

Biblioteka  
Główna  
UMK Toruń

08483/2001

# Urania

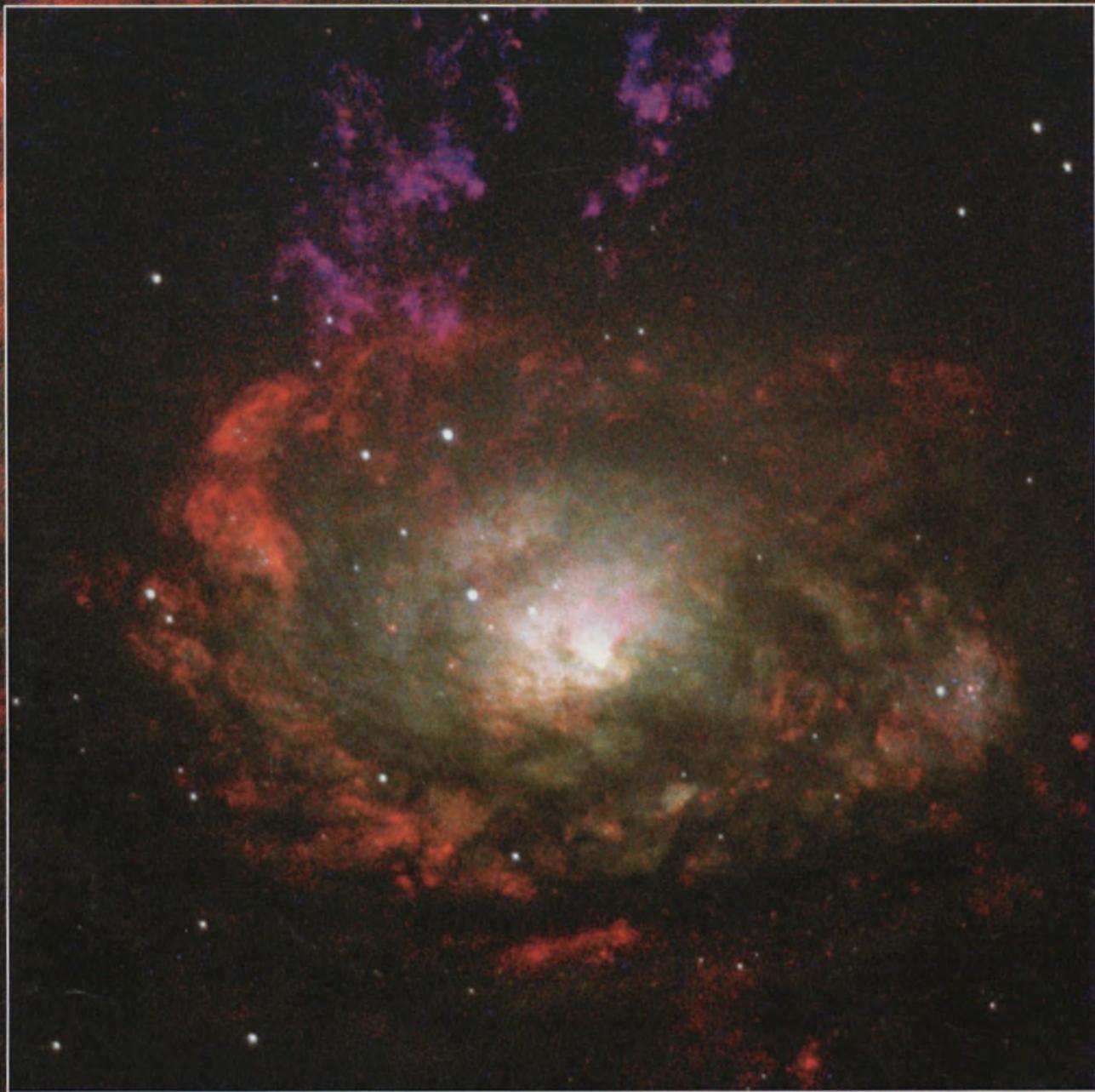
1/2001 (691)

POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXII

styczeń—luty

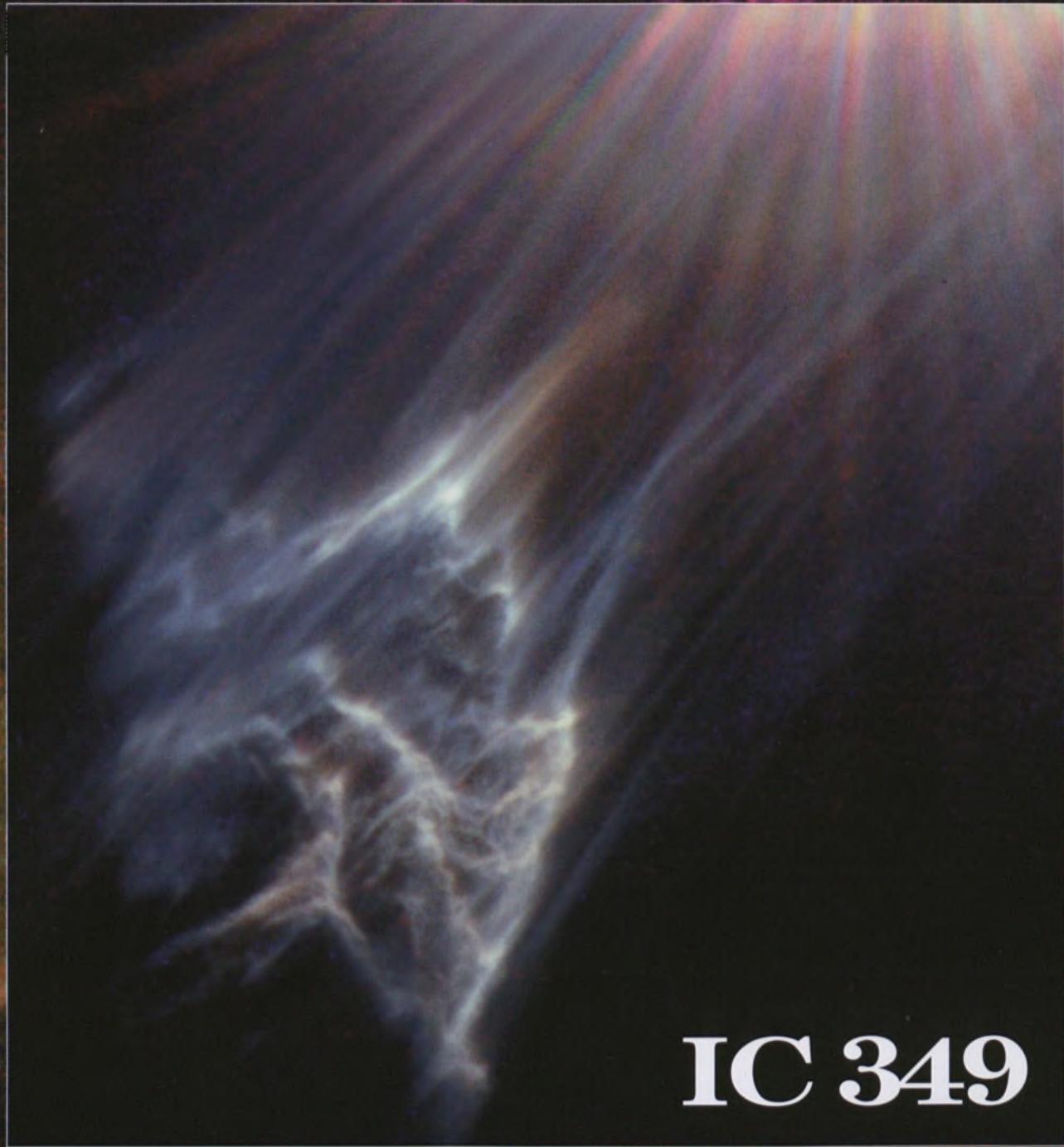
- Astronomia w nowym tysiącleciu
- Kosmologia biblijna jako wyraz kontemplacji Boga i Stworzenia
- Europa, Ganimedes, Kallisto — lodowe księżyce Jowisza
- Nowe karłowate





teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje

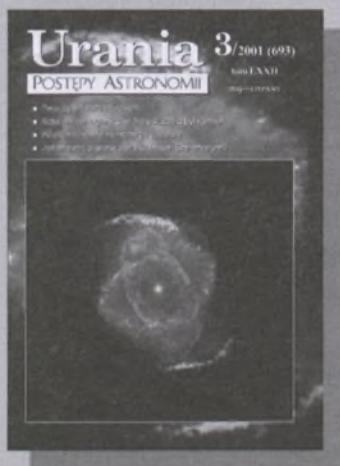
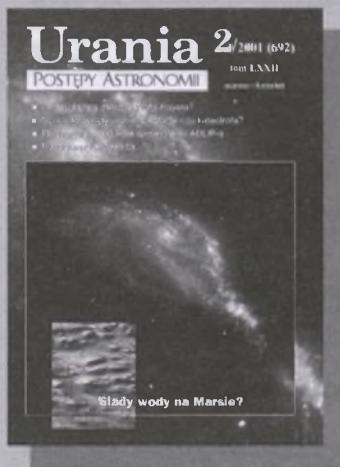
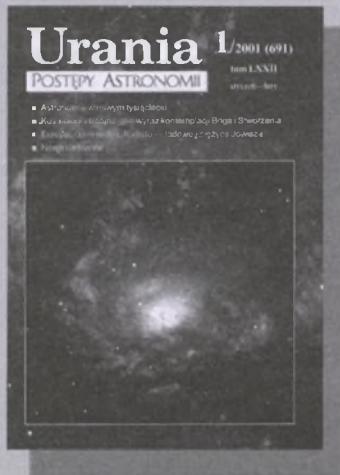
# Duch w Plejadach



## IC 349

Czy to duch w Kosmosie? Nie, to fragment mgławicy w Plejadach (gromadzie otwartej M 45), zwanej IC 349 lub Mgławicą Merope Barnarda. Chmura materii międzygwiazdowej (głównie pyłu) jest oświetlona i rozprasza na przez promieniowanie pobliskiej jasnej i gorącej gwiazdy Merope. Gwiazda ta znajduje się poza obrazem, z prawej górnej strony. Odległość między gwiazdą a mgławicą wynosi 3500 jednostek astronomicznych czyli 0,06 roku św. IC349 zbliża się do gwiazdy z szybkością 11 km/s, ale promieniowanie gwiazdy (ciśnienie promieniowania) spowalnia ten ruch i rozprasza materię mgławicy. Różowe promienie w górnej prawej części obrazu są zjawiskiem optycznym (dyfrakcja promieniowania gwiazdy), powstającym w teleskopie. Zdjęcie zostało uzyskane kamerą WFPC2 teleskopu Hubble'a w dniu 19 września 1999 roku.

# Rocznik 2001 tom LXXII



# Urания POSTĘPY ASTRONOMII

## INDEKS AUTORÓW

- Biala Jadwiga, 268  
Chrostowski Waldemar, 9  
Chrupała Henryk, 228  
Czaiński Andrzej, 172  
Czuriumow I. Klim, 200  
Dąbrowski Bartosz P., 152  
Domański Juliusz, 42  
Drahus Michał, 34  
Drążkowska Joanna, 96, 144, 240  
Drążkowski Jacek, 48, 164, 192, 216, 288  
Dworak T. Zbigniew, 37, 204, 276  
Filipek Marcin, 84  
Gołębiewski Marek, 27, 78, 130, 131, 216, 264  
Gronkowski Piotr, 148, 226  
Iwaniszewska Cecylia, 29  
Janta Stefan, 64  
Jarzębowski Tadeusz, 79  
Kardaś Tomasz, 32  
Korpikiewicz Honorata, 59, 106  
Kosiorek Lidia, 90  
Kosinski Janusz W., 273  
Kożuchowska Magdalena, 136  
Kreiner Jerzy M., 255, 270  
Kretowski Jacek, 250  
Kruk Jacek, 80  
Kuczyński Jerzy, 179, 228  
Kus Andrzej, 30, 206  
Kwiatkowski Tomasz, 100  
Lachowicz Paweł, 130  
Lehman Ludwik, 274  
Leszczyński Jerzy, 277  
Lew Bartek, 244  
Maciejewski Gracjan, 12  
Manikowski Piotr, 128  
Marecki Andrzej, 30  
Marks Andrzej, 91, 225  
Michalec Adam, 48, 218  
Mietelski Jan, 134  
Nawrocki Włodzimierz, 33  
Niedzielski Andrzej, 52, 116, 156, 214  
Olech Arkadiusz, 20, 38, 280  
Opolski Antoni, 182  
Pankowski Karol, 260  
Patka Jacek, 275  
Rochowicz Krzysztof, 25, 72, 119, 124, 132, 165, 212, 219, 261, (2)o.IV  
Sarwa Weronika, 196  
Sienko Marcin, 259  
Schreiber Roman, 48, 86, 163, 192, 240, 288  
Skórzyński Wiesław, 41, 75, 143, 144, 170, 217, 265  
Speil Jerzy, 185  
Szczepanik Jacek, 174, 179  
Ściążor Tomasz, 44, 82, 92, 110, 138, 186, 222, 233, 283  
Urbanik Marek, 266  
Urbański Piotr, 171  
Woszczyk Andrzej, 1, 4, 49, 84, 88, 96, 97, 126, 145, 164, 193, 206, 241  
Ziołkowski Krzysztof, 76  
Złoczewski Kamil, 36
- Autorzy zdjęć w Galerii Urani**  
Binkiewicz Andrzej, (6)o.III  
Bodzoń Robert, (4)o.III  
Brzózka Jarosław, (5)o.III, (6)o.III  
Czepiczek Grzegorz, (3)w.IV  
Grochowski Radosław, (5)w.IV  
Guziński Przemysław, (5)w.IV  
Kalicki Arkadiusz, (6)w.IV  
Kalużny Michał, (3)w.IV, o.III  
Magda Janusz, (1)o.III, (3)o.III  
Niewiadomska Grażyna, (4)o.III  
Pacan Tomasz, (1)o.III  
Papaj Artur, (1)o.III  
Pilarczyk Artur, (6)o.III  
Piskorz Wojciech, (5)o.III  
Sielewicz Henryk, (1)w.I  
Sienko Marcin, (6)w.IV  
Skórzyński Wiesław, (2)o.III  
Świętnicki Mariusz, (3)w.IV, (6)o.III  
Wrembel Artur, (2)o.III  
Żywczak Tomasz, (5)o.III

# INDEKS PRZEDMIOTOWY

## Artykuły

Astronomia fal grawitacyjnych, cz.I

*Bartek Lew*

244

Astronomia w nowym tysiącleciu

*Andrzej Woszczyk*

4

Dane nam było Słońca zaćmienie...

w sercu czarnej Afryki

*Andrzej Kus, Andrzej Woszczyk*

206

Eta Carinae

*Weronika Sarwa*

196

Europa, Ganimedes, Kallisto — lodowe księżyce Jowisza

*Gracjan Maciejewski*

12

Jak wyglądają gwiazdy Wolfa-Rayeta?

*Andrzej Niedzielski*

52

Jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym? cz.I

*Andrzej Niedzielski*

116

Jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym? cz.II:

Metody poszukiwań

*Andrzej Niedzielski*

156

Kosmologia biblijna jako wyraz kontemplacji

i Boga i aktu stworzenia

*Waldemar Chrostowski*

9

Nowe karłowate

*Arkadiusz Olech*

20

Od gwiazdy do gwiazdy, cz.I

*Jacek Krełowski*

250

Planetarium — od Anaksymandra do ADLIP-a

*Stefan Janta*

64

Rozpad komety LINEAR C/1999 S4

*Klim I. Czurumow*

200

Słoneczne szpilki

*Bartosz P. Dąbrowski*

152

Szkice kosmogoniczne cz. I: Ewolucja czy katastrofa?

*Honorata Korpikiewicz*

59

Szkice kosmogoniczne cz. II: Na początku był kamień

*Honorata Korpikiewicz*

106

Teledetekcja satelitarna, czyli Ziemia widziana

z Kosmosu

*T. Zbigniew Dworak*

204, (5)w.I

Twarzą w twarz z Erosem, czyli wyniki rocznych badań

sondy NEAR

*Tomasz Kwiatkowski*

100

Wielkie komety minionego stulecia

*Tomasz Ścieżor*

110

Wybuchy blasku komet

*Piotr Gronkowski*

148

Zaćmienie Słońca w Zambii

*Jerzy M. Kreiner*

254

## Rozmaitości

Aktywne życie komety Hale'a-Boppa

*Marek Gołębiowski*

131

Aktywność niewidocznej z Ziemi strony Słońca

*Roman Schreiber*

163

Bogata dekada 2001–2011, *Jacek Kruk*

80

Bolid Morávka z 6 maja 2000, *Tomasz Ścieżor*

82

Całkowite zaćmienie słońca — Madagaskar 2001

*Marcin Sienko*

259

Galaktyki wciąż starsze, *Marek Gołębiowski*

27

Jaki jest wiek powierzchni Io?, *Marek Gołębiowski*

130

Jeszcze jeden rzut oka na Marsa

*Krzysztof Rochowicz*

132

Manchester 2000 — inne spojrzenie

*Cecylia Iwaniszewska*

28

Miłośnicy astronomii łączą się...

