbioru Trójkąta w listopadzie i grudniu 1998 (zaznaczone gwiazdy do 9^m).

$2^d20^h31^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$3^d16^h54^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$3^d18^h15^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$3^d19^h10^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$3^d20^h31^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$4^d15^h14^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
$4^d17^h43^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$4^d20^h46^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
$5^d15^h00^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
6^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$6^d15^h12^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$6^d15^h47^m$ Księżyc III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$6^d18^h00^m$ Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.
$6^d21^h15^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.
$9^d21^h34^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
$10^d18^h49^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$10^d20^h11^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$10^d21^h06^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$11^d16^h02^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
$11^d17^h52^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
$11^d19^h38^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
12^d08^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 2°.
$12^d15^h35^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$12^d16^h56^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$13^d15^h03^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$13^d15^h08^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$13^d16^h34^m$ Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.
$13^d17^h48^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$13^d19^h48^m$ Księżyc III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.
14^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
17^d00^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 3°.
$17^d15^h26^m$ Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
$17^d20^h14^m$ Wejście IV księżyca Jowisza (Callisto) na tarczę planety.
$17^d20^h46^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$18^d17^h58^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.

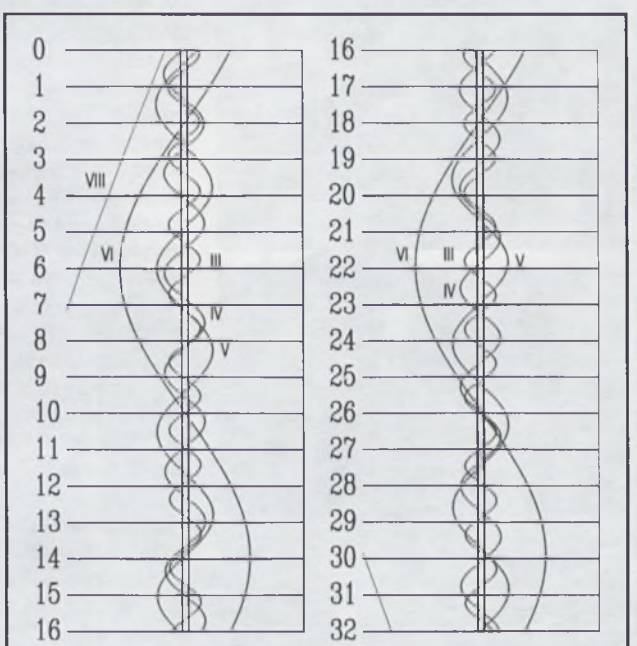
$18^d20^h32^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
$19^d15^h15^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$19^d16^h36^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$19^d17^h31^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$19^d18^h52^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
20^d02^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 4°.
20^d04^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości 21°38′.
$20^d15^h01^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$20^d16^h02^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$20^d17^h40^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$20^d17^h46^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$20^d20^h25^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$20^d20^h39^m$ Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.
21^d16^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 2°.
22^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$22^d01^h56^m28^s$ Słońce wstępuje w znak Koziorożca, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 270°; rozpoczyna się zima astronomiczna.
22^d11^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 2°.
$22^d15^h23^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
$24^d16^h14^m$ Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.
$24^d19^h28^m$ Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
25^d11^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 1°.
$25^d19^h55^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
$26^d17^h13^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$26^d17^h56^m$ Początek zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety.
$26^d18^h32^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$26^d19^h29^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$26^d20^h45^m$ Koniec zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety.
$26^d20^h48^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$27^d17^h41^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$27^d17^h58^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$27^d20^h16^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$27^d20^h26^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety
27^d23^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 2°.
$28^d15^h17^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$29^d18^h02^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.
30^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
30^d23^m Zakrycie gwiazdy α Tau (Aldebarana) przez Księżyc (36.9^m — Gdańsk, 41.9^m — Kraków, 44.0^m — Krosno, 39.7^m — Łódź, 43.2^m — Lublin, 33.5^m — Szczecin).
$31^d15^h04^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
$31^d18^h18^m$ Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
$31^d20^h16^m$ Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.

UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).
Aby otrzymać datę w obowiązującym w listopadzie i grudniu w Polsce „czasie zimowym", należy dodać 1 godzinę.
Momenty złączeń podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Opracował T. Ściężor



Rys. 11. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w grudniu 1998 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.



Rys. 12. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w grudniu 1998 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

Krzyżówka Urania-PA 4/98

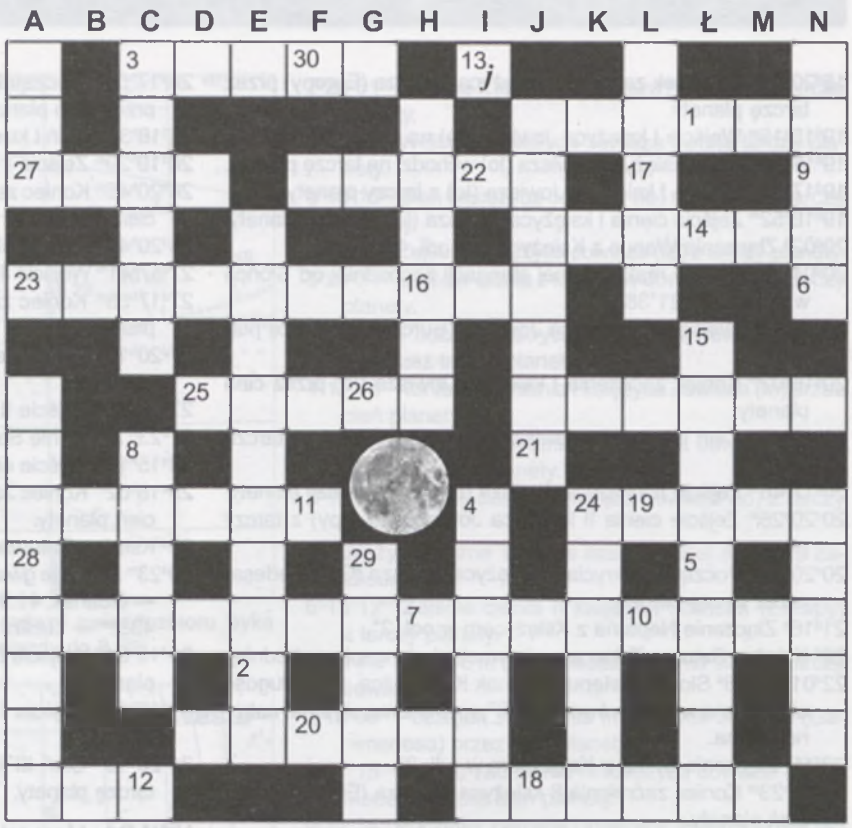
KRZYŻÓWKA

Poziomo

-1- gwiazda pasterzy -2- księżyc Urana -3- księżyc Jowisza • księżyc Saturna, dawna nazwa Heleny -4- mgławica gazowa w Jednorożcu -5- księżyc Saturna, niegdyś uważany za jeden obiekt z Janusem -7- ostatnia litera greckiego alfabetu • β Tau -9- królewski atut Słońca • inaczej Alphecca -11- mierzy rozkład natężenia promieniowania w widmie -13- ma ją każda planeta -14- internetowy system rozmowy przez klawiaturę na żywo • układ gwiazd w Wielkiej Mgławicy Oriona

Pionowo

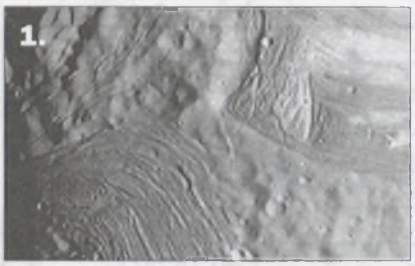
-A- angielska jednostka miary • zwierzęca nazwa plejad -C- mokry znak zodiaku • Aquila -E- granica między oświetloną i nie oświetloną częścią ciała -G- wyjątkowo jasny meteor -H- wędruje po Układzie Słonecznym -I- satelita ESA badający promieniowanie rentgenowskie Ziemi -J- podwójna gwiazda rozbłyskająca promieniowaniem rentgenowskim -K- bryła najbardziej zbliżona kształtem do Ziemi -L- np. gryczana -Ł- zjawisko kojarzone z końcem świata -N- niezbyt inteligentny znak zodiaku • α Cru (*M. Czasnowski*)



Litery z pól ponumerowanych od 1 do 30 utworzą rozwiązanie, które należy przysłać na adres redakcji z dołączonym kuponem. Wśród osób, które do końca listopada br. nadeślą prawidłowe rozwiązania, rozlosujemy nagrody książkowe. Rozwiązaniem krzyżówki z numeru 3/98 było hasło: OBIEKTY PASA KUIPERA ZAOBSERWOWANO. Nagrody książkowe wylosowali pp. *Artur Pilarczyk* z Gorzowa Wielkopolskiego i *Arkadiusz Kubczak* z Piotrkowa Trybunalskiego. Gratulujemy. Nagrody prześlemy pocztą.

KONKURS

Czy znasz Układ Słoneczny?



Druga część naszego konkursu dotyczyła odleglejszych ciał Układu Słonecznego niż Księżyc, nie jest więc dziwne to, że tym razem było więcej błędnych odpowiedzi. Jednak ponad 40 osób prawidłowo rozpoznało, że pierwsze zdjęcie przedstawia lawowe „racuchy" na Wenus, drugie – wylewy lawy z wulkanów na Io, trzecie i czwarte – stożki wulkaniczne na Marsie. Słynny Olympus Mons nikomu nie sprawił problemów!

A oto lista osób, które uzyskały maksymalną liczbę punktów (56) w obu częściach konkursu łącznie:
Barski Lech (Szczecin), Burzyński Wojciech (Czarna Białostocka), Chrapek Antoni (Nehrybka), Chyłek Andrzej (Palikówka), Czepiczek Grzegorz (Częstochowa), Drzazgowski Leszek (Bytom), Gawęda Piotr (Gdańsk), Gibiec Andrzej (Skoczów), Jankowski Ireneusz (Siemianowice Śl.), Jaworski Jan (Łukowiec), Jąkalski Dariusz (Żary), Kamiński Tomasz (Nowe Miasto Lub.), Kandzia Krzysztof (Katowice), Karamucki Tadeusz (Szczecin), Kosturek Rafał (Rzeszów), Księżyk Mirosław(Katowice), Ladra Marek (Kraków), Łągiewka Jerzy (Katowice), Majcher Ariel (Dębno Lubuskie), Maliszewski Tadeusz (Białystok), Martys Paweł (Szczecin), Michalunio Maciej (Frombork), Nirski Jarosław (Kraków), Owczarz Alina (Czerwionka), Pilarczyk Artur (Gorzów Wkp.), Piskorz Wojciech (Gliwice), Pliszka Rafał (Łabiszyn), Rokita Janusz (Sztabin), Sałaban Wacław (Wrocław), Sarwa Weronika (Sosnowiec), Szafrańska Kamila (Gdańsk), Szatkowski Krzysztof (Aleksandrów Ł.), Szczerba Robert (Sieradz), Wiktor Patryk (Gorlice), Włodarczyk Robert (Częstochowa), Wrona Bogusław (Maszkiewice), Żołądek Przemysław (Nowy Dwór Maz.), Żurawski Marek (Kędzierzyn-Koźle).

Nagrody książkowe (za najpełniejsze odpowiedzi w II części) otrzymują panowie *Jarosław Nirski* z Krakowa i *Janusz Rokita* ze Sztabina. Gratulujemy.

W III części konkursu do zdobycia jest 3×10 pkt. Odpowiedzi prosimy przesyłać na adres redakcji do końca listopada br. Na kartkach prosimy nakleić kupon konkursowy.

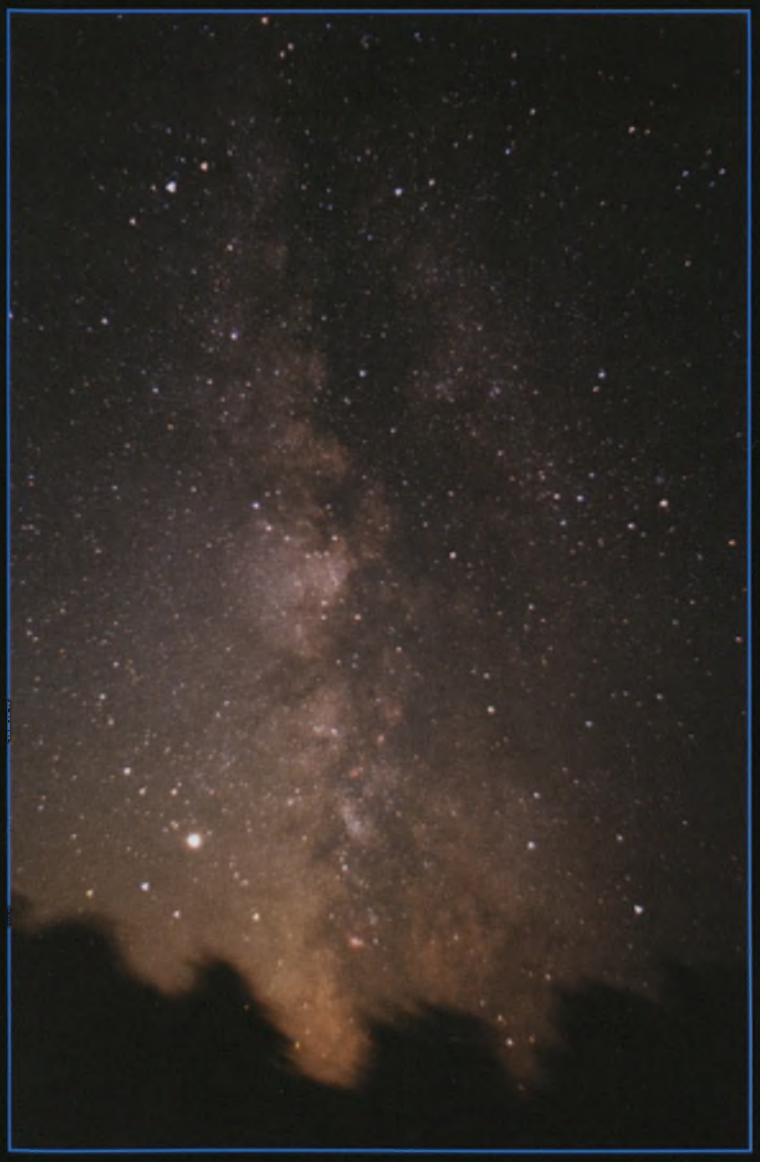
UWAGA: W losowaniu nagród biorą udział tylko kartki z ważnymi kuponami!

Powodzenia!

Kupon konkursowy **Czy znasz Układ Słoneczny?** Urania-PA 4/98

Galeria Uranii

Bieżący zeszyt *Uranii-PA* przynosi trochę wieści o odległych skupiskach gwiazdowych, zwanych galaktykami. Galaktykę, w skład której wchodzi nasze Słońce, możemy podziwiać tylko od środka, w postaci smugi Drogi Mlecznej. Jak efektownie może ona wyglądać na długo eksponowanych zdjęciach, ukazuje nam fotografia wykonana przez Artura Wrembla z Bydgoszczy (t_{exp} = 8 min., obiektyw 29/2.8, film Fuji G 800). Jego autorstwa jest również zdjęcie wschodzącego Księżyca, ukrytego za obłokami i Plejad na nocnym lipcowym niebie (t_{exp} = 30 s, obiektyw 50/2.8, film Kodak Gold Ultra 400).



Wydawnictwo *Prószyński i S-ka* wydało właśnie na naszym rynku książkę R. Greenlera „Tęcze, glorie i halo", poświęconą tym wspaniałym zjawiskom świetlnym w naszej ziemskiej atmosferze. Niżej prezentujemy upolowane na czerwcowym wieczornym niebie w Lidzbarku Warmińskim zjawisko tzw. łuku stycznego oraz całość zjawiska słonecznego halo, którego ów łuk jest tylko elementem. Widoczne są również dwa słońca pozorne zwane inaczej pobocznymi (fot. J. Drążkowski).

Zapraszamy naszych Czytelników do nadsyłania zdjęć takich zjawisk – wszak Ziemia to najciekawsza planeta Układu Słonecznego!

Biały karzeł w kokonie

Mgławica NGC 2440 to pozostałości po zewnętrznej otoczce niepozornej gwiazdy, którą odnajdujemy w środku obrazu. To bodaj najgorętszy biały karzeł odkryty do tej pory — jego temperaturę szacuje się na 200 tysięcy stopni. Pomimo rozmiarów porównywalnych z Ziemią promieniuje przeszło 250 razy silniej od Słońca...

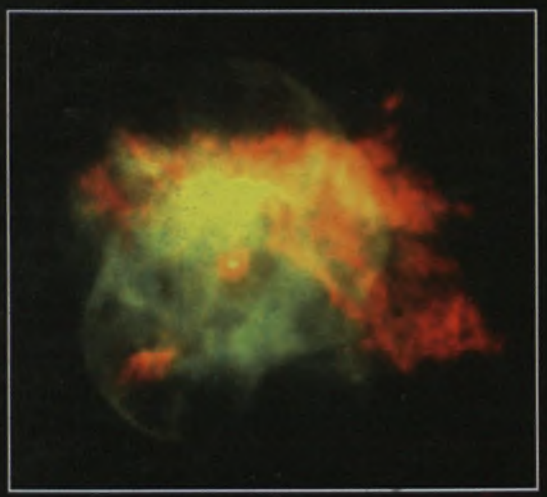
Urania

Postępy Astronomii

6/98 (678)

tom LXIX

listopad – grudzień



NGC6210 – kosmiczny żółw

Gwiazda betlejemska

Zagadki Europy

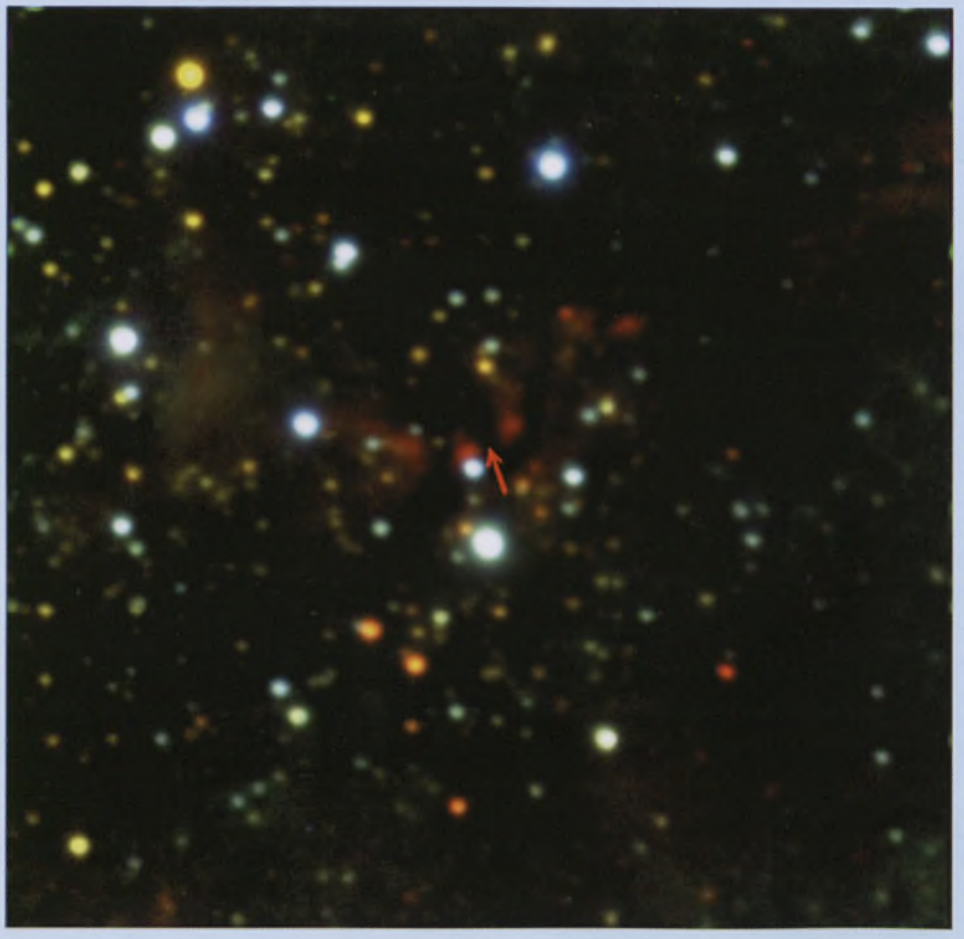
CCD w praktyce

Supermasywne gwiazdy

Zdjęcia zorzy polarnej – wkładka

Indeks rocznika Uranii-PA 1998

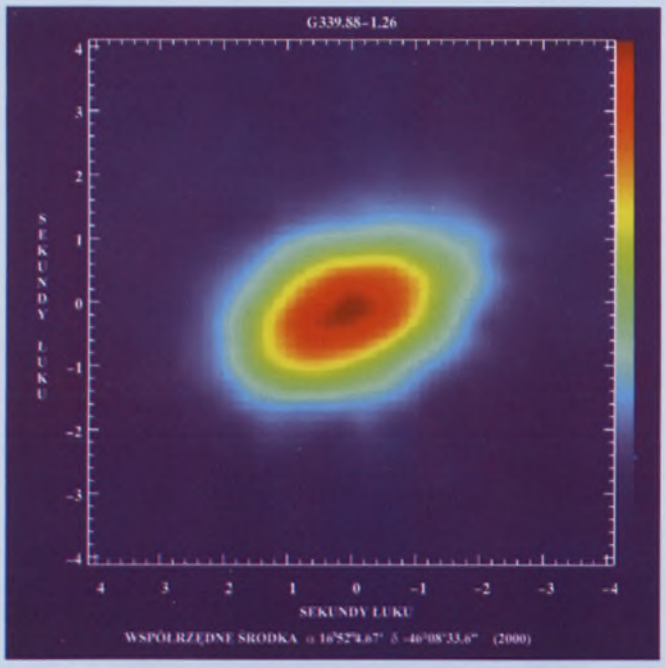
Masywna gwiazda z dyskiem



Dotychczas odkrywane dyski wokółgwiezdne miały raczej małomasywnych posiadaczy. Obserwacje zmieniające tę sytuację wykonali: Bringfried Stecklum z Landessternwarte Thuringen w Tautenburgu (RFN) i Hans-Ulrich Kaufl (ESO). Posłużyli się oni instrumentem TIMMI (Thermal Infrared Multi Mode Instrument) operującym na 10 mikrometrach, zamontowanym na 3.6-metrowym teleskopie w La Silla (Chile). Obserwacje wykonano w lipcu 1997 roku i w marcu bieżącego roku.

Szczęśliwą posiadaczką dysku jest gwiazda mająca oznaczenie katalogowe G339.88-1.26 (zaznaczona strzałką na rys. obok). Już uprzednie obserwacje radiowe tego obiektu, schowanego głęboko w mgławicy międzygwiazdowej, były interpretowane jako oznaki prawdopodobnego istnienia dysku wokół tej masywnej gwiazdy. Jej typ widmowy to najpewniej O9; świeci 10 tysięcy razy jaśniej niż Słońce, a 20-krotnie przewyższa je swoją masą. Na podstawie jej pomierzonej prędkości oszacowano odległość na 10 tysięcy lat świetlnych.

Obiekt ten jest związany z kilkoma „plamami" bardzo silnej emisji radiowej z molekuł metanolu (masery metanolowe). Co ciekawe, tworzą one na niebie łańcuch, a pomierzone prędkości poszczególnych „ogniw" wskazują na ruch orbitalny w rotującym dysku wokół centralnej gwiazdy.



Obserwacje podczerwone pokazują silnie świecący, eliptyczny obiekt, przy czym położenie na niebie maksimum promieniowania w podczerwieni pokrywa się z tym w zakresie radiowym. Tak samo zgodna jest orientacja dysku, przez co nie powinno być wątpliwości, że zaiste oglądamy pod pewnym kątem dysk wokółgwiazdowy. Samej gwiazdy centralnej niestety nie widać, gdyż świeci ona przede wszystkim w nadfiolecie, a i tak większość tego promieniowania jest absorbowana przez pył w dysku i następnie wyświecana w podczerwieni; to, co się zdoła przebić przez pyłową osłonę, „ginie" w materii międzygwiazdowej mgławicy.

Nie ma już raczej wątpliwości, iż dyski wokółgwiazdowe są normalną cechą procesu powstawania gwiazd, ale takich, których parametry są podobne do słonecznych. Przypadek G339.88-1.26 pokazuje, że dyski są nieobce również masywnym gwiazdom — powątpiewano w to z racji potężnego strumienia nadfioletowego takich gwiazd, w których to warunkach mogą być trudności z powstaniem i przetrwaniem podobnych dysków. Tę kwestię trzeba jeszcze zbadać dokładniej.

Oba prezentowane zdjęcia to efekt obserwacji podczerwonych, poddanych następnie obróbce komputerowej — w przypadku ilustracji z lewej strony — w celu uwydatnienia struktury odkrytego dysku. (*mag*)

Fot. ESO

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Oddajemy w Państwa ręce ostatni tegoroczny zeszyt „Uranii-Postępów Astronomii". Przez cały rok korzystaliśmy z Państwa sugestii, rad i nadsyłanych materiałów. Dziękujemy za to serdecznie i prosimy o dalszy udział w trudnym procesie redagowania naszego pisma.

Zbliżamy się do jubileuszu roku 2000. Dla jednych będzie to problem Y2K, a dla nas zapewne problem gwiazdy betlejemskiej jako znaku na niebie, zwiastującego narodziny Nowego Króla. Minęło już 2000 lat od chwili narodzin Chrystusa czy jeszcze nie minęło? Czy nie pomylono się, ustalając początek Nowej Ery? Po artykułach w poprzednich latach w „Uranii" i „Postępach Astronomii", głos na ten temat zabiera w bieżącym zeszycie (str. 244) Pani ***Irena Semeniuk*** *z Warszawy.*

Krzysztof Gęsicki *i* ***Mirosław Schmidt*** *z Torunia przybliżają nam problemy ewolucji gwiazd. W swym artykule o gwiazdach górnej części diagramu H-R (str. 252) omawiają ewolucję gwiazd masywnych, to znaczy gwiazd kilkadziesiąt, a może nawet sto razy bardziej masywnych niż Słońce.*

Europa, Europa... — coraz lepiej ją poznajemy i coraz lepiej rozumiemy. Nie chodzi oczywiście o nasz kontynent ani o cel, do którego jako państwo i naród dążymy, ale o jednego z największych satelitów Jowisza. ***Stanisław Robert Brzostkiewicz*** *z Dąbrowy Górniczej oprowadza nas po przepięknych górach i dolinach tego księżyca, opierając się na najnowszych zdjęciach uzyskanych przez sondę kosmiczną Galileo. Natomiast* ***Roman Fangor*** *z Warszawy, znany obserwator zakryć gwiazd przez Księżyc, dzieli się swą wiedzą i doświadczeniem w zastosowaniu przetworników CCD w amatorskich obserwacjach astronomicznych (str. 256).*

„OZMA II – Borówno '98" (str. 275) to relacja ***Lecha Palczewskiego****, jednego z uczestników tegorocznego zlotu miłośników astronomii. Do Borówna zjechało przeszło 150 osób „spokrewnionych" wspólną pasją, by dzielić się swymi odkryciami, przemyśleniami i sprzętem. Swoimi doświadczeniami w poszukiwaniu Plutona dzieli się z Czytelnikami „Uranii"* ***Marcin Świętnicki*** *z Krosna (str. 277), a* ***Arkadiusz Olech*** *z Warszawy pisze o czerwcowych obserwacjach szczególnie wtedy aktywnego roju Bootyd. Ten sam Autor przedstawia też sprawozdanie z tegorocznej Międzynarodowej Konferencji Obserwatorów Meteorów w Starej Leśnej na Słowacji (str. 276).*

W „Astronomii w Szkole" profesor ***Juliusz Domański*** *omawia wielkość gwiazdową — magnitudo. Myślę, że nie tylko nauczyciele i uczniowie (studenci), ale i PT Miłośnicy Astronomii powinni ten tekst uważnie przestudiować. Taka sama sugestia odnosi się do „Elementarza Uranii", w którym* ***Magda Sroczyńska-Kożuchowska*** *omawia skład chemiczny Wszechświata i jego przemiany.*

W „Rozmaitościach" piszemy o promieniowaniu gwiazd neutronowych w dziedzinie optycznej widma, o startującej właśnie sondzie kosmicznej „Deep Space 1", o nowych odkryciach pozasłonecznych planet i nowym sposobie ich odkrywania (satelita COROT). W „Poradniku obserwatora" ***Wiesław Skórzyński*** *radzi, jak fotografować Drogę Mleczną, a w naszym przeglądzie „mgławic" katalogu Messiera* ***Krzysztof Rochowicz*** *przedstawia widoczne jeszcze na niebie gromady kuliste.*

Kalendarzyk astronomiczny opracowywany przez ***Tomasza Ścieżora*** *z Krakowa wprowadza nas już w zjawiska astronomiczne roku 1999. A będzie to bardzo ciekawy rok: wystąpią dwa zaćmienia Słońca (w tym całkowite 11 sierpnia, przebiegające nieopodal granic Polski), wiele zakryć jasnych gwiazd i zakrycie Urana (21 września). Aż 16 znanych komet okresowych powróci w sąsiedztwo Słońca i Ziemi, lecz wszystkie będą widoczne tylko przez teleskopy.*

Życzę Państwu wiele „gwiazdkowych" przyjemności i pożytecznej lektury

Andrzej Woszczyk

Toruń, w październiku 1998 r.

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA W TORUNIU

Szanowny Panie Profesorze!

Jestem miłośnikiem astronomii już od dziesięciu lat i oprócz *Uranii* na mojej półce znalazły miejsce też *Science*, *Nature* i *Sky&Telescope*. Jednak od pewnego czasu w formie nieelektronicznej prenumeruję tylko *Uranię-PA*.

Myślę, że wszystkie zmiany, jakie wprowadzono do tej pory, były zmianami na lepsze. Po numerze 4/98 odniosłem wrażenie, że *Urania* jest coraz bardziej zwrócona w stronę pełnienia funkcji pomocy dydaktycznej na lekcjach astronomii zintegrowanej z fizyką. Bardzo mi się ten pomysł podoba, bo sam zdaję sobie sprawę, że podręcznik mający długi cykl produkcyjny nigdy nie dorówna aktualnością czasopismu.

Pod adres *Uranii* chciałbym skierować jedynie dwie prośby. Pierwsza dotyczy zawartości numeru. Najbardziej lubię artykuły i „rozmaitości" i zastanawiałem się, czy Redakcja, wykorzystując prawo do skracania nadesłanych materiałów, mogłaby publikować takie teksty krótsze, ale za to w większej ilości (np. dziesięć artykułów i pięć „rozmaitości"). Druga propozycja to czysto techniczna kwestia kontaktu z autorami. Myślę, że dobry jest zwyczaj *Nature* i *Science*, które w stopce opisują swoje wymagania co do nadsyłanych prac (sposób zapisu, objętość). Przyznam, że sam chciałbym rozszerzyć swoją działalność poza audycję astronomiczną i cotygodniowe felietony, ale przed wysłaniem tekstu do *Uranii* powstrzymuje mnie właśnie niepewność co do aktualnego zapotrzebowania i preferowanego sposobu zapisu.

Karol Pankowski
Lublin

Red.: *Dziękujemy pięknie za dobre słowa i sugestie. Korespondencję od naszych Czytelników przyjmujemy w każdej formie, ale dla dłuższych wypowiedzi preferujemy zapis elektroniczny (najlepiej widziane są zwykłe pliki tekstowe lub dokumenty Worda) z jednym wydrukiem. W sprawach artykułów zwykle porozumiewamy się wcześniej z Autorami ustalając objętość i formę artykułu.*

***

Szanowna Redakcjo,

Jestem miłośnikiem astronomii, należę do PTMA oddział Nowy Sącz. Będąc członkiem tego towarzystwa, kupuję również z prenumeraty pismo „Urania-Postępy Astronomii". Jest to pismo ciekawe, pomysłowo zaprojektowane i ta wkładka kolorowa, która dodaje uroku temu dwumiesięcznikowi! Lecz piszę w tej intencji ten list, że chciałbym widzieć ten periodyk w kolorze – cały. „Stara" „Urania" była kolorowa na wszystkich zdjęciach i ilustracjach. Było to duże dodanie czaru tej gazecie. A w tym piśmie „U-PA", mimo wkładki pięknej i kolorowej, wiele zdjęć czy wykresów traci w oczach czytelników z powodu nieostrości zdjęć i niemożności rozróżnienia szczegółów. Np. w numerze 5/98 w rozdziale „Nowinki z Księżyca" była zamieszczona mapa naszego satelity. O ile byłoby lepiej i ładniej, gdyby to było w kolorze.

Prosiłbym o rozpatrzenie tej sprawy, mimo że wiąże się to z dodatkowymi kosztami, ale przecież wzrost ceny o te parę groszy na pewno nie odbije czytelników, a wręcz przeciwnie, będą więcej kupowali to pismo.

Z poważaniem

Grzegorz Olszewski
Nowy Sącz

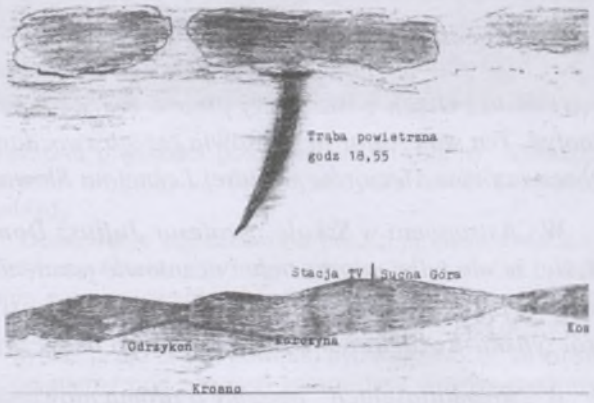
Red.: *Zwiększenie ilości kolorowych stron w naszym piśmie rozważaliśmy już dawno. Niestety, przy obecnym nakładzie „Uranii-PA" wiązałoby się to ze zbyt znacznym wzrostem ceny. Sprawa jednak pozostaje otwarta: możliwe, że z czasem, gdy wzrośnie ilość prenumeratorów lub w inny sposób uzyskamy większe możliwości finansowe, ilość kolorowych stron wzrośnie.*

Z drugiej strony, musimy wyraźnie to powiedzieć, iż wiele ilustracji, które publikujemy na stronach czarno-białych nie jest kolorowa w oryginale! Tak było np. w przypadku wspomnianych zdjęć z Księżyca. Czarno-białe są oryginały zdjęć zamieszczonych w tym zeszycie, ukazujących szczegóły powierzchni księżyca Jowisza, Europy. Ponieważ istnieją również zdjęcia kolorowe z obrazami Europy, postaramy się zamieścić je na kolorowych stronach Uranii-PA w jednym z następnych numerów.

Tu może być reklama Twojej Firmy!

Nasz cennik jest następujący:
cała strona kolorowa: 1000.00 zł
cała strona czarno-biała: 400.00 zł
Przy mniejszych formatach dla stron czarno-białych:
1/2 str.: 300.00 zł
1/4 str.: 200.00 zł
1/8 str.: 100.00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł". Podobnie jest ze stroną kolorową.
Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!



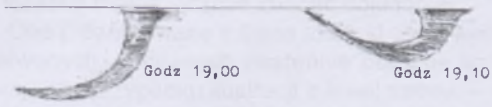
Szanowny Panie Redaktorze,

Trąba powietrzna w Polsce jest tak rzadkim zjawiskiem, że pozwalam sobie wysłać do Pana szkic tego zjawiska (bardzo przepraszam, ale nie jestem dobrym rysownikiem).

13 czerwca o godz. 18:55 nad Krosnem z okien samochodu jako pasażer zauważyłem trąbę powietrzną, przemieszczała się z kierunku Pn Pn-W. Była to końcówka, ponieważ dół trąby był już na pewnej wysokości i pomału zanikał. Z radia dowiedziałem się, że w Rzeszowie było potężne oberwanie chmury, ulice zostały zatopione.

Serdecznie pozdrawiam

Jerzy Zagrodnik
Krosno



Zapraszamy na nasze internetowe strony!

http://urania.camk.edu.pl

Reklamodawcom proponujemy miejsce dla reklamy ich produktów na dogodnych warunkach!

Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

(PL ISSN 0032-5414/ 0042-07-94)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe poprzez połączenie się „**Uranii**" — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 roku i „**Postępów Astronomii**" — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 roku. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii". Pismo jest częściowo finansowane przez KBN i Komitet Astronomii PAN.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:
Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK W-wa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet M.Kopernika
ul.Chopina 12/18
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 62 19 381

Poczta elektroniczna (E-mail adress):
aw@astri.uni.torun.pl

Adres WWW:
http://urania.camk.edu.pl

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Barbara Gertner, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 14
E-mail: basia@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 1999 kosztuje 36 zł. Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 7.50 zł za zeszyt.

Numer zamknięto w październiku 1998

*** Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzega sobie prawo do ich redagowania i skracania * Przedruk materiałów i zdjęć tylko za zgodą Redakcji. * Opinie i poglądy formulowane przez Redakcję i Autorów nie reprezentują oficjalnego stanowiska obu patronujących nam Towarzystw ***

W NUMERZE

244 ***Data narodzin Jezusa Chrystusa i „Gwiazda Betlejemska"***
Irena Semeniuk

Każdego roku w grudniu świat chrześcijański sięga myślą do pełnych tajemnicy i symbolizmu wydarzeń związanych z narodzinami Jezusa z Nazaretu. Wielu historyków, teologów i astronomów uważa, że mnich Dionizy Mały ustalając w roku 525 datę narodzin Chrystusa pomylił się o kilka lat i Nasza Era rozpoczęła się kilka lat wcześniej. Autorka polemizuje z tym zdaniem. Czy więc dwutysięczną rocznicę narodzin Chrystusa mamy jeszcze ciągle przed sobą?.