*Karol Pankowski*

260

Marsjańska odwilż, *Krzysztof Rochowicz*

212

Nowe księżyce Jowisza, *Krzysztof Ziołkowski*

76

Nowość wśród aktywnych galaktyk wczesnego

Wszechświata?, *Paweł Lachowicz*

130

Saturn „na prowadzeniu”, *Marek Gołębiowski*

78

Stała Hubble'a — nowa odsłona

*Marek Gołębiowski*

27

„Twarz Marsjanina” AD 2001, *Jacek Drążkowski*

164

Układy planetarne wokół gwiazd

*Andrzej Niedzielski*

214

Ziemia chyba lżejsza?, *Tadeusz Jarzębowski*

79

Życie wokół Epsilon Reticuli?, *Marek Gołębiowski*

131

## W kraju i na świecie

50 lat amatorskich obserwacji Słońca w Polsce

*Piotr Urbański*

171

Albert Abraham Michelson — „Noblista ze Strzelna”

*Tomasz Kardaś*

32

Dane statystyczne XLIV Olimpiady Astronomicznej

175

Dar dla Uniwersytetu Opolskiego,

*Andrzej Czaiński*

172

Festiwal Astronomiczny — „Urodziny Heweliusza”

Gdańsk, 30–31 stycznia 2001 r., *Andrzej Woszczyk*

85

Nauki dawne i niedawne – Wystawa interaktywna

w Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego

*Jerzy M. Kreiner*

270

Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny Sekcji Obserwatorów

Komet PTMA — Kudłacz 2001

84

Obóz szkoleniowo-obserwacyjny PTMA

123

OCRA — nowy projekt badawczy radioteleskopu Centrum Astronomii UMK, <i>Andrzej Marecki, Andrzej J. Kus</i>	<b>30</b>	Zmiany jasności komet, <i>Tomasz Ścieżor</i>	<b>222</b>
OZMA 2000 we Fromborku, <i>Kamil Złotkowski</i>	<b>36</b>	<b>Poradnik obserwatora</b>	
Pierwszy Toruński Festiwal Nauki i Sztuki <i>Andrzej Woszczyk</i>	<b>126</b>	<i>Wiesław Skórzyński</i>	
Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii informuje... Relacja z obozu „KUDŁACZE 2000” <i>Michał Drahus</i>	<b>279</b> <b>34</b>	Obserwacje zaćmienia Księżyca	<b>41</b>
Relacja z wyprawy na całkowite zaćmienie Księżyca 9 stycznia 2001, <i>Marcin Filipek</i>	<b>84</b>	Fotografowanie mgławic	<b>75</b>
Seminarium Meteorytowe Olsztyn 26–27 kwietnia 2001, <i>Jadwiga Biała</i>	<b>268</b>	Fotografowanie gromad gwiazd	<b>143</b>
Sprawozdanie z szóstych bieszczadzkich spotkań dyskusyjnych, <i>Adam Michalec</i>	<b>218</b>	Fotografowanie galaktyk	<b>170</b>
Styczniowe zaćmienie Księżyca raz jeszcze	<b>123</b>	Fotografowanie układów podwójnych gwiazd	<b>217</b>
Śladami Mikołaja Kopernika, <i>Włodzimierz Nawrocki</i>	<b>33</b>	Fotografowanie planetoid	<b>265</b>
Ubezpieczenia sprzętu i ludzi w Kosmosie — 11. Międzynarodowa Konferencja Kosmiczna (Rzym 15–16 marca 2001), <i>Piotr Manikowski</i>	<b>128</b>	<b>Teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje</b>	
XLIV Olimpiada Astronomiczna w roku szkolnym 2000/2001, <i>Jacek Szczepanik</i>	<b>174, (4)w.IV</b>	Duch w Plejadach	(1) okł. II
XVII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne w Grudziądzu, <i>Krzysztof Rochowicz</i>	<b>124</b>	Eta Carinae	(5) okł. II
XXX jubileuszowy zjazd PTA, <i>Marek Urbanik</i>	<b>266</b>	Hubble-X	(2) okł. II
<b>Astronomia w szkole</b>			
Astronomia w gimnazjum, <i>Jerzy Leszczyński</i>	<b>277</b>	Kwintet Stefana	(6) okł. IV
Ćwiczenia z globusem zorientowanym <i>Antoni Opolski</i>	<b>182</b>	M51	(5) okł. IV
Eliptyczne orbity planet a prawo powszechnego ciążenia, <i>Piotr Gronkowski</i>	<b>226</b>	Mgławica planetarna Mz3	(4) wkł. II–III
Igraszki z grawitacją, <i>Andrzej Marks</i>	<b>91</b>	NGC 1850	(5) wkł. II–III
Jeszcze raz detektor CCD, <i>Juliusz Domański</i>	<b>42</b>	NGC 3079	(6) wkł. II–III
Marsjańska misja treningowa dla młodzieży <i>Lidia Kosiorek</i>	<b>90</b>	NGC 6537	(5) okł. II
Obserwacje za pomocą kamery CCD w Kołobrzegu	<b>43</b>	<b>Galeria mgławic Messiera</b>	
Sposób sporządzania i zapisu prac przeznaczonych na konkursy i olimpiady, <i>Henryk Chrupała, Jerzy Kuczyński</i>	<b>228</b>	<i>Krzysztof Rochowicz</i>	
Szkice rozwiązań, <i>Jerzy Kuczyński, Jacek Szczepanik</i>	<b>179</b>	Motyl, Korek czy Sztanga? (M71–M76)	<b>25, (1)w.IV</b>
Zadania XLIV Olimpiady Astronomicznej	<b>176</b>	Galaktyki Seyferta (M77)	<b>72, (2)w.IV</b>
XLV Olimpiada Astronomiczna 2001/2002	<b>181</b>	Od Oriona do Połudn. Wiru (M78–M83)	<b>119, (3)w.I–III</b>
<b>P.T. Miłośnicy Astronomii obserwują</b>			
Czy warto obserwować tegoroczne Leonidy? <i>Arkadiusz Olech</i>	<b>280</b>	Gromada galaktyk Virgo (M84–M91)	<b>165</b>
Czyżby zmierzch obserwacji wizualnych? <i>Jerzy Speil</i>	<b>184</b>	Towarzyszki Sowy (M92–M99)	<b>219</b>
Roje meteorów w roku 2001, <i>Arkadiusz Olech</i>	<b>38</b>	Początek końca (M100–M104)	<b>261</b>
<b>In memoriam</b>			
Rozalia Szafraniec (1910–2001), <i>Jan Mietelski</i>	<b>134</b>	<i>Tomasz Ścieżor</i>	
<b>Kalendarz astronomiczny</b>			
Rok 2001, marzec — kwiecień	<b>44</b>	Rok 2002, styczeń — luty	<b>283</b>
maj — czerwiec	<b>92</b>	maj — czerwiec	<b>92</b>
lipiec — sierpień	<b>138</b>	wrzesień — październik	<b>186</b>
listopad — grudzień	<b>233</b>	Rok 2002, styczeń — luty	<b>283</b>
<b>Recenzje</b>			
Emmanuel Davoust: PIC DU MIDI., <i>T. Zbigniew Dworak</i>	<b>37</b>		
SkyMap Pro 7.0, <i>Roman Schreiber</i>	<b>86</b>		
Hieronim Hurnik: Instrumenty obserwacyjne astrometrii — od gnomonu do CCD i interferometru optycznego, <i>Andrzej Woszczyk</i>	<b>88</b>		

JDonald Goldsmith: W POSZUKIWANIU ŻYCIA  
NA MARSIE, T. Zbigniew Dworak 276

Paul Halpern: ŁOWCY PLANET. Tropem Wolszczana  
w poszukiwaniu planet w naszej Galaktyce  
T. Zbigniew Dworak 276

## Elementarz Uranii

Całkiem luźno o gęstości  
Magdalena Kożuchowska 136

## Konkursy

Wielcy astronomowie tysiąclecia 48

Krzyżówka „Księżyce i ich odkrywcy” 96

Krzyżówka z Rozetą 144

Zamiast krzyżówki 192, 288

Słoneczna krzyżówka 240

## Ciekawe adresy internetowe...

Roman Schreiber  
48, 144, 192, 240, 288

## W skrócie

Galaktyki – kanibale, Marek Gołębiewski 216

Gwiazdy mokną na starość, Marek Gołębiewski 216

Gwiezdna orkiestra, Marek Gołębiewski 264

Kolejny gigant Pasa Kuipera?  
Marek Gołębiewski 216

Niezwykły meteoryt Tagish Lake  
Marek Gołębiewski 264

Nowa Cygnusa, Marek Gołębiewski 264

Projekt Gaia nabiera rumieńców  
Marek Gołębiewski 264

Trąba powietrzna we Wrocławiu  
Jacek Drążkowski 216

## Galeria Uranii

Jacek Drążkowski  
(1)w.I, o.III, (2)o.III, (3)w.IV, o.III, (4)o.III, (5)w.IV, o.III,  
(6)w.IV, o.III

## Polemiki

Igraszek z grawitacją ciąg dalszy, Andrzej Marks 225

(Igraszek z grawitacją ciąg dalszy), Jacek Patka 275

Igraszki z fizyką, Janusz Lehman 274

Jeszcze o amatorskich obserwacjach Słońca  
w Polsce, Janusz W. Kosinski 273

## Inne

Burze pyłowe na Marsie (5)w.I

Galaktyki Seyferta NGC5135 (2)w.I

Komunikat PTA, Adam Michalec 48

Komunikat Zarządu Głównego PTA  
Andrzej Woszczyk 96

Ludzie widziani z orbity (3)o.II

Marsjańskie osady (2)w.II-III

Miejsce narodzin gwiazd S106 IRS4 (2)o.IV

Obrazy Słońca wykonane przez sondę SOHO (4)w.I

Różne oblicza galaktyki Seyferta NGC5135 (2)w.I

Słońce wciąż aktywne (4)o.II

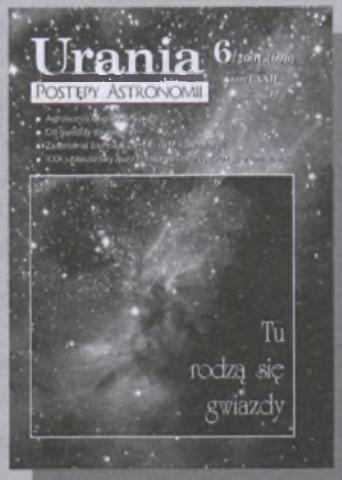
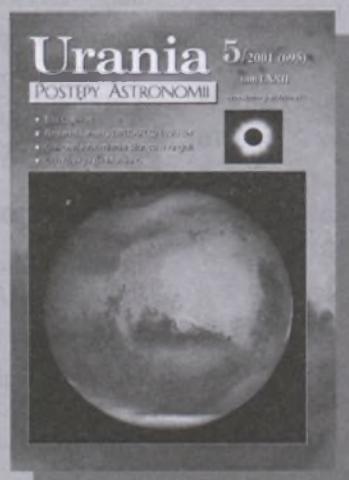
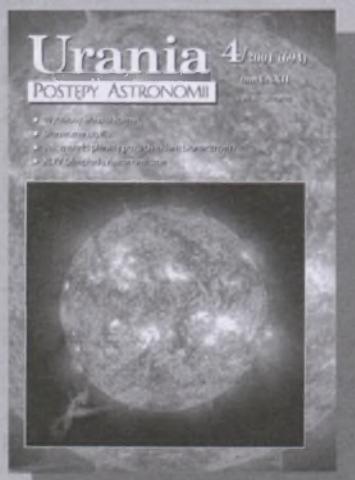
Układy planetarne wokół gwiazd,  
Andrzej Niedzielski 214

XXX Zjazd PTA, Andrzej Woszczyk 164

### Układ stron w tomie LXXII „Uranii-PA”:

zeszyt nr 1 (679)	1 — 48
zeszyt nr 2 (680)	49 — 96
zeszyt nr 3 (681)	97 — 144
zeszyt nr 4 (682)	145 — 196
zeszyt nr 5 (683)	197 — 240
zeszyt nr 6 (684)	241 — 288

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



08483/2001



# Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

I oto nadszedł! Nadszedł ten magiczny, oczekiwany, budzący nadzieję wiek XXI. Nadeszło nowe Tysiąclecie. Ale to wszystko tylko w naszej erze, naszej chrześcijańskiej kulturze i rachubie czasu. W innych kulturach i rachubach czasu to są zupełnie inne lata. W kalendarzu żydowskim żyjemy w roku 5761, w kalendarzu hinduskim 2056, a w muzułmańskim 1421, itd.

Astronomowie prowadzą do niektórych celów „ciągłą” rachubę i czas odmierzając w Dniach Juliańskich: w dniu 1 stycznia roku AD 2001 w samo południe czasu uniwersalnego UT zaczyna się dzień JD2451911. A więc początek rachuby, momenty przełomu lat, wieków czy tysiącleci są sprawą umowną. W naszej rachubie, choć powołujemy się na moment urodzin Chrystusa, w którym lokujemy jej początek, ten zerowy, deklarowany moment nie jest znany z wielką dokładnością i możemy się mylić nawet o kilka lat. Ale to nic nie szkodzi i z całym spokojem możemy akceptować uświęconą wiekami tradycję liczenia kolejnych obiegów Ziemi dookoła Słońca od tego umownego momentu i osiągnięcia „okrągłych” ich liczb. Tak więc z czystym astronomicznym sumieniem cieszymy się i radujmy, że mija kolejne już tysiąclecie i zaczyna się następne. Oby ono było pomyślniejsze dla nas samych, naszych najbliższych, naszych Rodaków i wszystkich społeczeństw ludzkich na ziemskim globie!

Na przełomie epok, małych i dużych, zastanawiamy się zwykle nad dokonaniami epoki poprzedniej i wytyczamy sobie cele, dążenia, a czasem marzenia, które chcielibyśmy osiągnąć lub spełnić. Od 50 lat tak robią astronomowie amerykańscy na przełomie kolejnych dekad. Teraz, na przełomie tysiącleci, przedstawili raport „Astronomia i astrofizyka na przełomie Millennium”, w którym podsumowują główne osiągnięcia ostatniej dekady i wyznaczają główne cele badawcze astronomii pierwszej dekady XXI wieku. Kreślą też na następne dziesięciolecia potrzeby instrumentalne, które pozwolą głębiej i lepiej poznać i zrozumieć otaczający nas świat ciał niebieskich.

Omówieniem tego Raportu rozpoczynamy niniejszy, pierwszy w Nowym Tysiącleciu, zeszyt naszego czasopisma. Dalej kontynuujemy rozważania Księcia Profesora Waldemara Chrostowskiego dotyczące kosmologii w Piśmie Świętym. Wyniki obserwacji lodowych księżyców Jowisza dokonanych przez sondę kosmiczną Galileo, przedstawia Gracjan Maciejewski, a Arkadiusz Olech dokonuje przeglądu naszej wiedzy o ciekawej klasie gwiazd zmiennych kataklizmicznych znanej jako nowe karłowate.

Po tych podstawowych artykułach przychodzą drobne wieści o najnowszych rezultatach badawczych, perspektywach obserwacyjnych i wydarzeniach w krajowej astronomii zawodowej i miłośniczej. Powracamy też do Kongresu Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Manchesterze. Na szczególną uwagę zasługuję doniesienie o planowanej modyfikacji toruńskiego dużego radioteleskopu w celu dokonania nim przeglądu nieba na fali długości 1 centymetra. Kontynuujemy też w Galerii Mgławic Messiera przegląd ciekawych galaktyk, mgławic i gromad gwiazdowych.

Na stronach internetowych „Uranii-Postępów Astronomii” uruchomiliśmy ostatnio „Astronomiczny przewodnik internetowy” z bogatą bazą danych. Zapraszamy na te strony i prosimy o komentarze. Do ostatniego zeszytu z roku ubiegłego załączliśmy podwójny formularz wpłaty na prenumeratę — mamy nadzieję, że nasi Czytelnicy wykorzystają go, aby zachęcić swych znajomych i przyjaciół do zamówienia naszego Pisma, o co gorąco apelujemy.

Życzę Państwu przyjemnej lektury, wszystkiego najlepszego w Nowym Tysiącleciu i Do Siego Roku 2001!

E. 1/2001

Andrzej Woszczyk

Toruń, w grudniu 2000 r.



URANIA - POSTĘPY ASTRONOMII



08483



**Pan Profesor Longin Gładyszewski z Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie** zwrócił nam uwagę na kilka niezręcości i nieścisłości czy wręcz błędów w artykule o składzie chemicznym Słońca. Nie ze wszystkimi uwagami w pełni się zgadzamy, ale serdecznie dziękujemy Panu Profesorowi za uważną lekturę i podzielenie się z nami swymi uwagami. A oto błędy lub nieścisłości, które prosimy poprawić:

Str. 249, kol. II, w 13 od góry: Słońce nie jest oczywiście „największą znaną gwiazdą”, jak napisaliśmy, ale „gwiazdę mającą na naszym niebie największe rozmiary kątowe”.

Mamy nadzieję, że nasi Czytelnicy tak to zrozumieli.

Str. 250, kol. I, w 5 g: czy „rozkład pierwiastków” zrozumieństwo Państwu jako „rozpad pierwiastków”? Mamy nadzieję, że nie, bo chceliśmy tymi słowy wyrazić „dystrybucję, a więc rozkład zawartości pierwiastków” według liczby atomowej, czyli ich względnej obfitości.

Str. 250, kol. I, w 21 g: „obfitość słoneczna” to żargonowe określenie takiej zawartości pierwiastków chemicznych, jaka jest na Słońcu i która stanowi punkt odniesienia dla wyznaczanych obfitości pierwiastków na (w) innych ciałach niebieskich.

Str. 250, kol. III, w 19 g: napisaliśmy „potencjal pierwszej jonizacji”, a powinniśmy napisać „pierwszy potencjał jonizacji” — na szczęście podaliśmy angielskojęzyczną wersję nazwy tego parametru i chyba nikogo nie wprowadziliśmy w błąd.

Str. 251, kol. II, w 30 g: „Słońce jest rzadko przyczyną błędu...” — chodzi oczywiście o obserwowane widmo słoneczne, czyli dane wyjściowe do analizy składu chemicznego naszej dziennej gwiazdy.

Raz jeszcze dziękujemy Panu Profesorowi za zwrócenie nam uwagi na te niedopatrzenia redakcyjne i przepraszamy za nie naszych PT Czytelników.

(Red.)

**Pan Kazimierz Bielecki, nasz uznany Czytelnik z Kielc, zada nam wiele ważnych pytań:**

Szanowna Redakcjo, ...nasuwają się pytania związane z odkrywaniem planet poza Układem Słonecznym, w szczególności z odkryciem planety w układzie podwójnym.

Pragniemy sprecyzować, że nie odkryto planety wokół układu podwójnego gwiazd, ale 2 (lub 3) planety wokół pojedynczych gwiazd.

1. Z czym wiąże się granica masy przy przejściu od planety typu Jowisza do brązowego karła? ... Czy także od zmiany proporcji składników gazowych?

Granica ta wiąże się z ilością materii (masy), która dla powstania gwiazdy powinna być wystarczająca do tego, aby w procesie kontrakcji powstały w środku warunki (ciśnienie i temperatura) pozwalające na „zapalenie się” lub nie reakcji jądrowych.

2. Przy formowaniu planet ogromną rolę odgrywa pył galaktyczny. Jak powiązać masę dużych obłoków pyłowych i pyłu w galaktykach z wcześniejszymi wybuchami supernowych? Uważam, że we wcześniejszym etapie rozwoju Wszechświata ilość wybuchów supernowych musiała być znacznie większa niż obecnie. Inaczej nie mogłyby powstać otoczki pyłowe wokół gwiazd, prowadzące do powstania planet skalistych lub o jądrach lodowo-skalistych (otoczki i dyski protoplanetarne stwierdzono także wśród starszych gwiazd).

Wybuchy supernowych, wieńczące trwający zaledwie kilka milionów lat żywot najmasywniejszych gwiazd, naprawdopodobnie rzeczywiście zachodziły znacznie częściej w młodym wszechświecie. Zderzenia galaktyk i ich wzajemne oddziaływanie sprzyjały rozniesieniu gwiazdotwórczej aktywności, która stopniowo wzbogaciła materię międzygwiazдовą w ciężkie pierwiastki.

3. Dowiedziono znacznej ilości gwiazd podwójnych i wielokrotnych. (...) Nasuwa się pytanie, jak powiązać powstawanie pla-

### Tu może być reklama Twojej Firma!

Nasz cennik jest następujący:

cała strona kolorowa: 1 000.00 zł

cała strona czarno-biała: 400.00 zł

Przy mniejszych formatach dla stron czarno-biały:

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!

net z ewolucją układów podwójnych? .... Jak wiadomo, układ podwójny może wzajemnie ewoluować, wymieniając się masą, a więc kolejno mogą powstawać dyski protoplanetarne i planety.

Tak, gwiazdy są bardzo towarzyskie i większość ich występuje w parach lub nawet układach wielokrotnych. Ciągle nie wiadomo jeszcze, czy gwiazdy podwójne to są „małżeństwa” (gwiazdy dobierają się wzajemnie) czy „bliźnięta” (są parami z samego faktu takiego urodzenia). Aczkolwiek wokół nich często występują mgławice i dyski (akrecyjne, a nie protoplanetarne), to nie stwierdzono wokół nich istnienia warunków do formowania się planet.

4. Nasuwa się pytanie, czy orbita planety (planet) w układzie podwójnym jest stabilna (zagadnienie trzech ciał rozwiązańe w niektórych przypadkach) czy niestabilna? A co w wypadku, gdy składniki mają porównywalne masy, np. czerwony karzeł + brązowy karzeł + planeta o masie 10–20 Jowiszy? Należałoby utworzyć uogólnione prawa Keplera różne od przypadku Słońce + planety o małych masach...

W celu opisania ewolucji układów wielokrotnych i możliwości powstawania planet konstruuje się zawsze modele zjawiska. Jest to złożony i skomplikowany proces przy wykorzystaniu wyższej matematyki i szybkich komputerów. Musimy jednak znać lub zadać szereg parametrów takiego układu, a ostateczne wyniki poddawane są weryfikacji obserwacyjnej. Oczywiście możemy poszukiwać się o określenie stabilności czy też niestabilności takiego układu, jaki proponuje nasz Czytelnik, choć nie ma obserwacyjnego potwierdzenia istnienia takich układów, ale wszystko będzie zależało od zadanych wartości parametrów i warunków początkowych.

\*\*\*  
Bardzo proszę o artykuł dość obszerny o soczewkowaniu grawitacyjnym. Jestem miłośniczką astronomii.

Jeśliby było to możliwe, proszę, żeby ten artykuł ukazał się jak najszybciej.

Z góry dziękuję  
— miłośniczka astronomii  
z Kielc

**Red.:** Działamy tak szybko, że wyprzedzamy życzenia Czytelników — artykuły o soczewkowaniu grawitacyjnym ukazały się m.in. w PA nr 39 str. 148 (1991), 41 str. 100 (1993), 43 str. 124 (1995) a w Uranii-PA było wiele okazjonalnych notek na ten temat.

### Kupię Sprzedam...

Kupię Globus-Planetarium Badora. Adam Mieliński, Gogolin, ul. Jacka i Agatki 7, tel. 077 46 66 862

Sprzedam teleskop Uniwersalny nr 50/900 Newton, montaż parabolyczny za 1100 zł maja ok. 1 roku; kontakt: Radosław Ambroży ul. 3-go Maja 11a, 32-400 Myślenice, tel. 0-601 082 349 e-mail: r.ambrozy@pkab.com.pl lub admin@i-net.com.pl

Sprzedam oprogramowanie astronomiczne na PC, tel. 0-604 335 326, e-mail: substyk@poczta.fm

W tej rubryce zamieszczamy bezpłatnie ogłoszenia naszych Czytelników (do 250 znaków).

# Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

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

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstało 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:**  
Bożenna Wytryzkowska

**Adres Redakcji:**  
Uniwersytet M.Kopernika  
ul.Chopina 12/18  
87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 52, 611 34 50  
fax. (0-56) 62 19 381

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

**Adres WWW:**  
<http://urania.camk.edu.pl>

**Druk:**  
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**  
Karolina Wojtkowska, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 14  
E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)

Prenumerata w roku 2001 kosztuje 36 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 7,50 zł.

**Polskie Towarzystwo Astronomiczne**  
**Zarząd Główny – Sekretariat**  
ul. Bartęcka 18, 00-716 Warszawa  
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: [hania@camk.edu.pl](mailto:hania@camk.edu.pl)  
WWW: [www.camk.edu.pl/pta](http://www.camk.edu.pl/pta)

**Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii**  
**Zarząd Główny**  
ul. św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: [ptma@oa.uj.edu.pl](mailto:ptma@oa.uj.edu.pl)  
WWW: [oa.uj.edu.pl/~ptma](http://oa.uj.edu.pl/~ptma)

Niniejszy zamknięto w grudniu roku 2000

\* 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

### 3 *Astronomia w nowym tysiącleciu*

Andrzej Woszczyk

*Astronomowie amerykańscy już od 50 lat, na przełomie kolejnych dziesięcioleci, podsumowują osiągnięcia naukowe w poprzedniej dekadzie i wyznaczają główne cele i strategię badawczą na następną dekadę. Ostatnio ukazał się odpowiedni Raport wskazujący główne zadania i potrzebne narzędzia, aby lepiej, dokładniej i głębiej poznawać Wszechświat w pierwszym dziesięcioleciu i latach następnych III Millennium.*

### 9 *Kosmologia biblijna jako wyraz kontemplacji Boga i aktu stworzenia*

Waldemar Chrostowski

*Traktowanie Pisma Świętego jako podręcznika nauk przyrodniczych niemal zawsze nastarczało spore problemy i kłopoty. Obraz świata w Starym Testamencie był całkowicie podporządkowany uznaniu i uwielbieniu Boga jako Pana stworzenia i Pana dzieciów. A wyizolowany, ułożony w zwarty system oraz traktowany jako wskazanie odnośnie rzeczywistej budowy świata był źródłem wielu nieporozumień i kontrowersji.*

### 12 *Europa, Ganimedes, Kallisto — lodowe księżyce Jowisza*

Gracjan Maciejewski

*Wykonane przez sondę Galileo w ostatnich pięciu latach obserwacje lodowych księżyców Jowisza odmieniły nasze wyobrażenie o ich budowie wewnętrznej i procesach zachodzących na ich powierzchniach. Wynika z nich, że każdy z tych satelitów stanowi odrębny, wyjątkowy i niepowtarzalny świat, który kryje przed nami jeszcze wiele tajemnic.*

### 20 *Nowe karłowate*

Arkadiusz Olech

*Nowe karłowate to gwiazdy należące do rodziny gwiazd zmiennych kataklizmicznych. Co kilka – kilkanaście dni nagle jaśnieją o kilka wielkości gwiazdowych, by następnie raczej powoli powrócić do pierwotnego blasku. Co jest przyczyną takiego zachowania tych gwiazd? Jakie są skutki takiego sposobu życia? Na takie i jeszcze inne pytania dotyczące natury tych obiektów odpowiada niniejszy artykuł.*

**teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje:** Mgławica refleksyjna IC 349 w Plejadach (okl. II)

**rozmaitości:** Galaktyki wciąż starsze (27); Stała Hubble'a — nowa odsłona (27); Manchester 2000 — inne spojrzenie (28)

**25 galeria Mgławic Messiera:** Motyl, Korek czy Sztanga? (M71–M76)

**w kraju:** OCRA — nowy projekt badawczy radioteleskopu Centrum Astronomiczne UMK (30); Albert Abraham Michelson — „Nobilista ze Strzelna” (32); Śladami Mikołaja Kopernika (33); OZMA 2000 we Fromborku (36)

**37 P.T. Miłośnicy astronomii obserwują:** Roje meteorów w roku 2001

**39 poradnik obserwatora:** Obserwacje zaćmienia Księżyca

**astronomia w szkole:** Jeszcze raz detektor CCD (42); Obserwacje za początkiem kamery CCD w Kołobrzegu (43)

**44 kalendarz astronomiczny 2001:** marzec — kwiecień

**48 relaks z Uranią:** wielcy astronomowie tysiąclecia

**48 ciekawe adresy internetowe**

## NA OKŁADCE

*Uzyskane w kwietniu 1999 r. teleskopem kosmicznym (kamera WFPC2) zdjęcie przedstawia centralny obszar (o rozmiarach kilku setów l.s.) odległej o 13 mln l.s. galaktyki w konstelacji Cyrka. Widoczny jest jasny obszar gwiazdotwórczej erupcji oraz strumienie materii gazowej wyrzucane prostopadle do płaszczyzny dysku przez ukrywającą się w jądrze supermasywną czarną dziurę. Obiekt należy do kategorii galaktyk Seyferta (więcej na ich temat w numerze 2/2001). Portret jest mozaiką kilku obrazów wykonanych przy użyciu wąskopasmowych filtrów. Fot. NASA.*

# Astronomia w nowym tysiącleciu

„Astronomia i astrofizyka w nowym tysiącleciu”<sup>1)</sup> to tytuł niedawno opublikowanego w Waszyngtonie specjalnego raportu Narodowej Akademii Nauk Stanów Zjednoczonych AP. Dotyczy on głównie astronomii w najbliższym dziesięcioleciu i jest już piątym, kolejnym takim raportem, jakie od lat piećdziesiątych są opracowywane na zamówienie tejże Amerykańskiej Akademii Nauk. Każdy z tych raportów podsumowywał zdobycze badawcze poprzedniego dziesięciolecia i wyznaczał główne cele na najbliższe, a nawet nieco dalsze dekady. Były to raporty Whitforda, Greensteina, Fielda i Bahcalla, tak nazywane od nazwisk kolejnych przewodniczących zespołów, które je opracowały. Program rozwoju astronomii na lata 1960-te był wytyczony raportem Whitforda, a kierunki rozwoju astronomii w latach 1970-tych — raportem Greensteina itd. Już w tych pierwszych raportach zalecano budowę teleskopu kosmicznego, kosmicznego obserwatorium promieniowania wysokoenergetycznego (promieniowania X i  $\gamma$ ), budowy systemu radioteleskopów VLA itp. Choć były to raporty przygotowywane głównie przez Amerykanów i dla amerykańskiej astronomii, to jednak ze względu na bezwzględnie dominującą pozycję astronomii amerykańskiej w astronomii światowej (zwłaszcza w trzecim kwartale XX wieku) wywarły ogromny wpływ na rozwój astronomii

w skali całego ziemskiego globu. W sposób wizjonerski i niezwykle profesjonalny wytyczały szlaki rozwoju astronomii drugiej połowy dwudziestego wieku. Współczesna astronomia nie byłaby tym, czym jest dzisiaj, gdyby przez ostatnie dziesięciolecia nie szła skrupulatnie drogą wytyzioną przez wspomniane wyżej raporty. Tak samo zapewne będzie z bieżącym raportem, który śmiało kreśli rekommendacje dotyczące celów badawczych i nowych instrumentów, jakie powinni podjąć astronomowie na całym świecie u progu nowego Millennium. Głównymi autorami raportu jest 15-osobowy zespół powołany przez Narodową Akademię Nauk USA pod przewodnictwem profesorów Christophera F. McKee z Berkeley w Kalifornii i Josepha H. Taylora Jr. z Princeton w New Jersey. Z tym Komitetem współpracowało przeszło stu astronomów z całego świata, zorganizowanych w panelach problemowych i grupach roboczych oraz kilkudziesięciu indywidualnych specjalistów. Odbywały się też „otwarte” dyskusje dotyczące treści raportu m.in. na Zjazdach Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego i innych zawodowych zgromadzeniach i w centrach badawczych astronomów amerykańskich i niektórych zagranicznych. Praca nad raportem trwała przeszło 2 lata. Ma on formę książki o objętości 160 stron, wydanej przez National Academy Press w roku 2000. Integralną częścią raportu jest jeszcze jedna książka, wydany oddzielnie Appendix, stanowiący bardziej „techniczną”,

*Podstawowym celem astronomii i astrofizyki jest zrozumienie jak Wszechświat i jego składowe galaktyki, gwiazdy i planety powstały, jak się rozwijaly i jakie będą ich przyszłe losy*

<sup>1)</sup> *Astronomy and Astrophysics in the New Millennium*, Washington D.C., 2000, National Academy Press

przeszło 300-stronicową dokumentację prognozy rozwoju i zaleceń kierunków rozwoju astronomii na najbliższą dekadę. Jednym ze współautorów raportu, jako członek zespołu „astrofizyki jądrowej, częstek elementarnych i fal grawitacyjnych” jest Polak, profesor Bohdan Paczyński z Princeton.

### Astronomia ostatniej dekady XX wieku

Raport otwiera stwierdzenie, że w pierwszej dekadzie nowego Millennium ludzkość jest skazana na zrobienie wielkiego kroku w kierunku zrozumienia Wszechświata i naszego w nim miejsca. Dobry fundament do takiego przekonania został zbudowany odkryciami lat dziewięćdziesiątych i, tradycyjnie, raport przedstawia syntetycznie aktualny stan wiedzy w różnych dziedzinach współczesnej astronomii. Ponadto analizuje postęp realizacji zaleceń poprzednich raportów, głównie raportu Bahcalla na mijającą dekadę, oraz daje listę zaleceń-priorytetów badawczych i instrumentalnych na pierwszą dekadę nowego tysiąclecia i szkic celów badawczych na lata następne.

Oto najważniejsze odkrycia astronomiczne lat 90-tych w telegraficznym skrócie:

\* Odkrycie planet wokół gwiazd; znamy obecnie (listopad 2000) ok. 50 takich gwiazd.

\* Wyznaczenie struktury wewnętrznej Słońca z obserwacji jego aktywności sejsmicznej. Te rezultaty potwierdziły modele teoretyczne struktury wewnętrznej Słońca z dokładnością do 0,1% i potwierdziły hipotezę, że obserwowany deficyt liczby neutrin ze Słońca bierze się stąd, że ich masa nie jest zerowa.

\* Odkrycie Pasa Kuipera, czyli dużej grupy małych, prawdopodobnie pierwotnych ciał w zewnętrznych częściach Systemu Słonecznego, które były prawie 50 lat temu przewidziane przez rozważania teoretyczne. Pas Kuipera jest prawdopodobnie źródłem większości komet krótkookresowych i zawiera „zapis” wczesnej historii powstawania naszego systemu planetarnego.

\* Obserwacje spadku komety Shoemaker-Levy 9 na Jowisza, które stały dramatyczną ilustrację potencjalnych skutków podobnego spadku na Ziemię.

\* Odkrycie „brązowych karłów”, gwiazd zimnych i zbyt małych, aby utrzymać procesy reakcji jądrowych w ich wnętrzach.

\* Odkrycie przewidzianego teoretycznie zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego, w którym jasność gwiazd tła jest wzmacniona poprzez efekty grawitacyjne wywoływane obiektyami o masie rzędu masy Słońca.

\* Odkrycie wybuchów promieniowania gamma bardzo odległych obiektów i stwierdzenie, że powodują one świecenie w innych długościach fali, czyli poświatę, tak jak to zostało wcześniej przewidziane na drodze rozważań teoretycznych.

\* Przekonanie o istnieniu masywnych czarnych dziur w jądrach galaktyk, z Drogą Mleczną włącznie, co potwierdzałoby wcześniejsze teoretyczne przewidywanie, że takie czarne dziury są dość powszechnie we Wszechświecie.

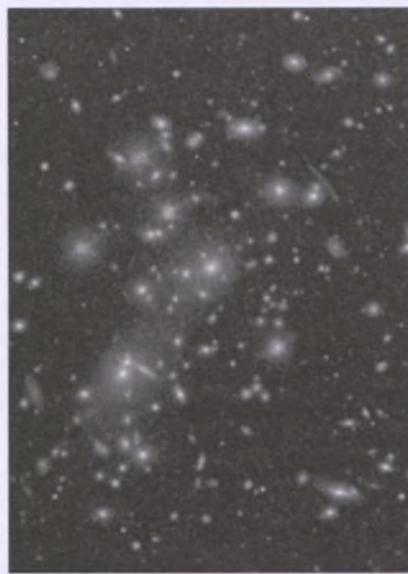
\* Odkrycie młodych galaktyk z przesunięciami ku czerwieni  $z > 3$ , świadczącymi o dramatycznej ewolucji galaktyk od wczesnego Wszechświata do chwili obecnej.

\* Odkrycie teoretycznie przewidywanej drobnej fluktuacji mikrofalowego promieniowania tła stanowiącego pozostałość po Wielkim Wybuchu w skali od milionów do miliardów lat światła, które stanowiły założki tworzenia się kolejnych struktur Wszechświata.