247 ***Europa, Europa...***
Stanisław R. Brzostkiewicz

Tęsknimy do Europy i bardzo chcemy być z nią zjednoczeni. Zanim to się formalnie stanie, przyjrzyjmy się innej Europie. Europie, która obiega Jowisza, największą planetę naszego Systemu Słonecznego.

252 ***Gwiazdy górnej części diagramu H-R***
Krzysztof Gęsicki, Mirosław Schmidt

Najjaśniejsze gwiazdy są miliony razy jaśniejsze od naszego Słońca, ale ich masy przewyższają masę naszej dziennej gwiazdy tylko kilkadziesiąt razy. Autorzy przybliżają nam losy ewolucyjne tych jasnych i masywnych gwiazd. W czasie swego życia gwiazdy często zmieniają temperaturę i tracą masę poprzez silne wiatry gwiazdowe.

256 ***Przetworniki CCD w amatorskich obserwacjach astronomicznych*** Roman Fangor

Przetworniki CCD całkowicie zmieniły świat filmowca, zarówno profesjonalisty jak i amatora. Zmieniły też styl pracy astronomów zawodowych i miłośników spotkań ze światem planet, gwiazd i mgławic. W arkana tej nowej techniki wprowadza nas doświadczony obserwator i miłośnik nieba.

teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje: *Mgławica Bańka (NGC 7635) (okl.IV); Kosmiczne jajko (okł.IV)*

rozmaitości: *Gwiazdy neutronowe w dziedzinie optycznej (262); Gorące wieści o pozasłonecznych planetach (266); COROT – nowy program poszukiwania planet poza Układem Słonecznym (267); Jak będą szukać planet w Arizonie? (267); Nowe cele misji sondy Deep Space-1 (268); Magnetar niszczyciel (269); Antarktyda a globalne ocieplenie (269); Nowa klasa planetoid? (269)*

264 **czarno-białe i w kolorze:** *Gromady (niemal) kuliste (M9–M13)*

265 **poradnik obserwatora:** *Fotografowanie Mlecznej Drogi*

270 **elementarz Uranii:** *(Al)chemia Wszechświata*

272 **polemiki:** *O niebezpieczeństwach popularyzacji wiedzy ciąg dalszy*

274 **w kraju i na świecie:** *OZMA II – Borówno '98 (275); Międzynarodowa Konferencja Obserwatorów Meteorów (276)*

277 **miłośnicy astronomii obserwują:** *Amatorskie obserwacje Plutona (277); Wybuch aktywności Bootyd czerwcowych (278)*

280 **astronomia w szkole:** *Magnitudo, a co to właściwie jest?*

281 **recenzje:** *Niebo za oknem 1999; Astrofotografia, czyli...*

282 **kalendarz astronomiczny '99 :** *styczeń – luty*

288 **konkurs:** *Czy znasz Układ Słoneczny? (cz. IV)*

288 **krzyżówka**

NA OKŁADCE

Kosmiczny żółw – takie nieodparte skojarzenie wywołuje rzut oka na najnowsze zdjęcie z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. NGC 6210 to kolejny przykład zaskakujących kształtów, które mogą przybierać mgławice planetarne. „Łapy" to strugi materii, wyrzucanej w przeciwnych kierunkach pod naporem „szybkiego wiatru", rozpędzanego promieniowaniem centralnej gwiazdy. Kolor czerwony to wodór, tworzący większość mgławicy. Zdjęcie we wstawce unaocznia skomplikowaną strukturę materii otaczającej umierającą gwiazdę (jasna plama pośrodku). Dane zostały tak przetworzone, żeby widoczne były struktury tworzone przez tlen; kolor czerwony to tlen jednokrotnie zjonizowany, a zielony – dwukrotnie. NGC 6210 jest odległa od nas o około 6600 lat św., w gwiazdozbiorze Herkulesa. fot. R.Rubin, Ch.Ortiz, P.Harrington, N. Jo Lame, R. Dufour i NASA

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)

Irena Semeniuk

Data narodzin Jezusa Chrystusa i „Gwiazda Betlejemska"

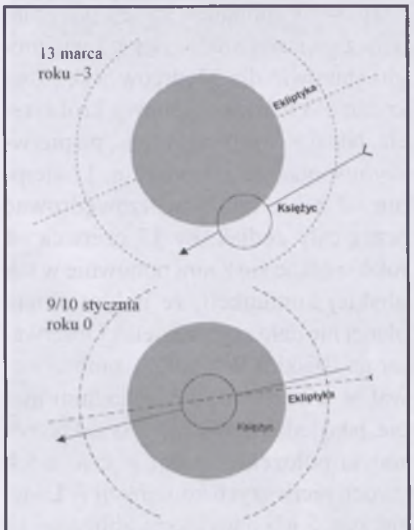
Każdego roku w grudniu świat chrześcijański sięga myślą do początków chrześcijaństwa, do pełnych tajemnicy i symbolizmu wydarzeń związanych z narodzinami Jezusa z Nazaretu. „Stare" Postępy Astronomii opublikowały także w ostatnich latach dwa artykuły związane z tymi wydarzeniami, jeden autorstwa pani Jadwigi Białej (PA 4/93), drugi pana Pawła Presia (PA 4/96). Oba artykuły prezentują stanowisko, zgodne zresztą ze stanowiskiem wielu historyków, teologów i astronomów, że opat Dionizy Mały, zwany także mnichem scytyjskim, ustalając w roku 525, na polecenie papieża Jana I, datę narodzin Jezusa Chrystusa, pomylił się o kilka lat i że tę datę należy przenieść o cztery do dziewięciu lat wstecz. Na to przesuniecie wstecz wpłynęło w ogromnej mierze dziedzictwo wielkiego Keplera, który identyfikował Gwiazdę Betlejemską z potrójną koniunkcją Jowisza i Saturna w roku –6. Szczegółowo pisała o tym pani Biała. Niniejszy artykuł polemizuje z tym stanowiskiem, przytaczając argumenty za tym, że to opat Dionizy, znakomity matematyk i astronom swoich czasów, był bliżej prawdy i że punkt zerowy naszej rachuby czasu jest bliższy momentowi narodzin Jezusa Chrystusa niż rok –4 czy –7.

Artykuł ten stanowi kompilację wiadomości zaczerpniętych z wielu artykułów drukowanych na ten temat m.in. w literaturze astronomicznej, popularnej i naukowej. Odnośniki do najważniejszych podane są przy końcu artykułu.

Podstawowym momentem, który w tego rodzaju rozważaniach należy ustalić, jest data śmierci Heroda Wielkiego. (Herod musiał bowiem żyć jeszcze, kiedy przyszli do niego Mędrcy ze Wschodu.) Prawie wszystko, co wiemy o życiu i śmierci Heroda, zawdzięczamy żydowskiemu historykowi Józefowi Flawiuszowi. W „Dawnych Dziejach Izraela" Józef Flawiusz pisze, że Herod Wielki zmarł w odstępie czasu między zaćmieniem Księżyca a świętem Paschy. Kronikarz żydowski nie podaje niestety, kiedy to zaćmienie nastąpiło i jakiego było rodzaju. Wybór stosownego zaćmienia jest jedną z najważniejszych spraw w rozwiązywaniu problemu chronologii. Spośród zaćmień Księżyca, jakie astronomowie przedkładają historykom do wyboru, w grę wchodzą dwa. Pierwsze, częściowe, z 13 marca –3 roku (4 rok przed początkiem naszej rachuby czasu) i drugie, całkowite, które nastąpiło w nocy z 9 na 10 stycznia roku 0 (1 rok przed początkiem naszej rachuby czasu). Jest rzeczą budzącą głębokie zdziwienie, dlaczego historycy, aż po nasze czasy, ustalając moment śmierci Heroda Wielkiego, wybierają to pierwsze zaćmienie. Czyniąc to, historycy nie biorą absolutnie pod uwagę wydarzeń opisywanych przez Józefa. W roku –3 święto Paschy przypadało 11 kwietnia. Zatem między zaćmieniem a Paschą upłynął zaledwie niecały miesiąc. Ten odstęp czasu jest zbyt krótki, żeby mogły się w nim pomieścić wszystkie opisane przez Józefa Flawiusza wydarzenia. A między dniem zaćmienia a Paschą wydarzyło się wiele. Wybitny nauczyciel Prawa Mateusz, a jednocześnie sprawca buntu przeciw rozporządzeniom Heroda, został wraz ze swymi wspólnikami skazany na śmierć i żywcem spalony. Było to dokładnie w dniu zaćmienia. Jednocześnie pogorszył się stan zdrowia Heroda i zgodnie z zaleceniem lekarzy opuścił on Jerycho, będące jego zimową rezydencją i udał się do ciepłych źródeł w Kalliroe nad Morzem Martwym. Kuracja w kąpielisku okazała się jednak bezskuteczna. Po powrocie do Jerycha król, u progu śmierci, rozkazał sprowadzić do siebie najznakomitszych mężów z całego narodu i zamknąć ich w hippodromie. Na tajny rozkaz Heroda mieli oni zostać straceni w dniu jego śmierci, „aby cały naród płakał w tym dniu z głębi duszy". Wkrótce potem kazał Herod zamordować swego najmłodszego syna Antypatra. Sam zmarł w pięć dni po zgładzeniu syna. Po śmierci Heroda uwolniono uwięzionych w hippodromie Żydów i rozpoczęto przygotowania do pogrzebu króla. Następnie zwłoki Heroda uroczyście przewieziono do Herodianum. Uroczystości żałobne zakończyły się w tydzień po pogrzebie. Dopiero po tych uroczystościach następca Heroda, Archelaus, przejął urząd i przeprowadził, na żądanie grupy skorych do buntu Żydów, pewne polityczne zmiany. I wtedy dopiero

zaczęło się święto Paschy. Tych wydarzeń jest tyle, że logicznie jest wyciągnąć wniosek, iż to nie zaćmienie z 13 marca roku –3 miał na myśli Józef Flawiusz, nie pomieściłyby się one bowiem w odstępie czasu niespełna jednego miesiąca. Potrzeba na nie co najmniej dwóch miesięcy. To są argumenty historyczne. Ale jest jeszcze argument astronomiczny. Wystarczy spojrzeć na rys. 1. O ileż łatwiejsze do zauważenia, bardziej rzucające się w oczy, było zaćmienie całkowite ze stycznia roku 0 niż zaćmienie częściowe z 13 marca –3 roku. To pierwsze zaćmienie miało fazę całkowitości trwającą 98 minut, zaczęło się o 11:38 wieczorem i w czasie jego trwania wysokość Księżyca nigdy nie była mniejsza niż 49 stopni. Zaćmienie częściowe z 13 marca –3 roku zaczęło się dopiero o 1:48 w nocy. Między zaćmieniem ze stycznia roku 0 (1 roku przed początkiem naszej rachuby czasu) a Paschą, która wtedy wypadała 8 kwietnia, mamy 89 dni, w ciągu których wszystkie wymienione wydarzenia mogły się łatwo pomieścić. Identyfikacja tego zaćmienia z zaćmieniem odnotowanym przez Józefa Flawiusza rozwiązuje także inne sprzeczności i pozwala na lepszą zgodność faktów historycznych z astronomicznymi. Po śmierci Heroda wybuchło w Palestynie powstanie żydowskie przeciwko Archelausowi, które przerodziło się w wojnę domową i w wojnę przeciw Rzymianom. Zakończył ją zbrojnie ówczesny rzymski zarządca Syrii, Quintilius Varus. Z tą wojną, szczegółowo opisaną przez Józefa Flawiusza, byłby związany triumf cesarski Augusta, jaki miał miejsce w roku +1, o którym mamy wzmianki historyczne. Nie ma natomiast żadnych historycznych przekazów o jakiejś wojnie w roku –3 ani o żadnym triumfie cesarskim między latami –7 a +1. W roku 1983 dwaj astronomowie z Oksfordu, Humphreys i Waddington, wyznaczyli przekonująco w oparciu o rachunki astronomiczne datę ukrzyżowania Chrystusa. Jest to dzień 3 kwietnia 33 roku. Działalność nauczycielska Chrystusa obejmuje okres około trzech lat. Ponieważ ewangelia św. Łukasza podaje, że Chrystus rozpoczął swą działalność nauczycielską w wieku lat około trzydziestu, zatem przyjmując, że śmierć Heroda nastąpiła wiosną –3 roku, bylibyśmy w sprzeczności z przekazem biblijnym.

Jak w świetle przytoczonych tu argumentów za tym, że narodziny Jezusa z Nazaretu miały miejsce przy końcu roku –1 lub w roku 0, przedstawia się sprawa gwiazdy betlejemskiej? Cóż mogło być tym znakiem, który przyprowadził Mędrców ze Wschodu do Betlejem? O wielu możliwych zjawiskach na niebie interpretowanych jako gwiazda betlejemska pisał w „starej" *Uranii* pan Krzysztof Ziołkowski (*Urania* 12/92). Ale ewangelia św. Mateusza nie mówi w sposób zdecydowany, że był to obiekt niebieski. I dlatego wiele osób



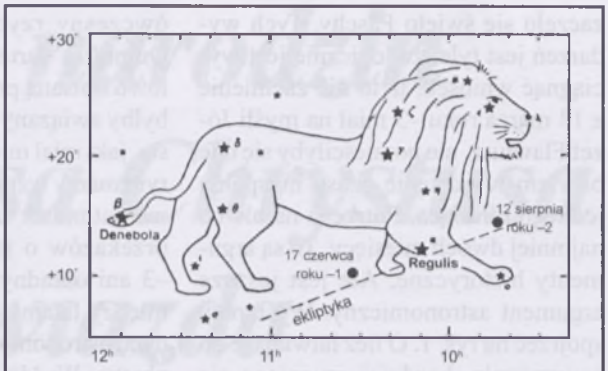
Rys. 1. Zaćmienie częściowe Księżyca w marcu roku –3 i zaćmienie całkowite Księżyca w styczniu roku 0 (*Sky and Telescope*, 12/1986, 635)

woli myśleć o owej „gwieździe" nie jako o zjawisku na niebie, lecz jako o tajemniczym świetle, które Mędrcy widzieli oczyma swej duszy. O takim tłumaczeniu zjawiska wspominała już pani Biała. Ilustracją takiej interpretacji jest obraz Sassetty, włoskiego malarza z XV w., widoczny na rys. 2. Jeżeli jednak chcemy wskazać zjawisko na niebie, które mogło być dla Mędrców naturalnym znakiem do podjęcia podróży, to takim znakiem byłaby nie tyle potrójna koniunkcja Jowisza i Saturna, jaka miała miejsce w roku –6, ale potrójna koniunkcja Jowisza i Wenus w latach –2, –1. Przypatrzmy się obu tym koniunkcjom. Rys. 3 przedstawia odległość obu planet olbrzymich w czasie ich bliskich spotkań w roku –6. W żadnym z nich ich odległość nie była na tyle mała, by można było mówić o jednym obiekcie. Najmniejsza ich odległość wynosiła 0.97 stopnia (58 minut łuku), a więc około dwie średnice Księżyca. Całkiem inny charakter miała druga z wymienionych koniunkcji, koniunkcja Jowisza i Wenus w Lwie. Główną rolę odegrał w niej bezspornie Jowisz. 12 sierpnia –2 roku ma miejsce pierwsza koniunkcja Jowisza i Wenus. Ich wzajemna odległość wynosi wtedy 0.23 stopnia. W następnych miesiącach Jowisz, planeta królów, opisuje pętlę w pobliżu Regulusa, tak że dochodzi do jego trzykrotnej koniunkcji z gwiazdą królewską — Regulusem (14 września –2 r., 17 lutego i 8 maja –1 r.). Regulus znaczy tyle, co „mały król". Lew był znakiem zodiaku ludu izraelskiego.

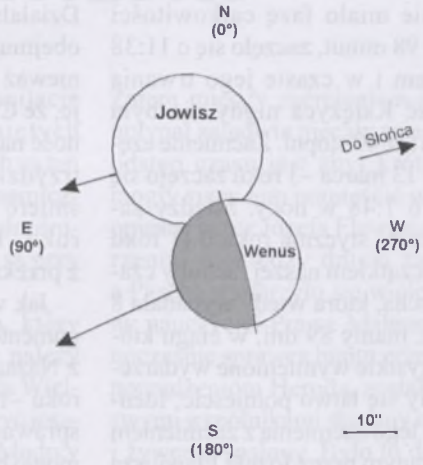
Rys. 2. Podróż Mędrców — obraz Sassetty, włoskiego malarza z XV wieku. Metropolitan Museum of Art (*Sky and Telescope*, 1/1992, 37).

Trzykrotne spotkanie królewskiej planety z gwiazdą królewską w Lwie mogło stanowić dla Mędrców wskazówkę, że oto narodzi się nowy król Izraela. Nie dość na tym. Wenus, po pierwszym spotkaniu z Jowiszem, 12 sierpnia –2 roku, zdążyła przewędrować przez cały zodiak, by 17 czerwca –1 roku spotkać się z nim ponownie w tak bliskiej koniunkcji, że gołym okiem planet nie dało się rozdzielić. Obserwator na Bliskim Wschodzie zaobserwował je wieczorem, na zachodnim niebie, jako jedną „gwiazdę". Rys. 4 przedstawia położenie planet w czasie ich dwóch pierwszych koniunkcji w Lwie, zaś rys. 5 ich największe zbliżenie 17 czerwca –1 roku. W ciągu około dziesięciu miesięcy mamy zatem trzy spotkania Jowisza z Regulusem i dwie ciasne koniunkcje Jowisza z Wenus. Po raz trzeci obie planety spotykają się 13 października –1 roku rano na wschodnim niebie. Między drugą a trzecią koniunkcją ma miejsce jeszcze pewne dodatkowe, nieobserwowalne spotkanie obu planet 24 sierpnia –1 roku. Zbiega się ono z bliskimi ich koniunkcjami z naszą gwiazdą dzienną tak, że Słońce stoi wtedy pośrodku między obiema planetami. Ten niebieski spektakl z roku –1 nie kończy się na spotkaniu Jowisza z Wenus. 27 sierpnia tegoż roku dochodzi do koniunkcji Jowisza i Marsa w odległości 0.14 stopnia. W tym czasie wszystkie widoczne gołym okiem planety, z wyjątkiem Saturna, gromadzą się w Lwie, w odstępie długości ekliptycznych 2.8 stopnia. Słońce znajduje się wtedy w Pannie, a Księżyc wkracza właśnie do Lwa. Wszystkie te wydarzenia na niebie musiały na pewno głęboko poruszyć chaldejskich Mędrców ze Wschodu i umocnić w nich impuls wędrówki do Ziemi Świętej.

Artykuł ten nie stara się rozwiązać wszystkich niejasności związanych z historią narodzin Jezusa Chrystusa. W szczególności ciągle tajemniczy z punktu widzenia historii pozostaje spis ludności, o którym mówi św. Łukasz. Autorka artykułu sądzi, że przyszłe czasy rzucą światło także i na ten problem. A obecnie, w sytuacji, w której zarówno historycy, jak i teologowie wypowiadają pogląd, że 2000 lat od narodzin Jezusa Chrystusa minęło już kilka lat temu, warto może sobie uświadomić, że ten moment mamy jeszcze ciągle przed sobą.



Rys. 4. Położenie Jowisza i Wenus w Lwie w momentach dwóch z ich trzech koniunkcji w latach –2 i –1. (*Sky and Telescope*, 12/1984, 537)



Rys. 5. Jowisz i Wenus w momencie ich największego zbliżenia 17 czerwca –1 roku. (*Sky and Telescope*, 4/1987, 357).

Literatura

Józef Flawiusz, „Dawne Dzieje Izraela", tłumaczyli z jęz. greckiego Zygmunt Kubiak i Jan Radożycki, wyd. Księgarnia Św. Wojciecha, 1962.

James A. DeYoung and James L. Hilton, 1987, *Sky and Telescope*, April, 357.

Colin J. Humphreys and W. G. Waddington, 1983, *Nature*, Vol. 306, 22/29 Dec.

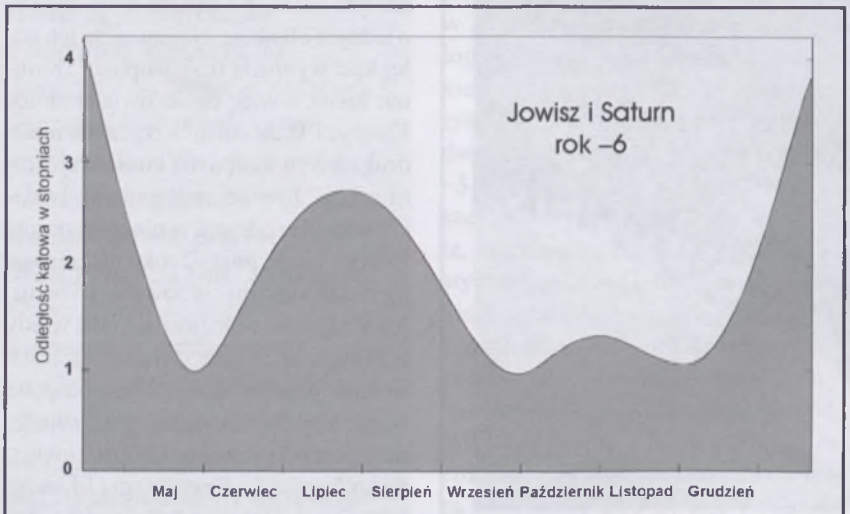
Colin J. Humphreys and W. G. Waddington, 1990, *Nature*, Vol. 348, 20/27 Dec.

Uwe Lemmer, 1980, *Sterne und Weltraum* 19, Nr 12, 404.

George Lovi, 1984, *Sky and Telescope*, December, 537.

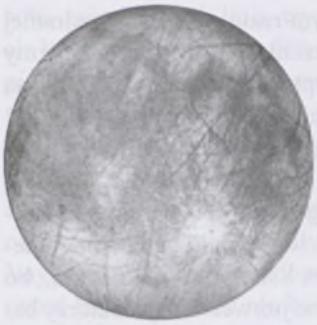
Roger W. Sinnott, 1968, *Sky and Telescope*, December, 384.

Roger W. Sinnott, 1986, *Sky and Telescope*, December, 632.



Rys. 3. Odległości kątowe Jowisza i Saturna w momentach ich trzech koniunkcji w roku –6. (*Sky and Telescope*, 12/1986, 633)

Dr Irena Semeniuk jest astronomem Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego. Jej astronomiczną pasją jest fotometria gwiazd zmiennych.



Europa, Europa...

Stanisław R. Brzostkiewicz

Cztery „galileuszowe" księżyce Jowisza to — nie licząc oczywiście naszego Księżyca — najlepiej zbadane tego typu obiekty w całym Układzie Słonecznym. Za pomocą swojej prymitywnej lunety odkrył je Galileusz w roku 1610, a później były one już systematycznie obserwowane przez kolejne pokolenia astronomów, którzy kierowali na nie coraz większe i doskonalsze teleskopy. Jednak prawdziwy przełom w badaniach Jowisza i jego czterech największych księżyców nastąpił dopiero w naszych czasach, kiedy to w kierunku ciał Układu Słonecznego zaczęto wysyłać sondy kosmiczne i wyposażać je w coraz sprawniejszą aparaturę badawczą. Szczególnie zaś owocna okazała się misja sondy Galileo, która 4 grudnia 1995 roku zaczęła okrążać tę olbrzymią planetę i przekazywać na Ziemię drogą radiową informacje nie tylko o niej, ale także o jej największych księżycach. Z uzyskanego w ten sposób materiału jednoznacznie wynika, że każdy z nich jest inny i każdy zasługuje na uwagę. Lecz najbardziej zagadkowym dla planetologów wydaje się być Europa i temu księżycowi Jowisza chcemy poświęcić niniejszy artykuł.[1]

Europa to najmniejszy z czterech „galileuszowych" księżyców Jowisza. Pod względem rozmiarów i masy ustępuje nawet naszemu Księżycowi, ale gdyby zajął jego miejsce i zaczął okrążać Ziemię po takiej samej orbicie, wówczas w niedługim czasie każdy z nas by to zauważył, gdyż w pełni świeciłby mniej więcej dziesięć razy silniej niż ziemski satelita i księżycowe noce byłyby dużo jaśniejsze. Nie należy się tu dopatrywać czegoś nadzwyczajnego, bo jedynie lodowa skorupa Europy jest dużo gładsza niż dawniej sądzono, a przy tym nieustannie się odmładza. Mamy na to różne dowody, a przede wszystkim mówią o tym nieliczne kratery uderzeniowe, jakie się tam do naszych czasów zachowały. Starsze bowiem, zwłaszcza powstałe w okresie „wielkiego bombardowania", dawno zostały zniwelowane. Europa po prostu okazała się być wciąż aktywnym globem, gdyż — jak przypuszczają uczeni — wnętrze tego księżyca bywa dość silnie ogrzewane przez siły pływowe, toteż dolne warstwy pokrywającej go skorupy lodowej ciągle się topią i powstająca w ten sposób woda poprzez szczeliny w tej skorupie wypływa na powierzchnię, gdzie oczywiście niebawem zamarza. A może — zastanawiają się niektórzy — między ową skorupą lodową a skalistym wnętrzem Europy znajduje się gruba warstwa ciekłej wody, czyli coś w rodzaju globalnego oceanu? W każdym razie takiej możliwości dziś wykluczyć nie można i w związku z tym powstają najprzeróżniejsze hipotezy.

Wkrótce po misji Voyagerów, bo już w styczniu 1980 roku, niejaki Richard C. Hoagland wystąpił z niezwykłym poglądem na temat Europy i przykrytego lodową powłoką oceanu. Nowozelandzki astronom sądzi po prostu, że poza Ziemią jest to jedyne miejsce w Układzie Słonecznym, gdzie mogło narodzić się jakieś prymitywne życie. W odległej przeszłości, kiedy Słońce i planety były obiektami jeszcze bardzo młodymi, wówczas — jak przynajmniej twierdzi Hoagland — Jowisz mógł się silnie żarzyć. Jego energia powstawała w wyniku grawitacyjnego kolapsu i wytwarzane w ten sposób ciepło było wystarczające na to, aby Europa otoczyła się gęstą atmosferą i pokryła grubą warstwą ciekłej wody. W miarę upływu czasu Jowisz stawał się coraz zimniejszy, dostarczał coraz mniej ciepła

Fragment obszaru „chaotycznego" Conamara Europy (3° szerokości północnej i 274° długości zachodniej) o rozmiarach 447 km. Lodowa pokrywa jest „połamana" na drobniejsze fragmenty, które uległy przesunięciu i obrotowi. Mogła im w tej translokacji pomóc woda wydostająca się z warstw głębiej położonych i tzw. ciepły lód. Najdrobniejsze rozróżnialne szczegóły mają rozmiary ok. 9 metrów.

[1] Tytuł artykułu został zapożyczony z filmu Agnieszki Holland.

i znajdujący się na powierzchni księżyca ocean pokrył się grubą warstwą lodu. Nie wiadomo, czy przed tym zlodowaceniem mogło w nim narodzić się jakieś prymitywne życie, a jeżeli rzeczywiście się rozwinęło, to czy zdążyło się przystosować do nowych, bardziej surowych warunków?

Od pewnego czasu między uczonymi toczy się ożywiona dyskusja na temat ewentualnego oceanu Europy i istnienia w nim życia. Włączyli się do niej oczywiście biolodzy, którzy do niedawna byli święcie przekonani, iż powstanie i rozwój życia na Ziemi bez promieniowania słonecznego nie byłby w ogóle możliwy. Pogląd powyższy głęboko się zakorzenił i wydawał się niepodważalny, bo wprawdzie niektóre ziemskie organizmy żywe mogą się obejść bez Słońca, lecz odżywiają się padłymi zwierzętami lub zamarłymi roślinami, które pełną garścią korzystały z jego energii. Za przykład mogą służyć pasożytnicze huby, z powodzeniem wegetujące w ciemnych pomieszczeniach, gdzie nie dociera najmniejszy nawet promyk światła słonecznego. Dlatego z niedowierzaniem przyjęto wiadomość, że uczeni zajmujący się badaniem środowisk morskich odkryli na dnie Atlantyku nie znane dotąd formy życia, rozwijającego się w pobliżu podmorskich stożków wulkanicznych. Nie było najmniejszych złudzeń, mikroorganizmy te mogą zupełnie obejść się bez światła słonecznego. Okupują one wspomniane stożki niczym nocne motyle świecącą lampę.

Początkowo badacze głębin oceanicznych nie zdawali sobie sprawy z doniosłości odkrycia. Dopiero wnikliwe studia uprzytomniły im, że te kwitnące kolonie mikroorganizmów żyją wyłącznie na bazie ciepła, które wytwarzają owe głębinowe wulkany. W ich bezpośrednim sąsiedztwie temperatura dochodzi do 55 °C, ale w dalszej okolicy nie przekracza 2–4 °C i w tym środowisku nie stwierdzono — co należy z całą mocą podkreślić — nawet śladu bakterii. Na tej podstawie można sądzić, iż odkryte w pobliżu tych podmorskich stożków wulkanicznych mikroorganizmy tam się zrodziły i nie mają nic wspólnego z mikroorganizmami żyjącymi w wyższych, promieniami słonecznymi ogrzewanych regionach Atlantyku. W każdym razie — jak przynajmniej sądzą uczeni — nie są to organizmy jedynie przystosowane do życia na dnie głębiny oceanicznej.

Dobrze — pewnie ktoś zapyta — ale co te odkrycia oceanologów mają wspólnego z Europą i przekazywanymi przez sondę Galileo danymi na temat tego księżyca? Ano mają, bo wprawdzie już wcześniej niektórzy badacze głębin oceanicznych dopuszczali możliwość istnienia na dnie tego lub innego oceanu jakiegoś prymitywnego życia, to jednak odkrycie mikroorganizmów na głębokości 2.8 km owe dawniejsze rozważania w jakiś sposób uzasadniają. Jeżeli zaś na Ziemi mogło powstać życie w tak niegościnnym środowisku, dokąd promieniowanie słoneczne nigdy nie dociera, to poszukiwania życia pod lodową skorupą Europy ma jakiś sens. Co więcej — gdy na omawianym księżycu Jowisza rzeczywiście istnieje ów globalny ocean, wówczas szansa na odkrycie tam życia — zdaniem niektórych biologów — jest duża. Nie wystarczy oczywiście potwierdzić, iż taki ocean na Europie faktycznie istnieje i że występuje na tym księżycu wulkanizm pobudzany siłami pływowymi. Nie powinno się też wyciągać zbyt daleko idących wniosków tylko z tego, iż na Ziemi jedne mikroorganizmy potrafią żyć w gorących wodach gejzerów, drugie natomiast łatwo znoszą przeraźliwe zimno Arktyki i Antarktydy. To przecież jeszcze o niczym nie świadczy i nie może być dowodem istnienia życia na Europie.

Podejrzenie o występowaniu na Europie globalnego oceanu zrodziło się już przed laty. Było ono jednak wyłącznie oparte na obrazach, które otrzymano za pomocą sond Voyager, toteż uczeni nie chcieli głosić tak słabo udokumentowanych hipotez. Dziś — jak twierdzi Torrence Johnson z Jet Propulsion Laboratory — badacze są w dużo lepszej sytuacji i mają przeświadczenie, iż „poszukiwanie jakiegoś życia na Europie to po prostu technologiczne, ekonomiczne i polityczne wyzwanie". Uzasadnia to napływ danych z sondy Galileo, przede wszystkim zaś przekazane przez nią obrazy o dużej sile rozdzielczej, ukazujące niekiedy szczegóły o średnicy 12 m. Na obrazach tych można dostrzec nie tylko gęstą sieć krzyżujących się ze

Prezentowany tu fragment powierzchni Europy obejmujący ok. 10 km^2 położony jest na szerokości południowej 16.5° i długości zachodniej 196.5°. Został „sfotografowany" z odległości ok. 1250 km. 16 grudnia 1997 r. Z rozdzielczością ok. 26 metrów widzimy duże zróżnicowanie lodowej skorupy tego księżyca. Fot. *NASA (JPL)*

sobą zagadkowych linii, wydających się być szczelinami w lodowej skorupie księżyca. Wypełnia je zamarznięty, na brązowo zabarwiony materiał, być może organicznego pochodzenia. Na obrazach uzyskanych za pomocą sondy Galileo odkryto nawet szczelinę, której nie zarejestrowały kamery Voyagerów, bo najprawdopodobniej przed laty jej jeszcze nie było. A zatem Europa — jak tego dowodzi wspomniane wyżej odkrycie — jest wciąż aktywnym globem i już z tego choćby powodu zasługuje na bardziej wnikliwe zbadanie.

Duże zainteresowanie uczonych wzbudził obszar Europy noszący nazwę Conamera Chaos. Widać na nim rozległe pola lodowe, gęsto usiane popękanymi, powywracanymi blokami lodowej skorupy księżyca. Ruchy tych lodowych płyt zdają się przypominać ruchy płyt kontynentalnych na Ziemi, chociaż te ostatnie odbywają się w dużo większej skali i na plastycznym podłożu płaszcza, a te na Europie — jak się przynajmniej dziś przyjmuje — na wodzie tworzącej ów globalny ocean. W niektórych miejscach tę lodowatą krainę przecinają kaniony, otoczone wzgórzami o wysokości dochodzącej do 100 m, wierzchołki których pokryte są gruzem lodowym. Otaczający je teren jest w zasadzie równy, chociaż tu i ówdzie pojawiają się pagórki o wysokości przekraczającej niekiedy 200 m. Szkoda tylko, że obrazy Europy uzyskane z najmniejszej odległości (około 300 km) nie zostały od razu opublikowane, bo to zrodziło różne podejrzenia, co zostało sprytnie wykorzystane przez „środki masowego przekazu". Oliwy do ognia dolali rosyjscy uczeni, którzy z zainteresowaniem analizują wyniki uzyskane za pomocą sondy Galileo. Któryś z nich podobno po obejrzeniu obrazów Europy miał się wyrazić , że widoczne na tych obrazach twory to dzieło „dziwacznej cywilizacji europejskiej". Był to oczywiście tylko żart, lecz tego rodzaju wypowiedzi stosunkowo łatwo się rozchodzą i potem trudno naprawić taki błąd. Wielu ludzi taką niedorzeczność długo traktuje jako obiektywną prawdę naukową.

A tymczasem odkrycia dokonane na Europie są faktycznie zdumiewające i w pełni zasługują na bliższe zainteresowanie. Nic więc dziwnego, że NASA już w roku 1999 zamierza przeznaczyć 300 milionów dolarów na przygotowanie nowej misji astronautycznej, polegającej na wysłanie w roku 2003 sondy kosmicznej w kierunku tego zlodowaciałego księżyca Jowisza, aby trzy lata później stała się jego satelitą. Ma ona być wyposażona zarówno w aparaturę do pomiaru grubości lodowej skorupy Europy, jak też w przyrządy zdolne badać twory powierzchniowe tego księżyca i rejestrować zachodzące na nim przejawy sił pływowych. Na możliwość istnienia tam życia jakieś nowe światło mogą rzucić wspólne badania uczonych amerykańskich i rosyjskich, korzystających z najnowszej aparatury zainstalowanej ostatnio w Marshall Space Flight Center. Mają oni analizować próbki materii pobranej podczas głębokich wierceń na rosyjskiej stacji antarktycznej Wostok, położonej około 1000 km od bieguna południowego naszej planety. Już w roku 1966 zostało tam odkryte wielkie jezioro podziemne, znajdujące się na głębokości 3710 m i mające dno pokryte warstwą osadów o grubości około 50 m. Panujące w tym jeziorze warunki mogą w jakimś stopniu przypominać warunki występujące w hipotetycznym oceanie Europy.

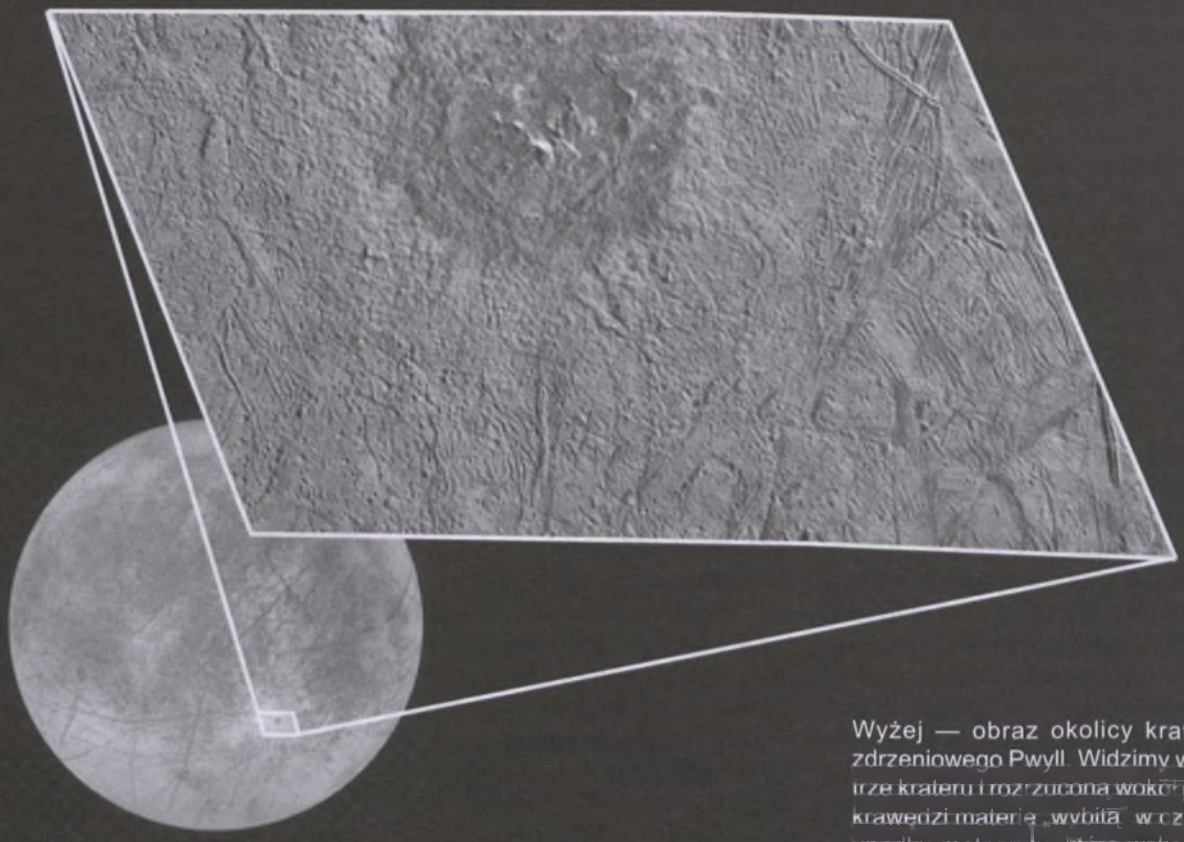
Obraz uzyskany podczas najniższego (na wysokości 200 km) przejścia stacji Galileo nad powierzchnią Europy. Tu Galileo „patrzy" na Europę tak, jak pasażer samolotu ogląda Ziemię z perspektywy swego fotela. Najmniejsze szczegóły mają rozmiar ok. 6 m. Ten pięknie rzeźbiony fragment powierzchni leży na 13° szerokości południowej i 235° długości zachodniej i ma szerokość ok. 1.8 km. Fot. *NASA (JPL)*

NASA planuje budowę sondy „Europa Observer", która miałaby za zadanie wyznaczenie grubości powłoki lodowej, pod którą znajduje się prawdopodobnie płynny ocean. Sonda ma wystartować w roku 2003 i ma być wyposażona w wiele instrumentów radarowych, lasery i kamerę pracującą w różnych zakresach optycznych i podczerwonych.