\* Wyznaczenie tempa ekspansji Wszechświata z dokładnością bliską 10% i stwierdzenie, że nie ma dość materii, aby zatrzymać ekspansję Wszechświata.

\* Znalezienie argumentów przemawiających za tym, że Wszechświat jest „płaski”, jak to przewidywały inflacyjne teorie kosmologiczne oraz że jego ekspansja jest przyśpieszana poprzez obecność „czarnej energii”.

Podstawowym celem astronomii i astrofizyki jest zrozumienie, jak Wszechświat i jego składowe galaktyki, gwiazdy i planety powstały, jak się rozwijały i jakie będą ich przyszłe losy. Aby osiągnąć te cele, musimy śledzić Wszechświat, jego materię i obiekty, a więc galaktyki w różnych fazach ich życia, gwiazdy i planety od momentu ich narodzin z kolapsującej chmury międzygwiazdowej w Galaktyce, międzygwiazdową i międzyga-



Obraz gromady galaktyk I ESO 0657-55 w gwiazdozbiorze Carina. Jej zmierzone przesunięcie ku czerwieni  $z = 0,29$ . Jest ona źródłem silnego promieniowania X, co świadczy o wysokiej temperaturze, a asymetryczny rozkład galaktyk wskazuje na wielką masę i niedawne powstanie. Obecność luków natomiast świadczy o istnieniu w tle w dużej odległości ( $z=3,23$ ) innej galaktyki, której promieniowanie zostało zahamowane przez pole grawitacyjne tej gromady.

laktyczną materię, w której gromadzą się m.in. pierwiastki chemiczne utworzone w gwiazdach i rozpraszczone w wybuchach supernowych i tajemniczą „ciemną materię” i być może „ciemną energię”, które tak silnie wpływają na wielkoskalową strukturę i dynamikę Wszechświata. Musimy traktować Wszechświat jako unikalne laboratorium, w którym możemy sprawdzać prawa fizyki w warunkach nieosiągalnych na Ziemi, takich jak np. w bardzo wczesnych stadiach życia Wszechświata czy też zjawiska w pobliżu horyzontu zdarzeń czarnej dziury. Musimy poszukiwać życia poza Ziemią, a jeśli znajdziemy, określić jego naturę i rozkład. Wreszcie musimy zbudować i rozwinąć przynajmniej ramy koncepcji czy teorie, w których będzie można zmieścić i zrozumieć wszystko to, co poznamy przez obserwacje.

### Astronomia pierwszej dekady XXI wieku

Komitet McKee i Taylora Amerykańskiej Akademii Nauk wskazuje szereg kluczowych problemów, które dojrzały do znacznego postępu wiedzy o nich i ich zrozumienia w pierwszej dekadzie nowego Millennium. Są to:

- \* wielkoskalowe własności Wszechświata: ilość i rozkład jego materii i energii, wieku i historii ekspansji;
- \* najwcześniejsze etapy życia Wszechświata, kiedy powstawały pierwsze gwiazdy i galaktyki;
- \* powstawanie i ewolucja czarnych dziur wszystkich wielkości;
- \* tworzenie się gwiazd i ich systemów planetarnych oraz narodziny i ewolucja planet olbrzymów i planet ziemiopodobnych;
- \* zrozumienie, jak otoczenie astronomiczne wpływa na Ziemię.

Oczywiście to są tylko tematy, które rokują obecnie największy postęp ich zrozumienia i stanowią małą część kluczowych problemów współczesnej astronomii i astrofizyki. Nie możemy mieć nadzieję, na przykład, na poznanie procesów formowania się czarnych dziur bez zrozumienia późnych stadiów ewolucji gwiazd czy też obserwacje galaktyk we wczesnych stadiach ewolucji nie będą dla nas jasne dopóty, dopóki nie zrozumiemy, jak te galaktyki rozwijały się od czasu swych narodzin do obecnej chwili.

Raport podkreśla potrzebę traktowania wszystkich dotychczas zdobywanych i planowanych amerykańskich instrumentów badawczych oraz amerykańskiej społeczności astronomicznej jako jednego zintegrowanego systemu badawczego. Pozwoli to oszczędnie, w sposób skoordynowany i efektywny eksplorować Kosmos, ale do osiągnięcia stanu zadawalającego w tej materii pozostaje jeszcze wiele do zrobienia. Komitet postuluje większe niż dotychczas zróżnicowanie astronomicznych misji kosmicznych NASA, kładąc nacisk na stosun-

kowo małe i niskonakładowe, łatwiej dopasowujące się do określonych potrzeb badawczych misje kosmiczne. Podkreślana jest konieczność większego zaangażowania teoretyków w planowanych programach i misjach kosmicznych i to zarówno już od samych początkowych faz inicjatyw badawczych, jak i w fazach interpretacji i zrozumienia rezultatów. Bardzo silnie zalecana jest międzydyscyplinarna koordynacja zamierzeń badawczych i oczywiście szeroka współpraca międzynarodowa.

### **Główne inicjatywy instrumentalne na pierwszą dekadę nowego Millennium**

Raport Komitetu McKee i Taylora rekomenduje na najbliższe dziesięciolecie budowę szeregu nowych instrumentów i podjęcie nowych inicjatyw badawczych, które ustawia w 3 kategoriach nakładów finansowych: większe, średnie i mniejsze. Nie wszystkie osiągną w tym czasie stan gotowości badawczej, a niektóre wręcz będą tylko w początkowych fazach budowy, bo przewiduje się dla nich tylko 10–15 % potrzebnych funduszy. I tak przewidywany koszt realizacji zalecanych instrumentów jest oszałamiający: 4,7 miliardów dolarów (wg cen 2000 r.), czyli o 20% więcej niż program na poprzednią dekadę 1990–2000, określony rekomendacjami raportu Bahcalla.

W programie „większych” inicjatyw instrumentalnych planuje się:

- \* Teleskop kosmiczny nowej generacji (NGST)
- \* Olbrzymi teleskop naziemny z lustrem segmentowym (GSMT)
- \* Zespół teleskopów promieniowania X (Constellation-X Observatory)
- \* Poszerzony radioteleskop VLA (EVLA)
- \* Duży teleskop przeglądowy (LSST)
- \* Poszukiwacz planet ziemiopodobnych (TPF)
- \* Wielki teleskop dalekiej podczerwieni (SAFIR)

A w programie „średnich” inicjatyw instrumentalnych znajdujemy m.in.:

- \* Wielki teleskop promieniowania gamma (GLAST)
- \* Nowoczesny teleskop słoneczny (AST)

- \* Radioteleskop o powierzchni zbiorczej 1 km<sup>2</sup> (SKA)
- \* Interferometr radioowy między Ziemią a Kosmosem (ARISE)
- \* Teleskop dający obrazy w wysokoenergetycznym promieniowaniu X (EXIST)
- \* i jeszcze kilka zarówno naziemnych, jak i kosmicznych instrumentów o kryptonimach VERITAS, LISA, CARMA, FASR, SPST, SDO itp.

Wśród inicjatyw instrumentalnych o niskich nakładach wyróżnia się szczególnym znaczeniem Narodowe Obserwatorium Wirtualne (NVO — National Virtual Observatory). Będzie to źródło danych, uzyskanych dotychczas i jeszcze bogatszych w przyszłości, niejako „wirtualne niebo” dla astronomów zawodowych, którzy będą mogli wykorzystywać te dane do swych badań naukowych, do działalności edukacyjnej, popularzatorskiej czy też dla szerokiej publiczności, aby mogła po prostu odkrywać niebo. Jest w tej kategorii finansowej miejsce na nowe laboratoria astrofizyczne, programy teoretyczne, edukacyjne i upowszechniania wiedzy o Wszechświecie. Dużo uwagi poświęca się też interdyscyplinarnej koordynacji badań oraz rozwojowi nowych technologii.

### **Siedem wspaniałych instrumentów XXI wieku**

Teleskop kosmiczny nowej generacji NGST (Next Generation Space Telescope) ma być teleskopem o średnicy lustra 8 m, który w podczerwonym zakresie widma będzie instrumentem 100–600 razy czulszym niż teleskop Hubble'a i będzie dawał obrazy 10 razy bardziej ostre. Potrzeba jego budowy była już wskazywana w raporcie Felda (na lata 1980) i podkreślana w raporcie Bahcalla (na lata 1990). Planuje się umieszczenie NGST wiele milionów kilometrów od Ziemi, w punkcie L2 (Lagrange'a 2) równowagi systemu Słońce–Ziemia. Teleskop ten pozwoli śledzić ewolucję galaktyk od chwili ich powstania aż do czasów współczesnych oraz pozwoli nam zrozumieć, jak dzisiaj tworzą się gwiazdy i planety w naszej Galaktyce. Agencje kosmiczne Europy i Kanady już znacznie się zaangażowały w budowę instrumentów badawczych tego teleskopu.



Jedna z artystycznych wizji NGST

**Olbrzymi optyczny teleskop naziemny GSMT** (Giant Segmented-Mirror Telescope) to teleskop klasy 30 m stanowiący naziemne uzupełnienie teleskopu NGST. Będzie pracował głównie w zakresie optycznym 0,3 do 1  $\mu\text{m}$  z nieosiągalną dotychczas zdolnością zbiorczą i 10-krotnym wzrostem czułości w stosunku do największych istniejących obecnie teleskopów. W zakresie okna atmosferycznego od 1 do 25  $\mu\text{m}$ , przy zastosowaniu optyki adaptywnej, teleskop ten osiągał będzie zdolność rozdzielczą ograniczoną tylko dyfrakcją (0,008 sekundy łuku przy  $\lambda = 1 \mu\text{m}$ ). Idea budowy tej klasy teleskopu sięga połowy lat siedemdziesiątych. W przekonaniu, że istotny postęp badań astronomicznych po epoce sukcesów 5-metrowego teleskopu na Mt Palomar będzie wymagał teleskopu o rząd wielkości większego, rozważano budowę teleskopu „nowej generacji” (NGT) o średnicy 25 metrów. Te opracowania zaowocowały budową znanych nam dzisiaj teleskopów typu NTT (teleskop nowej technologii w Europejskim Obserwatorium Południowym ESO na La Silla w Chile), Kecka, HETa (wielki spektroskopowy teleskop tranzystowy w Obserwatorium McDonalda w Teksasie) czy VLT (Bardzo Duży Teleskop budowany przez ESO na Mt Paranal w Chile).

Astronomowie europejscy, jako następców tych teleskopów, rozpracowują obecnie (od 1997) ideę teleskopu 100 m (**OWL** — Sowa — Over Whelmingly Large). Wcześniej (1996) astronomowie szwedzcy przedstawili projekt teleskopu 50 m i wykazali, że jego realizacja jest obecnie technicznie możliwa i opłacalna. Amerykanie rozważali powiększoną do 30 m wersję teleskopu HET, jako kolejnego etapu w budowie wielkich teleskopów naziemnych w XXI wieku, ale żadne decyzje w sprawie GSMT jeszcze nie zapadły. Około połowa kosztów tego teleskopu będzie pochodziła ze źródeł (już obiecanych) prywatnych i międzynarodowych.

**Constellation-X Observatory** będzie zespołem 4 teleskopów X umieszczonych w przestrzeni kosmicznej w celu badania tworzenia się i ewolucji czarnych dziur wszelkich rozmiarów. Każdy z instrumentów będzie miał wysoką zdolność rozdzielczą

w szerokim zakresie energii (rozdzielcość spektralna 300–5000). Teleskop będzie pracował w zakresie 0,25–40 keV i spodziewane jest uzyskanie czułości 100 razy lepszej niż miały dotychczasowe teleskopy X. Będzie doskonałym instrumentem do badań kwazarów w pobliżu krawędzi widzialnego Wszechświata i do śledzenia ewolucji pierwiastków chemicznych.

Planuje się przebudowę znajdującego się w stanie Nowy Meksyk w USA radioteleskopu VLA na **EVLA (Extended Very Large Array)** tak, aby zwiększył swą zdolność rozdzielczą i czułość 10 razy, a 1000 razy parametry spektroskopowe. Zostanie dodane 8 nowych anten, co zapewni mu zdolność rozdzielczą porównywalną do teleskopu kosmicznego NGST i planowanego radioteleskopu mikrofalowego ALMA. Przedmiotem jego obserwacji będą dyski protoplanetarne i najwcześniejsze etapy tworzenia się galaktyk.

**Teleskop LSST** (Large-aperture Synoptic Survey Telescope) to optyczny teleskop naziemny klasy 6,5 m, przeznaczony do systematycznego przeglądania całego nieba przynajmniej raz na tydzień. Skataloguje on 90% obiektów bliskich Ziemi o rozmiarach większych niż 300 m i prawdopodobnie znajdzie ok. 10 tysięcy obiektów Pasa Kuipera, które stanowią „kopalny” zapis stanu materii w chwili tworzenia się naszego Systemu Słonecznego. Przyczyni się on również do lepszego poznania struktury Wszechświata przez obserwacje tysięcy supernowych, bliskich i dalekich, oraz przez badanie rozkładu ciemnej materii, obserwując soczewki grawitacyjne i mikrogravitacyjne w głębokich otchłaniach Kosmosu.

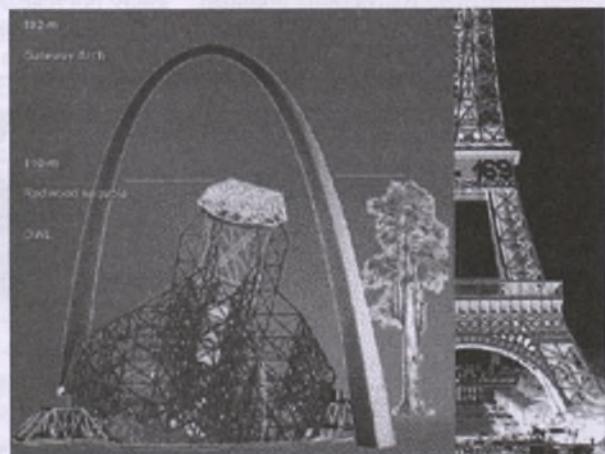
**Szukacz planet ziemiopodobnych TPF** (Terrestrial Planet Finder) jest bardzo ambitnym instrumentem. Ma to być interferometr przeznaczony do badania planet ziemnopodobnych wokół pobliskich gwiazd: ma je znajdować, charakteryzować

ich atmosferę i poszukiwać na nich śladow życia. Spektralnym zakresem jego pracy będzie  $\lambda = 3\text{--}30 \mu\text{m}$ , a przestrzenna zdolność rozdzielcza osiągnie 0,00075 sekundy łuku dla 3  $\mu\text{m}$ . Teleskop będzie też dostarczał obrazy obszarów rodzących się gwiazd oraz oddległych galaktyk z nieosiągalną obecnie zdolnością rozdzielczą. Zapewne zrewolucjonizuje badania w tych dziedzinach astronomii, gdzie potrzebna jest wielka przestrzenna zdolność rozdzielcza. Jego budowę rozpoczęcie się dopiero pod koniec pierwszej dekady nowego wieku.

**Teleskop SAFIR** (Single-Aperature Far InfraRed Observatory) ma być podczerwonym obserwatorium kosmicznym pracującym w zakresie spektralnym od 30 do 300  $\mu\text{m}$  z rozdzielcością 5–1000<sup>2)</sup>. Jego lustro będzie miało średnicę 8 m, a on sam będzie niejako teleskopem komplementarnym w stosunku do teleskopu NGST.

Koszt powyżej przedstawionych instrumentów (nie zawsze doprowadzonych do docelowych stanów badawczych w najbliższym dziesięcioleciu) oceniany jest na 2760 mln dolarów USA w cenach 2000 r. Ale nie tylko pieniądze są potrzebne dla realizacji powyżej przedstawionych planów — trzeba też istotnych nowych rozwiązań technologicznych i koncepcyjnych. GSMT i AST wymagają znacznego postępu w dziedzinie optyki adaptywnej, a TPF nowych technik interferometrii kosmicznej. Potrzebne są nowe, czulsze, większe i o wię-

<sup>2)</sup> Spektralna zdolność rozdzielcza jest definiowana jako równa  $\lambda/\Delta\lambda$ .



Europejski projekt teleskopu OWL (Sowa) o średnicy 100 m w porównaniu ze znany konstrukcjami na Ziemi i najwyższą sekwoją.

szej zdolności rozdzielczej detektory we wszystkich prawie dziedzinach widma. Technologie wielkich i lekkich luster, „łodówki” kosmiczne (cała kriogenika) dla szeregu rodzajów detektorów (np. w podczerwieni i zakresie mikrofalowym) będą niezbędne. Oczywiście trzeba opracować nowe systemy łączności między statkami kosmicznym a ziemskimi centrami odbioru i przetwarzania danych i ich dystrybucji do astronomicznych ośrodków badawczych, gdzie będzie dokonywana ich interpretacja. Konieczne będą nowe idee i teorie dla interpretacji wielkiego strumienia danych obserwacyjnych. Wszystkie te inwestycje przygotują dobry fundament dla badań astronomicznych następnych dekad. I tak np. w latach 2010–2020 przewiduje się w przestrzeni pozaziemskiej 8 metrowy kosmiczny teleskop ultrafioletowy, interferometr w dalekiej podczerwieni, teleskop promieniowania X o efektywnej powierzchni zbiorczej rzędu 100 metrów kwadratowych. Najlepiej zdefiniowanym projektem astronomii naziemnej na następną dekadę jest radioteleskop o powierzchni zbiorczej jednego kilometra kwadratowego (Square Kilometer Array). Niewykluczone jest też znaczne rozwinięcie teleskopu optycznego GSMT itp.

### **Astronomia w społeczeństwie i edukacji**

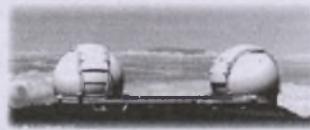
Astronomia jest wszędzie wokół nas: wystarczy otworzyć oczy, by dojrzeć wędrówkę Słońca po dziennym niebie i zmiany faz Księżyca w nocy. A który nie zachwycał się rozgwieżdżonym nocnym niebem i jasną wstęgą Drogi Mlecznej? Astronomia pobudza wyobraźnię. Astronomia daje możliwości

ści uczestniczenia w badaniach naukowych i dokonania odkryć kademu z nas! Znane są tysiące entuzjastycznych obserwatorów gwiazd zmiennych czy aktywności Słońca, którzy walnie przyczynili się i przyczyniają do postępu wiedzy w tych dziedzinach. Astronomia inspiruje działalność artystyczną: literacką, muzyczną, filmową, sztuk plastycznych itd. Jest więc żywotnym interesem zawodowych astronomów szeroka transmisja ich zdobyczy w poznaniu Kosmosu do społeczeństwa. Nie tylko po to, aby społeczeństwo, które utrzymuje astronomów wiedzą, na co idą jego pieniądze, ale też aby lepiej rozumiało otaczające nas środowisko i zjawiska. Aby formować nowe zastępy badaczy Kosmosu i miłośników astronomii zdolnych szeroko propagować aktualną wiedzę i aktywnie uczestniczyć w jej zdobywaniu. Środkiem do tego mogą być planetaria i amatorskie obserwatoria, a przede wszystkim centra edukacyjne przy zawodowych obserwatoriach, do tworzenia których Raport McKee i Taylora bardzo zachęca. Astronomię trzeba popularyzować przez wszystkie dostępne media, specjalne magazyny astronomiczne, Internet. Szerokie zainteresowanie astronomią może być siłą napędową dobrze działającej drobnej przedsiębiorczości zarówno wydawniczej, jak i handlowej. Na całym świecie istnieje ogromne zapotrzebowanie na materiały edukacyjne dla różnych szczebli edukacji — od szkół podstawowych poprzez szkolnictwo średnie do college’ów i uniwersytetów — i omawiany raport gorąco zachęca zawodowych astronomów do szerokiego uczestnictwa w tym dziele, dając przykłady dotychczasowych osiągnięć. To też ma być jeden z warunków pomyśl-

nego rozwoju astronomii w III tysiącleciu i o tym astronomowie muszą pamiętać.

Duże lustra i anteny, technika podczerwona i radiowa, technika nazywana „kosmiczną” nie służą tylko astronomom, ale caemu społeczeństwu. Astronomia stawia wyzwania, dzięki którym rozwijają się na Ziemi różne technologie i małe przemysły: maszyn precyzyjnych, optyki, elektroniki, informatyki itp. Techniki tworzenia i przetwarzania obrazów w różnych dziedzinach widma, rozwijane na potrzeby astronomii legły np. u podstaw różnych technik diagnostycznych w medycynie. A sprężone z nimi nowe czujniki, detektory i wzmacniacze promieniowania dostarczyły nowych narzędzi do fundamentalnych badań biomedycznych oraz wykrywania i leczenia najbardziej niebezpiecznych chorób. Rozwijane z inspiracji potrzeb astronomów techniki radiowe, telewizyjne, transmisji danych itp. służą nam wszystkim każdego dnia, choć nie zawsze zdajemy sobie z tego sprawę, siedząc przed telewizorem, słuchając radia czy rozmawiając przez telefon komórkowy. A techniki rakietowe, zdalne sterowanie różnorakich pojazdów na Ziemi i w jej otoczeniu, zasługi dla systemów obronnych, badania zasobów ziemskich bogactw mineralnych, biologicznych czy innych, klimatu itd. itd.? To przecież są rezultaty, które wyraźnie mówią, że astronomia nie tylko wyciąga do społeczeństwa rękę po pieniądze, ale też temu społeczeństwu coś daje. Daje nie tylko wiedzę o roli i miejscu człowieka we Wszechświecie, ale walnie przyczynia się do poprawienia komfortu bytu człowieka na Ziemi, do nowej jakości życia całych społeczeństw i indywidualnych ludzi.

## **Największe działające teleskopy optyczne**



**Keck I i II**  
2×10 m  
(Mauna Kea, Hawaje)

**Hobby-Eberly**  
9,2 m  
(Mt. Fowlkes, Teksas)



**Subaru**  
8,3 m  
(Mauna Kea, Hawaje)

**Antu**  
**Kueyen**  
**Melipal**  
**Yepun**  
4×8,2 m  
(Cerro Paranal, Chile)



**Gemini North**  
8,0 m  
(Mauna Kea, Hawaje)

# Kosmologia biblijna jako wyraz kontemplacji Boga i dzieła stworzenia

Wiele do myślenia daje fakt, że w Biblii Hebrajskiej nie ma słowa, które byłoby odpowiednikiem greckiego *kosmos*, postrzegającego świat jako racjonalnie zrozumiałą całość. Wiedza przyrodnicza, a więc i obserwacje astronomiczne Greków, była dla nich podstawą filozofowania oraz wypracowywania rozmaitych teorii. W biblijnym Izraelu było inaczej. Na oznaczenie otaczającego świata Izraelici używali nazwy *stworzenie*, w której znalazło wyraz przekonanie o całkowitej zależności świata wobec Boga. Grecy pojmovali kosmos jako rzeczywistość, która dzięki swojej wewnętrznej równowadze jest wolna od wszelkich odniesień, a zatem rzadzi się własnymi prawami. Sądziły też, że skoro udaje się racjonalizować świat, można też dokonywać racjonalizacji bogów. W Biblii świat to rzeczywistość, którą ustanowił i stale odmierza sam Bóg. Podziw wobec świata i refleksja nad nim nie polegają na racjonalizowaniu tego, co widzimy, lecz na uznaniu jedyności i wielkości Boga. Z tego względu myśl kosmogoniczna i kosmologiczna nie zaprzatała uwagi biblijnych Izraelitów. Nie próbowali również tworzyć jakiegoś uporządkowanego i zwartego systemu na temat budowy świata. Włożyli natomiast znacznie więcej wysiłku w zrozumienie dziejów, czyli opracowanie teologicznych syntez swojej historii, potwierdzających w niej obecność Boga.

Na tym gruncie rozwinęło się uwielbianie Boga, które dochodzi do głosu także w tych fragmentach ksiąg

świętych, w których znalazły wyraz rozmaite aspekty starożytnych zapatrzywań kosmologicznych. Widać to wyraźnie w otwierającym Biblię opowiadaniu o stworzeniu świata i człowieka, które stanowi wzniosły hymn i uroczyte wyznanie wiary. Paralelizm, jaki istnieje między kolejnymi etapami przedstawionego tam dzieła stworzenia, odkrywa coś ze starannie przemyślanej struktury świata. Staje się ona jednak nie tyle przedmiotem analizy i zgłębiania, ile sposobnością do podziwu i uwielbiania Boga Stwórcy. Nie znaczy to, że biblijni Izraelici obnażają w ten sposób bezradność bądź niechęć do poznawania przyrody, ale że ponad odkrywanie jej prawideł przedkładają uznanie suwerenności Boga. Dlatego pytania „jak” i „dlaczego” ustępują miejsca pytaniom o sens świata i istniejącego w nim porządku.

Biblijna koncepcja stworzenia jest nieroziącznie związana z Przymierzem, zaś podanie w wątpliwość bądź lekceważenie tych więzi zamazuje prawdziwe znaczenie stwórczego aktu Boga. Stworzenie, o którym mowa na początku Księgi Rodzaju, to pierwszy etap niezwykłych dzieł Boga (*mirabilia Dei*). Ale kontemplacja świata i jego przedziwnej struktury nie są celem w sobie. Co więcej, mogą nawet prowadzić do pogańskiego ubóstwiania świata i jego elementów bądź — jak znacznie później uznał Baruch Spinoza — do utożsamienia Boga z naturą. Jedno i drugie niebezpieczeństwo odwraca więc uwagę od Stwórcy. W ujęciu biblijnym celem refleksji nad światem jest kontemplacja Boga, Pana

Waldemar Chrostowski

*Motywy i tradycje Starego Testamentu stanowią jeden z głównych fundamentów chrześcijaństwa. Z czasem Biblia stała się tworzywem i potwierdzeniem przyjętych przez chrześcijan wyobrażeń o charakterze kosmologicznym i przyrodniczym.*

*Nie zabrakło nieporozumień.*

*Jedno z najbardziej brzemiennych w skutki wynikało stąd, że obraz świata, który w Starym Testamencie był całkowicie podporządkowany uznaniu i uwielbieniu Boga jako Pana stworzenia i Pana dziejów, na który składały się rozmaite elementy starożytnej kosmologii, zostało wyizolowane, ulożone w zwarty system oraz potraktowany jako normatywne, bo usankcjonowane przez księgę świętą, wskazanie odnośnie do rzeczywistej budowy świata.*



natury i Pana dziejów, a są to przede wszystkim dzieje Izraela. Te dwa wyymiary potrzebują siebie nawzajem i nawzajem się uzupełniają.

Scisłe więzi podziwu dla dzieła stworzenia oraz dzieła zbawienia są widoczne w Psalmie 136, który stanowi liturgiczną pieśń pochwalną o budowie litanii. W pierwszej części (vv. 1-9), znajdujemy nawiązania do podstawowych elementów starożytnej kosmologii:

„*On w swej mądrości uczynił niebia-  
sa, bo Jego miłość jest wieczna.  
On rozpostarł ziemię nad wodami,  
bo Jego miłość jest wieczna.  
On uczynił wielkie światła, bo Jego  
miłość jest wieczna;  
słońce, by rządziło dniem, bo Jego  
miłość jest wieczna;  
księżyc i gwiazdy by rządzili nocą,  
bo Jego miłość jest wieczna”*  
(vv. 5-9).

Istnienie wszystkiego jest postrzegane jako cud, świadectwo miłości i mądrości (ta kolejność jest ważna!) jedynego Boga. Druga część Psalmu 136, znacznie dłuższa, stanowi wznowią pochwałę życiodajnej obecności Boga w dziejach Izraela jako przedłużenie cudów z prapoczątków świata i człowieka.

Temat cudownej i godnej najwyższego podziwu stwórczej mocy Boga pojawia się w psalmach wielokrotnie i prawie zawsze towarzyszy mu opiewanie cudów, dzięki którym Izrael został wybrany i przetrwał. Czasami dwa psalmy, wysławiające te dwa aspekty Bożej dobroci i mądrości, sąsiadują ze sobą. Tak jest w przypadku Psalmu 104, z wyjątkowo obfitymi motywami kosmologicznymi wykorzystanymi dla rozwinięcia tematu stworzenia, które wielbi Boga. Oto jego początek:

„*Tyś przyodziyan w Chwałę i Majes-  
tat,  
opasany sznurem ze świata.  
Rozpostarłeś niebiosa jak namiot.  
On wznoś swoje komnaty nad wo-  
dami.  
On uczynił obłoki swoim rydwanem,  
a porusza się na skrzydłach wiatru.  
On czyni wiatry swoimi posłańcami,  
a ogniste płomienie są Jego slugami.  
On utwierdził ziemię na jej podsta-  
wach,  
tak że się nigdy nie zachwieje”*  
(vv. 1b-5).



„Stworzenie świata” — inicjał z gradualu w klasztorze oo. Karmelitów w Krakowie. Przedruk z „Pisma Świętego” wydanego przez „Pallottinum”.

Cały utwór zawiera mnóstwo innych motywów kosmologicznych, a kończy się wyrażeniem pragnienia stałego uwielbiania Boga oraz życzeniem, aby występní i złi nie zaciemniali wspaniałego porządku świata. Podobnie jest w Psalmie 105, w którym dominuje wątek przymierza z Abrahalem i trwałą wiernością Boga.

Podziw wobec świata rodzi pochwały pod adresem Stwórcy i pytania o miejsce człowieka w stworzonym przez Niego porządku. Obydwaj motywy znalazły wyraz w Psalmie 8, opiewającym nieskończony majestat Boga (vv. 2-5) oraz godność, do jakiej wyniósł On człowieka (vv. 6-10). Skoro cały świat jest dziełem Bożym, gdzie jest „miejsce” dla Boga? Stary Testament nie znał pojęcia transcendencji w filozoficznym znaczeniu tego słowa. Zatem absolutna odmienność Boga, to znaczy Jego inność, była przedstawiana głównie w języku poetyckich symboli. Psalm 8 posługuje się nimi, przetwarzając je w modlitwę wspólnoty wierzących, która znowu nie tyle poznaje i zgłębia świat, co go podziwia:

„*O Panie, nasz Boże, jak przedziw-  
ne jest Twe imię na całej ziemi!  
Tyś swój Majestat wyniósł nad nie-  
biosa”* (w. 2).

Wykorzystując znane sobie wyobrażenie kosmologiczne, Psalmista przedstawia ziemię jako swoisty „podnóżek stóp” Boga. Znowu nie chodzi o wiarygodną kosmografię, lecz uwielbienie Boga, obecnego w świecie, a przecież całkowicie wykraczającego poza wszelkie światowe uwarunkowania.

Izraelici podziwiali świat i jego elementy nie mniej niż czynili to sąsiednie narody pogańskie. Tam jednak obserwacje kosmologiczne stawały się pożywką dla mitologii oraz mitycznego języka religii politeistycznych. Świat, z całym swoim bogactwem, tak przyciągał uwagę człowieka, iż wywoływał religijny podziw, który znajdował wyraz w mitach o bogach kumulujących cechy i przemytymi po szczególnych elementów świata. Izraelici znajdowali się w innym położeniu, bo dla nich punktem wyjścia była refleksja nad obecnością Boga w dziejach. A ponieważ ta obecność była przejawem cudownej mocy, to samo przeświadczenie dyktowało postawę zdumienia i podziwu wobec piękna i bogactwa świata.

Pełną przeciwagę dla kosmogonii i kosmologii pogańskich sąsiadów biblijny Izrael przedłożył w rozwijanej przez wieki tradycji mądrościowej.

Była ona zakorzeniona w głębokich intuicjach związanych ze specyficzny „odczytywaniem natury”, które znalazły wyraz w nauczaniu Jeremiasza. Polemizując z czołą obcych bogów, prorok posłużył się satyrą (Jr 10,1-16). Pod koniec poematu mamy znamienne zestawienie:

*Tak powiecie do nich (czcicieli obcych bóstw):*

*„Bogowie, którzy nie uczynili nieba ani ziemi,*

*przepadną z ziemi i spod tych niebios.*

*On swoją mocą uczynił ziemię,*

*utwierdził świat swoją mądrością,*

*a swoim rozumieniem rozciągnął niebosa.*

*Gdy On da słyszeć swój głos,*

*wtedy poruszają się wody w niebiosach.*

*To On podnosi obłoki z krańców ziemi,*

*wywołuje błyskawice na deszcz*

*i posyła wiatry ze swoich komnat”*

(Jr 10, 11-13).

Z jednej strony wskazuje się na bezzasadność i nieskuteczność kultu odawanego fałszywym bogom, z drugiej eksponuje władzę Boga, który stworzył świat i panujący w nim porządek. Opisując niektóre elementy tego porządku, prorok odwołuje się do znanych sobie i jego współczesnym wyobrażeń kosmologicznych. Nie znaczy to jednak, że je „uświeca” bądź czyni nieodzownym warunkiem wyrażania wiary w jedyność oraz stworczą moc Boga. Najważniejsze w jego wypowiedzi są słowa „mądrość” (hebr. *chokmah*) i „rozumienie” (hebr. *tebunah*). Podkreślanie i wysławianiu mądrości i mocy Bożej zostały też całkowicie podporządkowane rozmaite aluzje kosmologiczne, dzięki którym można było wyrazić zasady, które rządzą światem. Zebranie i zestawienie razem tych aluzji wskazuje, że mamy do czynienia nie tyle z jedną spójną kosmologią, co raczej z wieloma różnorodnymi zapatrzywaniami, które składają się na wiele wzajemnie się uzupełniających i nakładających się na siebie kosmologii. W prawdzie ich zasadnicze elementy są wspólne, ale z tego wcale nie wynika, że właśnie taka synteza była pierwszorzędnym celem autorów biblijnych.

Apogeum tradycji mądrościowej biblijnego Izraela w tym, co dotyczy refleksji nad stworzeniem świata i ist-

niejącego w nim porządku, stanowi tekst Prz 8,22-31, poświęcony wysławianiu Mądrości (hebr. *chokmah*). Została tu przedstawiona jako najstarsza i najważniejsza ze wszystkiego, co Bóg stworzył. Tekst mówi, że Mądrość towarzyszyła stwórczemu dziełu Boga, którego poszczególne etapy zostały przedstawione przy użyciu elementów starożytnej kosmologii. Zaistniały w świecie porządek stał się przedmiotem jej radości i podziwu (ww. 30-31). Niezależnie od rezultatów trwającej wciąż naukowej debaty nad tym, czy bliższe tego typu koncepcji są odpowiedniki rozpoznane w kulturze i religii egipskiej bądź ugryckiej, właśnie ten aspekt jest najważniejszy. Wyeksponowanie roli Mądrości idzie tutaj w parze z podkreśleniem znaczenia stworzenia świata. Na tym etapie rozwoju religii biblijnego Izraela na pewno nie było ono postrzegane tylko jako wstęp do dziejów zbadania. Zresztą i wcześniej, gdy powstawał Pięcioksiąg, miejsce i rola dwóch otwierających go opowiadań o stworzeniu świata i człowieka wykracały daleko poza rolę wstępu do przedstawienia prapoczątków Izraela jako narodu Bożego wybrania. Podobnie ważna pozostawała kosmologia, której elementy były przywoływanie nie mniej chętnie niż rozmaite wydarzenia z dziejów Izraela. Potwierdzali one mądrość Bożą, a zarazem wskazywały na potrzebę prawości wyznawców jedynego Boga, wypływającej z mądrości odzwierciedlającej mądrość Bożą.