Tab. 1. Najważniejsze dane o naszym Księżycu i o „galileuszowych" księżycach Jowisza

	Księżyc	Io	Europa	Ganimedes	Kallisto
Średnia odległość od środka planety (km)	384.4×10^3	423.3×10^3	673.8×10^3	1074.3×10^3	1892.5×10^3
Okres obiegu planety (dni)	27.32	1.77	3.55	7.16	16.69
Mimośród orbity	0.0549	0.0000	0.0003	0.0015	0.0075
Średnica (km)	3476	3640	3138	5270	4856
Masa (kg)	735×10^{20}	892×10^{20}	487×10^{20}	149×10^{21}	106×10^{21}
Średnia gęstość ($H_20=1$)	3.34	3.53	3.12	1.94	1.63

Europa, Europa...



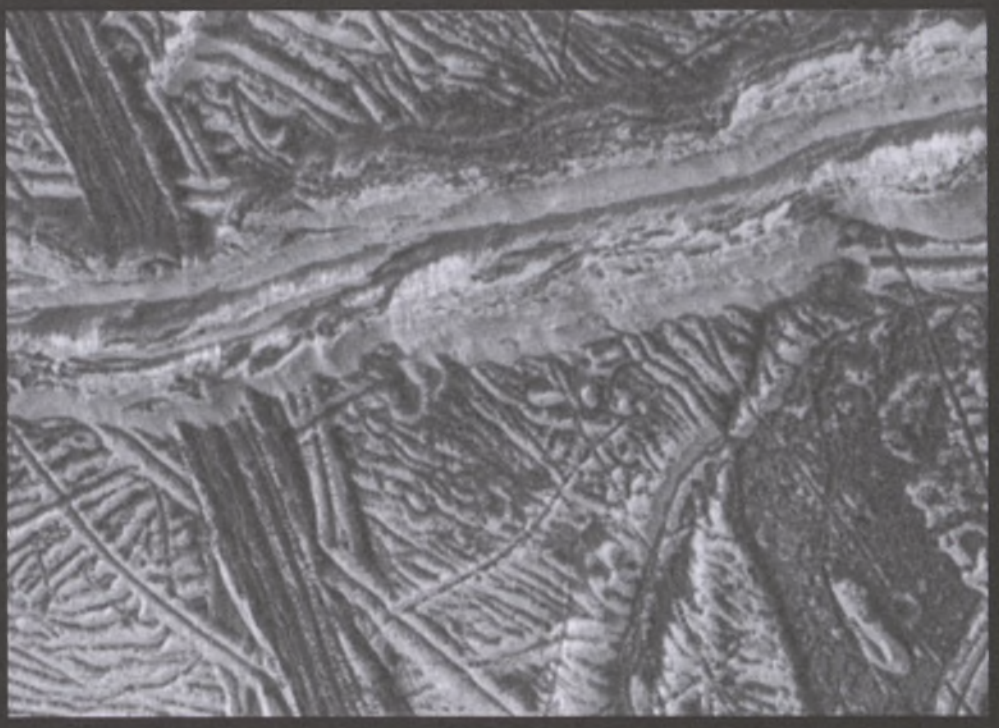
Wyżej — obraz okolicy krateru zdrzeniowego Pwyll. Widzimy wnętrze krateru i rozrzucona wokół jego krawędzi materię „wybitą" w czasie upadku meteorytu, która wskazuje na młody wiek tego krateru. Krater ma średnicę 26 km i jest bardzo płytki. Cały obraz przedstwia teren o rozmiarach ok. 125×75 km i jest położony na 26° szerokości południowej i 271° długości zachodniej. Został on utworzony ze zdjęć wykonanych w lutym i grudniu 1997 r. z odległości ok. 12400 km. Zdolność rozdzielcza obrazu wynosi ok. 250 m.

Zdjęcia obok ukazują porównanie fragmentu powierzchni Europy i Ziemi. Górny obraz to obszar Conamara na Europie (8° szerokości północnej i 273° długości zachodniej) ze zdolnością rozdzielczą ok. 9 m. Widzimy na nim popękaną i przesuniętą powłokę lodową tego księżyca z wielkim urwiskiem. Na dolnym zdjęciu jest w tej samej skali zdjęcie miasta Providence na Rhode Island w USA.

Wszystkie prezentowane tu obrazy zostały uzyskane w Laboratorium Napędów Odrzutowych NASA (JPL) w Pasadenie w dniu 2 marca 1998 ze zdjęć wcześniej (koniec 1997 r.) wykonanych przez kamery sondy Galileo.

Obok — bszar o rozmiarach ok. 15×20 km uzyskany z dużą rozdzielczością w rejonie położonym na 14° szekości południowej i 194° długości zachodniej wielkie lodowe grzbiety i pasma oraz względnie płaskie tereny, które mogłyby być miejscem, gdzie cieplejszy lód z obszerów leżących niżej, „wypłynął" na powierzchnię.

Poniżej, spektakularny obszar (14° szerokości południowej i 194° długości zachodniej, 20×20 km) pełen, często krzyżujących się, grzbietów i urwisk. Niektóre z tych form mają szerokość sięgającą 2 km. W czasie wykonywania tego zdjęcia Słońce górowało nad fotografowanym obszarem.



Mirosław Schmidt
Krzysztof Gęsicki

Gwiazdy górnej części diagramu H-R

Obserwacje pokazują, że najjaśniejsze gwiazdy swoim blaskiem nie przekraczają kilku milionów jasności Słońca. Teoria podpowiada, że obiekty z pobliża górnej granicy diagramu H-R mają na ciągu głównym masy początkowe rzędu kilkudziesięciu mas Słońca. W trakcie ewolucji gwiazdy opuszczają ciąg główny, przesuwają się w stronę niskich temperatur, by później wrócić do gorącej części. Jednocześnie cały czas tracą masę wywiewaną z ich powierzchni przez wiatr. Zmieniają po drodze przynależność do różnych grup charakteryzowanych przez różne temperatury efektywne i gęstości wiatru.

Przedstawiony w ramce diagram Hertzsprunga-Russella dla najjaśniejszych bolometrycznie gwiazd Lokalnej Grupy galaktyk pokazuje nietrywialny kształt górnego brzegu obszaru zajmowanego przez gwiazdy, tzw. granicy Humphreys-Davidsona. Narysowana linią ciągłą granica poprowadzona została tak, aby objąć większość obiektów z próbki nadolbrzymów. Jak widać, granica ta jest tylko umowna.

Granicę H-D określają dwie relacje: 1) malejąca jasność bolometryczna z malejącą temperaturą dla gwiazd wcześniejszych typów niż B4; 2) stała jasność w pobliżu log $(L/L_{\odot}) \approx 5.8$ dla gwiazd chłodniejszych. Zależność granicznej jasności od temperatury dla gorących gwiazd sugeruje, że granica jest zależna od masy gwiazdy. W większości gwiazd leżących na lub w pobliżu tej granicy obserwuje się wysokie tempo utraty masy i zjawiska świadczące o niestabilności ich atmosfer, w tym najbardziej spektakularne — zmiany typu widmowego w skali kilku–kilkudziesięciu lat.

Lewą górną część diagramu H-R zajmują gwiazdy typu widmowego O, przy czym względnie blisko siebie znajdują się zarówno karły, czyli obiekty ciągu głównego, jak i nadolbrzymy. Często spotykaną cechą widm gwiazd O jest obecność linii emisyjnych powstających w wietrze gwiazdowym. W zależności od ich kształtu i natężenia obserwatorzy zdefiniowali różnorodne grupy tych obiektów. Gwiazdy z emisjami w liniach wodorowych oznacza się standardowo Oe, O(e). Gwiazdy z liniami emisyjnymi helu i azotu podzielono na klasy Of, O(f), O((f)), Oef, O(ef), Of*, Of$^+$.

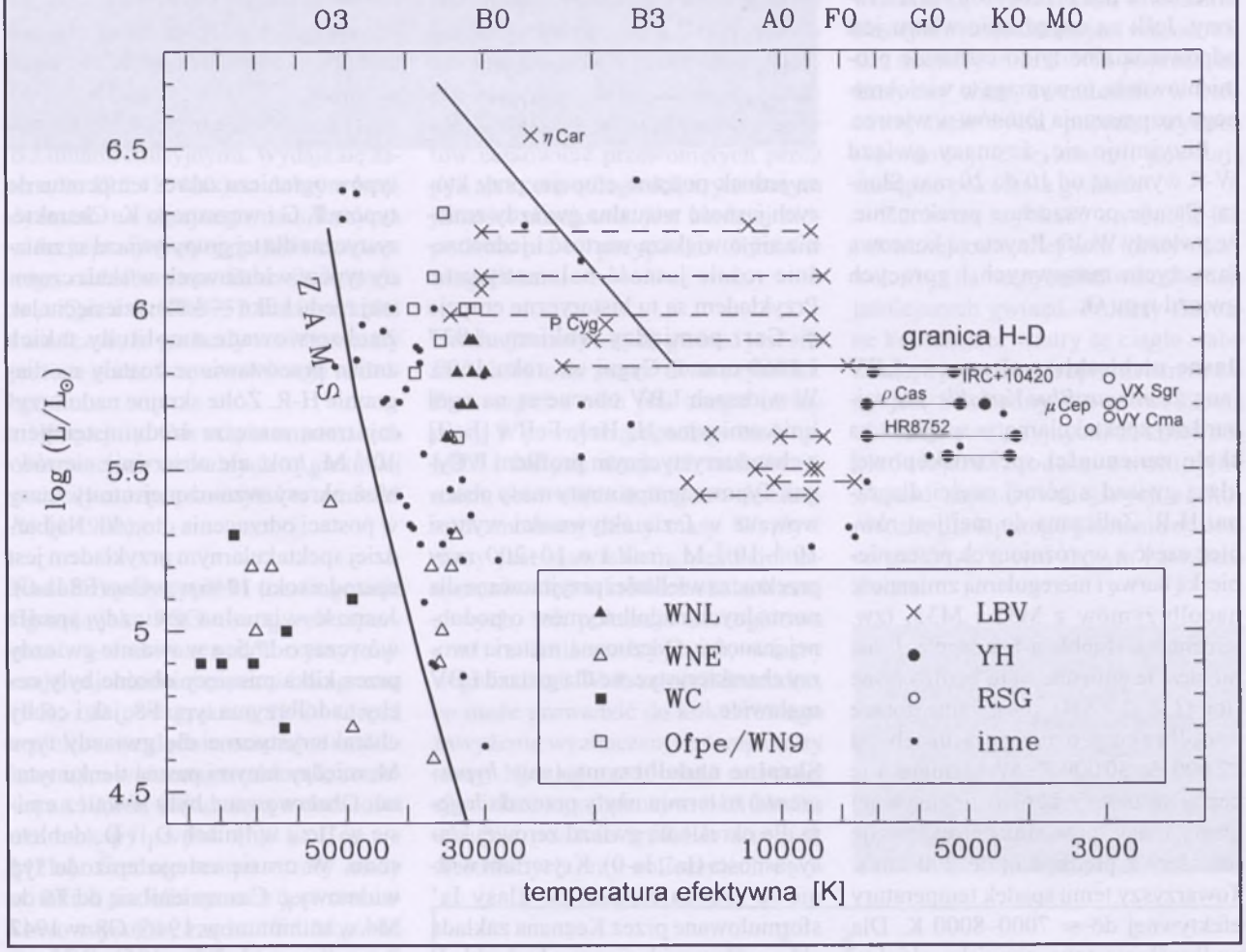
Gwiazdy O ciągu głównego stanowią najliczniejszą grupę gwiazd górnej części diagramu H-R. O ile w przypadku gwiazd o mniejszych jasnościach nie ma wątpliwości, że karły są obiektami w fazie spalania wodoru w jądrze, o tyle dla gwiazd najjaśniejszych nie musi być to prawdą. Istnieją liczne sugestie, że jeszcze w fazie spalania wodoru w jądrze najmasywniejsze gwiazdy mogą rozpocząć intensywną utratę masy. Widma takich obiektów nabierają wówczas cech charakterystycznych dla gwiazd Of lub WNL. Liczebność karłów typu O sugeruje, że jest to najdłuższa faza życia gwiazd najmasywniejszych. Całkowity ubytek masy na etapie ciągu głównego jest zbyt mały, by wpływał na dalszą ewolucję gwiazdy.

Nadolbrzymy OB są gwiazdami o jasnościach większych niż karły ciągu głównego o tych samych temperaturach. Tempo utraty masy w tej fazie życia gwiazdy jest znaczące dla jej ewolucji. Na powierzchni pojawiają się produkty reakcji jądrowych: obserwuje się zwiększoną obfitość helu oraz anomalie zawartości węgla i azotu.

Obiekty Ofpe/WN9 są przedmiotem zainteresowania jako faza pośrednia ewolucji między gwiazdami O a W-R. Sugeruje się, że są to gwiazdy LBV w fazie spokojnej (o aktywnej fazie LBV będzie mowa dalej). Wskazywane są także gwiazdy będą-

Gwiazdy górnej części diagramu H-R

Na rysunku przedstawione zostały obiekty reprezentatywne dla całego zakresu temperatur oraz dla jasności większych niż 200 000 jasności Słońca. Dodatkowo zaznaczone zostały pozycje gwiazd W-R (WNL, WNE i WC), które chociaż nie tak jasne, powiązane są ewolucyjnie z grupą gwiazd najmasywniejszych. Wyróżnione grupy omawiane są w artykule.
Charakterystyczny dla górnej części diagramu H-R jest brak gwiazd chłodnych i bardzo jasnych. Obserwacyjna granica obszaru występowania gwiazd, od nazwisk autorów, nazwana została granicą Humphreys-Davidson (w skrócie — H-D).
Linie przerywane łączą dwie fazy gwiazd LBV: spokojną (gorącą) i aktywną (chłodną). Podobnie linie ciągłe pokazują skalę zmienności temperatur efektywnych żółtych skrajnych nadolbrzymów (YH).
Linia ciągła, opisana skrótem ZAMS (ang. — *Zero Age Main Sequence*), przedstawia tzw. ciąg główny wieku zerowego — miejsce, w którym gwiazdy po uformowaniu rozpoczynają spalanie wodoru w jądrze. W górnej części diagramu H-R jest to linia niemal pionowa.



ce w fazie przejściowej pomiędzy Of a Ofpe/WN9. Gwiazdy Ofpe/WN9 tracą masę w tempie kilkakrotnie większym niż gwiazdy Of. Z kolei wiatry gwiazd Ofpe/WN9 są kilkakrotnie wolniejsze od wiatrów gwiazd O i W-R. Przyczyny tych różnic są ciągle nieznane. Przypuszcza się, że gwiazdy typu O ciągu głównego przechodzą w fazę Of, a później w Ofpe/WN9 albo LBV, albo WNL. Niewykluczone, że te trzy ostatnie klasy gwiazd stanowią w gruncie rzeczy jedną.

Gwiazdy Wolfa-Rayeta (lub krócej W-R) przyjęły swoją nazwę od nazwisk dwóch francuskich astronomów, którzy pierwsi odkryli obiekty z niezwykłymi widmami zawierającymi jasne i szerokie linie emisyjne. Ze względu na dominujące w widmie pierwiastki wyróżniamy dwie podklasy: WN — z silnymi liniami jonów azotu oraz WC — z silnymi liniami jonów węgla. W zależności od temperatury, obie podklasy dzielą się na wczesne (WNE i WCE) oraz późne (WNL i WCL). Wśród gwiazd WNL można wyróżnić gwiazdy bogate w wodór, o zawartości wodoru od 40 do 55% i ubogie w wodór — od 5 do 30%. W obiektach WC obecności wodoru się nie stwierdza. Większość gwiazd WNL skoncentrowana jest w małym, prawie pionowym pasku na diagramie H-R ulokowanym pomiędzy 30 000 i 40 000 K. Gwiazdy WNE zajmują obszar o niższej jasności absolutnej i szerokim zakresie temperatur od 35 000 do 90 000 K. Podobnie rozmieszczone są gwiazdy WC, ale z przewagą obiektów o wyższych temperaturach.

Materia ucieka z powierzchni gwiazd W-R z prędkościami 1–3 tysięcy km/s i w tempie $10^{-5} - 10^{-4}$ $M_\odot$/rok. W efekcie, zarówno obserwowane linie emisyjne, jak i kształt widma ciągłego formują się w ekspandującym wietrze, maskując rotację gwiazdy i ewentualne pulsacje. W kilku przypadkach obserwacje polarymetryczne wskazują na niesferyczny charakter wypływu. Porównanie kształtów skrzydeł linii emisyjnych z teoretycznymi sugeruje, że wiatr jest niejednorodny. Pęd przenoszony przez wiatr przekracza pęd przenoszony przez fotony. Jeśli za napędzanie wiatru jest odpowiedzialne tylko ciśnienie promieniowania, to wymaga to wielokrotnego rozpraszania fotonów w wietrze.

Przyjmuje się, że masy gwiazd W-R wynoszą od 10 do 20 mas Słońca. Panuje powszechne przekonanie, że gwiazdy Wolfa-Rayeta są końcową fazą życia masywnych i gorących gwiazd typu O.

Jasne niebieskie zmienne — LBV (ang. *Luminous Blue Variables*) są najbardziej spektakularną ze względu na skalę zmienności spektroskopowej klasą gwiazd z górnej części diagramu H-R. Zaliczana do niej jest również część z wyróżnionych przez niebieską barwę i nieregularną zmienność nadolbrzymów z M31 i M33, tzw. zmiennych Hubble'a-Sandage'a. Jasne niebieskie zmienne są to bardzo jasne ($\log (L/L_\odot) > 5.4$), niestabilne gorące nadolbrzymy o temperaturach od 12 000 do 30 000 K. Wyróżniającą je cechą są okresy bardzo intensywnej utraty masy, powodującej ekspansję fotosfery z prędkością do 200 km/s. Towarzyszy temu spadek temperatury efektywnej do $\approx$ 7000–8000 K. Dla podkreślenia tego zjawiska obiekty LBV przedstawione zostały na diagramie H-R dwoma punktami oznaczającymi „fazę spokoju" — gorącego nadolbrzyma i „fazę aktywności" odpowiadającej najniższej temperaturze. Przesunięciu do niższych temperatur towarzyszy wzrost jasności wizualnej. Typowe obiekty LBV, takie jak S Dor w Wielkim Obłoku Magellana czy AG Car w naszej Galaktyce, doznają gwałtownych erupcji co ok. 30–40 lat. Towarzyszy temu wzrost jasności wizualnej o 1–2 wielkości gwiazdowe przy stałej jasności bolometrycznej. Znane są jednak potężne erupcje, przy których jasność wizualna gwiazdy zmienia się o większą wartość i jednocześnie rośnie jasność bolometryczna. Przykładem są tu historyczne erupcje η Car pomiędzy rokiem 1837 i 1860 oraz P Cygni ok. roku 1600. W widmach LBV obecne są na ogół linie emisyjne H, HeI, FeII i [FeII] z charakterystycznym profilem P Cygni. Typowe tempo utraty masy obserwowane w fazie aktywności wynosi 10^{-4}–10^{-5} $M_\odot$/rok i o 10–200 razy przekracza wielkości przyjmowane dla normalnych nadolbrzymów o podobnej jasności. Odrzucona materia tworzy charakterystyczne dla gwiazd LBV mgławice.

Tab. 1. Tabela przedstawia średnie tempa utraty masy dla gwiazd górnej części diagramu H-R wraz z komentarzem dotyczącym składu chemicznego gwiazd W-R i Ofpe//WN9

Grupa gwiazd	Średnie tempo utraty masy $M_\odot$/rok	Powierzchniowy skład chemiczny
WNL	$2–3 \times 10^{-5}$	zmniejszona obfitość wodoru
WNE	$2–3 \times 10^{-5}$	widoczne produkty spalania wodoru
WC	$2–3 \times 10^{-5}$	widoczne produkty spalania helu
Ofpe//WN9	$2–5 \times 10^{-5}$	zmniejszona obfitość wodoru
OV	$10^{-7} - 10^{-6}$	
OB	$3–10 \times 10^{-7}$	
LBV	$10^{-4} - 10^{-3}$	
YH	$10^{-6} - 10^{-4}$	
RSG	10^{-4}	
Słońce	10^{-14}	

Skrajne nadolbrzymy (ang. *hypergiants*) to termin użyty przez de Jagera dla określenia gwiazd zerowej klasy jasności (Ia^+, Ia-0). Kryterium widmowe przynależności do klasy Ia^+ sformułowane przez Keenana zakłada obecność w widmie szerokich składników emisyjnych w Hα. Przy takiej definicji do skrajnych nadolbrzymów zaliczane są również bardzo jasne, gorące gwiazdy z emisją w Hα. Z drugiej strony, termin chłodne skrajne nadolbrzymy rozumiany jest szerzej dla określenia gwiazd leżących na lub tuż pod granicą Humphreys-Davidsona i typów widmowych późniejszych niż A.

Określenie **żółte skrajne nadolbrzymy — YH** (ang. *yellow hypergiants*) albo skrajne nadolbrzymy pośrednich typów ogranicza zakres temperatur do typów F, G i wczesnego K. Charakterystyczne dla tej grupy gwiazd są zmiany typów widmowych w skali czasowej rzędu kilku — kilkudziesięciu lat. Zaobserwowane amplitudy takich zmian przedstawione zostały na diagramie H-R. Żółte skrajne nadolbrzymy tracą masę ze średnim tempem 10^{-5} $M_\odot$/rok, ale obserwuje się również okresy wzmożonej utraty masy w postaci odrzucenia otoczki. Najbardziej spektakularnym przykładem jest epizod z roku 1946 w ρ Cas (F8 Ia-0). Jasność wizualna gwiazdy spadła wówczas o $1^m.5$, a w widmie gwiazdy przez kilka miesięcy obecne były cechy nadolbrzyma typu F8, jak i cechy charakterystyczne dla gwiazdy typu M, między innymi pasma tlenku tytanu. Obserwowane były również emisje w Hα i w liniach D_1 i D_2 dubletu sodu. W czasie całego epizodu typ widmowy ρ Cas zmienił się od F8 do M4 w minimum w 1946, G8 w 1947 i z powrotem do F8 w 1951. Widoczne od tego czasu rozdwojenie linii, powszechnie intepretowane jako składnik fotosferyczny i otoczkowy, zostało ostatnio zinterpretowane jako efekt sumowania się linii absorpcyjnych z emisją powstającą w wyniku oddziaływania wiatru z otaczającym ośrodkiem. Podobne, choć nie tak dramatyczne efekty obserwuje się w widmie HR8752 (G4 Ia-0). Ani w HR8752, ani w ρ Cas nie obserwuje się nadwyżki podczerwonej na 10 μm. Natomiast silna struktura krzemowa na 10 μm obecna jest w innym skrajnym nadol-

brzymie — HR5171 (G8Ia-0). Najsilniej rozwinięte otoczki pyłowe posiadają IRC+10420 (F8Ia-0) oraz HD179821 (G5Ia). Ten pierwszy obiekt jest ponadto źródłem emisji maserowej w rotacyjnych przejściach rodnika wodorowego — OH. Porównanie rozmiarów otoczki rozdzielonej w obserwacjach optycznych ($5 \cdot 10^4$ AU) z prędkością ekspansji (33 km/s) daje dynamiczną skalę życia 10^4 lat. Przy tempie utraty masy rzędu 10^{-3} $M_\odot$/rok gwiazda mogła stracić znaczną część swojej masy. Prawdopodobnie otoczka pyłowa powstała w czasie, gdy gwiazda była w fazie czerwonego nadolbrzyma. Obecnie widmo IRC+10420 z roku 1997 przypomina bardziej widmo gwiazdy późnego typu B z liniami emisyjnymi. Wydaje się zatem, że IRC+10420 jest dobrym kandydatem na skrajnego nadolbrzyma w fazie przejściowej po fazie czerwonego nadolbrzyma. Brak śladu pyłu w ρ Cas i w HR8752 może z kolei świadczyć, że gwiazdy te nie przeszły jeszcze przez fazę czerwonego nadolbrzyma.

Więcej o ρ Cas oraz o amatorskich obserwacjach wizualnych tej ciekawej gwiazdy można przeczytać w tomie 39 *PA* (4/1991).

Nadolbrzymy typu M (na diagramie figurują jako RSG — ang. *red supergiants* — czerwone nadolbrzymy) zajmują najchłodniejszą część diagramu H-R, tuż pod granicą H-D. Część z nich to względnie normalne nadolbrzymy, z widoczną strukturą krzemową na 10 μm, świadczącą o obecności otoczek pyłowych (np. μ Cep — M2Ia). Średnie tempo utraty masy w takich nadolbrzymach jest stosunkowo wysokie, rzędu 10^{-5} $M_\odot$/rok. Znajdują się tu jednak także najjaśniejsze (bolometrycznie) obiekty typu OH/IR — silne źródła podczerwone z emisją maserową OH. Zaledwie kilka z nich jest widocznych w zakresie optycznym i zidentyfikowanych jako nadolbrzymy typu M (np. VX Sgr (M4–8eI), VY CMa (M3–5Ia) o jasnościach $M_{bol} \approx -9.5$). Większość z nich utraciła prawdopodobnie dostateczną ilość masy, aby obłok pyłowy stał się optycznie gruby i przesłonił chłodnego nadolbrzyma. Tempo utraty masy z gwiazd OH/IR można wyznaczyć z emisji w zakresie podczerwonym, znając prędkość wypływu z obserwacji emisji maserowej. Jeżeli, tak jak w VX Sgr, obserwuje się jednocześnie kilka emisji maserowych, można odtworzyć nawet rozkład prędkości w otoczce. Tempo utraty masy szacowane dla OH/IR osiąga ekstremalne wartości $\approx 10^{-4}$ do $\approx 10^{-3}$ $M_\odot$/rok. Średnie wartości prędkości końcowej wiatru wynoszą ≈20–30 km/s.

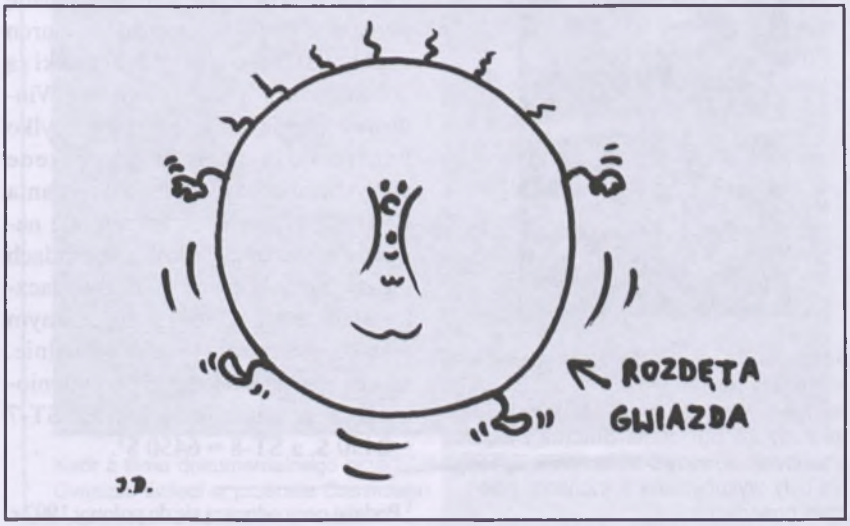
W Wielkim Obłoku Magellana znane są również dwa obiekty obserwowane przez satelitę IRAS. Pyłowa otoczka jednego z nich absorbuje i reemituje w przybliżeniu 75% promieniowania nadolbrzyma. Drugi jest całkowicie zasłonięty przez obłok pyłowy. Można spodziewać się, że w naszej Galaktyce istnieje więcej obiektów całkowicie przesłoniętych przez pył, ale ocena odległości, a tym samym jasności absolutnej, jest bardziej kłopotliwa niż w przypadku Obłoków Magellana.

Ewolucja masywnych gwiazd jest silnie określona przez dwa czynniki. Pierwszym z nich jest tempo utraty masy. W pewnych grupach gwiazd, np. LBV i żołtych skrajnych nadolbrzymach, obserwuje się długotrwałe okresy wzmożonej utraty masy. Wypływ masy jest zjawiskiem niestacjonarnym, również w krótkich skalach czasowych. Jak pokazuje szczegółowa analiza linii emisyjnych, wiatry w gwiazdach W-R są niejednorodne, co może prowadzić do kilkukrotnego zawyżenia wyznaczanych temp utraty masy. Nieznajomość skali czasowej zjawiska i jego intensywności bardzo utrudnia podanie średnich wartości, stosowanych przy obliczeniach ewolucyjnych. Drugim czynnikiem są procesy mieszania we wnętrzach gwiazd. Obserwacyjnie śledzić je można, badając zmiany składu chemicznego na powierzchni. Należy jednak pamiętać, że również wiatr, wywiewając zewnętrzne warstwy gwiazdy, przyczynia się do zmiany obserwowanego składu chemicznego.

Gwiazdy górnej części diagramu H-R ewoluują w stosunkowo krótkich skalach czasowych milionów lat. Materia, przeprocesowana we wnętrzach gwiazd, wyniesiona zostaje na powierzchnię w procesach mieszania. Następnie rozpraszana jest w środowisku międzygwiazdowym poprzez intensywny wiatr, ewentualnie, w końcowej fazie życia, poprzez wybuch supernowej. Z tej materii powstają następne pokolenia gwiazd.

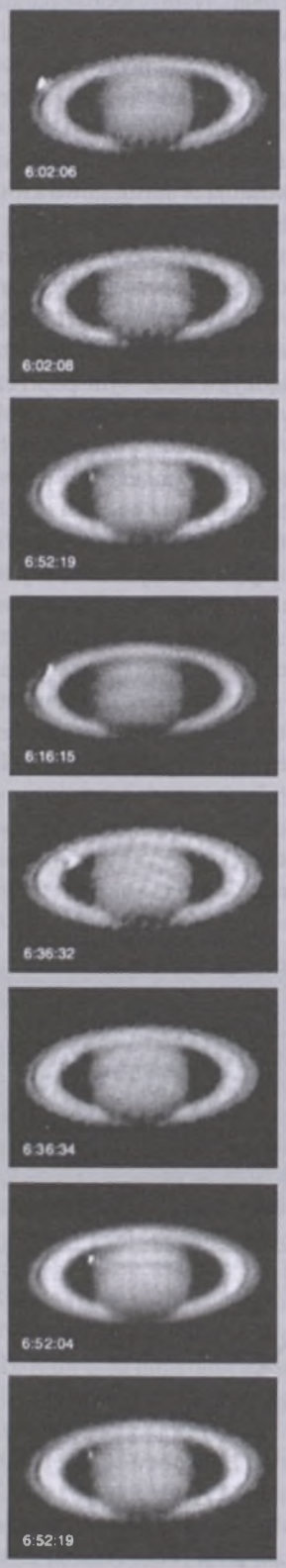
Zarówno szybkość ewolucji, jak i dominująca w niej rola utraty masy wskazują na wagę badań wiatrów najjaśniejszych gwiazd. Procesy fizyczne konrolujące wiatry są ciągle słabo znane, a przecież ich opis matematyczny jest niezbędny dla prowadzenia obliczeń ewolucyjnych. Z kolei dokładniejsze modele ewolucyjne gwiazd najmasywniejszych są konieczne dla lepszego poznania ewolucji galaktyk, a tym samym i wszechświata.

Dr Mirosław Schmidt jest astrofizykiem CAMK PAN w Toruniu.
Dr Krzysztof Gęsicki jest pracownikiem Centrum Astronomii UMK.
Obaj autorzy wspólnie zajmują się badaniem atmosfer żółtych skrajnych nadolbrzymów.



Roman Fangor

Przetworniki CCD w amatorskich obserwacjach astronomicznych



Reprodukcja ośmiu zdjęć wykonanych w obserwatorium astronomicznym na Mount Wilson podczas zakrycia gwiazdy 28 Sgr przez Saturna i jego pierścienie w nocy 3 lipca 1989. Zdjęcia były wykonywane z monitora podczas obserwacji.

Jeszcze 10 lat temu **przetworniki CCD**, które całkowicie zmieniły świat filmowca-amatora, wypierając niemal zupełnie popularne do niedawna kamery filmowe 8 i 16 mm, były rzadko stosowane w amatorskich teleskopach. Główny powód prosty — wysoka cena, rzędu kilku tysięcy dolarów.

Znane miesięczniki „*Sky & Telescope*" i „*Astronomy*" zawierają dużo informacji o takich przetwornikach. Firma ***SBIG*** (z *Santa Barbara, California, USA*) oferuje m. in. detektory **ST-7** i **ST-8**. Pierwszy z nich ma 765 × 510 pikseli (a więc rozdzielczość zbliżoną do SVGA 800 × 600) i rozmiar samego „chipa" 6.9 × 4.6 mm. Drugi — 1534 × 1020 pikseli, rozmiar — 13.8 × 9.2 mm, a więc 4-krotnie większą powierzchnię. Rozmiar pojedynczego piksela wynosi 9 × 9 mm, a więc niewiele więcej od ziarna wysokoczułej błony czarno-białej (a co ważne, nie ma takiego wrażenia „ziarnistości", jak w klasycznym negatywie — czasami można było pomylić kulistą gromadę gwiazd z większą gromadą... ziaren negatywu). Tego typu przetworniki są „obsługiwane" przez komputer i Windowsy. Cenną ich zaletą jest nie tylko bardzo duża czułość, ale przede wszystkim możliwość naświetlania CCD nie tylko w sekundach, ale nawet w minutach. Po kilku sekundach można zarejestrować gwiazdy znacznie słabsze niż widoczne tym samym teleskopem bezpośrednio wizualnie. Chyba jedyną wadą wyżej wymienionych przyrządów jest ich cena: ST-7 = 2450 $, a ST-8 = 6450 $[1].

Tańsze są mniejsze kamery CCD oferowane przez znaną firmę ***Meade***. Najprostszy przetwornik **Pictor 201** (336 × 242 piksele, 3.3 × 2.4 mm) można nabyć już za ok. 400 $. Lepszy i większy **Pictor 416** (768 × 512 pikseli, 6.9 × 4.6 mm) kosztuje ok. 2500 $. Kamera z największym CCD (identycznym z ST-8) oraz chłodzeniem (do temp. –40°C) to już prawie 7000 $.

Jeśli jednak naszym celem nie będzie „fotografowanie" obiektów słabszych od 15 mag, a zastosujemy tzw. kamery TV przemysłowej, to ceny będą kilkakrotnie niższe. Obecnie ceny tych detektorów spadły na tyle, że również w naszej sekcji — **Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć** (SOPiZ) Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii — niektóre zjawiska astronomiczne rejestruje się tymi kamerami. Dlatego niniejszy artykuł nie będzie ilustrowany zdjęciami publikowanymi, np. w „Sky & Telescope", a wykonywanymi przez obserwatorów PTMA.

Najważniejszą cechą takiej kamery powinna być możliwość wyłączenia automatyki, ustalającej czas naświetlania lub wartość przesłony. W przeciwnym przypadku, przy rejestrowaniu gwiazd będziemy mieli na ekranie zbyt jasne tło nieba (a w efekcie np. prześwietlony obraz planety), a podczas zakryć gwiazd przez Księżyc ten ostatni spowoduje takie zmniejszenie czułości, że gwiazda przestanie być widoczna w polu widzenia. Kolejną cechą musi być możliwość wymieniania optyki. Jeśli ma ona obiektyw zainstalowany na stałe (większość domowych kamerowidów), jej możliwości będą bardzo ograniczone. Również istot-

[1] Podane ceny odnoszą się do połowy 1997 r.

nym parametrem kamery musi być jej czułość — zwłaszcza kolorowe mają czułość rzędu 1–5 lx, co nie wystarczy do zarejestrowania słabych gwiazd. Wreszcie taka kamera nie musi zawierać kasety magnetowidowej — wystarczy wyjście wideo takie jak do magnetowidu lub monitora.

Najczęściej spotyka się przetworniki 1/2″ (rozmiar CCD 4.8 × 6.4 mm) oraz 1/3″ (3.3 × 4.4 mm). Każdy rozmiar może być ze standardową rozdzielczością (na ogół w zakresie 380–410 linii TV) oraz wysoką (570–700 linii). Można nabyć kamery zasilane zarówno napięciem zmiennym 220 V, jak i stałym 12 (lub 24) V. Ze względów bezpieczeństwa (możliwe obserwacje przy niskiej temperaturze jak i większej wilgotności) należy stosować wersje niskonapięciowe (np. 12 V) i podane niżej parametry dotyczą tylko takich kamer. Jest to szczególnie wygodne w warunkach „polowych", gdzie czasami mamy tylko akumulator lub baterie. Interesującym „uzupełnieniem" kamery może być magnetowid, umożliwiający zapis „co którejś" klatki. W ten sposób zaćmienie Księżyca, zamiast np. 3 godzin, będzie trwać 15 minut (lub znacznie krócej). Niestety, cena takich magnetowidów jest wysoka (od 3000 zł wzwyż). Korzystając ze zwykłych magnetowidów VHS, warto korzystać z typów 4-głowicowych — uzyskuje się lepszą jakość zapisu, a przede wszystkim lepszą jakość tzw. stop-klatki i ruchu zwolnionego.