Motyw i tradycje Starego Testamentu, podjęte w Nowym Testamencie, stanowią jeden z głównych fundamentów chrześcijaństwa. Z czasem Biblia, traktowana jako słowo Boże, stała się tworzywem i potwierdzeniem przyjętych przez chrześcijan wyobrażeń o charakterze kosmologicznym i przyrodniczym. Nie zabrakło jednak nieporozumień. Jedno z najbardziej brzemiennych w skutki wynikało stąd, że obraz świata, który w Starym Testamencie był całkowicie podporządkowany uznaniu i uwielbieniu Boga jako Pana stworzenia i Pana dziejów, na który składały się rozmaite elementy starożytnej kosmologii, został wyizolowany, ułożony w zwarty system oraz potraktowany jako normatywne, bo usankcjonowane przez księgu świętą,

tą, wskazanie odnośnie do rzeczywistej budowy świata. Aluzje kosmologiczne i kosmologiczne zostały potraktowane głównie w kategoriach przyrodniczych, a nie religijnych i teologicznych, a następnie, mimo całą swojej różnorodności i wzajemnej nieprzystawalności, niejako uświecone i uczynione podstawą wiedzy. Trzy starożytne sfery świata — niebiosa, ziemia i wody oraz podziemie — doczekały się utrwalenia w trójczęciowej kosmologii „niebo (w górze) — ziemia — piekło (w dole)”.

Traktowanie Pisma Świętego jako podręcznika nauk przyrodniczych niemal zawsze nastręczało spore problemy i kłopoty. Ale tak dugo, jak dugo kosmos był postrzegany jako geocentryczny, różnica między nim a stworzeniem świata nie była w zasadzie widoczna. Dopiero gdy geocentryczny system Ptolemeusza został w Kopernikowskim traktacie *De revolutionibus orbium caelestium* zastąpiony przez model sfer, wszechświat, zwłaszcza od czasów Galileusza, jawi się jako heliocentryczny, policentryczny, a może nawet „nieskończony”. Niestety, zakwestionowanie starożytnej kosmologii zostało odebrane również jako zamach na biblijny model stworzenia. W dramatycznym sporze, który doprowadził 17 lutego 1600 r. do spalenia na stosie Giordano Bruno, nie chodziło już wyłącznie o obraz świata i związane z nim kwestie przyrodnicze, ale o ocalenie wiary w Boga jako Stworzyciela i Pana wszystkiego. Te same cele przyświecają także części współczesnych czytelników i komentatorów Biblii, którzy traktują elementy kosmologii biblijnej jako niezbędny składnik jej wiecznie trwałego i zobowiązującego orędzia. Wyzwanie, które wciąż wymaga cierpliwego przewijania, polega na tym, aby rozróżnić między dawnymi poglądem kosmologicznymi, które jako swoiste przedzałożenia znalazły się również w Biblii, a wyrażoną przy ich pomocy wiarą w wybranie Izraela przez Boga, ściśle związaną z wiarą w stworzenie świata i człowieka.

Ksiądz prof. dr hab. Waldemar Chrostowski jest biblistą, profesorem Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie.

# Europa, Ganimedes, Kallisto — lodowe księżyce Jowisza

*W grudniu 1995 roku, po 6 latach podróży, do systemu jowiszowego dotarła sonda Galileo nazwana tak na cześć odkrywcy czterech największych księżyców Jowisza — włoskiego uczonego Galileo Galilei. Misja ta trwa już od ponad pięciu lat i pomimo poważnych problemów technicznych z anteną główną czy pokładowym urządzeniem zapisującym zebrane dane, nieustannie dostarcza nowych, niezwykle cennych informacji, między innymi o lodowych księżybach: Europie, Ganimedesie oraz Kallisto. Poczynione w czasie bliskich przelotów w pobliżu tych satelitów obserwacje i pomiary odmieniły nasze wyobrażenia o ich budowie wewnętrznej i procesach zachodzących na ich powierzchniach.*

Pod względem rozmiarów galileuszowe księżyce można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej należą Io i Europa, które wielkością odpowiadają naszemu Księżycowi. Ich młode powierzchnie odbijają ponad 60% padającego światła. Io jest uważana za najbardziej aktywne geologicznie ciało Układu Słonecznego. Jak dotąd nie udało się na niej zaobserwować jakichkolwiek kraterów uderzeniowych, co świadczy o bardzo młodym wieku powierzchni. Intensywny wulkanizm napędzany dyssypacją energii potężnych pływów jowiszowych wyrzuca z wnętrza Io ogromne ilości materii bogatej w siarkę, przyczyniając się w ten sposób do nieustannego odnawiania powierzchni księżyca. Podobnie rzecz ma się z Europą, na której widoczne są nieliczne kratery meteorytowe, przeważnie małych rozmiarów, lecz w tym lodowym świecie natura „kuracji odmładzającej” jest zupełnie odmienna.

Drugą grupę stanowią satelity-olbrzymy: Ganimedes oraz Kallisto, które należą do ścisłej czołówki największych księżyców Układu Słonecznego o rozmiarach porównywalnych z Merkurem. Ganimedes wiekiem tworów powierzchniowych przypomina nasz Księżyca. Znajdują się na nim stare obszary intensywnie zryte kraterami oraz tereny znacznie młodsze. Niewątpliwie najstarszą powierzchnię (jej wiek szacuje się na ponad 4 miliardy lat), a zatem ozdobioną największą liczbą kraterów, posiada Kallisto. Wszystko wskazuje

je na to, że już od samych narodzin jest to glob martwy geologicznie, w którego wnętrzu wszelkie ewentualne procesy wygasły już dawno temu.

Księżyce galileuszowe stanowią wyidealizowaną miniaturę układu planetarnego. Orbitę wszystkich czterech satelitów są położone prawie dokładnie w płaszczyźnie równikowej Jowisza, a ich kształt jest niemalże kołowy. Okres obiegu Ganimedesa jest dwukrotnie dłuższy od okresu obiegu Europy, który z kolei jest dwa razy dłuższy od czasu obiegu Io. Mamy tu zatem do czynienia ze zjawiskiem dość specyficznego rezonansu Laplace'a powodującego, że cały układ jest niezwykle stabilny dynamicznie w długich skalach czasowych.

Średnia gęstość księżyków maleje wraz z oddalaniem się od planety. Jest to zgodne z teorią ich narodzin z protojowiszowego obłoku materii. Io składa się z metalicznego (głównie żelazo i nikiel) jądra i stopionego skalnego płaszczu. We wnętrzu Europy — pierwszego z lodowych księżyów — jak i Ganimedesa znajduje się metaliczne jądro. Powyżej niego występuje płaszcz krzemianowy, a nad nim, tuż pod skorupą, warstwa  $H_2O$ , w przypadku Europy najprawdopodobniej w postaci płynnej. Natomiast zupełnie odmienne prezentuje się wnętrze najdalszego z omawianych tu księżyć — Kallisto.

## Odmienne wnętrze Kallisto

Otrzymane przez Galileo dane gravimetryczne wskazują, że Kallisto, w przeciwieństwie do pozostałych ga-

lileuszowych satelitów, nie posiada zróżnicowanego wnętrza. W ostatnim wierszu tabeli 1 przedstawiono bezwymiarowy moment bezwładności każdego z księżyców, wyznaczony względem ich osi obrotu. Dla kuli, wewnątrz której masa rozłożona jest w sposób jednorodny, wielkość ta, będąca stosunkiem momentu bezwładności  $I$  do iloczynu masy  $M$  i kwadratu promienia  $R$ , wynosi dokładnie 0,4. Jeśli gęstość rośnie do środka (na przykład na skutek oddzielenia się metalicznego jądra), to  $I/MR^2$  maleje, przyjmując wartości mniejsze od wspomnianych 0,4. O ile w przypadku trzech krążących najbliżej Jowisza księżyców: Io, Europa i Ganimedes ich rozwarstwienie jest wyraźnie widoczne, tak Kallisto jawi się nam jako jednorodna kula składająca się z w miarę jednorodnej mieszaniny lodu i skał.

Fakt ten jest o tyle ciekawy, że Ganimedes i Kallisto nieznacznie różnią się między sobą rozmiarami czy też gęstością, zatem z pozoru powinny być do siebie podobne. Jednak wartość momentu bezwładności Ganimedesa jest skrajnie niska i wynosi tylko 0,311 — mniej niż dla jakiegokolwiek innego zbadanego ciała Układu Słonecznego. W zależności od składu chemicznego jądra istnieją dwa mo-

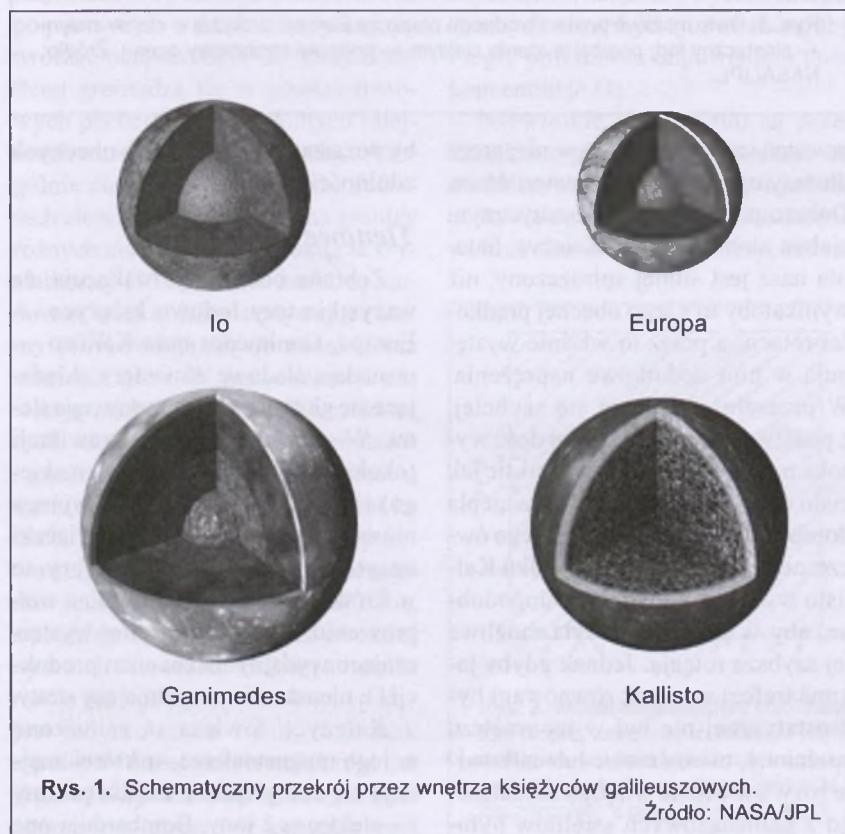
**Tabela 1.** Podstawowe dane o galileuszowych księżycach.  $R$  — średnia odległość od Jowisza;  $e$  — mimośród orbity;  $i$  — nachylenie orbity względem równika planety;  $I/MR^2$  — bezwymiarowy moment bezwładności. Źródło: JPL/NASA.

	Io	Europa	Ganimedes	Kallisto
średnica [km]	3630	3138	5268	4806
$R$ [km]	421600	670900	1070400	1883000
okres obiegu [dni]	1,77	3,55	7,15	16,7
gęstość [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	3,57	3,01	1,94	1,86
$e$	0,004	0,009	0,002	0,007
$i$ [ $^\circ$ ]	0,040	0,470	0,183	0,281
albedo	0,61	0,64	0,43	0,20
$I/MR^2$	0,378	0,347	0,311	0,406

dele struktury wewnętrznej największego z satelitów, oparte na jego silnym rozwarstwieniu. Pierwszy zakłada, że jądro składa się z czystego żelaza. Wówczas w jądrze o promieniu od 0,15 do 0,4  $R_G$  (promienia Ganimedesa) znajduje się odpowiednio od 2 do 26% masy księżyca, a gęstość osiąga wartość  $8 \text{ Mg}/\text{m}^3$ . Powyżej znajduje się płaszcz skalny o gęstości około  $3,6 \text{ Mg}/\text{m}^3$ , ograniczony w odległości  $0,5$ – $0,7 R_G$  od środka księżyca zewnętrzna warstwą lodu ( $1,0$ – $1,4 \text{ Mg}/\text{m}^3$ ). Natomiast w drugim modelu jądro składa się z mieszanej żelaza i siarczka żelaza, osiągając tym samym mniejszą gęstość — je-

dynie  $5,15 \text{ Mg}/\text{m}^3$  oraz większe rozmiary — od 0,2 do  $0,5 R_G$ . Zawarta w nim masa nie przekracza 33% całkowitej masy Ganimedesa. Granica między skalnym płaszczem ( $3,6 \text{ Mg}/\text{m}^3$ ) a lodową skorupą ( $1,0$ – $1,3 \text{ Mg}/\text{m}^3$ ) przebiega tu między  $0,6$ – $0,7 R_G$ . Jak później zostanie pokazane, ze względu na występowanie pola magnetycznego ten ostatni model jest bardziej prawdopodobny. Pojawia się więc w tym miejscu pytanie: dlaczego i Kallisto nie posiada podobnej struktury wewnętrznej?

Najwidoczniej najdalszy z galileuszowych satelitów nie zdołał osiągnąć w przeszłości dostatecznie wysokiej temperatury wnętrza, aby pierwotne składniki mogły się w nim rozdzielić i uformować strukturę typową dla dużych ciał. Biorąc pod uwagę jako źródła ciepła jedynie rozpad izotopów promieniotwórczych i zmagazynowaną energię cieplną wyzwalaną w czasie spadku planetozymali, to Kallisto powinna być jedynie odrobinę chłodniejsza i zróżnicować się podobnie jak Ganimedes. Przypuszczalnie tak dramatyczna różnica wzięła się stąd, że Ganimedes w przeciwieństwie do Kallisto został dodatkowo podgrzany na skutek płynów, których doświadczał w przeszłości w czasie stabilizowania się rezonansu z Io i Europą. Jak pokazują rozważania modelowe, kiedyś Ganimedes mógł poruszać się po orbicie o mimośrodzie równym nawet 0,1 (obecnie jedynie 0,002). Siły płynowe, które są proporcjonalne do mimośrodu, wyzwoliły dostatecznie dużo ciepła, aby księżyc ten wykształcił warstwową strukturę wewnętrzną, a nawet mógł generować w mechanizmie dynamo



Rys. 1. Schematyczny przekrój przez wnętrza księżyców galileuszowych.

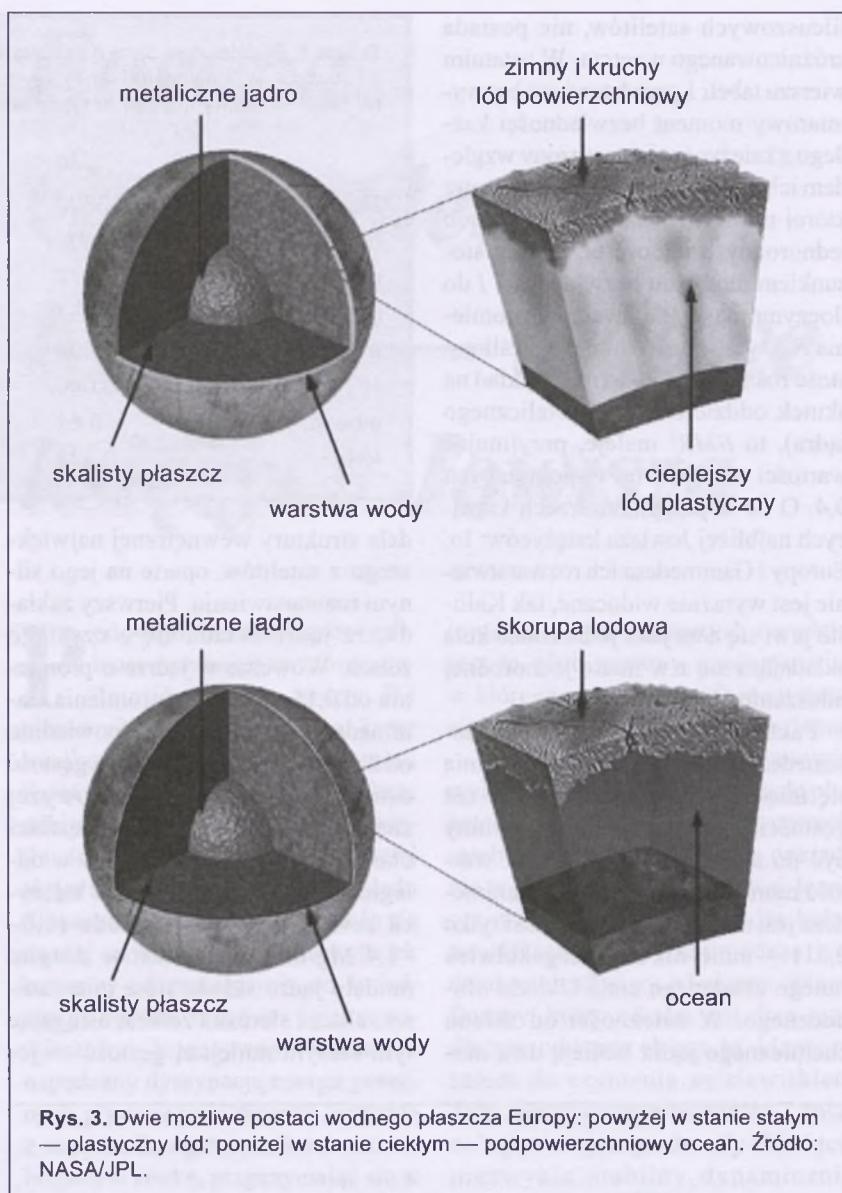
Źródło: NASA/JPL

własne pole magnetyczne. W przeciwnym razie pozostałby globem martwym, podobnym do czwartego z galileuszowych księżyców.

Obecnie przyjmuje się, że pod skorupą Kallisto kryje się mieszanina lodu (40%) i skał (60%) zawierających żelazo bądź siarczek żelaza zauważalną koncentracją w obszarach centralnych składników cięższych.