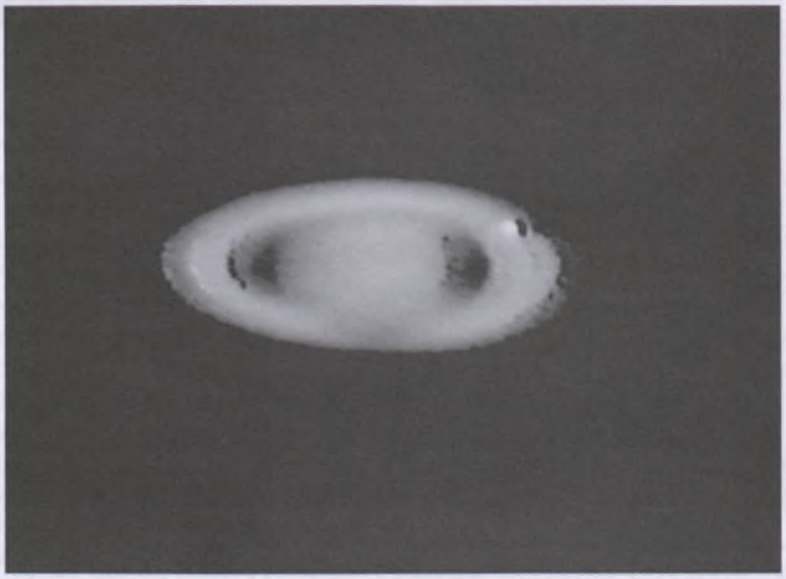
Znana firma ***Panasonic*** ma w swoim asortymencie nie tylko telewizory czy magnetowidy, ale także kamery CCD. Kamery **WV-BP514** oraz **WVBP314** mają przetwornik 1/3″, rozdzielczość 570 linii TV, czułość ok. 0.06 lx (przy F=1.2), elektroniczną migawkę w zakresie 1/50 – 1/10000 sek i zasilanie 24 V (kamera **WV-BP312** — 12V). Cena (z VAT) — ok. 1800 zł. Jako ciekawostkę mogę podać, że kamera ze wzmacniaczem obrazu WV-BD900/G ma bardzo wysoką czułość — 0.0015 luksa i równie wysoką cenę (ponad 47 000 zł !)

Również firma ***Sony*** posiada podobne kamery. Kamera **SPT-M102CE** (1/3″) ma czułość ok. 0.1 lx (przy F=1.2) i rozdzielczość 500 × 580 pikseli. Cena ok. 760 zł (bez VAT). Inna — **SSC-M350CE** — ma mniejszą czułość (ok. 0.3 lx), przetwornik 1/2″ i migawkę do 1/10000 sek. Cena — 1522 zł.

Warto się zainteresować kamerami firmy ***Mintron,*** które mogą być przydatne obserwatorom zakryć gwiazd, zwłaszcza przez planetoidy. Kamery **(1/3″) MS-168P i MS-168EP** oraz **OS-25III** (1/2″) mają czułość rzędu 0.02–0.05 lx (przy F = 1.2), rozdzielczość rzędu 400 linii TV lub 512 × 580 pikseli. Cena ich jest rzędu 600–900 zł. Jeżeli interesuje nas kamera o większej rozdzielczości, to kamera **OS-45D** przy czułości 0.02 lx ma rozdzielczość 600 linii TV lub 795 × 600 pikseli (cena ok. 1400 zł). Nie podaję danych kamer kolorowych, ponieważ są kilka razy droższe, a ich czułość jest rzędu 1 lx. Powyższe kamery (np. OS25III) mają możliwość ręcznego wzmocnienia (czułości), zmianę kontrastu obrazu oraz wyjście *composit video* — czyli bez problemu można podłączyć zwykły magnetowid (i monitor). Elektroniczna migawka daje czasy naświetlania rzędu 1/50000 sek (!) przy bardzo jasnych obiektach i 1/50 sek (najdłuższy czas) przy obiektach ciemnych (przy gwiazdach). Pozwala to rejestrować w czasie rzeczywistym zarówno zakrycia gwiazd przez Księżyc, jak też zjawiska planetoidalne. Jeżeli gwiazda zakrywana przez planetoidę będzie jaśniejsza od ok. 9 mag, to taki zapis magnetowidowy będzie miał podwójną wartość: zarówno dokumentalną, jak i popularyzatorską.

Uzupełnieniem kamery musi być monitor: albo zbliżony parametrami do **TWM-315** (*Unitra*) lub do odbiorników telewizyjnych typu „**Vela**" — produkowanych kilkanaście lat temu,albo monitor firmy *Bielski* typu **MTV 04** (ekran 11cm !, zasilanie również 12 V) — cena ok. 340 zł (bez akumulatora). Lepsze monitory (MTV 02) to już prawie 900 zł. Innym rozwiązaniem jest podłączenie kamery do takiego komputera, którego karta graficzna ma wejście wideo.

Pierwsze próby kamery **OS-25III** firmy ***Mintron*** w Oddziale Warszawskim PTMA dały dobre rezultaty. Kamera o czułości rzędu 0.02 lx i rozdzielczości rzędu 400 linii TV (512 × 580 pikseli) została pod koniec grudnia 1996 r. po raz pierwszy użyta do obserwacji zakrycia gwiazdy przez Księżyc. Była to próba „generalna", bez zapisu sygnałów czasu na taśmie wideo. Warunki były bardzo trudne — temperatura powietrza –20°C, kamera CCD była przymocowana do teleskopu Newtona 250mm taśmą klejącą (kłopoty z ustawieniem ostrości), faza Księżyca **–97%.** Odkrycie gwiazdy (o jasności 6.0 mag) zostało dostrzeżone dopiero w domu podczas uważnego przeglądania taśmy wideo. Warto dodać, że równoczesna wizualna obserwacja zjawiska teleskopem 150 mm zakończyła się niepowodzeniem — gwiazdy nie było widać. Efektownie wyszedł natomiast sam Księżyc, mimo fazy bliskiej pełni. Poważnym utrud-



Kadr z filmu dokumentalnego przedstawiającego zakrycie 28 Sgr przez Saturna. Gwiazda świeci w przerwie Cassiniego.

nieniem przy obserwacji zwłaszcza słabych gwiazd były refleksy (w kamerze lub w teleskopie) od jasnej tarczy Księżyca oraz jasne tło nieba.

Po kilkunastu dniach, po wykonaniu specjalnej złączki umożliwiającej połączenie kamery z teleskopem oraz standardowymi obiektywami fotograficznymi i zamocowaniu dodatkowych diafragm, jakość obrazów Księżyca i gwiazd znacznie się poprawiła. Monitor typu **MTV 04** (ekran 11 cm!) dawał bardzo ostre obrazy Księżyca i gwiazd. Ma jednak pewną „wadę" — automatyka tego monitora sama ustala jasność obrazu, co utrudnia prawidłowe ustawienie wzmocnienia kamery CCD. Do obserwacji zakryć gwiazd wykorzystywałem potem monitor komputerowy (większy i cięższy), ale za to z ręczną regulacją jasności i kontrastu obrazu. Elektroniczna migawka ma dwie opcje: ustawienie automatyczne (czasy naświetlania od 1/50000 sek do 1/50 sek) lub ustawienie ręczne (stałe — 1/50 sek). Podczas rejestracji zakryć gwiazd należało ustawić migawkę na 1/50 sek i ręczną regulacją wzmocnienia osiągnąć jednocześnie możliwie nie prześwietlony obraz Księżyca oraz widoczność gwiazd przy jego tarczy.

Zdjęcie komety wykonane teleskopem Newtona 250/1400 (w ognisku głównym) podczas publicznych pokazów w Warszawie. Widoczne koło jądra komety koncentryczne jasne pierścienie były niemożliwe do sfotografowania tym teleskopem na tradycyjnej błonie fotograficznej.

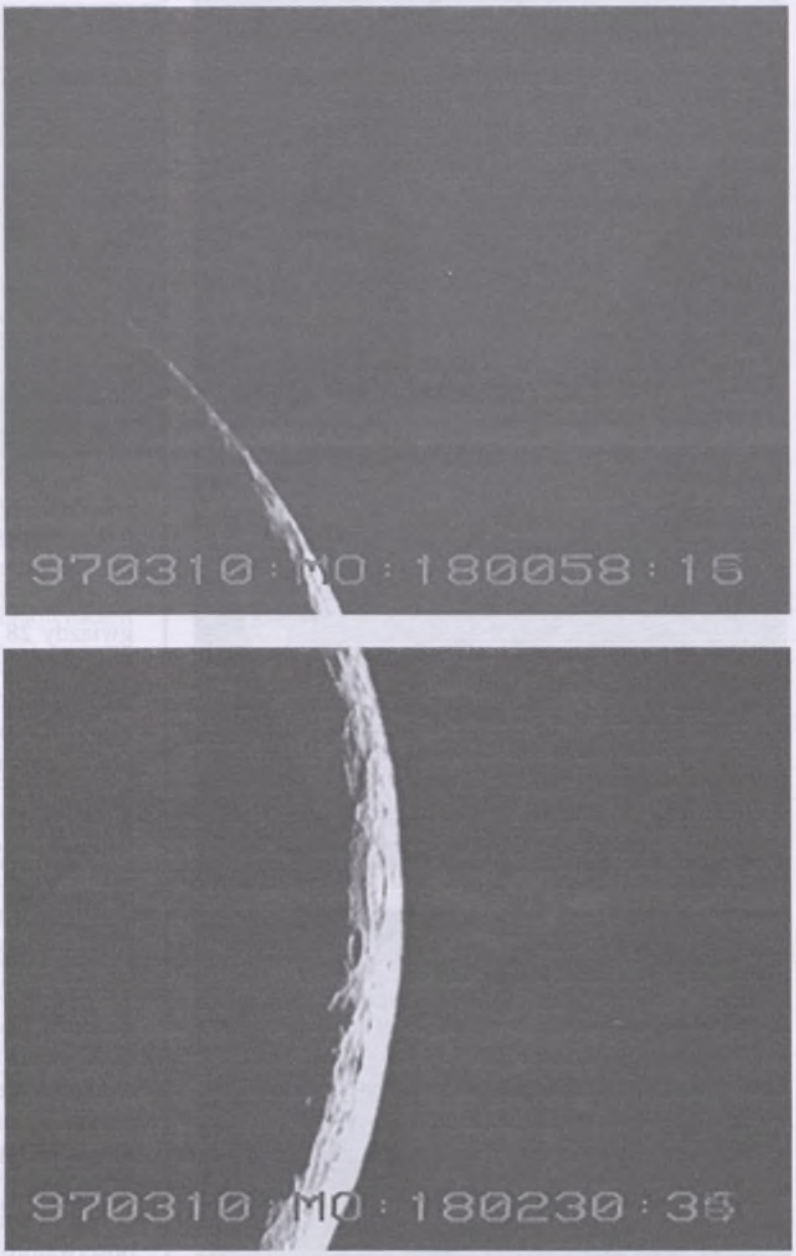
Jowisz, sfotografowany w/w teleskopem z konwerterem wydłużającym ogniskową do ok. 500 cm. Dodatkowo obraz planety powiększony podczas „obróbki" komputerowej. Z lewej strony planety widoczny Io, którego cień znajduje się blisko brzegu tarczy Jowisza.

Pierwsze w pełni udane nagrania zakryć gwiazd przez Księżyc wykonano w dniach 15, 16 i 17 lutego 1997 r. Obserwacje te wykazały zalety kamery CCD: nie tylko możliwość otrzymania dokładniejszych momentów niż podczas obserwacji wizualnych (można osiągnąć faktyczną dokładność rzędu ±0.1 sek), ale także możliwość obserwacji słabych gwiazd w pobliżu Księżyca — w tych dniach zarejestrowano zakrycia gwiazd o jasnościach do +9.4 mag. W obserwacjach nie przeszkadzały nawet niewielkie chmury, które na ekranie sprawiały wrażenie... śnieżycy. Analiza nagrań „wykryła" podwójność dwóch gwiazd (jedna z nich jest być może potrójna). Odległość między składnikami rzędu 0.1" to prawie 0.2 sek czasu, czyli 4 klatki zapisu wideo. Służba czasu oparta była o elektroniczny rejestrator czasu — sygnały były nagrywane na taśmę magnetowidową podczas obserwacji. Dodatkową atrakcją w tych dniach był obraz Saturna z pierścieniem i dwoma jego satelitami (przy wysokości Słońca ok. –5°!). Użycie telekonwertera pozwalało uzyskać obraz Księżyca, odpowiadający powiększeniu wizualnemu ponad 300 razy.

Udały się nagrania komety Hale'a-Boppa, którą można było już w drugiej połowie stycznia 1997 r. dostrzec w Warszawie gołym okiem, krótko przed wschodem Słońca (przed godz. 6). W pierwszych dniach marca podczas pokazów komety Hale'a-Boppa użycie kamery pozwoliło wielu uczestnikom pokazu obserwować niecodzienny widok — koncentryczne pierścienie wokół jądra komety. Służbę czasu oparto o inserter — przystawkę włączaną między kamerę a magnetowid. Na ekranie wyświetlane były: data oraz moment zjawiska (z dokładnością do jednej klatki, czyli w przybliżeniu do ± 0.05 sek). Kolejne udane obserwacje z kamerą CCD miały miejsce 10 marca. Przy bardzo dobrej

widoczności udało się najpierw pokazać niezwykle wąski sierp Księżyca (1.5 dnia po nowiu, przy wysokości Słońca –5° i Księżyca +12°), następnie zakrycie gwiazdy 6.5 mag przy ciemnym brzegu (h_{Ks}=8°), a w końcu kometę H-B. Warto dodać, że w tym pokazie wzięło udział ok. 50 osób oraz ekipa TV z „Panoramy", która pokazała (niestety, dopiero po północy) obraz komety widzianej przez nasz teleskop i kamerę CCD. W dniach 16–20 marca wykonano kolejną serię zakryć gwiazd, osiągając kolejny „rekord" — zakrycie gwiazdy o jasności +10.5 mag[2]. Ilość zakryć wykonanych podczas jednej z „sesji" obserwacyjnych sięgnęła 15, podczas gdy obserwatorzy wykonujący obserwacje wizualnie teleskopami 150 mm uzyskiwali zaledwie kilka udanych zakryć. Warto w tym miejscu dodać, że kamera jest szczególnie czuła w bliskiej podczerwieni, co umożliwia obserwacje (i nagrania) w warunkach, w których obserwacje były bardzo trudne, np. o świcie, a nawet w dzień (przykładem były ostatnie zakrycia Wenus przez Księżyc).

Szczególnie cenne są te kamery do obserwacji zakryć gwiazd przez planetoidy. Niewielu polskich obserwatorów, nawet tych, którzy próbowali wykonywać wizualnie obserwacje zakryć gwiazd przez Księżyc, wykonuje systematycznie obserwacje „planetoidalne". Wystarczy tu wspomnieć, że najczęściej gwiazdy są słabsze od 9 mag, moment zjawiska podawany jest z dokładnością rzędu... 5–15 minut, a położenie pasa (w którym widoczne będzie zakrycie gwiazdy przez planetoidę o średnicach najczęściej 30–100 km) znane jest czasem z dokładnością do rozmiarów... Europy! Obserwator nie może oderwać oka od okularu przez kilkanaście minut, czekając na kilka sekund, w czasie których gwiazda może zniknie (zakładając, że planetoida jest znacznie słabsza od gwiazdy i poza zasięgiem teleskopów 15–30 cm). W przeciwieństwie do innych zjawisk, zaobserwowany brak zakrycia też jest cenną obserwacją. Przytoczę tu słynne obserwacje (jeszcze tylko wizualne) zakrycia κ **Gem** (3.6 mag) przez planetoidę (433) **Eros** w nocy 23 stycznia 1975 r. Kilkunastu obserwatorów w USA zaobserwowało zakrycie (trwało od 0.4 sek do 3.6 sek), kilkunastu kolejnych znalazło się „o włos" od granicy zakrycia (setki innych było znacznie dalej). Na tej podstawie Brian Marsden opublikował kształt Erosa — bardzo podobny do załączonego kształtu planetoidy (216) Kleopatra (również na podstawie obserwacji amatorskich — zwraca uwagę wysoka góra![3]). Warto wspomnieć, że w 1999 r. do Erosa dotrze sonda „NEAR" i wtedy przekonamy się, w jakim stopniu te obserwacje zakryciowe pozwalają określić kształt planetoid.



Zdjęcia Księżyca w wieku 1.5 dnia (!) 10 marca 1997 r. wykonane wkrótce po zachodzie Słońca przy wysokości Słońca –5°. Przy bardzo dobrej przejrzystości nieba widoczne światło popielate i oświetlone przez Słońcepojedyncze góry na Księżycu.

[2] Przy najdłuższej migawce kamery, wynoszącej tylko 1/50 sek. Dla porównania — dla uzyskania obrazu gwiazdy tej jasności na błonie o czułości 400 ASA trzeba ją naświetlać tym samym teleskopem 5–10 sekund.

[3] Zakrycie gwiazdy PPM 115296 o jasności 9.1 mag zaobserwowało 9 osób. Na podstawie analizy tych wyników Brian Marsden opublikował prawdopodobny kształt planetoidy. Jeżeli jeden z obserwatorów nie popełnił istotnego błędu, planetoida ma górę o wysokości ok. 25 km!

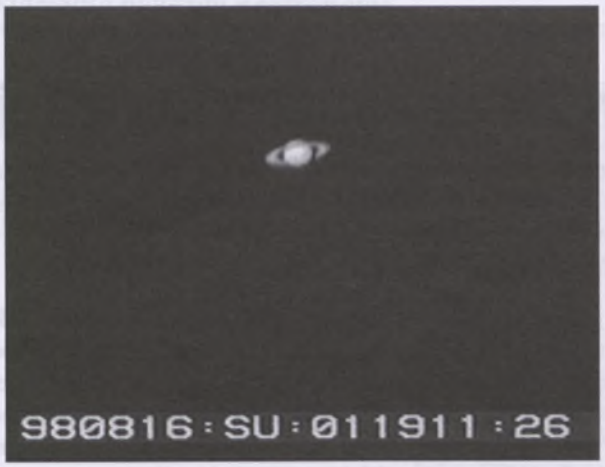
Księżyc w dniach 16.08.1998 r. oraz 17.03.1997 r. sfotografowany przy użyciu teleskopu + telekonwertera.

Do niedawna problemem dla polskich obserwatorów był brak („na czas") informacji o przewidywanym i korygowanym do ostatniej chwili przebiegu pasa zakrycia. Mimo to obserwatorom SOPiZ udało się wykonać kilka pozytywnych obserwacji zjawisk planetoidalnych (wyjątkowo udane były dla obserwatorów z południowej Polski). 15 maja 1995 r. pas zakrycia gwiazdy PPM 227166 przeszedł wzdłuż granicy polsko-czesko-słowackiej, a zjawiska zostały zaobserwowane przez obserwatorów ze Zręcina, Niepołomic, Krakowa i Wrocławia. Jako ciekawostkę mogę dodać, że planetoida nazywała się... **Urania**. Największym utrudnieniem, oprócz małej jasności gwiazdy (10.5 mag), był Księżyc niemal w pełni ! Ostatni sukces to zarejestrowane w 1998 r. na taśmie wideo zakrycie gwiazdy **PPM 96685** przez planetoidę (578) **Happelię**, a obserwację wykonał Leszek Benedyktowicz z Krakowa. Według ostatnich pomiarów astrometrycznych, zjawisko to powinno być widoczne 300 km na zachód od Krakowa !

Kilka lat wcześniej wydarzeniem było zakrycie gwiazdy **28 Sgr** przez **Saturna** 3 lipca 1989 r., które było widoczne w USA. Obserwatorzy SOPiZ otrzymali później taśmę wideo z trwającym prawie 1.5 godziny zapisem zjawiska (całe trwało ponad 3 godziny!). Nagrania dokonano kamerą CCD podłączoną do 150 cm teleskopu w Mount Wilson. Mimo że otrzymana taśma wideo nie była najlepszej jakości (prawdopodobnie podczas konwersji z systemu NTSC do PAL), dołączam „stop-klatkę" z tego zapisu oraz reprodukcje z „Sky & Telescope", w którym opisano to zjawisko. W ostatniej chwili, kilka dni przed zakryciem tej gwiazdy przez Saturna okazało się, że kilkanaście godzin później, w Europie, będzie widoczne **zakrycie Tytana** przez tę samą gwiazdę! Choć Saturn był nisko nad horyzontem, a pogoda nie najlepsza, zjawisko było dobrze widoczne. Obserwatorów w centralnej Europie czekała nie lada niespodzianka. Prowadząc razem z innymi członkami SOPiZ tę obserwację w Warszawie, zauważyliśmy „błysk centralny"!. Zostało to zauważone przez innych obserwatorów w Polsce, a z Niemiec otrzymaliśmy taśmę wideo potwierdzającą to rzadkie zjawisko.

Kamery CCD są bardzo cenne podczas obserwacji brzegowego zakrycia gwiazdy przez Księżyc, kiedy gwiazda wielokrotnie znika i pojawia się za brzegiem naszego satelity. 3 listopada 1988 r. obserwatorzy z Niemiec udali się do Danii, gdzie wykonali obserwację brzegowego zakrycia **Regulusa**. Zjawisko to miało niecodzienny przebieg: oprócz kilkunastu (!) kolejno następujących zakryć i odkryć były tzw. „błyski", a w pewnym momencie przez kilka sekund nie było ani zakrycia, ani odkrycia — gwiazda „ślizgała" się po brzegu Księżyca, wielokrotnie zmieniając jasność (trzeba dodać — tego nie można opisać ani przedstawić na zdjęciach — to trzeba zobaczyć albo na „żywo", albo na taśmie wideo).

28 kwietnia 1998 r. w Polsce (blisko Łodzi i Poznania) przebiegała granica brzegowego zakrycia **Aldebarana** przez Księżyc. Planetarium i Obserwatorium m. Łodzi, PTMA w Łodzi oraz SOPiZ zorganizowały

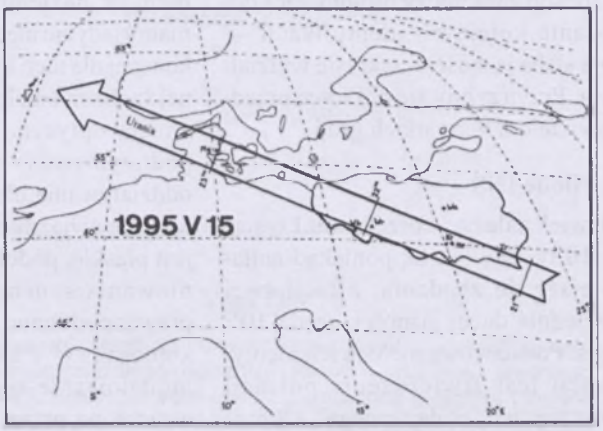


Saturn zarejestrowany kamerą CCD w Warszawie 16.08. 1998 r. (tak jak poprzednio — ten sam teleskop i telekonwerter).

Kilka minut przed zakryciem gwiazdy PPM 122334 (6.3 mag) rzadkie chmury zasłaniają Księżyc — gwiazda nadal widoczna (przez chmury).

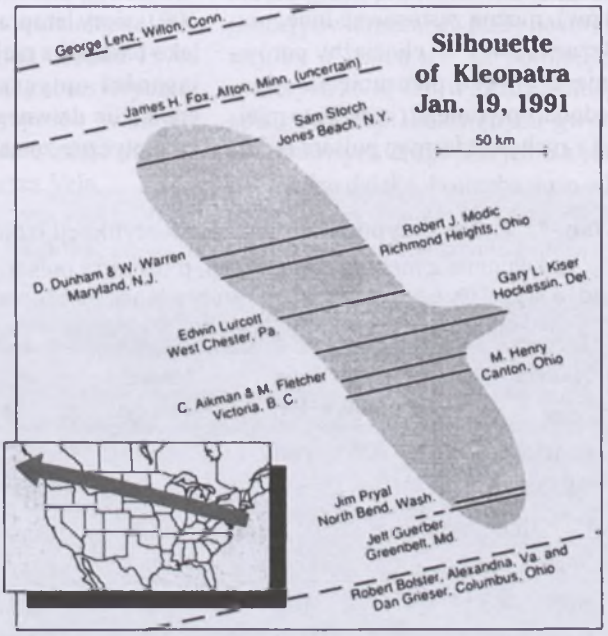
ekspedycję na to zjawisko (z udziałem obserwatorów z innych krajów). Ponad 40 osób na 29 stanowiskach (rekord Polski!) rozstawionych co kilkaset metrów na przestrzeni prawie 10 km wykonało te obserwacje. Zarówno obserwacje wizualne, jak i z CCD charakteryzowały się długim — nawet ponad 0.2 sek — czasem znikania i pojawiania się Aldebarana, co jest związane ze stosunkowo dużą średnicą widomą tej gwiazdy (ok. 0.025"). Po raz pierwszy 6 obserwatorów nagrało zjawisko za pomocą kamer CCD, a niemal wszystkie nagrania wyszły bez zarzutu. Szczególną satysfakcję może mieć Ladislav Šmelcer, który zarejestrował co najmniej 20 kontaktów! Zmontowaną taśmę ze wszystkimi nagraniami przedstawił na **European Symposium of Occultation Predictions** (w sierpniu 1998 r. w Belgii) reprezentujący Polskę prezes Oddziału PTMA w Warszawie, Janusz Wiland.

Zdjęcia Księżyca i planet, będące ilustracją tego artykułu, zostały wykonane w/w kamerą CCD dołączoną do teleskopu Newtona 250 mm / 1400 m, którym wykonywana jest obecnie większość pokazów nieba i obserwacji w PTMA w Warszawie. Część zdjęć wykonano przy użyciu telekonwerterów, wydłużających ogniskową teleskopu do ok. 500 cm, co dawało skalę 0.6″/piksel. Ze względu na falowanie powietrza w mieście oraz montaż azymutalny teleskopu, praktyczna rozdzielczość wyniosła ok. 2″ (testem było rozdzielenie ε Lutni). Nagrania wideo były przetwarzane za pomocą tzw. „łapacza ekranu", a otrzymywane „stop-klatki" o rozdzielczości 768×576 pikseli zapisywane na dysku komputera i następnie korygowane programem „Picture Publisher".



Droga pasa zakrycia gwiazdy PPM 227166 przez planetoidę Urania w Europie, w nocy 15.05.1997 r.

Rys. dr Marek Zawilski



Kształt planetoidy Kleopatra otrzymany przez Briana Marsdena na podstawie 9 pozytywnych obserwacji zakrycia gwiazdy PPM 115296. Zwraca uwagę góra wysokości ok. 25 km (na podstawie analizy obserwacji Gary'ego Kisera.)

Roman Fangor jest miłośnikiem astronomii i pracownikiem Planetarium Muzeum Techniki w Warszawie. Jego astronomiczną pasją są obserwacje zakryć gwiazd przez Księżyc.

Gwiazdy neutronowe w dziedzinie optycznej

Mimo iż od z górą trzydziestu lat, postulowane najpierw teoretycznie, gwiazdy neutronowe uzyskały obserwacyjne potwierdzenie istnienia w postaci pulsarów, wciąż niewiele wiadomo o ich naturze w zakresie optycznym. Obecnie jesteśmy w stanie wskazać zaledwie dziewięć przypadków, w których możemy powiedzieć o optycznej rejestracji tzw. izolowanych gwiazd neutronowych (określanych skrótem INS, od angielskiej nazwy *isolated neutron stars*).

Wszystkie dotychczasowe przypadki, kiedy to dla INS udało się odszukać na niebie ich odpowiedniki optyczne, prezentuje tabela. Zgromadzone tam obiekty można podzielić, przyjmując za wyróżnik ich wiek, na trzy grupy, które wszakże łączy jedna cecha, w sposób zasadniczy utrudniająca dokonanie kolejnych identyfikacji — zbyt słaba jasność w zakresie widzialnym. Przyjrzyjmy się pokrótce przedstawicielom wszystkich grup.

Młode INS

Ich wiek należy do przedziału 1 tysiąc — 10 tysięcy lat. Są poniekąd najłatwiejsze do zbadania, z racji swej względnie dużej jasności, rzędu 10^{33} erg/s. Podstawową metodą ich identyfikacji jest stwierdzenie pulsacji optycznych u „podejrzanego". Oprócz obiektu P5R1509–58, są one faktycznie pulsarami optycznymi. Jeśli dodatkowo obiekt taki jest w miarę bliski (odległość nie przekraczająca 500 parseków), można zastosować inne, niezależne metody — chociażby porównanie kątowego przesunięcia odpowiednika optycznego (jeśli ma to miejsce) z ruchem własnym pulsara radiowego. W tej grupie gwiazd neutronowych jedynie dla Kraba została wykonana dokładna, średniorozdzielcza spektroskopia optyczna. Dla pozostałych członków tej grupy, które wymykają się już badaniom widmowym przy użyciu obecnie dostępnych instrumentów naziemnych i orbitalnych, mamy jedynie nieco danych dzięki wykonanej dla nich fotometrii wielobarwnej (zobacz tabelę). Przyjmuje się, że emisja optyczna młodych INS jest podtrzymywana przez energetyczne oddziaływania elektronów w magnetosferze gwiazdy neutronowej; widmo jest płaskie, podobnie jak dla promieniowania synchrotronowego. Najprawdopodobniej jest tak i dla „nonkonformisty" PSR1509–58, jednakże modelowanie tego przypadku jest utrudnione przez poważną absorpcję międzygwiazdową w tym kierunku.

INS wieku średniego

Wśród obiektów mających około 100 tysięcy lat sprawa pogarsza się daleko bardziej z racji jeszcze mniejszej jasności optycznej, rzędu 10^{27-28} erg/s. Nic dziwnego zatem, że pulsacje optyczne zostały stwierdzone dopiero niedawno dla Gemingi i PSR 0656+14. Posiadamy dla nich również dane z fotometrii wielobarwnej. Wzmożoną uwagę należy także zachować w trakcie prób modelowania takich przypadków. W grę mogą bowiem zaczynać wchodzić dodatkowe procesy powodujące pojawianie się emisji w zakresie widzialnym. Przykładowo, optyczna emisja magnetosferyczna mogła osłabnąć na tyle, że „przeświwywać" zaczęła emisja termiczna ze stygnącej powierzchni gwiazdy neutronowej, o temperaturze rzędu 100 tysięcy do miliona kelwinów; tym bardziej że obserwacje rentgenowskie zdają się to potwierdzać. Taką właśnie termiczną aktywność powierzchni gwiazdy neutronowej sugerują najnowsze dane z fotometrii wielobarwnej dla Gemingi. Widać jednakże równocześnie szeroką strukturę emisyjną na długości fali rzędu 6 tysięcy angstremów, którą można przypisać emisji cyklotronowej lekkich jonów w atmosferze tej gwiazdy, nałożoną na kontinuum Rayleigha–Jeansa w zakresie miękkiego promieniowania rentgenowskiego. Nieco innym zachowaniem widmowym charakteryzuje

Tab. 1. Znane przypadki optycznej identyfikacji izolowanych gwiazd neutronowych.

W kolumnie z metodą identyfikacji, p oznacza pulsacje optyczne, r.w. — ruch własny odpowiednika optycznego, a liczby określają dokładność koincydencji położenia w sekundach łuku. W danych fotometrycznych, pomiary z Teleskopu Kosmicznego Hubble'a wyróżniono kursywą.

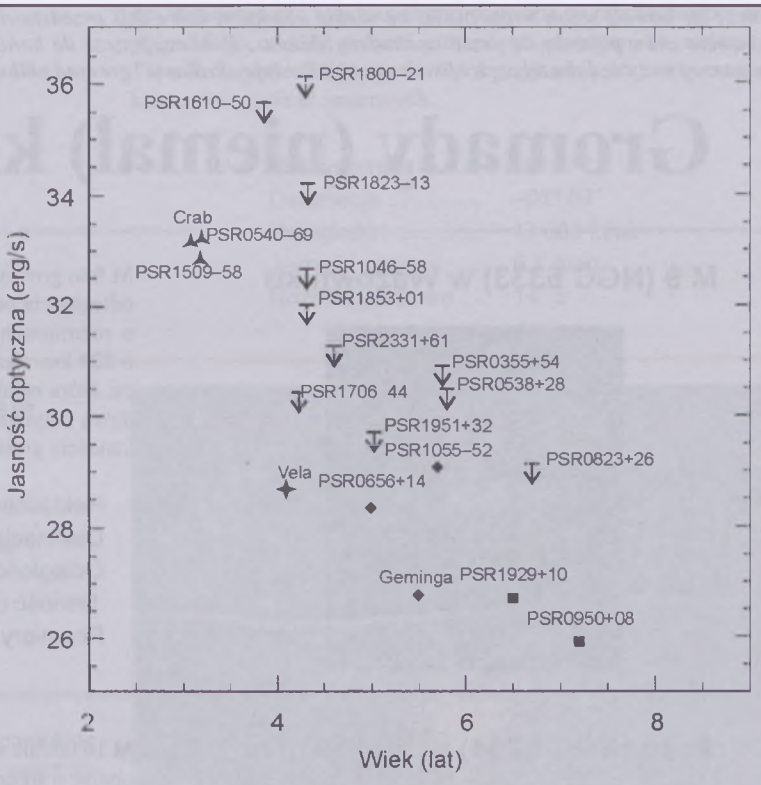
Nazwa	Wiek [tys. lat]	Metoda identyf.	Fotometria wielobarwna I	R	V	B	U
Krab	1.3	p	15.36	16.21	16.65	17.16	16.69
PSR0540–69	1.6	p	21.5	21.8	*22.5*	22.7	22.05
PSR1509–58	1.6	0.35	19.8	20.8	22.1	23.8	
Vela	12.6	p		23.9	*23.6*	23.9	23.8
P5R0656+14	100	p	23.8	24.5	*25*	*24.8*	*24.1*
Geminga	316.2	r.w.	≥26.4	25.5	*25.5*	*25.7*	*24.9*
P5R1055–52	501.2	0.1					*24.9*
P5R1929+10	3162.3	0.39				*≥26.2*	*25.7*
PSR0950+08	15848.9	1.83					*27.1*

się najmłodsza przedstawicielka tej grupy, PSR0656+14. W jej przypadku jest to strome widmo potęgowe, plus dodatkowy składnik od gorącego ciała doskonale czarnego.

Stare INS

Obiekty tej grupy legitymują się wiekiem powyżej miliona lat, a ich aktywność optyczna stała się bardzo słaba — w zakresie widzialnym świecą one z wydajnością co najwyżej około 10^{26} erg/s. O ile o identyfkacji ich pulsacji optycznych nie ma co w ogóle marzyć, to zasadnicze problemy są także w dziedzinie fotometrycznej — mamy do dyspozycji pomiary w ledwie jednym lub góra dwóch filtrach. Żeby było trudniej, pomierzone jasności są w jaskrawej rozbieżności z ekstrapolacją do zakresu widzialnego widm czap polarnych i magnetosfery gwiazd neutronowych w zakresie miękkich rentgenów. Również i dla tych obiektów za ich strumieniem optycznym kryje się najprawdopodobniej emisja termiczna stygnącej powierzchni gwiazdy.

Nanosząc omówione powyżej znane przypadki optycznych identyfikacji izolowanych gwiazd neutronowych na wykres (zobacz rysunek), widać wyraźnie, iż obiekty te słabną z wiekiem. Do przebadania pozostaje jednak sprawa tempa tego spadku, a co więcej kwestia, czy towarzyszy mu zmiana mechanizmów odpowiadających za emisję optyczną. Warto tu dodać, że nawet w przypadku młodych INS nie możemy mieć stuprocentowej



Starzeniu się izolowanych gwiazd neutronowych towarzyszy spadek ich jasności optycznej. Trójramienne gwiazdki to młode INS, romby — INS wieku średniego, kwadraty — stare INS, natomiast Vela została zaznaczona gwiazdką czteroramienną. Pozostałe obiekty prezentują obecnie znane górne granice wartości. (źródło rysunku: Roberto P. Mignani 1998, preprint).

pewności, iż to ich magnetosfera gra kluczową rolę w procesie powstawania promieniowania widzialnego. Jak bowiem pokazano już w roku 1971, optyczna emisja magnetosferyczna powinna zanikać w sposób gwałtowny. I takie twierdzenie zdaje się potwierdzać nieco starsza Vela.

Z przedstawionej powyżej krótkiej charakterystyki wynikałoby, że wraz z wiekiem u INS coraz silniej dochodzi do głosu promieniowanie ze stygnącej powierzchni gwiazdy neutronowej, by w końcu stać się dominujące w starych INS. Do w miarę pełnego opisu ewolucji izolowanych gwiazd neutronowych droga jest jednak jeszcze bardzo daleka. Potrzeba dużo więcej obserwacji, nowych identyfikacji i rozważań teoretycznych. (*mag*)

na rozkładówce

Zorza polarna sfotografowana we Fromborku

Seria zdjęć prezentowanych na rozkładówce tego zeszytu została wykonana przez Krzysztofa Sochę z Kolonii koło Baćkowic w czasie jego pobytu we Fromborku w ramach akcji „Wakacje w Planetarium" (patrz *Urania-PA* 4/98 str 146). Jak pisze autor w swym liście, w nocy 27 sierpnia zrobiła się piękna pogoda, która postanowił wykorzystać tylko do robienia zdjęć, korzystając ze sprzętu Obserwatorium Astronomicznego przy Muzeum Mikołaja Kopernika. Około godz. drugiej czasu letniego pojawiły się na niebie niewielkie chmury, a po paru minutach coś jeszcze, co początkowo wziął za obłoki srebrzyste. Szybko jednak okazało się, że jest to coś znacznie ciekawszego.

Zorza rozjaśniała cały północny horyzont, a w niej dodatkowo pojawiały się silne pojaśnienia, które bardzo szybko rozwijały swą strukturę oraz jasność, i równie szybko gasły. Dynamika zmian wymuszała dość krótki czas naświetlań rzędu pół minuty. Po półtora godzinie zjawisko znacznie osłabło, by po kilkunastu następnych minutach całkiem zniknąć. Całe zjawisko charakteryzowało się biało-srebrzystą barwą. Dopiero wywołane zdjęcia ukazały barwy zarejstrowane przez kliszę fotograficzną (Kodak Gold 100 ASA). W zakończeniu swojego listu autor pisze: „Była to moja druga zorza, jaką widziałem, i cóż dodać, trzeba ją koniecznie zobaczyć samemu — choćby kosztem nieprzespania wielu nocy."

Kończy się powoli sezon widoczności na niebie obiektów, które dziś przedstawiamy. Na pocieszenie: niebawem znów pojawią się przed wschodem Słońca... Póki co, jeszcze do końca roku po zniknięciu wieczornej zorzy ozdobą tej części firmamentu pozostaje „królowa" gromad półkuli północnej — M 13.

Gromady (niemal) kuliste

M 9 (NGC 6333) w Wężowniku

M 9 to gromada kulista wyróżniająca się stosunkowo niewielką odległością od centrum Galaktyki (5 500 l.św.). Zajmuje obszar o rozmiarach 70 l.św., zaś dystans dzielący ją od nas rośnie o 224 km z każdą sekundą. Leży na krawędzi ciemnej mgławicy, która osłabia jej blask o co najmniej jedną wielkość gwiazdową (czynnik 2.5 razy). W jej granicach zidentyfikowano kilkanaście gwiazd zmiennych.

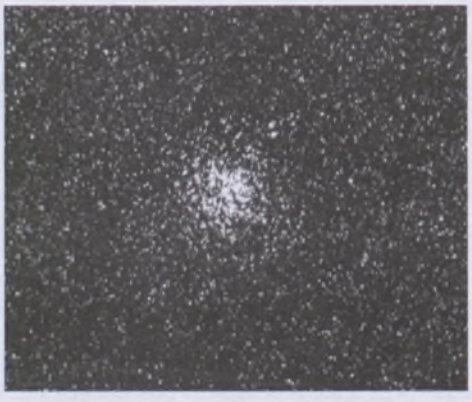
Rektascensja	$17^h\,19^m.2$
Deklinacja	–18° 31′
Odległość	26 400 l.św.
Jasność obserw.	7.7 mag
Rozmiary kątowe	9′.3

M 10 (NGC 6254) w Wężowniku

M 10 oddala się od nas z prędkością 69 km/s i zajmuje na niebie obszar o średnicy bliskiej połowie księżycowej tarczy, co odpowiada rzeczywistym rozmiarom około 70 l.św.. Jasne, ziarniste jądro o gruszkowatym kształcie to mniej niż połowa tego obszaru, lecz również w rejonach zewnętrznych można zaobserwować (przy powiększeniu rzędu 100 razy) pewne struktury. Odnalezione do tej pory w M 10 gwiazdy zmienne można policzyć na palcach jednej ręki, co jest swego rodzaju ewenementem.

Rektascensja	$16^h\,57^m.1$
Deklinacja	–04° 06′
Odległość	13 400 l.św.
Jasność obserw.	6.6 mag
Rozmiary kątowe	15′.1

M 11 (NGC 6705) w Tarczy



M 11 — Gromada Dzika Kaczka — pomimo że zaliczana do otwartych, niespecjalnie odbiega swą formą od gromad kulistych; w swej klasie jest jedną z najbogatszych i najbardziej zwartych w Galaktyce. Z prawie trzech tysięcy gwiazd około 500 przekracza blask 14 magnitudo. Odkrył ją w roku 1681 w Berlinie niemiecki astronom Gottfried Kirch.

Wiek gromady szacuje się na 250 mln lat w oparciu o położenie punktu odejścia gwiazd z ciągu głównego na diagramie H-R (typ widmowy B 8). Wartość dwukrotnie większa wynika natomiast z obecności licznych żółtych i czerwonych olbrzymów o jasności absolutnej –1 magnitudo.

Rektascensja	$18^h\,51^m.1$
Deklinacja	–06° 16′
Odległość	6 000 l.św.
Jasność obserw.	6.3 mag
Rozmiary kątowe	14′.0

M 12 (NGC 6218) w Wężowniku

M 12 to niemal bliźniaczka położonej w jej pobliżu gromady M 10: nieco od niej większa, ale odrobinę słabsza. Charakteryzuje się mniejszą koncentracją i była nawet proponowana na reprezentantkę typu pośredniego między gęstymi gromadami otwartymi (w rodzaju M 11) a kulistymi. Zbliża się do nas z prędkością 16 km/s i zawiera kilkanaście gwiazd zmiennych.

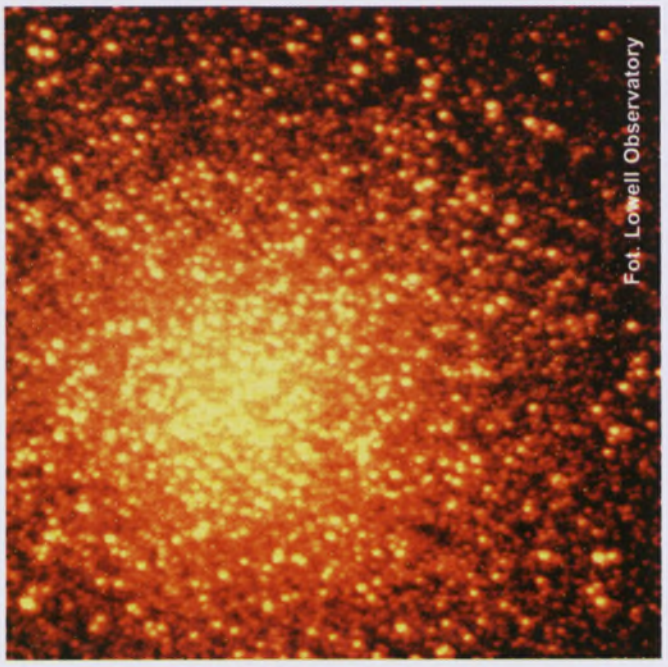
Rektascensja	$16^h\,47^m.2$
Deklinacja	–01° 57′
Odległość	17 600 l.św.
Jasność obserw.	6.7 mag
Rozmiary kątowe	14′.5

M 13 (NGC 6205) w Herkulesie

Rektascensja	$16^h\,41^m.7$
Deklinacja	+36° 28′
Odległość	22 800 l.św.
Jasność obserw.	5.8 mag
Rozmiary kątowe	16′.6

Fot. J. Ware

M 13 to bodaj najbardziej znana z gromad kulistych północnego nieba: dostrzegalna w idealnych warunkach nawet gołym okiem, „na dobre" odkryta została przez Halleya w 1714 roku. W obszarze o średnicy 150 l.św. mieści się kilkaset tysięcy (zdaniem niektórych — przeszło milion) gwiazd; w pobliżu centrum gromady ich gęstość przestrzenna około 500 razy przewyższa wartość charakterystyczną dla okolic Słońca. Gromada należy do najstarszych obiektów w Galaktyce, licząc ponad 10 miliardów lat. Tak stara jest znakomita większość składających się na nią gwiazd. Osobliwym wyjątkiem jest błękitna gwiazda Barnard 29 typu widmowego B2 — jej przynależność do gromady potwierdzają pomiary prędkości radialnej; przypuszczalnie została przechwycona przez gromadę stosunkowo niedawno.



Fot. Lowell Observatory

Przy okazji otwarcia radioteleskopu w Arecibo w roku 1974 gromadę M 13 wybrano jako cel przesłania skierowanego do pozaziemskich istot inteligentnych. Sygnał składający się z zer i jedynek niesie zakodowany diagram, który zawiera m.in. ciąg cyfr, schematy podstawowych dla życia atomów (wodoru, węgla) i cząsteczek (DNA) oraz Układu Słonecznego, wizerunek człowieka i anteny radioteleskopu. Ewentualnej odpowiedzi możemy się spodziewać za niespełna 50 000 lat... (*kr*)

Fot. F. Drake i in., Arecibo Observatory

Zorza polarna

Frombork 27 sierpnia 1998

Urania
Postępy Astronomii

Wakacyjne zdjęcie nieba

Fot. Krzysztof Socha (opis na str. 263)

$0^h\ 58^m$

$1^h\ 04^m$

$1^h\ 10^m$

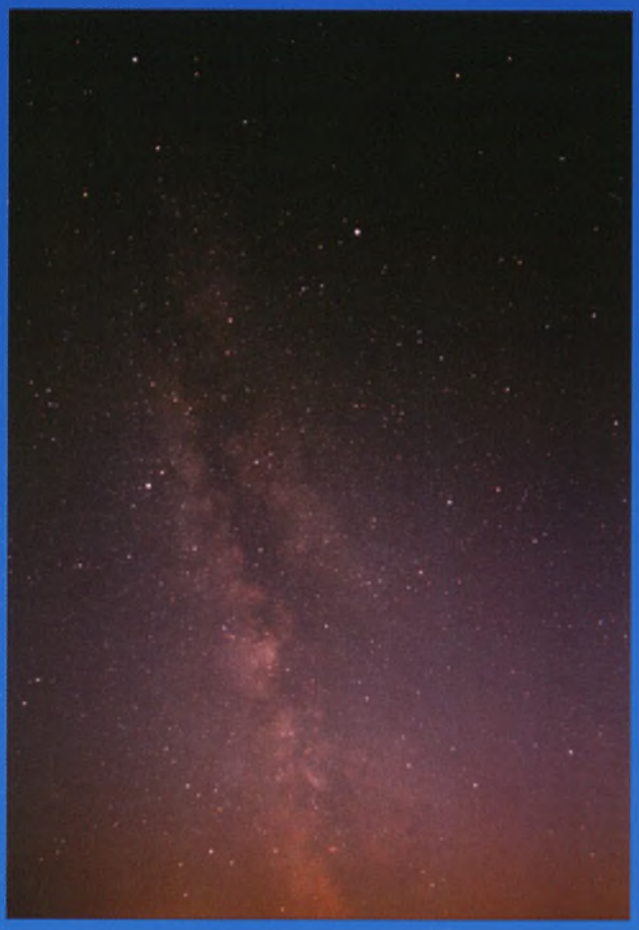
$1^h\ 12^m$

$1^h\ 18^m$

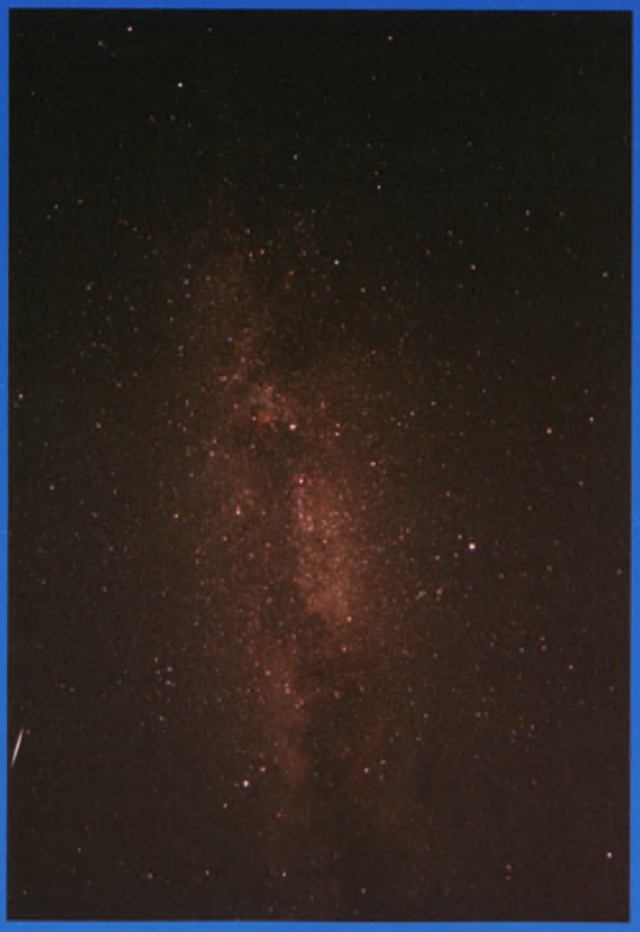
$1^h\ 24^m$

$1^h\ 30^m$

MLECZNA DROGA W OBIEKTYWIE



Fot. 1. Obiektyw: f = 17 mm, światłosiła 3.5
Film: Superia 800 ASA
Czas eksp.: 9 minut



Fot. 2. Parametry jak obok. Po lewej stronie widać jasny meteor o długości ok. 7°.
Fot. Wiesław Skórzyński

Jak pisze w swoim liście autor tych zdjęć — Gracjan Maciejewski — jednym z ciekawszych wydarzeń astronomicznych na wiosennym niebie było zakrycie Aldebarana przez cienki sierp Księżyca wieczorem, 28 kwietnia br. W Toruniu, skąd prowadził obserwacje autor, do okultacji nie doszło — Księżyc minął najjaśniejszą gwiazdę gwiazdozbioru Byka w niewielkiej odległości.
Załączone fotografie zostały wykonane za pomocą teleskopu Newtona 90 mm, f = 900 mm na filmie Fuji Color 200. Czas ekspozycji wynosił około 0.5 sekundy. Ze względu na niską wysokość Księżyca nad horyzontem obraz został wyraźnie rozmyty przez drgania powietrza.

FOTOGRAFOWANIE DROGI MLECZNEJ

Lato i jesień to okres, kiedy na naszym niebie króluje pas Drogi Mlecznej. To, co widzimy gołym okiem, to tworzony przez miliardy zlewających się ze sobą gwiazd dysk naszej Galaktyki. Już za pomocą lornetki lub teleobiektywu będziemy mogli przekonać się, iż pas ten, rozpościerający się nad naszymi głowami, składa się z pojedynczych gwiazd, a jego struktura jest niejednorodna. Rozmiary pasa Drogi Mlecznej, jak i jego kształt, zmieniają się od gwiazdozbioru do gwiazdozbioru. Niejednorodności te wyraźnie widać na prezentowanych fotografiach. Jest jednak pewna prawidłowość. Im bliżej centrum Galaktyki, tym pas jest szerszy i jaśniejszy. Niestety, na naszych zdjęciach może się okazać, iż centralne części Drogi Mlecznej nie są najjaśniejsze.

Fotografowanie centralnych części Drogi Mlecznej, znajdujących się w gwiazdozbiorze Strzelca, jest bardzo trudne na naszych szerokościach geograficznych, gdyż gwiazdozbiór ten osiąga niewielkie wysokości nad horyzontem. Powoduje to, że elementy krajobrazu naszego miejsca obserwacji mogą nam zasłaniać sporą część widocznego (i tak nie w całości) gwiazdozbioru Strzelca. Inny problem związany z niewielką wysokością nad horyzontem odnosi się do warunków atmosferycznych, a ściślej do przejrzystości naszej atmosfery. To, że nasza atmosfera osłabia blask gwiazd i to tym silniej, im niżej nad horyzontem one leżą, widać najwyraźniej na przykładzie najbliższej gwiazdy — Słońca. Gołym okiem możemy spoglądać na naszą dzienną gwiazdę tylko o jej wschodzie lub zachodzie, gdy promienie słoneczne przechodzą przez grube warstwy atmosfery. Analogicznie rzecz się ma z jasnością pasa Drogi Mlecznej w południowych partiach gwiazdozbioru Strzelca (patrz zdjęcie 1).

Zanim przystąpimy do fotografowania Drogi Mlecznej, musimy ustalić, co konkretnie chcemy uwiecznić na kliszy. I tu mamy trzy możliwości:

— fotografowanie dużych części Galaktyki,

— fotografowanie gwiazdozbiorów pasa Drogi Mlecznej,

— fotografowanie poszczególnych obiektów (gromad gwiazd, mgławic).

Każde podejście wymaga użycia innej optyki. Mówiąc „innej", mam na myśli obiektywy o różnych ogniskowych, dających różne pola widzenia. Wielkości pól widzenia dla dostępnych na rynku fotograficznym obiektywów prezentuje tabela poniżej. Obiektywy te powinny mieć możliwie dużą światłosiłę (większą niż 3.5).

Jeśli zamierzamy fotografować duże obszary Drogi Mlecznej, powinniśmy uzbroić nasz aparat w obiektyw dający możliwie jak największe pole widzenia: w obiektyw superszerokokątny. Obiektyw w tym przypadku nie powinien mieć ogniskowej większej niż 24 mm. Najlepsze rezultaty uzyskamy za pomocą obiektywu o ogniskowej 20 mm bądź też jeszcze krótszej, np. 17 mm lub 16 mm. Często obiektywy o ogniskowej 16 mm produkowane są jako „rybie oko" dające pole widzenia 180°.

Fotografowanie gwiazdozbiorów wymaga użycia obiektywów szerokokątnych i standardowych, mających ogniskowe z zakresu 28–58 mm. Ogniskową dobieramy w zależności od rozmiarów gwiazdozbioru na niebie. Warto zatem wcześniej zajrzeć do atlasu nieba i sprawdzić, jak duży obszar na niebie zajmuje fotografowany przez nas gwiazdozbiór.

Piękne mgławice oraz gromady gwiazd letniego i jesiennego nieba są częstym celem fotograficznych łowów. Na tle pasa Drogi Mlecznej jedne z najpiękniejszych mgławic leżą w gwiazdozbiorach Łabędzia i Strzelca. W celu ich sfotografowania będziemy potrzebować teleobiektywu, tzn. obiektywu o ogniskowej większej niż 85 mm. Osobiście polecam jasne obiektywy o ogniskowej 135 mm i 200 mm.

Film fotograficzny powinien mieć czułość co najmniej 400 ASA. Osobiście polecam film, cieszący się wśród miłośników astronomii na całym świecie dużą popularnością, pochodzący z firmy Fuji — *FUJI SUPERIA 800 ASA*. Jest to materiał dający dobre nasycenie kolorów oraz kontrast w grupie filmów o czułości 400–1600 ASA. Ziarno tego filmu jest porównywalne z ziarnem większości filmów o czułości 400 ASA. Jest to naprawdę bardzo dobry materiał. Czasy ekspozycji w przypadku fotografowania Galaktyki i obiektów mgławicowych powinny być możliwie jak najdłuższe (≥ 8–10 minut dla filmu o czułości 800 ASA i światłosiły obiektywu 2.8). Natomiast fotografowanie gwiazdozbiorów możliwe jest już przy użyciu krótszych czasów ekspozycji z zakresu 1–2 minut (dla filmu i obiektywu jak powyżej).

Fotografowanie nieba, zwłaszcza latem i jesienią, obiektywami szerokokątnymi daje nam, poza pięknymi obrazami gwiazdozbiorów, szansę na zarejestrowanie śladu meteoru (zdjęcie 2). Każde takie zdjęcie jest unikalne i stanowi cenny nabytek w kolekcji każdego fotografa nocnego nieba.

Wiesław Skórzyński

Tabela 1.

Ogniskowa obiektywu [mm]		17	20	24	28	35	50	85	135	200	300
Pole widzenia	Po przekątnej	103.7	94	84	74	62	46	28.5	18	12.3	8.2
obiektywu [°]	Całkowite	58×87	53×79	47×70	41×62	35×52	26×38	16×24	10×15	7×10	4.5×7

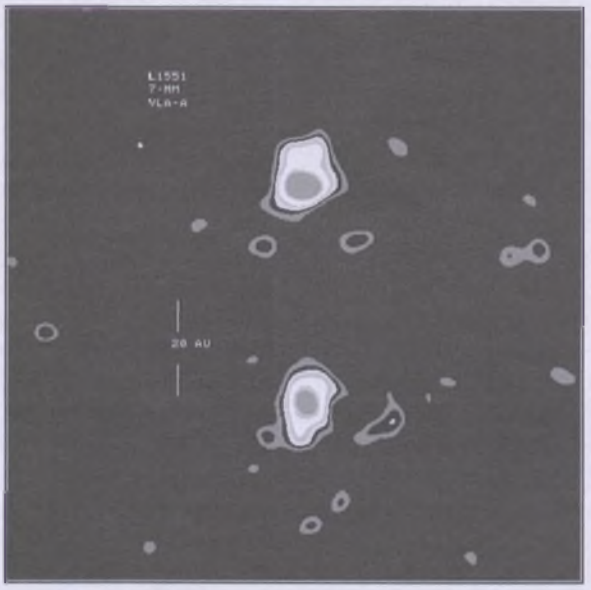
Gorące wieści o pozasłonecznych planetach

Przygotowując do poprzedniego zeszytu „Uranii"[1] informację o odkryciu nowych planet, zdecydowaliśmy się przy okazji opublikować ich listę w formie tabeli, mając nadzieję, że będzie ona przez jakiś czas aktualna — w czerwcu odbyła się bowiem najważniejsza tegoroczna konferencja obserwatorów „rozkołysanych" gwiazd. Tymczasem...

Niestrudzeni poszukiwacze planet wokół gwiazd podobnych do Słońca, Geoffrey Marcy i Paul Butler, od pewnego czasu używają 10-metrowego teleskopu Kecka I do precyzyjnego mierzenia zmian prędkości radialnej — na ich liście jest przeszło 430 obiektów. Niektóre z nich wspomniani astronomowie mieli okazję obserwować w tym roku już kilkanaście razy. Dwie najpewniejsze kandydatki zdecydowali się ujawnić z końcem września.

Znajdująca się w odległości 68 l.św. gwiazda HD 210277 o jasności 6.6 magnitudo z konstelacji Wodnika ma towarzysza, który obiega ją co 437 dni. Jest to okres najbardziej zbliżony do ziemskiego roku z dotychczas zaobserwowanych; natomiast swoją masą nowo odkryta planeta przypomina Jowisza.

Do odkrycia kolejnej, trzynastej już gwiazdy ciągu głównego z planetą, zapewne nie doszłoby tak szybko, gdyby nie... dociekliwość pewnego miłośnika astronomii. Kevin Apps, obecnie student drugiego roku astrofizyki Uniwersytetu Sussex, otrzymał w ubiegłym roku dzięki elektronicznej korespondencji z Marcym i Butlerem listę gwiazd, które zamierzali oni regularnie obserwować. Korzystając z dostępnych w internecie danych o temperaturze, jasności i składzie chemicznym gwiazd, Apps doszedł do wniosku, że 30 z nich warto byłoby zrewidować, tj. zastąpić „bardziej podejrzanymi". Jego argumenty przekonały łowców planet i — jak się wkrótce okazało — jedna z zasugerowanych przez Appsa gwiazd, HD 187123, wykazuje regularne zmiany prędkości radialnej o okresie zaledwie 3 dni (najkrótszym z dotychczas zaobserwowanych). Ta gwiazda — bliźniaczka Słońca (o nieco tylko większej zawartości pierwiastków ciężkich) znajduje się w odległości 154 l.św. w konstelacji Łabędzia (jasność 7,9 magnitudo). Planeta o masie przekraczającej pół masy Jowisza obiega swe słońce po orbicie o promieniu 6 mln km, tj. zaledwie kilku promieni gwiazdy!



Kuriozum to czy norma w świecie planet? Przypomnijmy, że na razie odkrycia takich obiektów (ze względu na krótki okres zmienności) są najbardziej prawdopodobne. Poszukiwacze planet wierzą, że z czasem odkrywać będziemy w innych systemach „jowisze" na ich „właściwym" miejscu, w odległości kilku jednostek astronomicznych od macierzystego słońca. Wskazywałoby to bowiem, zgodnie z obecnym stanem naszej wiedzy, na możliwość istnienia również planet skalistych na orbitach zbliżonych do ziemskiej. Jak twierdzi sam Marcy: „Gdyby za kilka lat okazało się, że spośród przeszło 400 gwiazd żadna nie ujawnia istnienia planety o masie Jowisza w odległości rzędu 5 j.a., byłaby to niepokojąca perspektywa. Mogłoby to oznaczać, że Ziemia jest prawdziwie niezwykłym światem, a życie — zjawiskiem rzadkim."

Abyśmy nie ulegli minorowym nastrojom, na koniec parę słów o dwóch doniesieniach, które pozwalają patrzeć w przyszłość z optymizmem. Obserwacje wykonane dzięki nowym detektorom sieci radioteleskopów VLA ujawniły obecność dwóch pyłowych dysków protoplanetarnych w układzie podwójnym (patrz zdjęcie). Jest to fragment międzygwiazdowego obłoku molekularnego, oznaczonego Lynds 1551, w konstelacji Byka. Składniki układu dzieli dystans 45 j.a. (porównywalny z promieniem orbity Plutona). Dyski są co prawda mniejsze niż w przypadku pojedynczych gwiazd, ale już sama ich obecność wzbudziła sensację; materiału i tak powinno wystarczyć na dwa układy o wielkości równej naszemu systemowi planetarnemu. Tak więc nawet w układach podwójnych (czyli w pobliżu większości gwiazd we Wszechświecie) mogą rodzić się planety!

Kiedy wreszcie zobaczymy je na zdjęciach? Może już niebawem, gdyż badacze z Centrum Astronomicznej Optyki Adaptacyjnej w Tucson zademonstrowali właśnie w praktyce technikę „zerowania" w interferometrii (patrz *„Nature"* z 17 września br.). Teleskopem wielozwierciadłowym na Mt. Hopkins obserwowali oni m.in. Betelgeuse, ujawniając nie znane do tej pory szczegóły dysku okołogwiazdowego. Technika niesie możliwości przyszłych zastosowań. Planety wielkości Jowisza powinny być dostrzegalne już przy pomocy Large Binocular Telescope (w budowie), natomiast z przestrzeni kosmicznej mielibyśmy szansę dostrzec planety typu ziemskiego wokół najbliższych gwiazd. (*kr*)

[1] Chochlik zamienił kolejność zamieszczonych na str. 215 w nr 5/98 rysunków 1 i 2, za co serdecznie Czytelników przepraszamy.

COROT — nowy program poszukiwania planet poza naszym Układem Słonecznym

Dotychczas odkryto w Kosmosie tylko planety olbrzymy, od sto do tysiąca razy bardziej masywne niż Ziemia. Znalezienie planet, których rozmiary i odległość od ich gwiazdy centralnej byłyby porównywalne z podobnymi parametrami dla Merkurego, Wenus, Marsa czy Ziemi, jest o wiele trudniejsze. A taki właśnie zamiar przyświeca astronomom francuskim, którzy mają nadzieję realnie odkrywać planety ziemiopodobne, począwszy od roku 2002. We francuskim Centrum Badań Kosmicznych (CNES) powstaje projekt małego astronomicznego satelity COROT, wyposażonego w teleskop o średnicy 25 cm i o bardzo dużym polu widzenia. Celem tego satelity będzie badanie efektów sejsmicznych w gwiazdach oraz wykrywanie planet wielkości Ziemi. Metoda badawcza zaproponowana przez Piotra Barge i Jana Schneidera polega na ciągłym śledzeniu jasności tysięcy gwiazd w nadziei zaobserwowania zjawiska tranzytu planet przed dyskiem gwiazdy, objawiającego się małą zmianą blasku obserwowanej gwiazdy. Bardzo duża dokładność fotometryczna COROT-a powinna pozwolić zarejestrować „miniaćmienia" powodowane przez planety wielkości Marsa, a może nawet Merkurego. Wprowadzony na orbitę polarną satelita COROT będzie śledził w sposób ciągły w okresie 150 dni około 50 tysięcy gwiazd. Jeśli w tym czasie jakaś planeta wielkości Ziemi przejdzie przed tarczą gwiazdy typu słonecznego, to jasność gwiazdy osłabnie na czas kilku godzin o około jedną dziesięciotysiączną jej blasku. Oczywiście po to, aby zaobserwować tranzyt planety, wszystkie zaangażowane obiekty: Ziemia, gwiazda i exoplaneta, muszą leżeć prawie dokładnie w jednej linii. Statystycznie, około 1% wszystkich exoplanet może znaleźć się w takiej pozycji, a więc tylko taki procent planet będziemy mogli tą metodą odkryć.

Anna Baglin, astronom z Obserwatorium w Meudon pod Paryżem, odpowiedzialna za przygotowywaną misję COROT-a, ma nadzieję, że satelita ten odkryje 50 do 100 planet typu ziemskiego. Wielkość zmiany blasku i czas trwania zaćmienia (lub zaćmień, jeśli planeta przechodzić będzie kilkakrotnie przed gwiazdą w czasie obserwacji) pozwolą astronomom na wyznaczenie zarówno średnicy planety, jak i jej okresu orbitalnego.

(*aw*)

A jak będą szukać nowych planet w Arizonie?

Astronomowie z Centrum Astronomicznej Optyki Adaptywnej przy Uniwersytecie stanu Arizona w Tucson, przetestowali nową technikę obserwacyjną, która będzie kluczowa w wykonywaniu optycznych zdjęć pozasłonecznych planet.

Kluczowym problemem jest fakt, że światło macierzystej gwiazdy kompletnie przesłania słabiutki blask swych planet. Przezwyciężyć te kłopoty będzie można przy użyciu tzw. interferometrii zerującej (ang. nulling interferometry).

Próbę przeprowadzono na teleskopie wielozwierciadłowym MMT (Mount Hopkins w Arizonie), biorąc na „celownik" Betelgezę. Światło z dwóch zwierciadeł MMT było dodawane w taki sposób, że fale świetlne z gwiazdy wygaszały się, natomiast ujawniał się blask ewentualnego pobliskiego obiektu, doznając nawet dodatkowego wzmocnienia. W ten sposób potwierdzono istnienie wokół Betelgezy słabego obłoku pyłowego, na którego istnienie wskazywały inne przesłanki.

Ta sama metoda pozwoli przy użyciu budowanego instrumentu Large Binocular Telescope robić fotografie planetom o wielkości Jowisza i większym; natomiast planowany przez NASA orbitalny interferometr Terrestrial Planet Finder będzie mógł zobaczyć i zbadać widmo planet wielkości Ziemi. (*mag*)

Jedno z dwóch 8.4-metrowych luster „wielkiej lornety" budowanej w Arizonie (fot. Lori Stiles i John Florence)

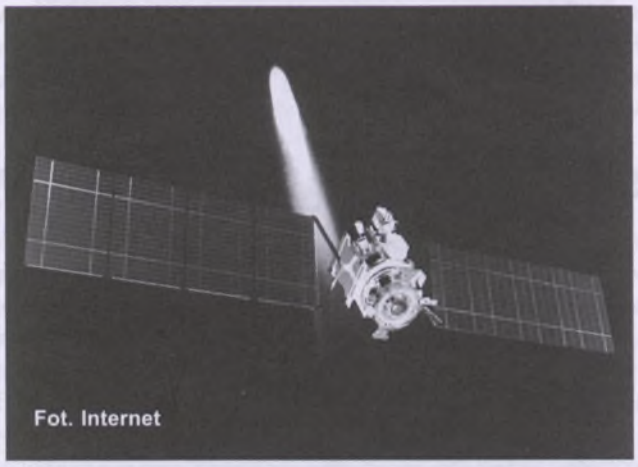
Nowe cele misji sondy *DEEP SPACE-1*

Deep Space-1 należy do najnowszej generacji amerykańskich sond międzyplanetarnych, które w odróżnieniu od ciężkich i kosztownych sond typu *Galileo* czy *Cassini* mają być lekkie, tanie i co za tym idzie, możliwe do zbudowania i wyposażenia w stosunkowo krótkim czasie. Nie jest to pomysł nowy: *Deep Space* miał poprzedników w postaci sondy *Clementine*, która badała Księżyc w 1994 roku, *Mars Pathfinder* z roku 1997 i *Lunar Prospector*, która aktualnie bada naszego satelitę z orbity o wysokości 100 km. O ile duże sondy mają masę kilku ton i kosztują kilka mld dolarów, o tyle ich następcy mieszczą się w granicach kilkuset kilogramów i kilkudziesięciu — kilkuset mln dolarów.

Deep Space-1 z wyglądu nie różni się od standardowego satelity: posiada cylindryczny korpus i dwie tace baterii słonecznych. Wewnątrz jednak kryje się wiele nowości technicznych. Główną z nich jest silnik jonowy zamiast tradycyjnego silnika napędzanego paliwem chemicznym. Jego substancję roboczą stanowią jony ksenonu rozpędzane w polu elektrycznym. Ciąg takiego silnika jest niewielki, ale dzięki dużej prędkości wypływu jonów jego impuls właściwy znacznie przekracza parametry tradycyjnych silników o napędzie chemicznym. Napęd jonowy stosowany był dotąd jedynie eksperymentalnie, w *Deep Space* po raz pierwszy znalazł zastosowanie praktyczne. Miejmy nadzieję, że w praktyce okaże się równie skuteczny jak w teorii i dostarczy sondę do celu, a właściwie kilku celów jej ambitnej misji.

Pierwszym celem misji — w pierwotnym założeniu — miała być planetoida **3352 McAuliffe** (odkryta w 1981 roku i nazwana na cześć nauczycielki, która zginęła w katastrofie wahadłowca Challenger), następnie **Mars** (przewidywano fotografowanie planety i jej księżyców z trajektorii przelotowej, głównie jednak chodziło o zmianę tej trajektorii w polu grawitacyjnym Marsa) i wreszcie kometa **Westa-Kohoutka-Ikemury**. Start miał nastąpić w dniu 1 lipca 1998 roku, zbliżenie do planetoidy w styczniu 1999 roku, przelot koło Marsa w kwietniu 2000, a spotkanie z kometą w czerwcu 2000 roku. Przedłużające się prace nad aparaturą sondy nie pozwoliły jednak na start w przewidzianym terminie, co musiało spowodować zmianę celów misji. W czerwcu 1998 roku ustalono nowy program lotu.

Start *Deep Space-1* ma nastąpić w dniu 15 października 1998 roku przy pomocy rakiety Delta 2 (od 17 sierpnia sonda znajduje się już na przylądku Canaveral, okno startowe trwa do 10 listopada 1998 r.). Pierwszym celem misji będzie jeszcze „nowsza" planetoida **1992 KD**, do której sonda zbliży się 28 lipca 1999 roku. Przewiduje się przelot w odległości zaledwie 5–10 km, co będzie rekordowym zbliżeniem w historii badań Układu Słonecznego[1]. Będzie to jednocześnie piąte zbliżenie z planetoidą po spotkaniach sondy *Galileo* z planetoidami **951 Gaspra** i **243 Ida** oraz sondy *NEAR (Near Earth Asteroid Rendez-vous)* z planetoidami **253 Matylda** i **433 Eros**, to ostatnie dopiero nastąpi 10 stycznia 1999 r. Możliwość oglądania powierzchni 1992 KD z wysokości lotu pasażerskiego samolotu — jak obrazowo zapowiadają projektanci misji — ma być możliwe dzięki zastosowaniu autonomicznego systemu nawigacyjnego. Jest to kolejne novum sondy *Deep Space-1*; gdyby kierowano nią z Ziemi, to minimalna odległość byłaby rzędu 1000 km. Dalsza część misji będzie uzależniona od przebiegu spotkania z planetoidą. Jeśli wszystko przebiegnie pomyślnie, to sonda podąży ku komecie **Borrelly'ego** (spotkanie w październiku 1999), a następnie, być może, ku komecie **Wilsona-Harringtona**.



Fot. Internet

Badania planetoid przy pomocy sond kosmicznych bardzo szybko postępują naprzód. Wypada przypomnieć, że w ramach misji *NEAR* ma nastąpić pierwsze w historii wejście sondy na orbitę wokół planetoidy Eros. Orbita o początkowych parametrach 400×200 km i nachyleniu 137 stopni będzie w przeciągu roku wielokrotnie modyfikowana. Misja ma się zakończyć stosunkowo łagodnym upadkiem sondy na powierzchnię w dniu 6 lutego 2000 roku.

Kolejnym celem aż dwóch misji kosmicznym ma być planetoida **4660 Nereus**. Japońscy specjaliści z agencji kosmicznej NASDA wespół z amerykańskimi kolegami z Jet Propulsion Laboratory przygotowują na rok 2002 misję sondy *Muses C* do pobrania próbek gruntu z tej planetoidy. Jeszcze wcześniej może się ona stać obiektem badań sondy *NEAP (Near Earth Asteroid Prospector)*, której wysłanie w roku 2001 planuje amerykańska pozarządowa kompania Space-Dev. Oba te projekty są obecnie jeszcze dalekie od urzeczywistnienia.

Jacek Kruk

[1] Jeszcze większe zbliżenie planowano w ramach misji radzieckiej sondy *Phobos2*, która zakończyła się jednak niepowodzeniem. Sonda miała zawisnąć na wysokości 50 m nad powierzchnią marsjańskiego księżyca Fobosa, tymczasem zamilkła w odległości 400 km od celu.

Magnetar niszczyciel

W 1992 roku zaproponowano istnienie obiektów — magnetarów — mogących odpowiadać za obserwowane powtarzające się błyski promieniowania gamma, tzw. soft gamma-ray repeaters (SGRs), odkryte w 1986 roku. Od „zwykłych" gwiazd neutronowych, zdradzających swe istnienie częstokroć jako pulsary, magnetary odróżnia przeogromne pole magnetyczne, stukrotnie silniejsze, a wobec ziemskiego nawet miliardy razy potężniejsze. Ma to swoje nietrywialne konsekwencje dla życia takiej gwiazdy. Po pierwsze, pole magnetyczne działa spowalniająco na rotację gwiazdy. Po drugie, wywołuje ono „trzęsienia gwiazdy", niszczące stałą skorupę gwiazdy neutronowej i powodujące uwolnienie energii. Manifestuje się ona w dwóch postaciach — jako błysk promieniowania gamma i rentgenowskiego oraz wyrzut subatomowych cząstek — tzw. poświaty, z prędkością bliską prędkości światła. O ile same błyski trwają nie dłużej aniżeli kilka minut, to cząstki oddziałujące z polem magnetycznym, mogą świecić radiowo nawet przez kilka dni.