Jeśli przyjmiemy się dla Kallisto najmniejszą możliwą w granicach błędu wartość  $I/MR^2$ , czyli około 0,38, to staje się możliwe istnienie tuż pod jej powierzchnią warstwy  $H_2O$  grubości do 200 km. W modelu tym jądro osiąga gęstość 1,9–2,2 Mg/m<sup>3</sup>, co świadczy o tym, że nadal składa się w znacznej mierze z lodu, czyli w skali całego globu zaszła jedynie częściowa separação materii. Analiza termicznego modelu księżyca wskazuje, że temperatura sugerowanej warstwy  $H_2O$  jest niższa od temperatury krzepnięcia wody, zatem powinna składać się wyłącznie z lodu. Istnieją jednak pewne przesłanki świadczące o tym, że mógłby to być płynny lub częściowo płynny wodny ocean. Mianowicie, w pobliżu Kallisto zaobserwowały się niewielkie perturbacje magnetyzmy Jowisza. Interpretuje się je jako przejaw występowania jej własnego, bardzo słabego pola magnetycznego indukowanego przez prądy elektryczne wzbudzane w podpowierzchniowej warstwie dobrego przewodnika — najprawdopodobniej słonej wody. Dość zagadkowe jest tu jednak samo istnienie  $H_2O$  w stanie ciekłym. Brak źródeł ciepła powinien doprowadzić do natychmiastowego zamrożenia podpowierzchniowego oceanu. Obecnie jedynym rozsądny wyjaśnieniem tego fenomenu jest hipoteza, w której zakłada się dostatecznie dużą zawartość związków chemicznych (amoniak, sole) rozpuszczonego w owej kilkunastokilometrowej warstwie wody. Wystarczająco silne ich stężenie może przyczynić się do obniżenia temperatury krzepnięcia roztworu, a tym samym do powstrzymania płynnej wody przed całkowitym zestaleniem.

Dotychczas milcząco zakładaliśmy, że Kallisto jest w stanie równowagi hydrostatycznej. Warunek ten wydaje się być spełniony, ponieważ elastyczna skalno-lodowa skorupa nie jest wystarczająco sztywna, aby mogły



Rys. 3. Dwie możliwe postaci wodnego płaszcza Europy: powyżej w stanie stałym — plastyczny lód; poniżej w stanie ciekłym — podpowierzchniowy ocean. Źródło: NASA/JPL.

powstać i utrzymywać się w niej przez dłuższy czas naprężenia materiałowe. Dobrze poznany nieizostatycznym ciałem niebieskim jest Książyc. Satelita nasz jest silnie spłaszczony, niż wynikałoby to z jego obecnej prędkości rotacji, a przez to właśnie występują w nim dodatkowe naprężenia. W przeszłości obracał się szybciej, a ponieważ panowała w nim dość wysoka temperatura, zachowywał się jak ciało elastyczne. Szybka utrata ciepła doprowadziła do zamrożenia jego ówczesnego kształtu. W przypadku Kallisto wydaje się mało prawdopodobne, aby w przeszłości była możliwa jej szybsza rotacja. Jednak gdyby jakimś trafem warunek równowagi hydrostatycznej nie był w jej wnętrzu spełniony, to częściowe lub całkowite rozwarstwienie wnętrza najdalejego z galileuszowych satelitów było-

by poza zasięgiem naszych obecnych zdolności pomiarowych.

### Tlenowe atmosfery

Zebrane obserwacje wskazują, że wszystkie trzy lodowe księżyce — Europa, Ganimedes oraz Kallisto — posiadają śladowe atmosfery składające się głównie z cząsteczkowego tlenu. W warunkach słabej grawitacji (około 15% przyspieszenia ziemskiego) siły przyciągania grawitacyjnego nie są w stanie powstrzymać ucieczki cząsteczek gazów i atmosfery te w krótkim czasie powinny ulec rozproszeniu. Musi zatem istnieć wystarczająco wydajny mechanizm produkcji O<sub>2</sub> nieustannie uzupełniający straty.

Książycy Jowisza są zanurzone w jego magnetyzmie, w której znajdują się energetyczne cząstki plazmy — elektryny i jony. Bombardują one

lodowe skorupy, przyczyniając się tym do rozpadu cząsteczek  $H_2O$  na tlen i wodór. Ten ostatni z racji swojej nie-wielkiej masy ucieka w przestrzeń kosmiczną najszybciej, tworząc wodorową „koronę”. Potwierdza to od-kryta w pobliżu Ganimedesa niespo-dziewanie silna emisja neutralnego wodoru w linii Ly $\alpha$  (1216 Å). Tlen również stopniowo rozprasza się, ale proces ten jest znacznie powolniejszy. Jego cząsteczki penetrują górne war-stwy chropowatego regolitu, wypeł-niają znajdujące się w nim pory, co dodatkowo wiąże je z powierzchnią księżyca i w konsekwencji pozwala na detekcję rzadkich atmosfer.

Spektralne obserwacje Ganimedesa jednoznacznie wskazują na obecność na jego powierzchni tlenu także w stanie stałym. Jest to tym bardziej zaskakujące, gdyż w panujących tam warunkach zestalonny tlen powinien ulec gwałtownej sublimacji.

Energetyczne jony, penetrując lód, wzbudzają cząsteczki wody, które mogą następnie rozpaść się na O i OH. Jeśli zjawisko to ma miejsce tuż przy powierzchni księżyca, produkty roz-padu są bezpośrednio uwalniane do jego atmosfery, natomiast w głębszych warstwach dochodzi do ich akumula-cji. W wyniku ich łączenia powstają cząsteczki HO<sub>2</sub> lub H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Dopiero one po ponownym wzbudzeniu dysocjują, tworząc bezpośrednio O<sub>2</sub>. Cząsteczki tlenu gromadzą się w postaci tleno-wych pęcherzyków w wolnych miej-sach wewnątrz struktury lodu, szcze-gólnie chętnie w pęknięciach, defek-tach sieci krystalicznej lub na granicy różnych materiałów. W strukturze kry-stalicznej H<sub>2</sub>O tlen nie może dyfun-dować, więc kolejne napływające ato-my przyczyniają się do zwiększenia ciśnienia gazu. W konsekwencji po-wstają „tlenowe intruzje” o rozmia-rach rzędu dziesiątek nanometrów i gęstości porównywalnej z gęstością stanu stałego (około 10<sup>22</sup> molekuł na cm<sup>3</sup>). Bąble powstałe głębiej stopnio-wo migrują wzduż granic ziaren lodowych, po drodze łączą się ze sobą, a po osiągnięciu powierzchni uwolnio-ny z nich tlen zasila śladową atmosferę. Co prawda zasięg penetracji jonów jest jedynie rzędu 1 μm, to jednak z powodu dużej porowatości regolitu jego efektywna powierzchnia jest znacznie większa i w konsekwencji

cały proces dość efektywny. Jak osza-cowano dla Ganimedesa, tlenowa atmosfera w okolicach równikowych odnawia się w czasie rzędu jednego roku.

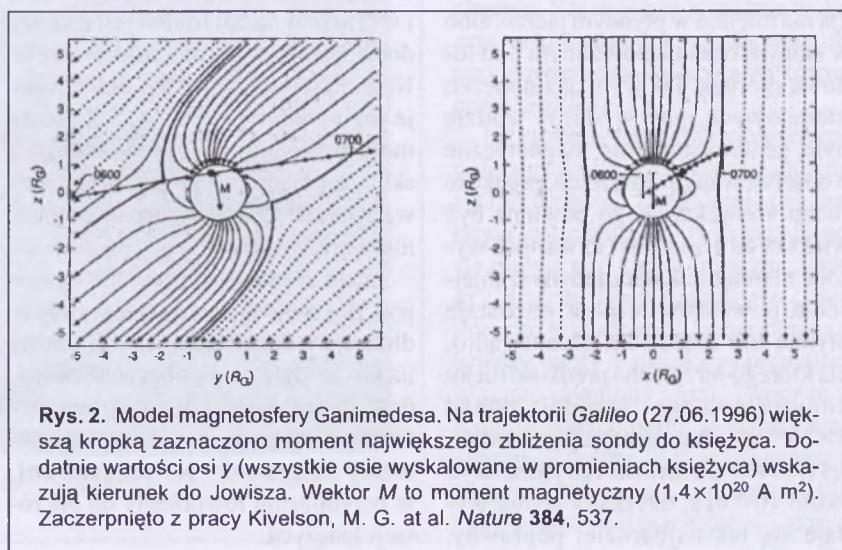
W widmie Europy, podobnie jak w przypadku Kallisto, nie wykryto obecności stałego tlenu. Chociaż promieniowanie, któremu jest ona podda-wana, ma większe natężenie, jednak plazma składa się tu z jonów bardziej masywnych, a przez to mniej przeni-kliwych. Dla porównania, stosunek jonów tlenu do jonów helu jest tu o jeden rząd większy niż w okolicach orbity Ganimedesa. Korpuskuły wni-kają na mniejsze głębokości, zatem powstają jedynie niewielkie przypow-ierzchniowe bąble, które istnieją za krótko, aby ciśnienie osiągnęło w nich dostatecznie wysoką wartość. Naty-chmiast „pękają” i uwalniają znajdują-cy się w nich gaz. Proces ten przyczynia się więc jedynie do bezpośredniej produkcji tlenowej atmosfery, a bąble o dużej gęstości zbliżonej do gęstości stanu stałego nie mogą tworzyć się w sposób dostatecznie wydajny, aby móc je zaobserwować. Ewentualnie powstałe głębiej atomy tlenu są wią-zane w cząsteczki SO<sub>2</sub> przez obficie występującą w europejskim lodzie siarkę. W przypadku najdalej położo-nej Kallisto, natężenie wysokoenergetycznych cząstek jest już za słabe, aby mogły powstawać odpowiednio duże koncentracje O<sub>2</sub>.

Niewielkie ilości tlenu są prze-kształcane przez promieniowanie ultrafioletowe w ozon, który również zostawia swój ślad w obserwowanym widmie Ganimedesa. Teoretyczne ra-

chunki przeprowadzone dla typowej wartości natężenia nadfioletu w oko-licach tego księżyca wskazują, że na jedną cząsteczkę O<sub>3</sub> powinno przypa-dać 10000 cząsteczek O<sub>2</sub>. Jest to war-tość zadawalająco zgodna z obserwa-cjami.

### Pole magnetyczne Ganimedesa

Bezpośrednie pomiary magnetome-tryczne wykonane w czasie pierwsze-go bliskiego przelotu sondy Galileo w pobliżu Ganimedesa dowodzą nie-zbicie, że satelita ten posiada własne stosunkowo silne pole magnetyczne. Zjawisko to jest evenementem w skali całego Układu Słonecznego, ponieważ mamy tu możliwość obserwacji od-działywanego magnetyosfery księżyca z rozległą magnetyferą Jowisza, która z kolei zanurzona jest w magneto-sferze słonecznej. Wartość indukcji pola magnetycznego w pobliżu rów-nika księżyca (przy powierzchni) oszacowano na ponad 750 nT. Tak silne pole jest w stanie przeciwstawić się polu planety, które w okolicach orbity satelity osiąga jedynie 120 nT i wy-tworzyć magnetyferę, której model przedstawia rysunek 2. Oś dipolu na-chylona jest względem osi rotacji księ-życa o 10°. Biegun północny znajduje się w odległości 80° od równika i 160° na zachód od południka zerowego (ustalonego przez linię łączącą Gani-medesa z Jowiszem). Linie zewnętrzne, oznaczone na rysunku 2 linią przerywaną, pochodzą od pola ma-gnetycznego planety. Pogrubiona cią-gła linia przedstawia granicę między obiema magnetyferami — magneto-

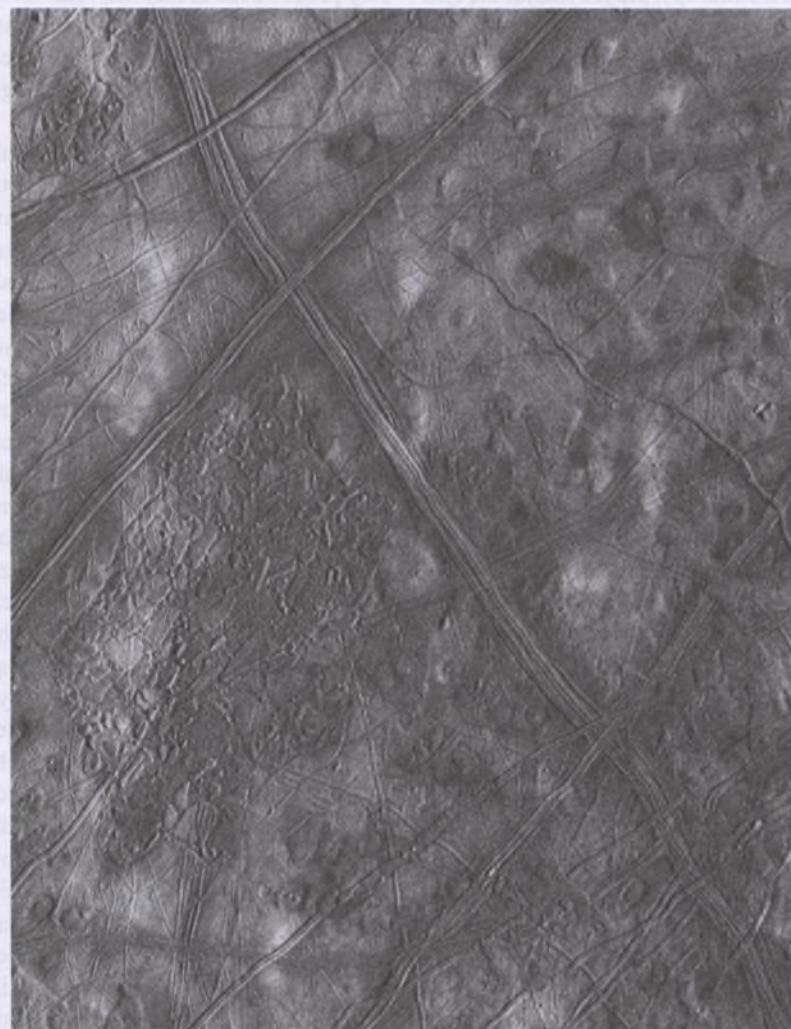


Rys. 2. Model magnetyfery Ganimedesa. Na trajektorii Galileo (27.06.1996) więk-szą kropką zaznaczono moment największego zbliżenia sondy do księżyca. Do-datnie wartości osi y (wszystkie osie wyskalowane w promieniach księżyca) wska-zują kierunek do Jowisza. Wektor M to moment magnetyczny ( $1,4 \times 10^{20} \text{ A m}^2$ ). Zaczerpnięto z pracy Kivelson, M. G. et al. *Nature* 384, 537.

pauzę. Linie sił pola magnetycznego Ganimedesa tworzą zamknięte pętle do odległości około  $50^\circ$  od równika, w rejonach podbiegunowych są otwarte i zakotwiczone do powierzchni księżyca tylko jednym końcem, drugim łączą się z polem planety.

Jednym ze źródeł obserwowanego pola magnetycznego może być wcześniejsze namagnesowanie wewnętrznej warstwy magnetytu usytuowanej tak, aby jej temperatura nie przekraczała granicznej wartości temperatury Curie. Uwzględniając ten fakt, należałoby umieścić ją w górnej części skalnego płaszcza otaczającego jądro, tuż na granicy z lodową otoczką. Przyjmując typową wartość przewodnictwa cieplnego krzemianów (około  $4 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ), otrzymuje się, że grubość tej warstwy nie powinna przekraczać 300 km. Model ów wymaga jednak, aby magnetyt został w przeszłości namagnesowany polem o dużym natężeniu, o wiele większym od obecnego pola Jowisza w odległości promienia orbity Ganimedesa. Jednak spełnienie powyższych wymagań jest w zasadzie mało prawdopodobne, więc wcześniejsze namagnesowanie wydaje się nie być najlepszym wyjaśnieniem istnienia pola magnetycznego Ganimedesa.

Obecnie wszystkie argumenty świadczą na korzyść modelu, w którym pole magnetyczne jest generowane w mechanizmie dynamo dzięki zamianie w procesach magnetohydrodynamicznych energii ruchów konwektywnych przewodzącego prąd płynu w energię pola magnetycznego. W przypadku Ganimedesa istnieją dwie możliwości: albo owa konwekcja ma miejsce w płynnym jądrze, albo w słonym oceanie położonym pod lodową skorupą. Jak wynika z obliczeń modelowych, aby w słonej wodzie było generowane pole magnetyczne o obserwowanym natężeniu, prędkość ruchu konwektywnego powinna być większa od 1 m/s. Jest to wartość wysoce nierealna. Zatem jedynym miejscem powstawania pola pozostaje płynne lub częściowo płynne jądro, dla którego otrzymana prędkość ruchu konwektywnego wynosi ponad  $2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ . Porównując ją do wartości typowej dla ziemskiego jądra, czyli około  $10^{-4} \text{ m/s}$ , uzyskany wynik wydaje się jak najbardziej poprawny.



Rys. 4. Fragment powierzchni Europy (130x200 km), 13 N, 273 W (północ u góry).  
Źródło: NASA/JPL

Obecność ciekłego metalicznego jądra wymaga jednak utrzymania w centralnych obszarach temperatury wyższej od temperatury krzepnięcia tworzącej je substancji. Na granicy jądra z płaszczem skalnym dla czystego żelaza temperatura ta wynosi aż 2000 K i w tym przypadku trudno jest znaleźć dostatecznie wydajne źródło ciepła. Natomiast mieszanina Fe–FeS topnieje już w temperaturze 1325 K, która może być podrzynywana w długich skalach czasowych przez zachodzący we wnętrzu księżyca rozpad promieniotwórczy.

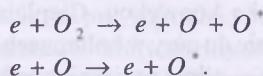
Nie bez znaczenia jest też wpływ pola magnetycznego Jowisza, które w dłuższych skalach czasowych można uznać za stałe. Jego obecność powoduje, że oś łącząca biegunki magnetyczne Ganimedesa preferuje wyróżniony kierunek w przestrzeni, w przybliżeniu równoległy do osi rotacji księżyca.