Taka jest właśnie historia obiektu SGR 1900+14, który swe życie zapoczątkował potężnym wybuchem 27 sierpnia bieżącego roku. Dale Frail, Shri Kulkarni i Josh Bloom uchwycili zgodnie z oczekiwaniami poświatę radiową parę dni później, 3 września.

Omówione obserwacje są niezwykle ważne dla poznania natury tych tajemniczych ciał niebieskich — do dziś znane są jedynie cztery obiekty tej klasy. Są też przede wszystkim nowym i niezależnym potwierdzeniem teorii magnetarów.

Więcej informacji na temat magnetarów i "softów" dostarcza obserwatorium NRAO. (*mag*)

Antarktyda a globalne ocieplenie

Dotychczasowe, w miarę powszechne przekonanie, wypływające poniekąd z niezbyt dokładnych danych, łączyło kurczenie się powierzchni lądolodu Antarktydy ze wzrostem poziomu mórz. Faktem bowiem jest, że w ciągu ostatniego stulecia poziom globalnego morza podniósł się o całe 18 centymetrów. Jak się wszakże okazało, to nie Antarktyda jest głównym winowajcą.

Zespół naukowców z Wielkiej Brytanii, Holandii i Ameryki, pod kierownictwem Duncana Winghama z University College w Londynie, przeanalizował dane o poziome mórz z pomiarów satelitarnych, obejmujących lata 1992 – 1996. Analiza tych danych dowodzi, że większość lodowej zawartości Antarktydy jest bardzo stabilna. Ponad cztery miliony pulsów radarowych pozwoliły oszacować, że wysokość pokrywy lodowej zmieniała się średnio o 1 cm na rok, przy dokładności pomiaru wynoszącej 0.5 cm. Łącznie z uprzednio znanymi danymi odnośnie opadów śniegu na tych obszarach, oznacza to, że wkład Antarktydy do podniesienia poziomu mórz wynosi jedynie 1.7 cm w tym stuleciu. Jako winowajcę zwiększającego się poziomu mórz należy więc wskazywać termiczną ekspansję oceanów i topnienie lodowców górskich, spowodowane przez postępujące globalne ocieplenie.

Jednocześnie grupa naukowców odkryła, że jeden z najbardziej niegościnnych regionów Antarktydy — okolice Lodowca Thwaites — kurczył się raptownie o 12 cm na rok.

(*mag*)

Nowa klasa planetoid?

Astronomowie z Uniwersytetu Hawajskiego odkryli prawdopodobnie nowy typ asteroid, których orbity leżą całkowicie wewnątrz ziemskiej orbity. Dotychczas tor każdej znanej planetoidy przynajmniej częściowo znajdował się na zewnątrz orbity Ziemi. Istotność tego odkrycia polega również na tym, że obiekt ten znaleziono w obszarze nieba nie obejmowanym standardowymi poszukiwaniami ciał mogących zagrażać Ziemi.

Obserwacje zostały wykonane przez Davida Tholena i Roberta Whiteleya, przy pomocy specjalizowanej kamery przytwierdzonej do 2.24-metrowego teleskopu na Mauna Kea (Hawaje). Prekursor nowej klasy obiektów otrzymał oznaczenie 1998 DK36. Trudno jest na razie dokładnie oszacować wielkość i kształt orbity planetoidy, jednak względnie dokładnie można określić najdalszy punkt jej orbity, który leży bardzo blisko, ale jednak wewnątrz orbity Ziemi. To jest wszakże niekoniecznie pewne, gdyż wedle Garetha Williamsa do tych samych dostępnych obserwacji można dopasować orbitę przecinającą jednak tor Ziemi. Przypuszczalnie asteroida ma około 40 metrów średnicy — tyle wystarczyło, żeby meteoryt Tunguski spustoszył ogromny obszar Syberii, a inny żelazny intruz utworzył słynny krater w Arizonie. (*mag*)

ASTRO-BIT
Oprogramowanie i materiały astronomiczne

Ireneusz Włodarczyk
ul. Rewolucjonistow 15/13
42-500 Będzin

tel.:(0-32) 761-29-46 e-mail: astrobit@ka.onet.pl

(AL)CHEMIA WSZECHŚWIATA

Skład chemiczny Wszechświata to obecnie około 73% wodoru (H), 25% helu (He), 1% węgla C, tlenu (O), azotu (N) i neonu (Ne) oraz 1% pozostałych pierwiastków. Większość związków chemicznych, jakie się z takiej mieszanki utworzyły, to kombinacje czterech zaledwie rodzajów atomów (H, C, N, O, bo He i Ne to gazy szlachetne). Ale do tego wrócimy później — najpierw warto wyjaśnić, czemu w pierwszym zdaniu niezbędne jest słowo „obecnie".

Kilkanaście miliardów lat temu, w tzw. Wielkim Wybuchu, „narodził się" Wszechświat. Nie rozumiemy do końca, jak to się stało — wiadomo jednak, że początkowo niewyobrażalnie mały, gęsty i gorący twór od tamtej chwili jako całość nieustannie pęcznieje, powiększa swą objętość, przez to stygnie i zmniejsza średnią gęstość energii. Energia zaś jest równoważna masie ($E = mc^2$) — nic dziwnego zatem, że w oseskowym okresie życia Wszechświata trwał proces zamiany energii w masę i odwrotnie. Początkowa energia była gigantyczna — mogły więc rodzić się, z pierwotnej plazmy kwarkowo-gluonowej, bardzo masywne cząstki i antycząstki. Z kolei one — anihilując — dawały niesłychanie energetyczne promieniowanie elektromagnetyczne, „supertwarde" fotony. Pierwsze 10^{-4} s Wszechświata to epoka tworzenia hadronów (najcięższych cząstek elementarnych), era hadronowa. Najbardziej znane hadrony to neutrony i protony — pierwsze cegiełki do budowania dzisiejszego świata pojawiły się w ułamku sekundy. Pamiętajmy jednak, że Wszechświat stale rozszerza się i stygnie. Fotony niosą mniej energii, powstają cząstki lżejsze — następuje era leptonowa. Wśród leptonów są znajome elektrony. Wszechświat ma już kilka sekund. Po kilkunastu minutach kończy się tzw. pierwotna nukleosynteza — oprócz neutronów i protonów (których liczba od tamtej pory się nie zmienia) mamy elektrony, trochę jąder helu i deuteru. Do tej pory brak miejsca na chemię. Najpierw — bo we Wszechświecie nie było jeszcze pierwiastków, potem — bo hel nie reaguje chemicznie, a wodór (deuter to też wodór, tyle że ciężki, proton + neutron) może co najwyżej utworzyć sam z sobą cząstkę H_2. Po epoce hadronowej i leptonowej trzeba było przeczekać kilkaset tysięcy lat ery promieniowania, aż gęstość energii promieniowania stała się na tyle mała (mniejsza od gęstości materii), by mogły tworzyć się atomy wodoru i helu; następowała rekombinacja (fotony nie były w stanie zjonizować materii, bo niosły za mało energii). Dopiero w późniejszej (trwającej do dziś) erze gwiazdowej pojawiły się prawdziwe fabryki cięższych od helu pierwiastków chemicznych — gwiazdy. Przypomnijmy bowiem, że w rozszerzającym się (jako całość) Wszechświecie pojawiły się również (w mniejszej skali) procesy grawitacyjnego zapadania się obłoków materii. Tak musiały kiedyś powstawać zarówno gromady galaktyk, jak galaktyki i gwiazdy. Od kilkudziesięciu lat wiadomo, że w dostatecznie wysokich temperaturach i przy dostatecznie wysokim ciśnieniu (co w samym środku zapadającego się obłoku na pewno będzie osiągnięte po jakimś czasie — chyba że obłok był maleńki) zaczynają się egzotermiczne reakcje łączenia czterech jąder wodoru w jądro helu. Najpopularniejsza reakcja, zachodząca w gwiazdach o podobnej jak Słońce masie, to tzw. cykl pp (oznaczony na schemacie literą A). Do już istniejących w gwiazdach jąder wodoru i helu —

Schematy reakcji termojądrowych, podczas których w procesie syntezy jąder pierwiastków lżejszych powstają jądra pierwiastków cięższych. Reakcje te są (netto) egzotermiczne — znak (–) przy energii oznacza (niewielkie) średnie straty na neutrina.

A. Synteza wodoru, cykl pp

$$H^1 + H^1 \rightarrow D^2 + e^+ + \nu_e + 1.442\ \text{MeV} - 0.263\ \text{MeV}$$
$$D^2 + H^1 \rightarrow He^3 + \gamma + 5.493\ \text{MeV}$$
$$He^3 + He^3 \rightarrow He^4 + 2H^1 + 12.859\ \text{MeV}$$

lub

$$He^3 + He^4 \rightarrow Be^7 + \gamma + 1.586\ \text{MeV}$$
$$Be^7 + e^- \rightarrow Li^7 + \nu_e + 0.861\ \text{MeV} - 0.80\ \text{MeV}$$
$$Li^7 + H^1 \rightarrow He^4 + He^4 + 17.347\ \text{MeV}$$

lub

$$Be^7 + H^1 \rightarrow B^8 + \gamma + 0.135\ \text{MeV}$$
$$B^8 \rightarrow Be^8 + e^+ + \nu_e + 17.98\ \text{MeV} - 7.2\ \text{MeV}$$
$$B^8 \rightarrow 2He^4 + 0.095\ \text{MeV}$$

B. Synteza helu

$$He^4 + He^4 \rightarrow Be^8 - 0.0921\ \text{MeV}$$
$$Be^8 + He^4 \rightarrow C^{12*} - 0.286\ \text{MeV}$$
$$C^{12*} \rightarrow C^{12} + \gamma + 7.656\ \text{MeV}$$

C.

$$C^{12} + He^4 \rightarrow O^{16} + \gamma + 7.161\ \text{MeV}$$

D.

$$O^{16} + He^4 \rightarrow Ne^{20} + \gamma + 4.730\ \text{MeV}$$
$$Ne^{20} + He^4 \rightarrow Mg^{24} + \gamma + 9.317\ \text{MeV}$$
$$Mg^{24} + He^4 \rightarrow Si^{28} + \gamma + 9.981\ \text{MeV}$$
$$Si^{28} + He^4 \rightarrow S^{32} + \gamma + 6.948\ \text{MeV}$$
$$S^{32} + He^4 \rightarrow Ar^{36} + \gamma + 6.645\ \text{MeV}$$

dorzuca on jądra litu, berylu i boru. Są to jednak jądra bardzo nietrwałe! Zatem sam cykl pp przetwarza jedynie wodór w hel. Ale z dużych obłoków materii narodziły się również gwiazdy bardziej niż Słońce masywne. Niektóre (kilka mas Słońca) po wyczerpaniu w jądrze wodorowego paliwa przetwarzały pozostały czysty hel na węgiel (na schemacie — B). W młodziutkim Wszechświecie nie było to możliwe, bo spotkanie trzech jąder helu było mało prawdopodobne. W czysto helowym jądrze masywnej gwiazdy proces taki postępuje dość szybko. Węgiel z jądrem helu daje tlen (na schemacie — C) itd. („spalanie" węgla i tlenu — G, ...). Narodzinom kolejnych pierwiastków towarzyszy wydzielanie mniejszej lub większej porcji energii — gwiazdy świecą. Jest to jednak reguła obowiązująca tylko do dwudziestego szóstego pierwiastka, czyli do żelaza włącznie. Dalsze łączenie jąder to reakcje endotermiczne, wymagające dołożenia energii. Jak zatem otrzymać cięższe od żelaza pierwiastki? Okazuje się, że do tego celu niezbędne są gwiazdy ... supernowe. Podczas ich wybuchu wytwarza się tyle energii, że wystarczy jej i na „alchemię". Takie przyszłe supernowe powstają z bardzo masywnych pierwotnych obłoków, gwiazda wybuchająca ma do kilkudziesięciu mas Słońca. Pod koniec jej życia synteza jądrowa doprowadza do powstania żelaznego jądra. W centrum jądra nic już „spalać się" nie może, nie produkuje się energii, nic gwiazdy od środka nie rozpycha. Warstwy zewnętrzne, próbując cisnąć na bardzo sztywne, twarde stygnące podłoże — raptownie są „zatrzymane", odbijają się i ekspandują na zewnątrz. Proces bywa tak gwałtowny, że rozpylona zostaje cała gwiazda, gigantyczne zapasy energii kinetycznej (cząstki poruszają się z prędkościami zbliżonymi do prędkości światła!!!) pozwalają spokojnie na produkcję (w zderzeniach) nawet bardzo ciężkich jąder, takich jak np. uran.

Warto tu pamiętać, że pierwiastki powstające w jądrach średniomasywnych gwiazd mają bardzo małą szansę szybkiego wydobycia się z powrotem do ośrodka międzygwiaz-

E.

$C^{12} + H^1 \rightarrow N^{13} + \gamma + 1.944$ MeV

$N^{13} \rightarrow C^{13} + e + \nu_e + 2.221$ MeV $- 0.710$ MeV

$C^{13} + H^1 \rightarrow N^{14} + \gamma + 7.550$ MeV

$N^{14} + H^1 \rightarrow O^{15} + \gamma + 7.293$ MeV

$O^{15} \rightarrow N^{15} + e^+ + \nu_e + 2.761$ MeV -1.000 MeV

$N^{15} + H^1 \rightarrow C^{12} + He^4 + 4.965$ MeV

F.

$N^{15} + H^1 \rightarrow O^{16} + \gamma + 12.126$ MeV

$O^{16} + H^1 \rightarrow F^{17} + \gamma + 0.601$ MeV

$F^{17} \rightarrow O^{16} + e^+ + \nu_e + 2.762$ MeV -0.940 MeV

$O^{17} + H^1 \rightarrow N^{14} + He^4 + 1.193$ MeV

G. Synteza węgla

$C^{12} + C^{12} \rightarrow Mg^{24} + \gamma + 13.930$ MeV

$\rightarrow Na^{23} + p + 2.238$ MeV

$\rightarrow Ne^{20} + He^4 + 4.616$ MeV

$\rightarrow Mg^{23} + n - 2.605$ MeV

$\rightarrow O^{16} + 2He^4 - 0.114$ MeV

Tabela związków chemicznych w obłokach dyfuzyjnych (a), ciemnych (b), w rozproszonej materii okołogwiazdowej (c) i wokół tworzących się gwiazd (d).

Nazwa związku	Wzór	n_x/n_{H_2}	Rodzaj obłoków
Wodór cząsteczkowy	H_2	0.1	a
	H_2	1.0	b
Kation metylidynu	CH^+	10^{-8}	a
Metylidyn	CH	10^{-8}	a
	CH	10^{-8}	b
Hydroksyl	OH	10^{-7}	a
	OH	—	b
Węgiel dwuatomowy	C_2	10^{-8}	a
Cyjan	CN	10^{-8}	a
	CN	10^{-9}	b
Tlenek węgla	CO	10^{-6}	a
	CO	10^{-5}	b
	CO	—	d
Kation tlenku węgla	$[CO^+]$	10^{-11}	b
Tlenek azotu	NO	10^{-8}	b
Siarczek węgla	CS	10^{-9}	b
Tlenek krzemu	SiO	—	c
Tlenek siarki	SO	10^{-10}	b
Siarczek azotu	NS	10^{-10}	b
Siarczek krzemu	SiS	$10-$	b
Para wodna	H_2O	—	b
Etynyl	C_2H	10^{-9}	b
Cyjanowodór	HCN	10^{-9}	b
Izocyjanek wodoru	HNC	—	b
Kation formylu	HCO^+	10^{-9}	b
Formyl	HCO	10^{-10}	b
—	N_2H^+	10^{-10}	b
Siarkowodór	H_2S	10^{-11}	b
Kation tioformylu	HCS^+	10^{-11}	b
Nitroksyl	HNO	10^{-10}	b
Siarczek karbonylu	OCS	10^{-9}	b
Dwutlenek siarki	SO_2	10^{-9}	b
Wodorotlenek sodu	[NaOH]	—	b
Amoniak	NH_3	10^{-8}	b
Acetylen	C_2H_2	—	c
Formaldehyd	H_2CO	10^{-8}	b
Kwaśny izocyjanik	HNCO	10^{-10}	b
Tioformaldehyd	H_2CS	10^{-11}	b
Cyjanoetynyl	C_3N	10^{-10}	b
Kwaśny isotiocyjanik	HNCS	10^{-11}	b
Metan	CH_4	—	b
Metanimina	$[CH_2NH]$	10^{-10}	b
Keten	CH_2CO	10^{-10}	b
Cyjanamid	NH_2CN	10^{-10}	b
Kwas mrówkowy	HCOOH	10^{-10}	b

(ciąg dalszy na następnej stronie)

dowego. Ta materia, która opuszcza gwiazdy w postaci choćby mgławic planetarnych czy wiatrów słonecznych, to wszak warstwy zewnętrzne! Jeśli więc gwiazda nie powstała z materii już wcześniej przetworzonej, „zanieczyszczonej" cięższymi od helu pierwiastkami (byłaby to gwiazda pierwszej generacji) — nie oddaje nam do obłoków międzygwiezdnych niczego nowego. „Tablicę Mendelejewa" generują efektywnie tylko masywne gwiazdy supernowe!

Dopiero teraz jest sens mówić o kosmochemii. Mamy różne pierwiastki, a w „przytulnym", chłodnym obłoku materii międzygwiazdowej pojedyncze atomy miały wystarczająco dużo czasu, by się spotkać (chemicznych powiązań nie oczekujemy, rzecz jasna, w gorących gwiazdach). Dryfowały wszak przez miliony lub nawet miliardy lat! Oczywiście, czym mniej cząstek musi w takim chemicznym wiązaniu uczestniczyć, tym jest łatwiej. Łatwiej też, gdy wybranego pierwiastka jest dużo — optymalne warunki panują w materii międzygwiazdowej dla spotkania dwu atomów wodoru. Tworzą się molekuły H_2. Znajdujemy jednak także dobrze znane z życia codziennego inne związki chemiczne — tlenek węgla, krzemu, zwykłą wodę, amoniak, metan czy ... etanol (patrz tabela). Zabawne, ale jedynym (chyba) zaproponowanym do tej pory sposobem na klasyfikację tych związków jest uszeregowanie ich wg ... liczby tworzących je atomów! Rzecz jasna, w różnych okolicach na niebie (i w przestrzeni!) obfitość różnych związków chemicznych jest z pewnością różna. Wiemy to głównie z badań radioastronomicznych gazowej składowej materii międzygwiazdowej oraz z badań w podczerwieni składowej pyłowej. Skrajnym przykładem odstępstw od „średniego składu chemicznego Wszechświata" jest nasza Ziemia, gdzie mamy ogromne ilości pierwiastków ciężkich. Planeta nasza powstała z przetworzonego (przez gwiazdę pierwszej, a pewnie i drugiej generacji) obłoku materii międzygwiazdowej. Jednak kumulacja drobin pyłowych, tworzenie się planetozymali, narodziny planet i ich ewolucja to już zupełnie odrębna historia.

(ciąg dalszy tabeli ze strony poprzedniej)

Butadiynyl	C_4H	—	c
Cyjanoacetylen	HC_3N	10^{-9}	b
Metanol	CH_3OH	10^{-9}	b
Cyjanek metylu	CH_3CN	10^{-10}	b
Formamid	NH_2CHO	10^{-9}	b
Merkaptan metylu	CH_3SH	10^{-10}	b
Metyloamina	CH_3NH_2	10^{-9}	b
Metyloacetylen	CH_3C_2H	10^{-9}	b
Aldehyd octowy	CH_3CHO	10^{-10}	b
Cyjanek winylu	CH_2CHCN	10^{-11}	b
Cyjanodiacetylen	HC_5N	10^{-9}	b
Mrówczan metylu	$[HCOOCH_3]$	10^{-11}	b
Etanol	C_2H_5OH	10^{-9}	b
Eter dwumetylowy	$(CH_3)_2O$	10^{-9}	b
Cyjanek etylu	C_2H_5CN	10^{-10}	b
Cyjanotrioacetylen	HC_7N	10^{-10}	b
	HC_9N	10^{-10}	b
	$HC_{11}N$	?	c

* n_x — liczba molekuł związku
n_{H_2} — liczba molekuł wodoru

Magdalena Sroczyńska-Kożuchowska

Zainteresowanym sugeruję przeczytać „Uranię" nr 11/93 i 12/93 oraz świetną książkę Isaaca Asimova „Wybuchające gwiazdy" (Wyd. Alfa, Warszawa 1989).

polemiki i dyskusje

O niebezpieczeństwach wynikających z popularyzacji wiedzy

Szanowny Panie Profesorze!

Sądzę, że artykuł prof. Jerzego Sikorskiego w *Uranii-PA* 5/1998 miał być zachętą do polemiki na temat problemów popularyzacji kosmologii. Sam od lat zajmuję się upowszechnianiem najnowszych osiągnięć różnych dziedzin astronomii i to zagadnienie nie jest mi obce. Co do niefortunnych sformułowań i nieporozumień wynikających z ich nieścisłości, przychodzi mi na myśl felieton z PA 3/1992, omawiający opłakane skutki przetłumaczenia angielskiego terminu „Big Bang" jako „Wielki Wybuch". Myślę, że problem jest nawet nie w próbach wykorzystywania języka potocznego do opisu niecodziennych zjawisk, ale w nieprzystawalności polszczyzny do języka angielskiego, z którego przecież pochodzi większość terminów kosmologicznych. Wspomniane przez prof. Sikorskiego „parowanie czarnych dziur" w oryginale ma trochę szerszy zakres znaczeniowy i nie wiąże się tylko z parą wodną, ale z zanikaniem w ogóle (np. w zwrotach frazeologicznych jak „evaporating support"). Rozwiązanie problemu narzuca się samo i zostało przez profesora wstępnie naszkicowane: „dodać do języka potocznego nowe wyrazy i pojęcia JAKOŚ JE DEFINIUJĄC" (podkreślenie moje). Chciałbym jednak ten pomysł rozwinąć. A mianowicie, można wprowadzić obowiązek konsultacji naukowej przy spolszczeniach bestsellerów jak „Krótka historia czasu" i chociaż nie można pilnować jego przestrzegania, to gwarancja pojawienia się dodatkowego wyjaśnienia przy pewnych terminach (zbędnego z przyczyn oczywistych w wydaniu oryginalnym) umieszczona przy stopce wydawniczej czy nawet na okładce, dałaby orientację początkującemu czytelnikowi i spokój sumienia profesjonalistom. Czytelnik miałby przynajmniej pełną świadomość, czy kupuje coś, co może dać mu skrzywiony obraz zagadnień, czy też specjalista zatroszczył się o to, żeby do tego nie doszło. Problem dziesięciowymiarowej przestrzeni sam skrzętnie pomijam w moich audycjach i czekam na pojawienie się publikacji, które go rzetelnie o b j a ś n i ą i przygotują niezawodowego odbiorcę na przyswojenie nowinek także z tej dziedziny.

Karol Pankowski

O niebezpieczeństwach wynikających z popularyzacji wiedzy raz jeszcze

Ogromnie ucieszyło mnie pojawienie się w numerze 5/98 „Uranii" tekstu Jerzego Sikorskiego, poruszającego problemy popularyzacji nauki. Z racji miejsca pracy (Planetarium Śląskie) uważam się za popularyzatora nauki i problem, jak należy naukę popularyzować, jest dla mnie bardzo ważny. To, że popularyzować należy, jest dla mnie oczywiste. Nie mając takiego przekonania, prawdopodobnie nie mógłbym wykonywać swojego zawodu. Jednak nie oznacza to chęci ignorowania niebezpieczeństw związanych z działalnością popularyzatorską. W ciągu kilkunastu lat pracy przekonałem się o ich realności i w znacznej mierze zgadzam się z poglądami wyrażonymi przez prof. Sikorskiego. „W znacznej mierze" to nie znaczy „w zupełności". Wydaje mi się, że różnice w poglądach wynikają głównie z innego usytuowania „w gmachu nauki". Profesor Sikorski styka się (jak sądzę) tylko sporadycznie z osobami, którym krzywdę wyrządziła popularyzacja nauki, są to jednak osoby wyjątkowo solidnie poszkodowane. Inaczej mówiąc, są to maniacy trafiający do instytutów naukowych ze swoimi „genialnymi odkryciami". Ja oczywiście też się z nimi stykam. Ostatnio jakby trochę rzadziej (nie jestem pewny, czy jest to jednoznacznie dobra tendencja — mniejsza ilość maniaków na punkcie naukowym może być spowodowana ogólnie mniejszym zainteresowaniem nauką). Jednak moja codzienność to przede wszystkim lekko poszkodowani. Najczęściej uczniowie i nauczyciele odwiedzający Planetarium. Dość często dziennikarze, głównie radiowi, szukający materiału. „Lekkość szkód" wydaje mi się jednak być z nawiązką rekompensowana przez ilość poszkodowanych. Inaczej mówiąc, sądzę, że szkody spowodowane popularyzacją występują powszechnie. Są takie same jak te, opisane przez profesora Sikorskiego i sprowadzają się do błędnych przekonań dotyczących nauki. W gruncie rzeczy, nie byłoby żadnego powodu do zmartwienia, gdyż nie powoduje to zbyt poważnych praktycznych konsekwencji, a drugiej strony, gdyby wiedza fachowców i amatorów była do siebie zbliżona, to można by zwątpić w kompetencje fachowców. Jest jednak poważny powód do zmartwienia. Poszkodowanie związane z błędnymi przekonaniami jest z zasady połączone z głęboką wiarą w całkowitą poprawność owych błędnych poglądów. Z zasady osoby wyrażające takie poglądy są prawie całkowicie niepodatne na próby ich poprawiania. W wielu przypadkach, w celu uniknięcia nie rokującego niczego dobrego konfliktu, pojawia się konieczność ustąpienia i przyznania przynajmniej połowicznej racji takiej przekonanej o swojej racji osobie. Na szczęście najczęściej dotyczy to problemów niezbyt istotnych, często typu nazewniczego, a tym samym „przyznanie racji" nie obciąża zbytnio sumienia popularyzatora. Tym niemniej stanowi to pewien problem. Błędne przekonania pozostają, a biorąc pod uwagę, że reprezentują je często nauczyciele, można sądzić, że będą dalej skutecznie rozpowszechniane i ugruntowywane. Z mojej perspektywy wynika, że większość błędów pochodzi nie z popularyzacji nowych, słabo ugruntowanych i rozumianych koncepcji. Te najczęściej, jako słabo rozumiane, traktuje się z wystarczającą ostrożnością. Osoby, które z takimi koncepcjami zetknęły się w literaturze popularnonaukowej, najczęściej szukają ich wyjaśnienia i ewentualnie dyskutują w nadziei lepszego ich zrozumienia. Tym samym jestem skłonny bronić prawa do ich popularyzacji, oczywiście przy generalnym założeniu zachowania ostrożności w formułowaniu tez. Znacznie poważniejszym problemem wydaje mi się popularyzacja wiedzy w zakresie dobrze ugruntowanych i mało rewolucyjnych działów nauki. Popularyzatorzy tych dziedzin, często w imię prostoty i jasności wywodów oraz w trosce o źle pojęte dobro nauki zapominają o wątpliwościach i formułują w sposób kategoryczny popularyzowane tezy. Mówiąc prosto, zajmują postawę reklamiarzy, myląc edukację i popularyzację z wulgarną reklamą. W efekcie u czytelnika, słuchacza i widza wyrabiają przekonanie o bezwzględnej pewności i pełnej postaci (braku uproszczeń) przedstawianej wiedzy. Jeżeli tak postępujący popularyzator jest utalentowany, a problem „dobrze leży", w dotychczasowej wiedzy odbiorcy wynikiem jest coś, co nazywamy „zrozumieniem". I taki dobrze „zrozumiany" problem jest praktycznie nieusuwalny. Od pewnego czasu przestałem w takiej sytuacji próbować cokolwiek tłumaczyć. Praktyka wskazuje, że jedynym wynikiem jest pyskówka i ewentualne przekonanie takiej osoby o mojej niewiedzy. Można dodać, że „w zrozumieniu problemów" specjalizują się głównie nauczyciele, ceniąc niezwykle ten stan umysłu u swoich uczniów i pielęgnując go u siebie. Cóż więc można w tej sytuacji zrobić? Myślę, że niezwykle pożyteczna byłaby próba sformułowania czegoś w rodzaju kodeksu etycznego popularyzatora. Kodeks taki mógłby powstać w wyniku dyskusji, np. na łamach „Uranii". Dobrym jej otwarciem mógłby być tekst profesora Sikorskiego. A ja, gdybym miał zaproponować jakiś paragraf tego kodeksu, to zaproponowałbym taki: jeżeli nie jest to z jakichś istotnych powodów konieczne, to, popularyzując naukę, nie kłam. Bowiem wydaje mi się, że większość bzdurnych poglądów trafiających do ludzi wynika nie z takich czy innych istotnych powodów, a jedynie z chęci, aby artykuł czy audycja była ładniejsza, bardziej jednoznaczna a nawet z czystej, bezmyślnej chęci zafascynowania odbiorcy.

Jerzy Kuczyński

REKLAMA * REKLAMA * REKLAMA * REKLAMA * REKLAMA * REKLAMA * REKLAMA

Generalny Dystrybutor
Sprzętu Optycznego Firmy

ZENIT

oferuje hurtowniom, sklepom i odbiorcom indywidualnym po cenach konkurencyjnych asortyment w/w firmy w pełnym zakresie, tj.:

aparaty fotograficzne
obiektywy
teleskopy
lunety
lornetki
celowniki
lupy
mikroskopy
noktowizory

MIŁOŚNIKOM ASTRONOMII PO PRZYSTĘPNEJ CENIE POLECAMY WYSOKIEJ KLASY, PÓŁPROFESJONALNY TELESKOP ASTRORUBINAR 100 POSIADAJĄCY MOŻLIWOŚĆ FOTOGRAFOWANIA OBIEKTÓW PRZY MAKSYMALNYM POWIĘKSZENIU 350 RAZY

na specjalne zamówienie sprowadzimy specjalistyczny sprzęt optyczny także innych firm rosyjskich

ZAPEWNIAMY SERWIS GWARANCYJNY I POGWARANCYJNY

SERDECZNIE ZAPRASZAMY

NASZ ADRES:

KORPORACJA WSCHÓD
UL. POŻARYSKIEGO 27, 04-713 WARSZAWA
tel: 12 00 11 wew. 642
815 20 11 wew. 642
tel/fax: 613 33 80

OZMA II — BORÓWNO '98

W dniach 20–23 sierpnia br. w Borównie koło Bydgoszczy odbył się Drugi Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii. Zlot został zorganizowany przez Międzyszkolny Klub Astronomiczny „Milky Way" w Borównie i Bydgoski Klub Astronomiczny „Antares" przy pomocy Władz Gminy Dobrcz oraz ZG PTMA.

Przybyłych ponad 150 entuzjastów astronomii zakwaterowano w szkole podstawowej i w namiotach na boisku szkolnym. Każdy z uczestników zlotu, za niewielką opłatą, otrzymał znaczek identyfikacyjny oraz koszulkę z okolicznościowym nadrukiem.

Pierwszego dnia zlotu, o godz. 18, miało miejsce uroczyste powitanie uczestników i oficjalne otwarcie imprezy. Przybyłe regionalne media TV i radio wyemitowały na falach eteru krótkie migawki z otwarcia zlotu i pracy astronomów-amatorów. Piękna słoneczna pogoda nastrajała wszystkich optymizmem. Prawie każdy przywiózł ze sobą jakiś sprzęt obserwacyjny. Teleskopy, lunety i dyskusje o ich parametrach umożliwiły zlotowiczom wzajemne poznanie. Obserwatorzy Słońca i jego plam wyjaśniali zainteresowanym tajniki i wagę swojej pracy. Wszak zbliża się okres wzmożonej aktywności naszej gwiazdy. Poszukiwacze i kolekcjonerzy meteorytów prezentowali swoje skarby. Namawiali do czynnego zainteresowania się tymi jedynie realnymi gośćmi z nieba. Wieczorem niebo odsłoniło w pełni swe piękno, nagradzając sowicie zlotowiczów za trud często dalekiej podróży do Borówna. Fascynujący spektakl z gwiazdami, galaktykami, mgławicami i planetami dla wielu trwał do rana. Plonem tej, darowanej przez Opatrzność, nocy były ciekawe zdjęcia nieba. Najwytrwalszy obserwator-łowca meteorów wypatrzył ich aż kilkanaście.

W drugim dniu zlotu niebo zasłoniły chmury. Organizatorzy byli przygotowani i na taką ewentualność. W szkolnej sali gimnastycznej od rana rozpoczęła się sesja plakatowa zdominowana przez prezentację barwnych zdjęć obiektów astronomicznych, wykonanych przez najbardziej aktywnych astrofotografów. Następnie swymi dokonaniami i doświadczeniami dzielili się z innymi obecnymi w sali opiekunowie różnych klubów, kółek i grup młodzieży astronomicznej, m.in. z Tarnowa, Urzędowa, Szczecina i Lublina. Przedstawiciel PTMA mówił o osiągnięciach i stanie dzisiejszym Towarzystwa, o formach pomocy dla początkujących i bardziej zaawansowanych obserwatorów. Wieczorna sesja filmowa usatysfakcjonowała prawie wszystkich.

Trzeciego dnia przed południem duża grupa zlotowiczów pojechała autokarami do Obserwatorium Astronomicznego UMK w Piwnicach. Było to duże przeżycie szczególnie dla tych, którzy odwiedzili ten przodujący ośrodek badawczy po raz pierwszy. Spotkanie z Redaktorem Naczelnym „Uranii-Postępy Astronomii" było także bardzo ważnym wydarzeniem tej wycieczki. Niektórym ciarki przechodziły po plecach, gdy Redaktor bystrym wzrokiem wyławiał z grupy tych najzdolniejszych.

Wieczorem odbył się piknik astronomiczny. Przy ognisku zebrała się duża grupa amatorów kiełbasek. Jak ogień rozgorzała wśród młodzieży ciekawa dyskusja o blaskach i cieniach amatorskiej astronomii w Polsce. Nagrodę od publiczności za ciekawe wypowiedzi, okraszone szewskimi wstawkami, otrzymał 19-latek z Zielonej Góry. Młodzież zadziwiała starszych swą wiedzą, bystrością przemyśleń i dojrzałością.

Czwarty dzień zlotu i zarazem ostatni. Wszyscy zdawali sobie sprawę, że oto kończy się ważny etap w ich życiu, że ich miłość do astronomii nie ginie, ale rozwija się, że pragną spotkać się znów za rok. Po oficjalnym zakończeniu zlotu i rozdaniu nagród — nagrodę główną Grand OZA otrzymał przedstawiciel Szubińskiego Klubu Przyjaciół Astronomii „SzKaPA" — wszyscy cali i zdrowi wrócili do swych domów.

Sprawozdanie byłoby niepełne bez uwag krytycznych i wskazania drobnych potknięć. Brak dostatecznej ilości ulotek z rozkładem działań i imprez zlotu stwarzał niepotrzebne zamieszanie wśród jego uczestników. Przydałby się, szczególnie dla dziewcząt, choćby prowizoryczny prysznic. Organizatorzy zlotu w swych działaniach zdradzali oznaki zagubienia. Poszukując chyba legendarnego św. Graala, zapominali o swej służebnej roli względem młodzieży — naszej najbliższej i najpiękniejszej konstelacji. Wolno przypuszczać, że po uporaniu się z ww. problemami, sprawdzeni już w działaniu, będą mogli sprawić wielką frajdę młodzieży astronomicznej, zapraszając ją na kolejny zlot.

Niezwykle cenne są spotkania ludzi „spokrewnionych" wspólną pasją. Takim był Zlot Miłośników Astronomii w Borównie.

Lech Palczewski

(opiekun grupy młodzieży z Amatorskiego Obserwatorium Astronomicznego w Szczecinku na II OZMA w Borównie k.Bydgoszczy)

Międzynarodowa Konferencja Obserwatorów Meteorów – Stará Lesná 1998

International Meteor Organization (IMO) jest międzynarodową organizacją skupiającą obserwatorów meteorów z całego świata. Jej głównym celem jest koordynacja obserwacji meteorów poprzez druk i wysyłkę materiałów, opracowywanie wyników i nawiązywanie kontaktów pomiędzy miłośnikami astronomii i astronomami zawodowymi.

Od momentu swojego powstania w 1988 roku IMO organizuje konferencje naukowe, które odbywają się corocznie w sierpniu lub wrześniu. W roku bieżącym gospodarzem International Meteor Conference (IMC) była wioska Stará Lesná położona 2 km od Tatrzańskiej Łomnicy na Słowacji. Wybór tego miejsca nie był przypadkowy. Obserwacje meteorów mają bowiem ogromne tradycje w tym kraju, a obserwatorzy słowaccy należą do najaktywniejszych na świecie (w roku 1997 ustąpili pod tym względem tylko Polakom). Drugim powodem przemawiającym za zorganizowaniem IMC w Starej Lesnej był fakt, że w tym samym czasie, tzn. w dniach 20–23 sierpnia 1998 roku, odbywało się tam kolokwium Międzynarodowej Unii Astronomicznej poświęcone meteorom, meteoroidom i meteorytom. Połączenie obu imprez wydawało się więc rozwiązaniem bardzo rozsądnym, a na dodatek pozwalającym na kontakt zawodowców z amatorami.

W IMC udział wzięło blisko 65 osób z państw takich jak Niemcy, Słowacja, Holandia, Rumunia, Bułgaria, Jugosławia, Hiszpania, Japonia, Kanada, Słowenia, Belgia, Czechy i Wielka Brytania. Nasz kraj reprezentowały cztery osoby: Urszula Majewska, Marcin Gajos, Marek Samujłło i niżej podpisany. Cała czwórka to aktywni członkowie Pracowni Komet i Meteorów (PKiM) — polskiej organizacji zajmującej się koordynacją obserwacji meteorów w naszym kraju.

Nieoficjalne otwarcie konferencji odbyło się późnym wieczorem 20 sierpnia, kiedy to większość uczestników dotarła już do miejsca zakwaterowania — małego hotelu Ceva, malowniczo położonego niemalże u stóp góry Łomnicy. Podczas tego wieczoru mieliśmy okazję obejrzeć slajdy z obozu astronomicznego na Słowenii, a także film video z maleńkiej wioski Carmen Brag (Bułgaria) położonej u wybrzeża Morza Czarnego — miejsca przyszłorocznego obozu astronomicznego poświęconego obserwacjom Perseid i całkowitego zaćmienia Słońca, które wydarzy się 11 sierpnia 1999 roku. Wioska ta nie została wybrana przypadkowo. Oprócz pięknego położenia, charakteryzuje się ona bowiem świetnym klimatem i 10-kilometrową odległością od centrum pasa całkowitości.

Rankiem dnia następnego J. Rendtel — prezydent IMO oficjalnie otworzył konferencję. Potem przystąpiono do pierwszej serii referatów. Program IMC, zarówno tego dnia, jak i w dniach następnych, był bardzo napięty i obfitował w różnego rodzaju odczyty, referaty i prezentacje (oficjalnym językiem był rzecz jasna angielski). Oprócz zapowiedzianych wcześniej referatów odbyło się bowiem kilka zajęć dodatkowych, przeprowadzonych niejako „z marszu" przez astronomów zawodowych, którzy bardzo chętnie przychodzili porozmawiać z amatorami.

Dużo miejsca we wszelkiego rodzaju referatach poświęcono niedawnemu wybuchowi aktywności Bootyd czerwcowych. (R. Arlt *The June Bootids — past and present records*, S. Berinde *1998 June Bootids in Romania*, V. Velkov *The 1998 June Bootids outburst observed in Bulgaria*), a także oczekiwanym deszczom meteorów z rojów Draconid i Leonid (A. McBeath *The 1998 Draconids*, P. Brown *Leonid expectations from modeling the stream*, P. Jenniskens *The 1998 Leonids*). Nie zabrakło też globalnej analizy danych zebranych przez IMO (J. Rendtel & P. Brown *Geminids 1988–1997 — a summary of visual results*). Oprócz tematyki wizualnych obserwacji meteorów spore powodzenie miały też inne metody obserwacji. O radiowych obserwacjach opowiadał A. McBeath, o analizie obrazów video z zarejestrowanymi na nich meteorami szeroko opowiadali C. Trayner, D. Koschny, A. Knoefel i S. Molau, a bazowe obserwacje fotograficzne omówił M. de Lignie.

Konferencja nie kończyła się jednak tylko na referatach. Można bowiem było wziąć udział w warsztatach komputerowych poświęconych programom VISDAT (obróbka wizualnych obserwacji meteorów), METSIM (symulacja deszczu Leonid), METREC (analiza obserwacji video) i RADIANT (analiza kształtu i położenia radiantów rojów meteorowych). Ponadto jeszcze pierwszego dnia odbyła się sesja plakatowa, podczas której można było obejrzeć plakaty prezentujące dane i wyniki tych osób, które nie skorzystały z prezentacji werbalnej.

Nasza delegacja wykorzystała tę właśnie formę i przedstawiła dwa plakaty. Pierwszy, autorstwa Marka Samujłło i Arkadiusza Olecha, dotyczył programu CooReader, służącego do szybkiego odczytywania współrzędnych zjawisk naszkicowanych na mapach gnomonicznych, a także pierwszych rezultatów uzyskanych za pomocą tego programu i dotyczących roju Bootyd czerwcowych. Drugi plakat, autorstwa Arkadiusza Olecha, Michała Jurka i Marcina Gajosa, dotyczył aktywności nowo odkrytych przez PKiM rojów α-Cygnid, Delphinid i π-Draconid, a także aktywności Perseid w pierwszej połowie lipca.

Dodatkowymi atrakcjami podczas konferencji były warunki oferowane przez hotel (basen, sauna, masaże, korty tenisowe, bilard, golf), a także wycieczka ufundowana przez organizatorów. W jej ramach wjechaliśmy kolejką linową na wysokość 1763 m n.p.m. i zwiedziliśmy znajdujące się

dokończenie na stronie 279

Amatorskie obserwacje Plutona

Szanowna Redakcjo!
Od kilkunastu lat jestem miłośnikiem astronomii, należącym do oddziału PTMA w Krośnie. Interesuję się głównie obserwacjami komet i astrofotografią. Abstrahując jednak od tych tematów, pragnę podzielić się moimi wrażeniami z poszukiwań Plutona.
Mariusz Świętnicki

Marzeniem każdego miłośnika astronomii jest obserwacja wszystkich planet Układu Słonecznego. Większość planet to bardzo łatwe cele do odszukania, z wyjątkiem jednego. Mowa tu oczywiście o Plutonie. Jego mała jasność skutecznie dziesiątkuje szeregi amatorów astronomii, pragnących wyłuskać go z mrowia słabych gwiazd.

Współczesna astronomia przemieszcza Plutona z kategorii planet do kategorii planetoid Pasa Kuipera. Myślę, że zwiększa to jeszcze bardziej jego atrakcyjność i daje możliwość obserwacji przedstawiciela ciekawej grupy obiektów Układu Słonecznego.

Historia poszukiwań Plutona w Oddziale Krośnieńskim PTMA liczy już kilka lat. Pierwszą próbę podjąłem wraz z kol. Jackiem Adamikiem 12 lipca 1991 roku. Do obserwacji użyto reflektora Newtona 250/1560. Jednak niskie położenie obiektu nad horyzontem i dość mocne skażenie nieba sztucznym światłem, nie mogły gwarantować sukcesu.

Kolejna próba została wykonana w kwietniu i maju 1993 roku. Do poszukiwań wykorzystano 25-cm Newtona. Po dwóch pierwszych obserwacjach wydawało się, że ruch Plutona został zaobserwowany. Jednak kolejne sesje obserwacji nie przyniosły rozwiązania problemu. Dodatkowe zamieszanie wprowadziły mapy, z których korzystano. Różniły się one między sobą jasnościami gwiazd i trajektoriami Plutona. Mapki pochodziły z kalendarza „Das Himmelsjahr" i gazet „Sky & Telescope" a także „Astronomy". Po tamtych nie rozstrzygniętych obserwacjach pozostały zapiski i rysunki, do których, jak się okazało, po pięciu latach miałem jeszcze powrócić.

Na wiosnę 1995 roku wraz z Jackiem Adamikiem urządziłem kolejne polowanie na nieszczęsnego Plutona. Teleskop pozostał ten sam co poprzednio, a mapka pochodziła z „Kalendarium Miłośnika Astronomii na rok 1995". Wynik poszukiwań był negatywny. Później okazało się, że mapa błędnie podawała pozycje obiektu na poszczególne dni, które znacznie odbiegały od dat rzeczywistych.

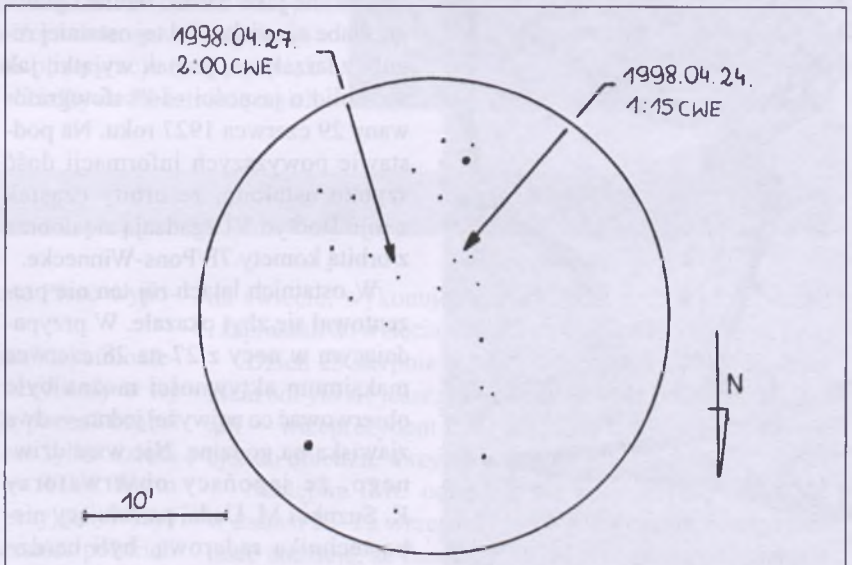
W roku 1997 ukończyłem budowę nowego reflektora Newtona 250/1520. Jednym z ważniejszych celów obserwacyjnych był oczywiście Pluton.

Kwiecień 1998 roku był dobrym okresem na poszukiwania, a noce zaczęły kusić ładną pogodą. Przewodnikiem w polowaniu miała być tym razem mapka zamieszczona w „Uranii-PA" nr 2/98 r. Pierwszą obserwację wykonałem w nocy z 23 na 24 kwietnia. Udało się zaobserwować słaby obiekt, którego położenie idealnie odpowiadało pozycji Plutona naniesionej na mapce. Do pełnego szczęścia lub kolejnej porażki brakowało jeszcze jednej obserwacji, potwierdzającej ruch obiektu na tle gwiazd.

27 kwietnia kolejny raz wycelowałem teleskop na interesujący rejon nieba. Po krótkiej chwili byłem już pewien, że obserwuję wsteczny ruch Plutona na tle gwiazd. Planeta, czy raczej planetoida, przesunęła się na zachód, a jej droga idealnie pokrywała się z torem naniesionym na mapce. Obserwacje powtórzyłem jeszcze 24 i 28 maja. Przyznam, że odszukanie Plutona sprawiło mi jeszcze większą przyjemność niż np. obserwacje zakrycia gwiazdy 28 Sgr przez Tytana czy supernowej 1993J.

Wrócę jeszcze do 1993 roku. Porównałem ostatnio tamte wyniki obserwacji z trajektorią Plutona w komputerowym atlasie nieba. Rezultat był zaskakujący i potwierdził moje odnalezienie obiektu już w tamtym okresie poszukiwań.

Jakiej wielkości teleskopu potrzeba, by dostrzec Plutona? Popularna jest opinia, że wystarczy 15-cm reflektor. Obserwacje słabych obiektów prowadziłem już kilkoma różnymi teleskopami, od 14 do 25 cm średnicy. Uważam, że nawet najlepsza pogoda, jaka może panować nad Polską, nie gwarantuje sukcesu obserwacji takim przyrządem. Potrzebne jest ciemne tło nieba, duża przejrzystość powietrza i dobry *seeing*. W takich warunkach obserwator dysponujący 20-cm reflektorem powinien dostrzec ten odległy obiekt, poruszający się po mrocznych peryferiach Układu Słonecznego.



Rysunek pola widzenia teleskopu (reflektor Newtona 250/1520, powiększenie 108×), obrazujący ruch Plutona podczas pierwszych obserwacji. Rys. autora.

Wybuch aktywności Bootyd czerwcowych

Rok 1998 będzie chyba jednym z najciekawszych w historii obserwacji meteorów. Nie dość, że w październiku i listopadzie mamy spore szanse obejrzenia efektownych deszczy meteorów z rojów Draconid i Leonid (patrz *Urania-PA* 3/98), to jeszcze w czerwcu swoją aktywnością zaskoczył nas wybuch bardzo słabego w ostatnich latach roju Bootyd VI.

Rój ten jest znany od 1860 roku, kiedy to jego pierwsze obserwacje wykonał W. Denning. Największą aktywnością rój ten popisał się w latach 1916, 1921 i 1927, kiedy maksymalne liczby godzinne osiągnęły poziom kilkudziesięciu. Meteory z tego roju opisywano jako bardzo wolne i głównie słabe zjawiska. Od tej ostatniej reguły zdarzały się jednak wyjątki, jak np. bolid o jasności -14^m sfotografowany 29 czerwca 1927 roku. Na podstawie powyższych informacji dość szybko ustalono, że orbity cząstek z roju Bootyd VI zgadzają się dobrze z orbitą komety 7P/Pons-Winnecke.

W ostatnich latach rój ten nie prezentował się zbyt okazale. W przypadającym w nocy z 27 na 28 czerwca maksimum aktywności można było obserwować co najwyżej jedno — dwa zjawiska na godzinę. Nic więc dziwnego, że japońscy obserwatorzy K. Suzuki i M. Ueda, patrolujący niebo techniką radarową, byli bardzo zdziwieni, gdy 27 czerwca br. o godzinie 9 UT odnotowali liczbę radiooech od trzech do pięciu razy wyższą od średniej. Dane te zostały bardzo szybko potwierdzone przez obserwatorów wizualnych, którzy odnotowali aktywność rzędu kilkudziesięciu zjawisk na godzinę. W przeciwieństwie do poprzednich wybuchów tegoroczne zjawisko trwało bardzo długo, bowiem wciąż wzmożoną aktywność obserwowano nawet o godzinie 5 UT dnia 28 czerwca.

Aby powiedzieć coś więcej o aktywności tegorocznych Bootyd VI, musimy znać wartość współczynnika r mówiącego o stosunku liczby meteorów o jasności $m + 1$ do liczby meteorów o jasności m. Wartość tę otrzymano z rozkładu jasności 511 Bootyd, uzyskanego przez obserwatorów International Meteor Organization (IMO) i wyniosła ona $r = 2.22 \pm 0.07$.

Znając już r, możemy wyrazić aktywność roju przez tzw. Zenitalną Liczbę Godzinną (ZHR) mówiącą o liczbie meteorów, jaką obserwowałby doświadczony obserwator w bardzo dobrych warunkach atmosferycznych i w momencie, gdy radiant roju jest w zenicie. Zależność ZHR od czasu dla tegorocznego wybuchu Bootyd VI jest zaprezentowana na Rys. 1. Został on wykonany w oparciu o dane 42 obserwatorów z 13 krajów, zebrane przez IMO. Widać wyraźnie, że najwyższą aktywność o ZHR = 102 ± 41 odnotowano 27 czerwca o godzinie 11:50 UT. Niestety, następująca potem dziura w obserwacjach (spowodowana brakiem obserwatorów meteorów na Pa-

cyfiku) nie pozwala powiedzieć, co działo się z aktywnością roju po tym momencie, aż do godziny 19:30 UT, kiedy to ZHR wyniosła 91 ± 29. Zaraz potem liczby godzinne zaczęły spadać i w godzinach 20:00–0:00 UT, kiedy to w Polsce panuje noc, oscylowały na poziomie około 50.

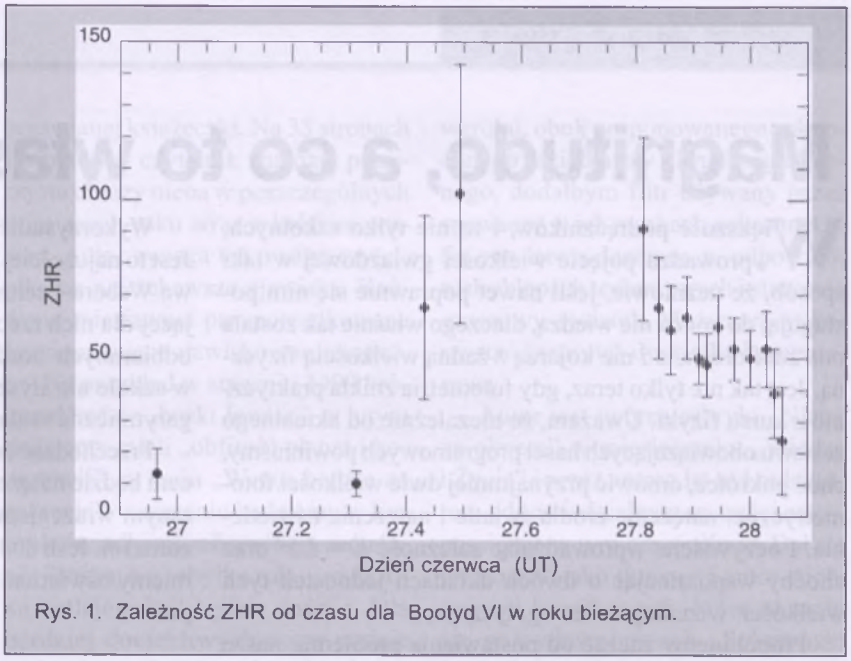
Analiza 139 meteorów naszkicowanych na mapach przez obserwatorów bułgarskich pozwoliła na wyznaczenie współrzędnych radiantu roju. Wyniosły one: $\alpha = 230° \pm 2°$ i $\delta = +47° \pm 2°$.

Kolejny już raz potwierdziła się znana prawda, że obserwacje meteorów, prowadzone podczas najkrótszych nawet nocy i w momencie, gdy nie ma żadnego aktywnego roju, popłacają. Na szczęście doskonale o tym wiedzą polscy obserwatorzy zrzeszeni w Pracowni Komet i Meteorów (PKiM). Pięciu z nich (Tomasz Fajfer, Maciej Kwinta, Andrzej Skoczewski, Paweł Trybus i Tomasz Żywczak) miało bowiem okazję podziwiać opisany powyżej wybuch. Maksymalna oszacowana przez nich aktywność wyniosła ZHR = 24 ± 5, co jest wartością trochę niższą niż dane uzyskane przez obserwatorów IMO. Biorąc jednak pod uwagę błędy wyznaczenia ZHR, obie te wartości wydają się porównywalne.

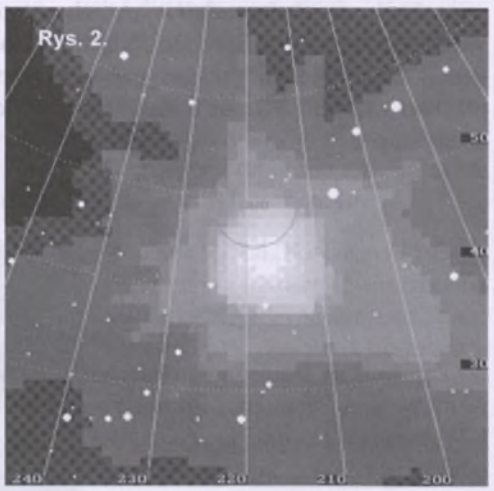
Także nasi obserwatorzy szkicowali meteory na mapach o odwzorowaniu gnomonicznym. W dniach 25–30 czerwca br. udało im się naszkicować 157 zjawisk. Analiza tych danych za pomocą programu RADIANT pozwoliła nam wyznaczyć współrzędne centrum radiantu roju Bootyd VI. Wyniosły one: $\alpha = 216.4°$ i $\delta = +43.4°$. Różni się to od współrzędnych uzyskanych przez obserwatorów IMO. Biorąc pod uwagę porównywalne wielkości analizowanych próbek trudno powiedzieć, który z wyników jest bliższy prawdy. Na pewno połączenie obu zestawów danych i obserwacji, które wciąż nadchodzą do IMO, pozwoli na uściślenie tego wyniku. Struktura radiantu uzyskana na podstawie naszych obserwacji wprowadzonych do programu RADIANT jest zaprezentowana na Rys. 2.

Z powyższego opisu widać wyraźnie, że warto obserwować meteory każdej nocy, bowiem nawet słabo aktywne roje mogą płatać bardzo miłe niespodzianki. Jeśli ktoś z Was jest bliżej zainteresowany sposobami obserwacji tych zjawisk i chciałby dowiedzieć się o nich czegoś więcej, proszę o kontakt. Mój adres: Arkadiusz Olech, ul. Sokolicz 3/59, 01-508 Warszawa. Proszę o dołączenie znaczka pocztowego za 1 zł.

Arkadiusz Olech



Rys. 1. Zależność ZHR od czasu dla Bootyd VI w roku bieżącym.



dokończenie ze str. 276.

tam obserwatorium astronomiczne Skalnate Pleso wyposażone w 60-cm reflektor Cassegraina.

Pisząc o IMC, nie można pominąć wspaniałej atmosfery, jaka tam panowała. Ponieważ uczestniczyliśmy w tej imprezie po raz pierwszy, mieliśmy okazję poznać osobiście wiele osób, które znaliśmy dotychczas tylko dzięki kontaktom e-mailowym lub z publikacji w *WGN*. Warto tutaj dodać, że zostaliśmy bardzo ciepło przyjęci. Wszyscy gratulowali nam tak wysokiej aktywności polskich miłośników astronomii (obserwatorzy PKiM w roku 1997 okazali się najaktywniejszą grupą obserwatorów meteorów na świecie, wykonując ponad 2000 godzin obserwacji) i zapraszali do wzięcia udziału w następnych konferencjach.

Dzień 23 sierpnia był ostatnim dniem spotkania. Rankiem odbyło się jeszcze kilka odczytów, a potem A. McBeath — wiceprezydent IMO oficjalnie zakończył konferencję. Po obiedzie wszyscy rozjechali się do domów.

Następna IMC odbędzie się koło Rzymu (Włochy) w dniach 23–26 września 1999 roku. Pozostaje nam tylko mieć nadzieję, że fundusze PKiM-u pozwolą na wysłanie naszej delegacji i na to spotkanie.

Arkadiusz Olech

Magnitudo, a co to właściwie jest?

Większość podręczników, i to nie tylko szkolnych, wprowadza pojęcie wielkości gwiazdowej w taki sposób, że uczniowie, jeśli nawet poprawnie się nim posługują, do końca nie wiedzą, dlaczego właśnie tak została ona zdefiniowana i nie kojarzą z żadną wielkością fizyczną. Jest tak nie tylko teraz, gdy fotometria znikła praktycznie z kursu fizyki. Uważam, że niezależnie od aktualnego zestawu obowiązujących haseł programowych powinniśmy, choć pokrótce, omówić przynajmniej dwie wielkości fotometryczne: natężenie źródła światła i natężenie oświetlenia. I oczywiście, wprowadzając zależność $E = L/r^2$ oraz choćby wspominając o dwóch układach jednostek tych wielkości: wizualnym i energetycznym.

Proponujemy zacząć od postawienia problemu: nasze zmysły odbierają pewien bodziec B, np. świetlny (akustyczny, smakowy itp.), wywołując pewne wrażenie W. Jaka jest zależność między przyrostem wrażenia DW a przyrostem bodźca DB? Odpowiedź jest najczęściej błędna i musimy uczniów nieco naprowadzić. Naciskamy wyłącznik oświetlenia (jest jasny dzień) i zapalamy światło. Czy zauważyliście, że jest jaśniej? A teraz wyobraźcie sobie, że jest już wieczór i prawie nie widzicie swoich notatek. Zapalam światło (ten sam przyrost bodźca, włączyłem to samo oświetlenie). Czy odbieracie taki sam przyrost jasności, taki sam przyrost wrażenia ? Teraz uczniowie łatwo formułują poniższy zapis:

$$\Delta W = \frac{\Delta B}{B} \qquad (1)$$

lub

$$\Delta W = k^* \frac{\Delta B}{B}$$

Zapisaliśmy znane prawo psychofizjologii zwane prawem Webera-Fechnera (sformułowane w 1846 r. przez E.Webera i przekształcone do postaci (2) przez G. Fechnera w 1850 r.).

Przechodząc do przyrostów nieskończenie małych i całkując obustronnie mamy:

$$\int dW = k^* \int \frac{dB}{B},$$

skąd po scałkowaniu

$$W = k^* \ln B + const$$

Przyjmując, że dla $B = B_0$ mamy $W = 0$, otrzymujemy:

$$const = k^* ln\, B_0$$

i ostatecznie

$$W = k^* (\ln B - \ln B_o) = k^* \ln \frac{B}{B_o}$$

lub

$$W = k \log \frac{B}{B_o} \qquad (2)$$

Wykorzystaliśmy tu znany związek: $\log x = \log e \ln x$. Jest to najczęściej stosowana logarytmiczna postać (2) prawa Webera-Fechnera. Uczniowie dowiadują się zaskakującej dla nich rzeczy — nasz mózg logarytmuje wielkości odbieranych bodźców! I to nawet wówczas, gdy nigdy w szkole nie słyszał o logarytmach! Stąd też bierze się logarytmiczna skala poziomu natężenia dźwięku (decybele).

Przechodząc do wrażeń świetlnych, zauważmy, że bodźcem będzie natężenie oświetlenia siatkówki oka E a odbieranym wrażeniem jasność gwiazdy (jasność widoma, pozorna) m. Jeśli dodatkowo za bodziec odniesienia (E_o) przyjmiemy oświetlenie o wartości 1 lx, zależność (2) przyjmie postać:

$$m = k \log E \qquad (3)$$

Jest to tzw. wzór Pogsona (N. R. Pogson, 1850 r.).

W tym miejscu jest czas na przekazanie nieco informacji z historii astronomii. Pierwsze (znane nam) próby klasyfikacji gwiazd w oparciu o ich widomą jasność podjął jeszcze w II w. p.n.e. Hipparch, a kontynuował je najsłynniejszy astronom świata starożytnego Ptolemeusz (II w.n.e.). Dzielili oni gwiazdy na sześć klas wielkości (magnitudo). Najjaśniejszym przypisano wielkość (jasność widomą) 1, najsłabszym, dostrzegalnym nieuzbrojonym okiem wielkość 6. Ta skala utrzymała się przez wiele wieków (W. Herschel, J. Heweliusz i in.). Metody wizualnej oceny jasności gwiazd zostały znacznie udoskonalone w XIX w., głównie dzięki pracom F. Argelandera. W latach 1859–1862 powstał katalog jasności gwiazd zwany Bonner Durchmusterung (w skrócie katalog BD) zawierający 450 000 gwiazd, podający ich jasności z dokładnością do $0.^m1$ (w rzeczywistości dokładność, szczególnie dla słabszych gwiazd, była znacznie mniejsza). Ten dorobek nie mógł być przekreślony i nowa skala jasności oparta o wzór Pogsona powinna, tak jak tylko jest to możliwe, być zgodna ze stosowaną wcześniej. Uzyskamy to, przyjmując k = –2.5 i odejmując od prawej strony równania 13.98.

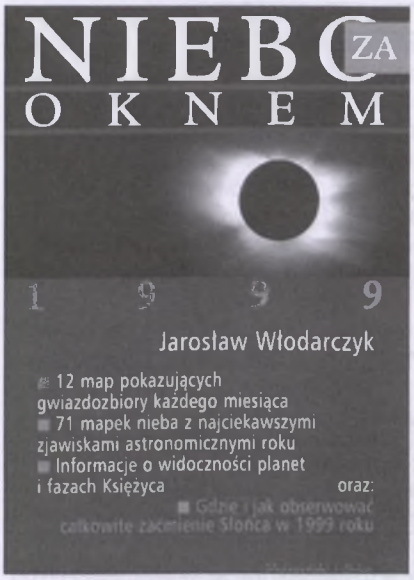
$$m_v = -2.5 \log E - 13.98 \qquad (4)$$

Współczynnik –2.5 powoduje zrównanie jednostek w obu skalach, a odjęcie 13.98 ustala wspólne zero dla obu skal.

Trochę się rozjaśniło. Wielkość gwiazdowa to natężenie oświetlenia wyrażone nie w liniowej skali „luxów", a logarytmicznej skali „magnitud".

Zadanie domowe. Odszukaj na niebie gwiazdozbiór Łabędzia (na tablicy szkicujemy rysunek podobny do zamieszczonego obok). Po jego lewej stronie znajduje się niepozorny gwiazdozbiór Lutni z bardzo jasną Wegą. Zaczynając od Wegi (0^m), w kolejności wskazanej strzałkami

dokończenie obok ☞



NIEBO ZA OKNEM 1999

Jarosław Włodarczyk

Wydawca *Prószyński i S-ka SA*. Warszawa 1998, cena 15 zł.

Mapki pokazujące wygląd nieba każdego miesiąca i najciekawsze zjawiska astronomiczne zbliżającego się roku, informacje o widoczności planet, fazach Księżyca i przebiegającym przez Europę zaćmieniu Słońca to treść omawianej książeczki. Na 35 stronach formatu A4 czytelnik znajdzie przejrzyste obrazy nieba w poszczególnych miesiącach roku wraz z krótkim opisem. Autor zwraca też uwagę czytelnika na najciekawsze zjawiska. Każdemu miesiącowi przyporządkowane jest dominujące zjawisko astronomiczne. Na przykład w styczniu 1999 królował będzie „boski Jowisz", w lutym będziemy mieli „obfitość planet i koniunkcji", w maju „Wenus będzie na zakręcie", w sierpniu będziemy w Europie świadkami całkowitego zaćmienia Słońca, a u schyłku roku „gwiazdką betlejemską" będzie Jowisz. Dla bardziej dociekliwych autor podaje wykaz łatwo dostępnych (osiągalnych przy pomocy lornetki) gromad kulistych, gromad otwartych, galaktyk i mgławic. Obszerna i trafna jest lista literatury uzupełniającej. Książkę zamyka indeks przedmiotowy, znakomicie ułatwiający szybkie odnalezienie interesujących nas obiektów czy zjawisk.

W jednym bym może uzupełnił autora. Oczywiście na Słońce w żadnym wypadku, ani przed czy po, ani w czasie zaćmienia nie możemy spoglądać gołym okiem. Do ochrony wzroku, obok proponowanego zakopconego szkiełka czy filtru fotograficznego, dodałbym filtr używany przez spawaczy w ich maskach ochronnych. Są one łatwo dostępne w odpowiednich sklepach technicznych i stanowią groszowy wydatek. Można też wykorzystać (zepsutą) dyskietkę komputerową.

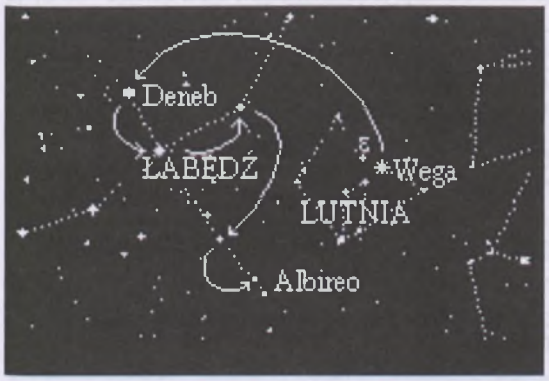
Autor jest twórcą rubryki „Niebo za oknem" w miesięczniku „Wiedza i Życie" i przez szereg lat był redaktorem odpowiedzialnym za treści astronomiczne w tym czasopiśmie. Dał się też poznać jako tłumacz i autor wielu pozycji książkowych, które ukazały się w wydawnictwach „Prószyński i S-ka". Jego doświadczenia owocują w omawianej tu książce. Całkowicie podzielam zdanie zawarte w zwiastunie na okładce. „Niebo za oknem 1999" jest niezawodnym przewodnikiem po świecie zjawisk niebieskich zarówno dla miłośników astronomii, jak i dla tych wszystkich, którzy chcą się nauczyć rozpoznawać gwiazdozbiory i gwiazdy oraz odróżniać na niebie planety. I gorąco polecam omawianą książkę czytelnikom „Uranii-Postępów Astronomii" oraz ich znajomym i przyjaciołom. (*aw*)

dokończenie z poprzedniej strony

zobaczysz Deneba (1^m), γ Cyg (2^m), δ Cyg (3^m), η Cyg (4^m) i φ Cyg (5^m). Tuż pod tą ostatnią świeci jaśniejsza Albireo (3^m) będąca w rzeczywistości układem podwójnym gwiazd różniących się wyraźnie barwą. Ale do ich dostrzeżenia niezbędny jest już mały teleskop.

Warto jeszcze, jeśli starczy czasu, przeliczyć parę przykładów liczbowych.

Juliusz Domański



ASTROFOTOGRAFIA, czyli jak i czym fotografować nocne niebo i ciała niebieskie

Wiesław Skórzyński

Wydawca *Prószyński i S-ka SA*. Warszawa 1998, cena 15 zł.

Autora tej książki naszym czytelnikom przedstawiać nie trzeba. Wszak prowadzi na łamach *Uranii-PA* rubrykę „Poradnik obserwatora", a także znany jest jako autor wielu efektownych zdjęć nocnego nieba oraz znajdujących się na nim obiektów astronomicznych. Nic więc dziwnego, że napisana przez niego książka jest prawdziwą skarbnicą praktycznych porad dla każdego, kto już zajmuje się astrofotografią lub dopiero ma taki zamiar. Można dowiedzieć się z niej, co i jak warto fotografować, a całość wywodów poparta jest kolekcją barwnych reprodukcji zdjęć wykonanych przez samego autora.

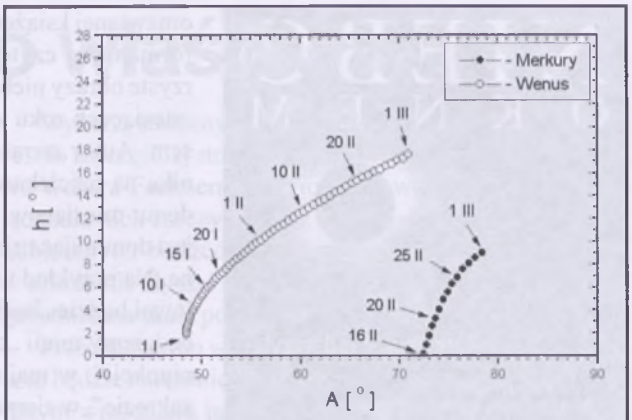
Cennym dodatkiem jest załączony do książki katalog najciekawszych obiektów polecanych do fotografowania wraz z ich opisem. Krótko mówiąc, lektura obowiązkowa dla wszystkich miłośników astrofotografii. (*jd*)

Rok 1999

W 1999 roku wystąpią dwa zaćmienia Słońca: obrączkowe 16 lutego, niewidoczne w Polsce, oraz całkowite 11 sierpnia, w Polsce widoczne jako częściowe o dużej fazie.

W tym roku tarcza Księżyca czterokrotnie zakryje najjaśniejszą gwiazdę w gwiazdozbiorze Byka, Aldebarana. Dnia 21 września dojdzie do zakrycia przez Księżyc planety Uran, widocznego w Polsce.

W 1999 roku do Słońca zbliży się 16 znanych komet krótkookresowych, lecz wszystkie będą widoczne jedynie przez teleskopy.



Rys. 1. Merkury i Wenus nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w styczniu i lutym 1999 pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca).

Styczeń

Słońce

Ziemia w swym ruchu po orbicie okołosłonecznej znajdzie się 3 stycznia o godzinie 13^h00^m najbliżej Słońca, a zatem Słońce będzie wtedy w perygeum w odległości około147 mln km. Dni stają się coraz dłuższe. W Warszawie 1 stycznia Słońce wschodzi o 6^h45^m, zachodzi o 14^h33^m, a 31 stycznia wschodzi o 6^h19^m, zachodzi o 15^h20^m. W styczniu Słońce wstępuje w znak Wodnika.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h UT)

Data 1999	P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
I 1	2.26	–2.98	145.60
3	1.29	–3.22	119.26
5	0.32	–3.45	92.92
7	–0.65	–3.67	66.58
9	–1.61	–3.89	40.24
11	–2.57	–4.10	13.90
13	–3.52	–4.31	347.56
15	–4.47	–4.52	321.23
17	–5.40	–4.72	294.89
19	–6.33	–4.91	268.56
21	–7.24	–5.10	242.23
23	–8.14	–5.28	215.90
25	–9.02	–5.45	189.56
27	–9.89	–5.62	163.23
29	–10.75	–5.77	136.90
I 31	–11.59	–5.93	110.56

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
$12^d01^h20^m$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°

Księżyc

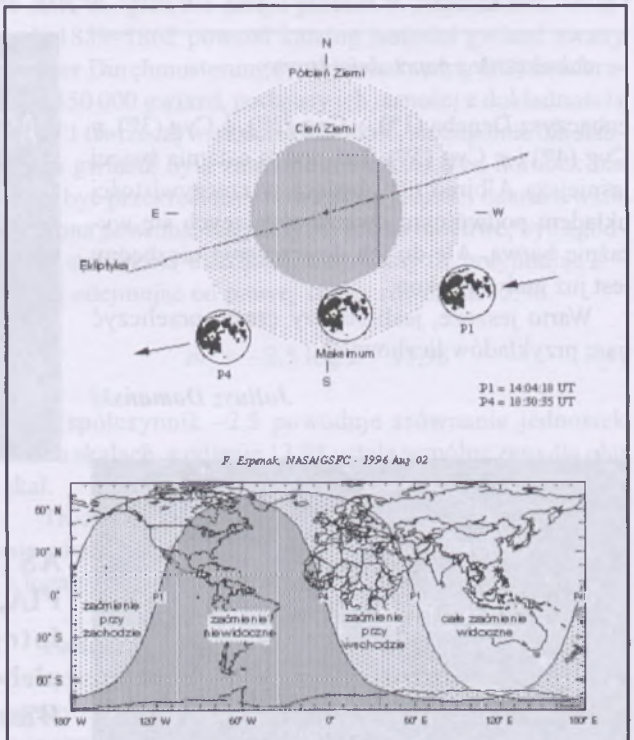
Bezksiężycowe noce będziemy mieli w połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia $2^d02^h50^m$, ostatnia kwadra $9^d14^h22^m$, nów $17^d15^h46^m$, pierwsza kwadra $24^d19^h15^m$ i znowu pełnia $31^d16^h07^m$. W apogeum Księżyc znajdzie się w dniu 11 stycznia o 11^h40^m, a w perygeum 26 stycznia o 21^h19^m.

W dniu 31 stycznia wystąpi półcieniowe zaćmienie Księżyca, widoczne w Polsce.

Planety i planetoidy

Merkury znajduje się na niebie w niekorzystnym położeniu względem Słońca i jest niewidoczny.

Wieczorem po zachodzie Słońca coraz wyżej nad południowo-zachodnim horyzontem wznosi się Wenus. W dniu 31 stycznia pod koniec zmierzchu cywilnego (Słońce 7° pod horyzontem) można ją będzie znaleźć jako „gwiazdę" –3.8^m na wysokości 10° nad horyzontem. Przez teleskop możemy obserwować tarczę planety o średnicy 11" będącą praktycznie w pełni. Mars widoczny jest w dru-



Rys. 2. Półcieniowe zaćmienie Księżyca 31 stycznia 1999 (wg. F.Espenak – NASA/GSFC).

giej połowie nocy w gwiazdozbiorze Panny jako „gwiazda" o jasności 0.8^m. Średnica tarczy planety wynosi zaledwie 7", tak więc obserwacje jakichkolwiek szczegółów będą utrudnione. Wyraźnie widoczna powinna być jednak faza planety, równa 0.9. Jowisza możemy obserwować wieczorem, po zachodzie Słońca wysoko nad południowo-zachodnim horyzontem w gwiazdozbiorze Ryb. Jasność planety wyniesie –2.3^m. Powyżej Jowisza widoczny będzie przez pierwszą połowę nocy Saturn jako obiekt 0.5^m.

Pozostałe planety przebywają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

W styczniu możemy obserwować w pobliżu opozycji kilka planetoid:

(1) Ceres, (jasność 7.7^m). 1 I: 3^h 53.7^m, +18° 24'; 11 I: 3^h 50.1^m, +18° 52'; 21 I: 3^h 49.4^m, +19° 26', 31 I: 3^h 51.5^m, +20° 06'.

(4) Westa, (jasność 6.2^m). 1 I: 9^h 42.7^m, +18° 06'; 11 I: 9^h 38.5^m, +19° 08'; 21 I: 9^h 31.4^m, +20° 22', 31 I: 9^h 22.3^m, +21° 40'.

(15) Eunomia, (jasność 8.9^m). 1I: 2^h 24.0^m, +27° 53'; 11 I: 2^h 31.6^m, +26° 56'; 21 I: 2^h 41.7^m, +26° 17', 31 I: 2^h 53.9^m, +25° 52'.

(349) Dembowska, (jasność 7.9^m). 11 I: 3^h 50.1^m, +18° 52'; 21 I: 3^h 49.4^m, +19° 26', 31 I: 3^h 51.5^m, +20° 06'.

Meteory

W dniach od 1 do 5 stycznia promieniują Kwadrantydy. Maksimum aktywności spodziewane jest 4 stycznia. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne α = 15^{h}28^m, δ = +50°. Nazwa roju pochodzi od nie istniejącego już na dzisiejszych mapach gwiazdozbioru *Quadrans Muralis*, umieszczonego w początkach XIX w. na granicy gwiazdozbiorów Smoka, Herkulesa i Wolarza. Warunki obserwacji w tym roku są złe w związku z Księżycem w pełni.

W dniu 31 stycznia widoczne będzie w Polsce półcieniowe zaćmienie Księżyca.

***

2^{d}19^{h}10^m Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

2^{d}20^{h}28^m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

3^{d}13^{h}00^m Ziemia w peryhelium na swej okołosłonecznej orbicie w odl.147 min km od Słońca.

3^{d}15^{h}15^m Wejście IV księżyca Jowisza (Callisto) na tarczę planety.

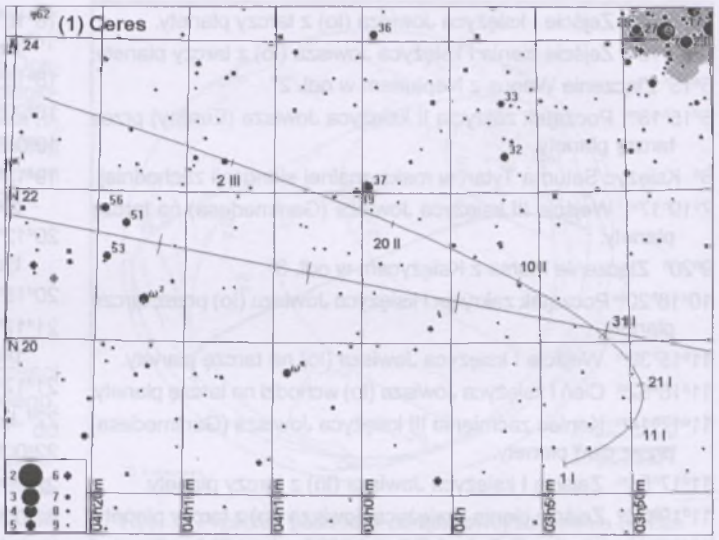
3^{d}16^{h}21^m Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.

3^{d}17^{h}43^m Zejście IV księżyca Jowisza (Callisto) z tarczy planety.

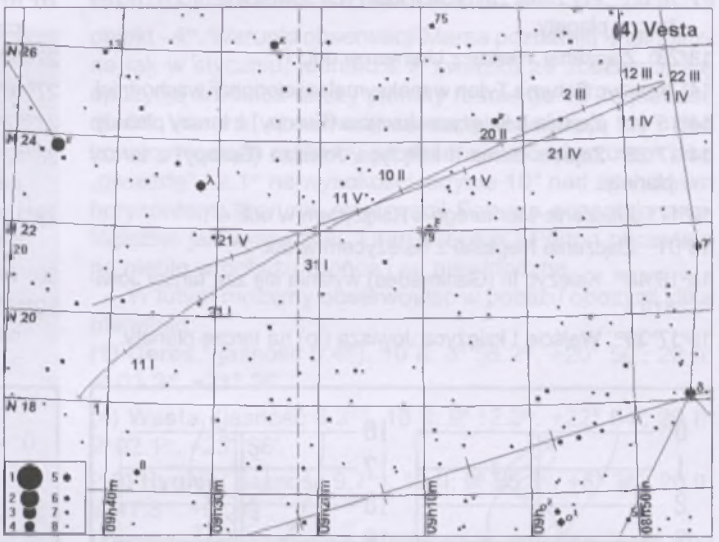
3^{d}19^{h}51^m Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

3^{d}20^{h}21^m Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

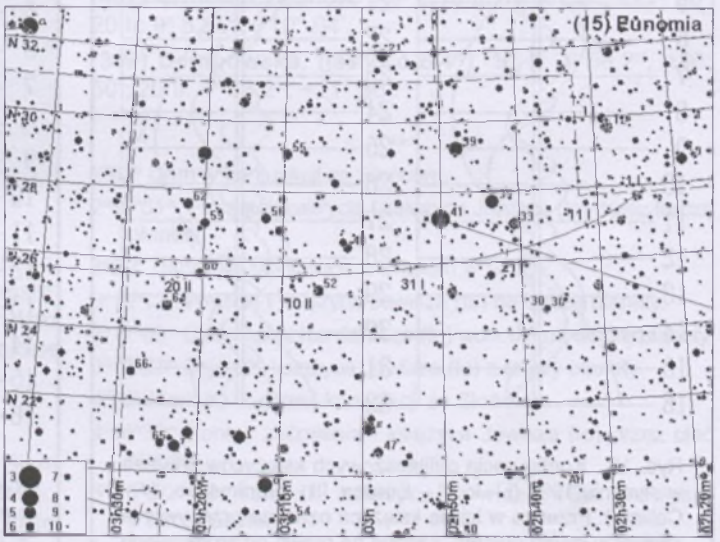
4^{d}14^{h}56^m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.



Rys. 4. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Byka w styczniu i lutym 1999 (zaznaczone gwiazdy do 9^m).

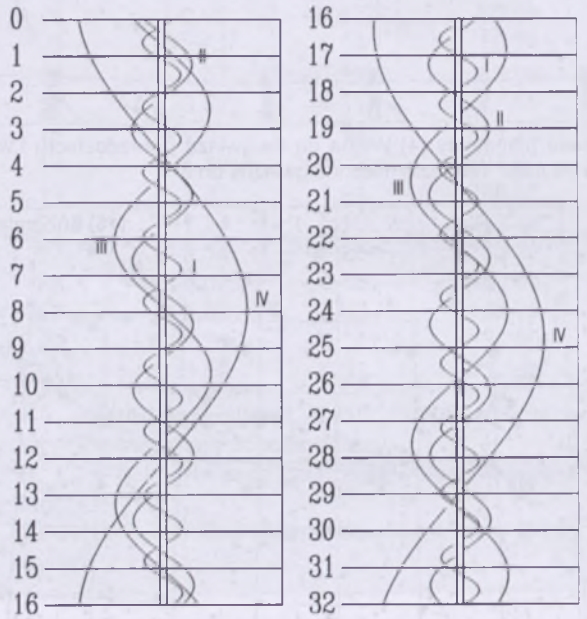


Rys. 5. Trasa planetoidy (4) Westa na tle gwiazd gwiazdozbioru Lwa od stycznia do maja 1999 (zaznaczone gwiazdy do 8^m).

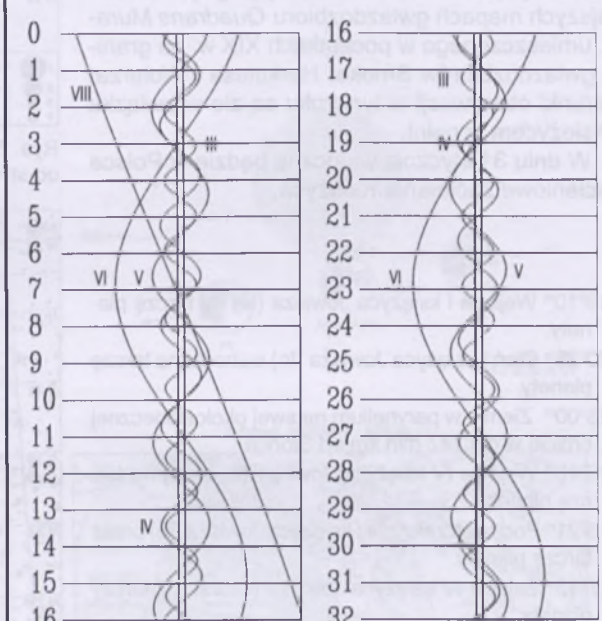


Rys. 6. Trasa planetoidy (15) Eunomia na tle gwiazd gwiazdozbioru Barana w styczniu i lutym 1999 (zaznaczone gwiazdy do 10^m).

$4^d15^h54^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$4^d17^h10^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
5^d15^h Złączenie Wenus z Neptunem w odl. 2°.
$5^d15^h18^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
6^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
$7^d19^h17^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.
9^d20^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 3°.
$10^d18^h20^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
$11^d15^h39^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$11^d16^h52^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
$11^d17^h14^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.
$11^d17^h54^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$11^d19^h06^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$12^d16^h15^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$12^d18^h05^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.
13^d23^h Złączenie Wenus z Uranem w odl. 1°.
14^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$14^d15^h11^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
$14^d17^h28^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
16^d17^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 4°.
18^d01^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 2°.
$18^d16^h48^m$ Księżyc III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.
$18^d17^h39^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
$18^d18^h12^m$ Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.
$18^d18^h47^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
18^d20^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 2°.
19^d08^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 2°.
$19^d18^h11^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
$20^d12^h36^m$ Słońce wstępuje w znak Wodnika, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 300°.
$20^d15^h31^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$21^d17^h24^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
$21^d17^h56^m$ Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
22^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
22^d00^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 2°.
22^d09^h Złączenie Neptuna ze Słońcem.
24^d06^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 3°.
$25^d17^h56^m$ Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.
$26^d16^h50^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
27^d14^h Złączenie Merkurego z Neptunem w odl. 2°.
$27^d16^h25^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$27^d17^h27^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
$28^d17^h59^m$ Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.
$29^d15^h32^m$ Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.
30^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
$30^d17^h49^m$ Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.



Rys. 10. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w styczniu 1999 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.



Rys. 12. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w styczniu 1999 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

31^d Półcieniowe zaćmienie Księżyca. Zaćmienie widoczne w całej Afryce z wyjątkiem Afryki Zachodniej, na Oceanie Indyjskim, w Australii, całej Eurazji oraz w zachodniej części Oceanu Spokojnego. Cień Ziemi mija tarczę Księżyca w odległości zaledwie ok.0.6', jednak w Polsce zaćmienie zachodzi nisko nad horyzontem, może być słabo widoczne. Przebieg zaćmienia: wejście Księżyca w półcień: 14^h 04^m, maksimum zaćmienia: 16^h 18^m, wyjście Księżyca z półcienia: 18^h 31^m.

Luty

Słońce

Dni stają się coraz dłuższe. Słońce wędruje po części ekliptyki położonej pod płaszczyzną równika niebieskiego, ale jego deklinacja wzrasta w ciągu miesiąca od –17° do –8°, w związku z czym dnia przybywa prawie o dwie godziny: w Warszawie 1 lutego Słońce wschodzi o 6^h 18^m, zachodzi o 15^h 22^m, a 28 lutego wschodzi o 5^h 26^m, zachodzi o 16^h 12^m. W lutym Słońce wstępuje w znak Ryb. W dniu 16 lutego wystąpi obrączkowe zaćmienie Słońca, niewidoczne w Polsce.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0^h czasu UT)

Luty 1999		P [°]	B_0 [°]	L_0 [°]
II	1	–12.00	–6.00	97.40
	3	–12.81	–6.14	71.06
	5	–13.60	–6.27	44.73
	7	–14.37	–6.40	18.40
	9	–15.12	–6.51	352.06
	11	–15.86	–6.62	325.73
	13	–16.57	–6.72	299.39
	15	–17.26	–6.81	273.06
	17	–17.92	–6.90	246.73
	19	–18.56	–6.97	220.39
	21	–19.18	–7.04	194.05
	23	–19.78	–7.10	167.71
	25	–20.35	–7.14	141.37
II	27	–20.90	–7.18	115.03
III	1	–21.42	–7.21	88.68

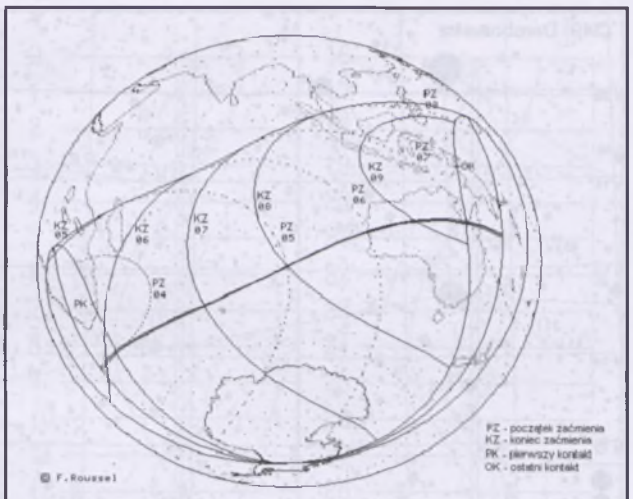
P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;
B_0, L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;
8^d 09^h 32^m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

Bezksiężycowe noce będziemy mieli w połowie lutego, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra 8^{d}11^{h}58^m, nów 16^{d}06^{h}39^m oraz pierwsza kwadra 23^{d}02^{h}43^m. W apogeum Księżyc znajdzie się 8^{d}08^{h}50^m, a w perygeum 20^{d}14^{h}40^m.

Planety i planetoidy

Pod koniec miesiąca około godzinę po zachodzie Słońca możemy próbować odnaleźć Merkurego na wysokości 9° nad zachodnim horyzontem jako „gwiazdę" –1^m. O tej samej porze wieczorem zaobserwujemy Wenus, która pod koniec miesiąca osiąga wysokość 18° nad horyzontem, jako



Rys. 3. Przebieg pasa fazy obrączkowej zaćmienia Słońca na Ziemi 16 lutego 1999 [wg.F.Roussel]. Przy kolejnych fazach zaćmienia podano momenty UT ich wystąpienia.

obiekt –4^m. Warunki obserwacji Marsa pozostają analogiczne jak w styczniu, jednakże w związku ze zbliżającą się opozycją średnica tarczy planety rośnie do 10', a jasność do 0^m. Warunki obserwacji Jowisza pogarszają się i pod koniec miesiąca możemy go obserwować wieczorem jako „gwiazdę" –2.1^m na wysokości jedynie 10° nad zachodnim horyzontem. Warunki obserwacji Saturna pozostają analogiczne jak w styczniu. Uran, Neptun i Pluton pozostają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

W lutym możemy obserwować w pobliżu opozycji kilka planetoid:

(1) Ceres, (jasność 8.4^m). 10 II: 3^h 56.2^m, +20° 50'; 20 II: 4^h 03.2^m, +21° 36'.

(4) Westa, (jasność 6.3^m). 10 II: 9^h 12.0^m, +22° 54'; 20 II: 9^h 02.1^m, +23° 56'.

(10) Hygiea, (jasność 9.7^m). 10 II: 9^h 55.8^m, +8° 36'; 20 II: 9^h 47.8^m, +9° 09'.

(15) Eunomia, (jasność 9.6^m). 10 II: 3^h 07.8^m, +25° 40'; 20 II: 3^h 23.1^m, +25° 35'.

(40) Harmonia, (jasność 9.9^m). 10 II: 10^h 02.8^m, +17° 56'; 20 II: 9^h 52.5^m, +19° 04'.

(349) Dembowska, (jasność 8.4^m). 10 II: 3^h 56.2^m, +20° 50'; 20 II: 4^h 03.2^m, +21° 36'.

***

2^{d}02^h Uran w koniunkcji ze Słońcem.

2^{d}18^{h}51^m Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.

3^{d}00^h Złączenie Merkurego z Uranem w odl.2°.

3^{d}16^{h}12^m Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

3^{d}17^{h}09^m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

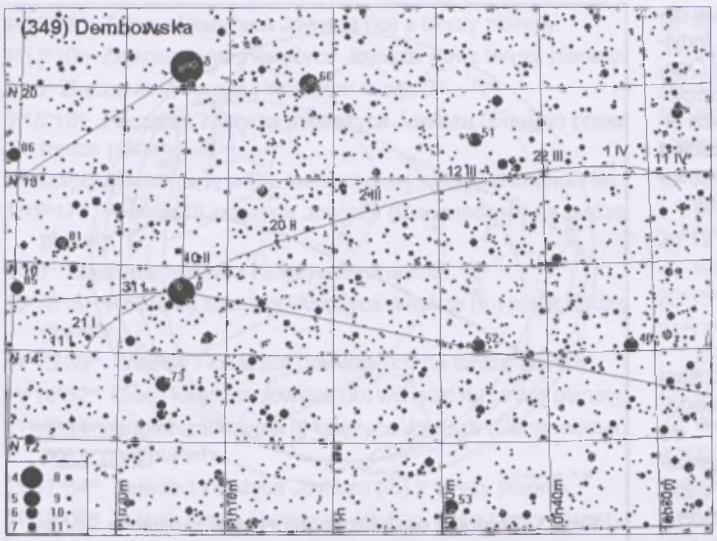
3^{d}18^{h}27^m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

4^{d}06^h Merkury w górnej koniunkcji ze Słońcem.

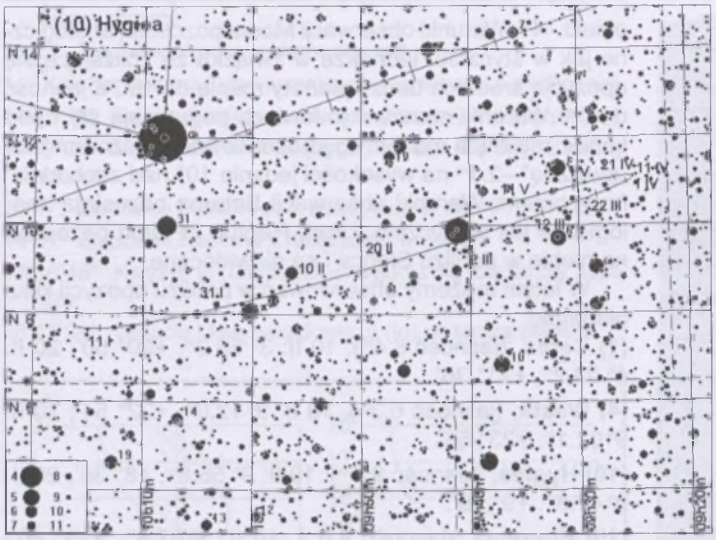
4^{d}16^{h}30^m Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

5^{d}16^{h}00^m Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.

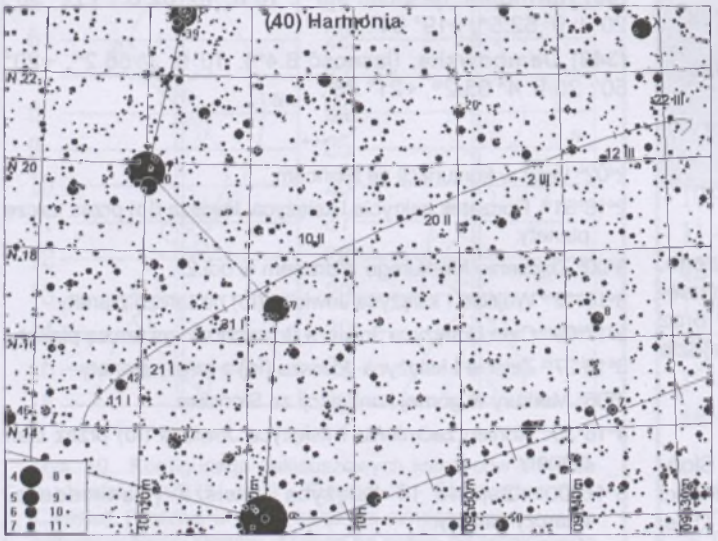
5^{d}16^{h}33^m Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.



Rys. 7. Trasa planetoidy (349) Dembowska na tle gwiazd gwiazdozbioru Lwa od stycznia do kwietnia 1999 (zaznaczone gwiazdy do 11^m).



Rys. 8. Trasa planetoidy (10) Hygiea na tle gwiazd gwiazdozbioru Lwa od stycznia do maja 1999 (zaznaczone gwiazdy do 11^m).



Rys. 9. Trasa planetoidy (40) Harmonia na tle gwiazd gwiazdozbioru Lwa od stycznia do marca 1999 (zaznaczone gwiazdy do 11^m).

$6^d15^h56^m$ Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.

7^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

7^d04^h Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 3°.

$10^d18^h14^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

$11^d18^h25^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

$12^d17^h14^m$ Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.

14^d12^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 2°.

$14^d17^h48^m$ Początek zakrycia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez tarczę planety.

15^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

15^d07^h Złączenie Urana z Księżycem w odl. 2°.

$15^d17^h13^m$ Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

16^d Obrączkowe zaćmienie Słońca widoczne na półkuli południowej Ziemi. Pas fazy obrączkowej z obszaru na południe od Kapsztadu (Afryka Płd.) przejdzie na Ocean Indyjski, przechodząc przez Wyspy Księcia Edwarda, Wyspy Crozeta oraz pomiędzy Wyspami Kerguelena a Nowym Amsterdamem. Na terytorium Australii wejdzie na północ od Perth, przecinając potem Australię Zachodnią, Terytorium Północne i Półwysep Jork. Centralna faza zaćmienia w średnie południe nastąpi 16 lutego 1999 o 4^h58^m UT w punkcie o współrzędnych φ = 41° 32' S, λ = 7° 57' E. Maksymalny czas trwania fazy obrączkowej dla obserwatora na Ziemi będzie wynosił 1.32^m, wielkość fazy maksymalnej F = 0.97.

17^d02^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odl. 0.2°.

18^d06^h Złączenie Wenus z Księżycem w odl. 2°.

18^d16^h Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 3°.

$18^d17^h24^m$ Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.

$19^d02^h45^m$ Słońce wstępuje w znak Ryb, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 330°.

$19^d17^h00^m$ Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

$19^d17^h42^m$ Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

20^d15^h Złączenie Saturna z Księżycem w odl.3°.

$22^d17^h10^m$ Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.

23^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

$23^d17^h26^m$ Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.

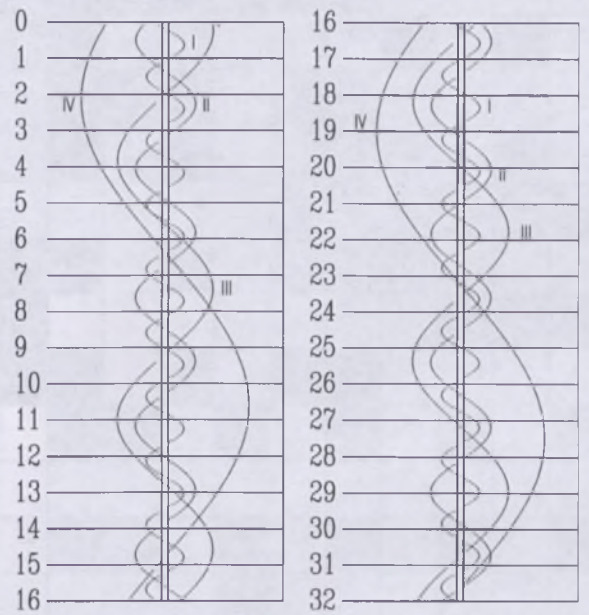
23^d20^h Złączenie Wenus z Jowiszem w odl.0.1°.

$26^d16^h49^m$ Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

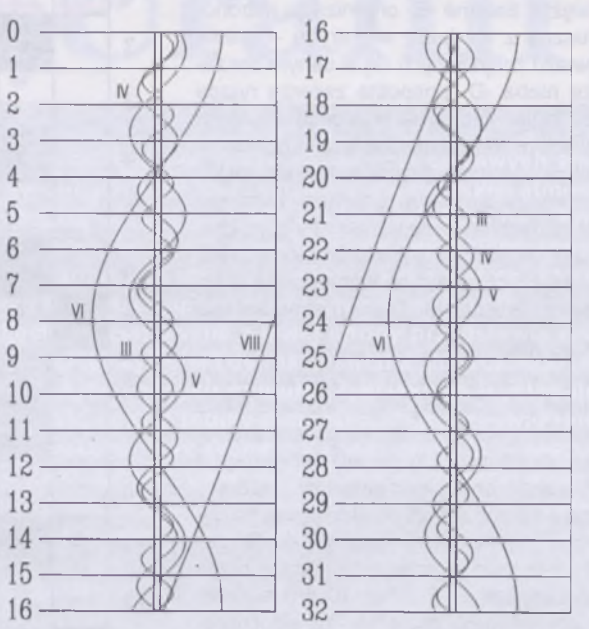
$26^d17^h24^m$ Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

$27^d16^h45^m$ Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

31^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.



Rys. 11. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lutym 1999 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.



Rys. 13. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w lutym 1999 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).
Aby otrzymać datę w obowiązującym w styczniu i lutym w Polsce „czasie zimowym", należy dodać 1 godzinę.
Momenty złączeń podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Opracował T. Ściężor

Informujemy Czytelników, iż książkowe (znacznie obszerniejsze) wydanie ***Kalendarza Astronomicznego na rok 1999*** autorstwa Tomasza Ściężora ukazało się *w serii Biblioteki Uranii* wydawanej nakładem Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

PRENUMERATA NA ROK 1999

Prenumerata na rok 1999 (6 zeszytów) kosztuje 36 zł (zagraniczna 50 zł). Cena pojedynczego zeszytu 7.50 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
BIG Bank S.A. o/Toruń
Nr 11601612-6347-132

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii" i „Uranii-PA" udziela:

Barbara Gertner
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11
87-100 Toruń

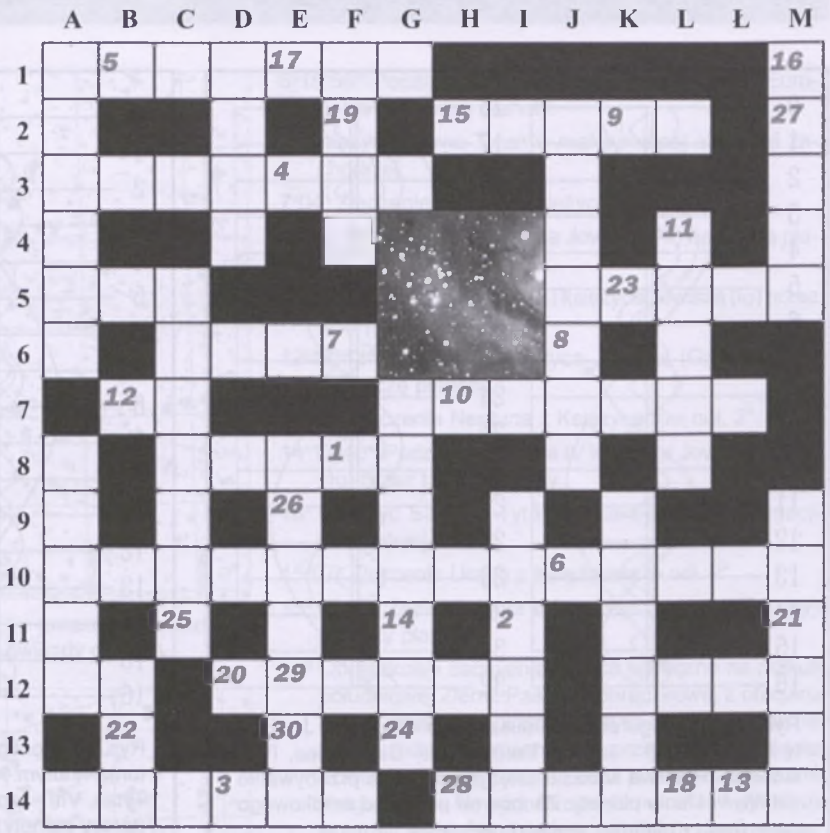
E-mail: basia@astri.uni.torun.pl, tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

Uwaga: W sprawie zakupu archiwalnych numerów „Uranii" (do roku 1997) prosimy kontaktować się z Zarządem Głównym PTMA , ul. Św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków, tel. (0-12) 422 38 92. Członkowie PTMA mogą tam również opłacić prenumeratę „Uranii-PA" na 1999 rok łącznie ze składką członkowską (60 zł za rok lub 30 zł na półrocze).

Wpłaty na konto: Zarząd Główny PTMA, PKO BP I o/Kraków, Nr 10202892-16391-270-1-111

Krzyżówka Urania-PA 6/98

KRZYŻÓWKA



Pionowo:
-A- inaczej obłok, np. Oorta · syn Noego, księżyc Saturna -B- organizacja astronomiczna z siedzibą w Paryżu -C- lista gwiazd znajdujących się w danym obszarze nieba -D- pospolite zwierzę ryjące -E- ciało niebieskie świecące własnym światłem -F- czwarta pod względem jasności gwiazda w Pegazie -G- ciała niebieskie świecące światłem odbitym -I- mokry gwiazdozbiór -J- największy księżyc Urana -K- mgławica w gwiazdozbiorze Liska -L- księżyc Saturna, na którym znajduje się krater Herschel -M- β Lep · pyskata kobieta

Poziomo:
-1- przyrząd kreślarski, mały gwiazdozbiór nieba pd. -2- księżyc Jowisza odkryty w 1979 r. -3- wszystko to, co nas otacza, to... -5- pełny obieg planety wokół gwiazdy · seria brytyjskich satelitów, dokonały one ważnych odkryć w zakresie widma galaktyk -6- najpopularniejszy kąt -7- @ · gazowo-pyłowa mgławica oświetlana przez gwiazdę Deneb -8- β Per -10- proces przenoszenia energii przez fale -12- skrót oznaczający znak towarowy · sól kwasu azotowego · księżyc Jowisza, czwarty od planety -14- α Peg · spadek materii na czarną dziurę (*M. Czasnowski*)

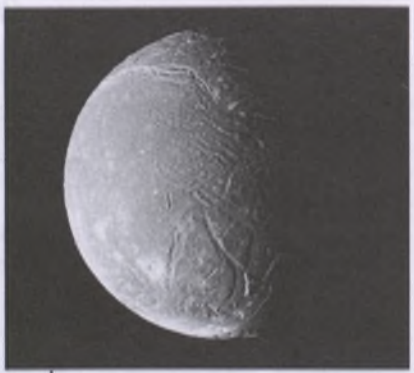
Litery z pól ponumerowanych od 1 do 30 utworzą rozwiązanie, które należy przysłać z dołączonym kuponem na adres redakcji. Wśród osób, które do końca stycznia 1999 r. nadeślą prawidłowe rozwiązania, rozlosujemy nagrody książkowe. Rozwiązaniem krzyżówki z numeru 4/98 jest hasło: VLT OBSERWUJE GROMADY KULISTE. Nagrody książkowe wylosowali pp. *Piotr Kowalski* ze Słupska i *Lech Bierezny* z Woroneża (Rosja). Gratulujemy. Nagrody prześlemy pocztą.

KONKURS

Czy znasz Układ Słoneczny?

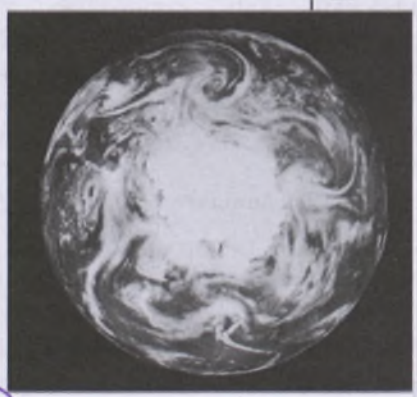
Ponieważ termin nadsyłania odpowiedzi na trzecią część konkursu mija w końcu listopada br., odpowiedzi oraz uaktualnioną listę SUS-ów opublikujemy w *Uranii-PA* 1/99. Tymczasem informujemy, iż aktualną listę uczestników i zdobytych przez nich do tej pory punktów można znaleźć na naszych stronach internetowych pod adresem urania.camk.edu.pl/konkurs.

1.



3.

2.



4.

W obecnej, IV części konkursu, zdobyć można łącznie 28 punkty (po 7 za każdą prawidłową odpowiedź). Przypominamy, że wystarczy podać tylko nazwy ciał niebieskich, które w całości lub fragmencie przedstawione są na prezentowanych obok zdjęciach.

Drobnymi nagrodami honorujemy wylosowane osoby, które udzieliły prawidłowych odpowiedzi w danej edycji konkursu, natomiast na zdobywcę maksymalnej ilości punktów, po zakończeniu konkursu, czeka nagroda specjalna.

Odpowiedzi prosimy przesyłać na adres redakcji do końca stycznia 1999 r. Na kartkach prosimy nakleić kupon konkursowy.

Kupon konkursowy *Czy znasz Układ Słoneczny?* Urania-PA 6/98

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA w TORUNIU

Biblioteka Główna UMK
300045106322

Galeria Uranii

Na naszą zachętę aby przysyłać zdjęcia ciekawych zjawisk świetlnych zachodzących w naszej ziemskiej atmosferze odpowiedział jako pierwszy Krzysztof Socha z Kolonii k. Baćkowic. Oprócz efektownych zdjęć sierpniowej zorzy polarnej przysłał nam jeszcze kilka innych, które pozwalamy sobie zaprezentować w naszej galerii.

Zdjęcie prezentowane z lewej strony przedstawia zjawisko iryzacji czyli efekt dyfrakcji światła słonecznego na kropelkach tworzących chmurę. Zjawisko to występuje dość często, lecz z reguły jest dość trudno zauważalne (zdjęcie wykonane we Fromborku, w sierpniu br. – *okazuje się, że Frombork i czas akcji „Wakacje w Planetarium" to bardzo dobra okazja do polowania na wszelkie interesujące nas zjawiska na niebie!*).

Drugie zdjęcie to ładny przykład podwójnej tęczy z wyraźnie widocznym rozjaśnieniem obszaru wewnętrznego.

Oba zdjęcia wykonane zostały aparatem Practica BCE elektronik wyposażonym w obiektyw 28/2.8 na filmie Kodak 100 ASA.

Trzecie z prezentowanych zdjęć przedstawia tzw. obłoki srebrzyste sfotografowane na wieczornym czerwcowym niebie. Obłoki te to, podobnie jak w przypadku zorzy, efekt bombardowania górnych warstw atmosfery przez promieniowanie kosmiczne — w szczególności przez wysokoenergetyczne cząstki wiatru słonecznego.

W tym przypadku został użyty film o dużej czułości 3200 ASA.

Autorowi dziękujemy. Nagrodę książkową prześlemy pocztą.

Biblioteka Główna UMK
300045106322

Mgławica Bańka (NGC 7635)

fot. Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)

Ten fragment kosmicznej bańki widoczny na zdjęciu, to ekspandująca powłoka materii — gazu i pyłu — rozwiewana przez jasną gwiazdę, widoczną z lewej pośrodku. Masa tej gwiazdy przekracza dziesięciokrotnie, a może nawet dwudziestokrotnie masę naszego Słońca, a jej najnowsze „hobby" to „rzeźbienie" otaczającej materii. Niezbędne „narzędzia" to potężny wiatr gwiazdowy i strumień promieniowania. Tak powstaje właśnie mgławica Bańka, której tylko fragment widać na fotografii. Jej całkowita średnica osiąga 10 lat świetlnych, czyli — żeby uzmysłowić sobie jej wielkość — ponad dwukrotnie więcej aniżeli wynosi odległość od Słońca do najbliższej gwiazdy — Proximy Centauri!

Jasno świecący gaz w prawym dolnym rogu, to gęste skupisko materii, mocno odczuwające obecność masywnej sąsiadki. Jej promieniowanie wgryza się w gaz, tworząc podobne do palców struktury. Samo oddziaływanie powoduje ponadto podgrzanie gazu, który dzięki temu świeci.

Efektowna mgławica Bańka to pole do popisu dla badaczy zajmujących się oddziaływaniem gorących gwiazd z otaczającą je materią. (*mag*)

Kosmiczne Jajko (NGC 7742)

fot. Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)

Najwyraźniej, na różne dziwne rzeczy można się natknąć podczas eksploracji Kosmosu. Gdyby ktoś nie wierzył, niech spojrzy na zdjęcie obok — czyż obiekt ten nie wygląda jak ... smażone jajko?!

Tak poważniej, to fotografia przedstawia widok z góry na małą galaktykę spiralną, o katalogowym oznaczeniu NGC 7742. I choć oprócz „kulinarnych" skojarzeń, wyglądem nie odbiega od innych, „zwyczajnych" galaktyk tego typu, to nasza bohaterka kryje i inne oblicze. Wiadomo bowiem, iż jest to jednocześnie przedstawicielka galaktyk Seyferta — jednej z klas aktywnych galaktyk. Jej „silnikiem" jest najprawdopodobniej czarna dziura — owo jasne „żółtko" — okupująca centrum NGC 7742. Skłębiony pierścień materii wokół jądra — odległy od niego o jakieś 3 tysiące lat świetlnych — to obszar, w którym zachodzą z dużą intensywnością procesy gwiazdotwórcze. Same ramiona spiralne są już jednak słabo widoczne i ciasno „nawinięte".

Jako ciekawostkę warto dodać, że czarne dziury są mieszkańcami nie tylko takich egzotycznych obiektów — wiele wskazuje na to, iż gnieżdżą się w centrach większości galaktyk, także i tych zwykłych. (*mag*)