### Zorze na Ganimedesie

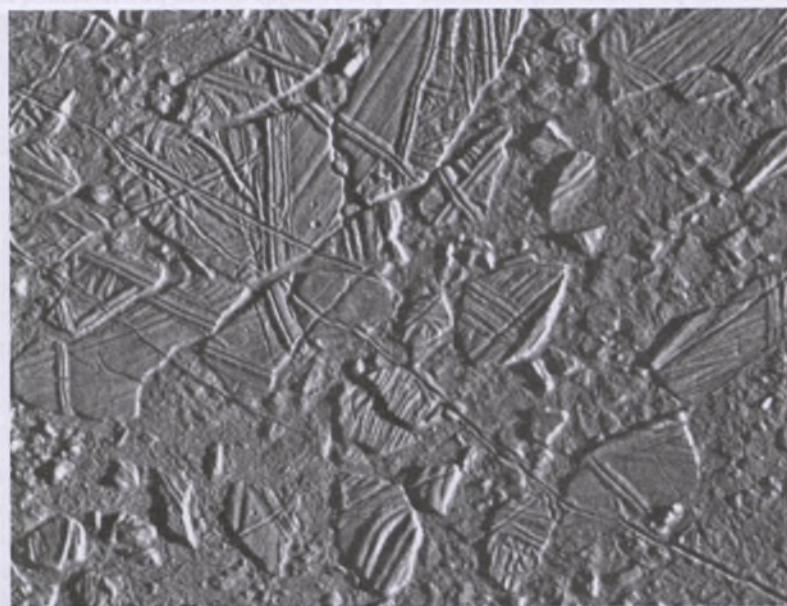
W ultrafioletowych widmach Ganimedesa i Europy uzyskanych teleskopem kosmicznym w czasie opozycji Jowisza zaobserwowano wyraźne linie emisyjne dwóch multipletów neutralnego tlenu atomowego: tryplet 1304 Å oraz dublet 1356 Å. Choć równie dobrze za powstanie tych struktur widmowych mógłby odpowiadać tlen pochodzący z ziemskiej atmosfery, niezwykle rzadkiej, lecz jeszcze ciągle występującej w śladowych ilościach na wysokości orbity Teleskopu Hubble'a, to jednak oszacowań wynika, że jego przyczynę do rejestrowanej emisji nie przekracza 20%. Z całą więc pewnością stwierdzono, iż za obserwowane promieniowanie odpowiedzialny jest tlen znajdujący się w atmosferze księżyca.

Źródłem emisji promieniowania jest deekscytacja wzbudzonego przez

zderzenie z szybkim elektronem atomu tlenu. Proces ten może odbywać się na dwa sposoby. W pierwszym, bardziej prawdopodobnym z racji naturalnie większej obfitości w księżycowych atmosferach cząsteczkowego tlenu niż jego swobodnych atomów, elektron zderza się z cząsteczką O<sub>2</sub>, która rozпадa się na dwa atomy O, z których jeden jest w stanie wzbudzonym, zdolnym do emisji spontanicznej. Ewentualny drugi proces związany jest z bezpośrednim wzbudzeniem zderzeniowym pojedynczego atomu tlenu. Schematycznie można to przedstawić w postaci równań:

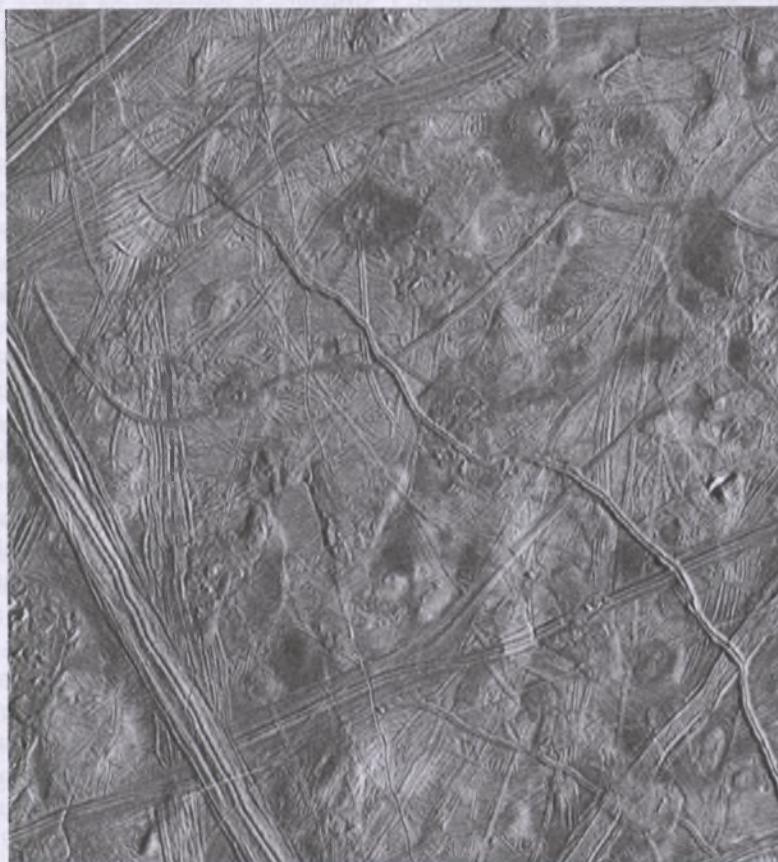


O ile w przypadku Europy kształt linii widmowych wskazuje na równomierną emisję tlenowej otoczki położonej na wysokości 20–300 km, tak dla Ganimedesa stwierdzono znaczną przestrzenną anizotropię promieniowania. Jak się okazało, linia tlenu emitowana jest najsielniej w rejonach okołobiegunowych (w odległości 40°–50° od równika) z wysokości kil-



Rys. 5. Bloki lodowe w powiększeniu (obszar 20x35 km). Źródło: NASA/JPL

kuset do tysiąca kilometrów. Obszar ten pokrywa się z miejscem występowania otwartych linii pola magnetycznego, po których z łatwością docierają elektrony wzbudzające atomy tlenu do obserwowanego świecenia zorzowego.



Rys. 6. Kupyły i ciemne plamy — przejawy podpowierzchniowej konwekcji. Źródło: NASA/JPL

### Europejski ocean

Jak na początku wspomniano, pomiary grawimetryczne wyraźnie wskazują, że Europa posiada podpowierzchniową warstwę H<sub>2</sub>O w postaci plastycznego lodu lub cieczy skrytej w podpowierzchniowym globalnym oceanie. Ta ostatnia możliwość wydaje się bardziej prawdopodobna, ponieważ księżyc ten położony stosunkowo blisko Jowisza doświadcza wystarczająco silnych pływów, aby wytworzyć ciepło zapobiegające zamrożeniu wody. Młody wiek skorupy oszacowany na podstawie zliczeń nielicznych kraterów na średnio 30 mln lat dowodzi, że Europa była aktywna geologicznie w niedalekiej przeszłości, a nawet pozwala przypuszczać, że jest aktywna również obecnie. Szczególnie wyraźnie wskazują na to wysokiej rozdzielczości obrazy powierzchni księżyca wykonane przez Galileo.

Na rysunku 4 przedstawiono obszar położony na 13° szerokości północnej i 273° długości zachodniej. Od razu łatwo jest zauważać dwie krzyżujące się prawie pod kątem prostym „wstępigi”: Asterius Linea oraz Agava Linea. Ponadto widoczne są liczne mniejsze bruzdy, wały i uskokи przecinające w miarę równinny teren. Twory te są jedynie fragmentami globalnej sieci ciemnych pasów. W rzeczywistości są to górzyste pasma położone 100–200 m powyżej otaczających je rów-

nin. Za ich powstanie odpowiedzialne są pływy, które z racji bliskości Jowisza i niezerowej ekscentryczności orbity księżyca generują naprężenia w skorupie. Kruchy lód pęka, tworzą się długie szczeliny, do których wdziela się podpowierzchniowy materiał, a następnie, będąc wyciskanym, wylewa się ponad poziom powierzchni i formuje obserwowane, często podwójne grzbiety. Nałożenie się wałów na skrzyżowaniu wskazuje na ich różny wiek. Ten przebiegający z południowego zachodu jest z pewnością młodszy.

Kształt i globalny rozkład pęknięć może być dobrze wyjaśniony, jeśli założy się niesynchroniczną rotację Europy. Dotychczasowe pomiary wskazują, że okres obrotu nie różni się zauważalnie od okresu obiegu. Dokonano szczegółowej analizy wieku lodowych bruzd na wybranym fragmencie półkuli północnej, położonym prawie dokładnie po przeciwniej stronie Europy niż Jowisz. Okazało się, że najstarsze pęknięcia przebiegają tam z południowego zachodu na północny wschód, młodsze z grubsza z zachodu na wschód, a najmłodsze z północnego zachodu na południowy wschód. Jak można wyjaśnić to zjawisko dryfu naprężen? Generowane na skutek oddziaływań płynowych naprężenia skorupy mają strukturę prawie koncentrycznych okręgów, których środki leżą na linii łączącej Europę z Jowiszem. Aby zachodziła ewolucja układu pęknięć, to cały układ naprężen powinien poruszać się względem powierzchni satelity ze wschodu na zachód. Niestety, jednak

porównując obecną powierzchnię Europy z tą, jaką zastały w 1979 roku *Voyagery*, nie dopatrzonono się nowych fragmentów ciemnych pasm. Na tej podstawie okres takiego dryfu będącego, jak wszystko wskazuje, następstwem nieco krótszego okresu obrotu niż okresu obiegu, szacuje się na przy najmniej 10000 lat.

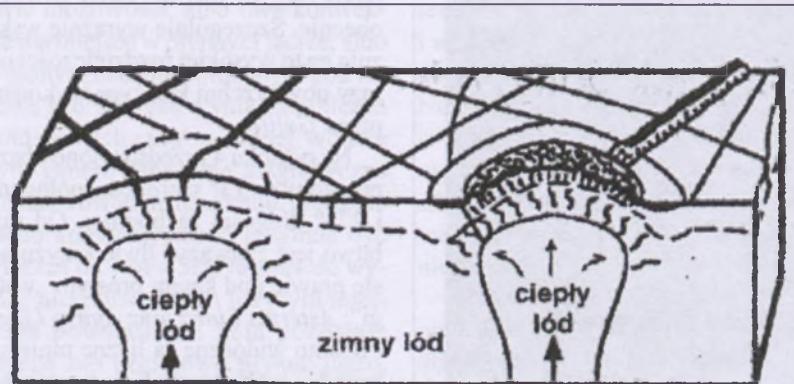
W centrum zdjęcia 4 znajduje się rozległy rejon o szerokości 100 km, wyróżniający się chaotyczną tekturem. Jego powiększony fragment przedstawia rysunek 5. Skorupa popękała tu na kilkukilometrowe, generalnie nie przekraczające 20 kilometrów kawałki. Każdy z otoczonych stromą skarpą bloków jest fragmentem płaskiej powierzchni wypiętrzonej na wysokość 100–200 m. Zachowane na większości płyt wzory, fragmenty *lineae* (łac. linie) pozwalają na rekonstrukcję oryginalnej powierzchni. Na nieco mniej przeobrażonych obszarach komputerowo usunięto materiał wypełniający przestrzenie między lodowymi blokami i okazało się, iż ich krawędzie doskonale do siebie pasują,niczym kawałki układanki. W niektórych miejscach bloki te były obracane o znaczne kąty oraz przesuwane o odległość nawet kilku kilometrów. Naturalnie gdzieniegdzie brakuje niektórych elementów — najwidoczniej zostały zniszczone lub zatopione. Przypuszcza się, aby możliwa była taka „tektonika małych płyt”, grubość sztywnej skorupy nie powinna przekraczać kilku kilometrów. Nadal nie wiadomo, przez materię w jakiej postaci były wypełniane szczeliny, czy gwałtownie przez wodę, czy też znacz-

niej spokojniej przez podpowierzchniowy elastyczny lód. Gdyby założyć tę pierwszą możliwość, to wystająca 200-metrowa część pływających „góր lodowych” świadczyłaby o tym, że płynna woda znajduje się już 2 km pod powierzchnią, tworząc głęboki ocean prawdopodobnie graniczący bezpośrednio ze skalnym płaszczem.

Jednak konkurencyjny model, w którym cała warstwa H<sub>2</sub>O jest zamrożona, również dopuszcza istnienie płynnej wody, z tym, że w bardzo płytkiej podpowierzchniowej warstwie. Wewnętrzny lód jest na tyle elastyczny, że może zachodzić w nim zjawisko konwekcji. Cieplejszy lód unosi się do góry w kolumnach — diapirach — silnie naciskając na kilkukilometrową kruchą skorupę. Powstałe w ten sposób duże ciśnienie dostatecznie obniża temperaturę topnienia lodu, aby mogła przynajmniej lokalnie utworzyć się cienka warstwa wody.

Na wielu równinnych terenach takich, jak przedstawione na rysunku 6, widoczne są ciemne, w przybliżeniu okrągłe plamy o średnicy 10–20 km oraz lokalne wznieśienia przypominające kształtem spłaszczone kopuły. Struktury te powstają na skutek ruchów konwektywnych podpowierzchniowego cieplejszego materiału — lodu lub ewentualnie wody. Kopuły są pagórkami, lokalnymi wygięciami w skorupie, wznoszącymi się na wysokość 100 m. Ich charakterystyczną cechą jest zachowanie dotychczasowej struktury powierzchni. Najwidoczniej konwektywny lodowy diapir naciskał w tym miejscu zbyt słabo, aby silnie przeobrazić powierzchnię, poprzestając jedynie na jej mechanicznym odkształceniu. Jednak gdy nacisk jest dostatecznie duży, dochodzi do aktu destrukcji, który całkowicie przeobraża fragment powierzchni. Powstają wtedy charakterystyczne ciemne plamy, których centralna część często staje się lokalną depresją. Obniżone albedo świadczy o tym, że tworzy ją (podobnie jak *lineae*) świeża, podpowierzchniowa materia. Wewnątrz dwóch pojawia się chaotyczna struktura będąca pomniejszoną kopią takich obszarów, jak przedstawiony na rysunku 5.

Opisane dotąd struktury nie rostrzygały definitywne, w jakim stopniu skupienia znajduje się podpo-



Rys. 7. Schemat tworzenia się kopuł i obszarów chaotycznych na skutek nacisku na skorupę diapirów cieplejszego lodu. Po lewej powstaje jedynie lokalne wznieśenie, po prawej naciskający diapir niszczy dotychczasową strukturę powierzchni. Zaczerpnięto z pracy Pappalardo, R. T. et al. *Nature* 391, 365 (1998).

wierzchniowe H<sub>2</sub>O. Ostatnio pojawiły się kolejne dowody opowiadające się za modelem z grubą warstwą wody. Już od dwudziestu lat znane są wyjątkowe pod względem kształtu łukowe pęknienia. Łuki te, stykając się końcami, tworzą ciągnące się przez setki kilometrów cykloidalne struktury zwane *flexi* (łac. *flexus* — zgięcie, zakręt). Każdy pojedynczy łuk ma długość od 75 do 200 km i tworzy się w ciągu 3,5 dnia, czyli jednego pełnego obiegu Europy. Genezę tych wzorów można wyjaśnić jedynie przy ważnym założeniu, że pod powierzchnią księżyca istnieje globalny wodny ocean o głębokości przynajmniej 100 km. Ekscentryczność orbity satelity wywołuje w nim pływy, które podnoszą jego poziom o około 30 m. Dla porównania, ziemskie pływy osiągają jedynie wysokość od 1 do 2 metrów. Masy wody naciskają na skorupę, wywołując w niej naprężenia. Gdy ich wartość przekracza wielkość graniczną (dzieje się to 33 godziny po przejściu przez peryjowium), lód zaczyna pękać. Powstała szczelina propaguje po zakrzywionym torze z prędkością około 3 km/godz. Proces ustaje kilkanaście godzin przed ponownym przejściem przez peryjowium. Następnie całe zjawisko powtarza się: w czasie kolejnych obiegów powstają następne łuki.

Kolejnym dowodem, przemawiającym na korzyść europejskiego oceanu, jest istnienie słabego pola magnetycznego księżyca. Jedynym rozsądny tu mechanizmem jego generacji jest wzbudzanie przez zmienne pole zewnętrzne wirowych prądów elektrycznych w podpowierzchniowej warstwie dobrego przewodnika. Z pomiarów grawimetrycznych z pewnością wiemy, że jest to H<sub>2</sub>O. Lód raczej nie może efektywnie przewodzić, natomiast woda zawierająca niewielkie ilości rozpuszczonych soli lub kwasów jest wystarczająco dobrym przewodnikiem. Jednak skąd się bierze zmienne pole magnetyczne?

Oś magnetyczna Jowisza jest nachylona do osi rotacji pod kątem 10°. Magnetosfera planety składa się z plazmy, zatem obraca się jak ciało sztywne. W obszarach równikowych, czyli tam, gdzie znajdują się płaszczyzny orbit satelitów, obserwowane pole Jowisza jest więc z pozoru zmienne —



Rys. 8. Cykloidalne pęknienia na półkuli północnej (60°N, 80°W). Źródło: JPL/NASA

księżyce omiatane są falą magnetyczną co około 5,5 godziny (pół okresu obrotu Jowisza). Takie oscylujące pole wymusza w wodzie prądy wirowe, które z kolei generują własne pole magnetyczne. Pomary magnetometryczne dokonane w czasie bliskich przelotów sondy *Galileo* w pobliżu Europy wskazują, że zgodnie z przewidywaniami jej pole jest podobne do dipola, którego bieguny znajdują się w okolicach równika. Na podstawie przedstawionego modelu położenie biegunów magnetycznych powinno rotować wokół księżyca w sposób zsynchronizowany z obrotem Jowisza i jego magnetosfery. Tego ruchu nie udało się przez długi czas zaobserwować. Dopiero dane zebrane w czasie ostatniego spotkania sondy z Europą, do którego doszło 3 stycznia 2000 roku, wykazały faktyczny dryf biegunów magnetycznych. W ten sposób po raz kolejny potwierdzono pośrednio

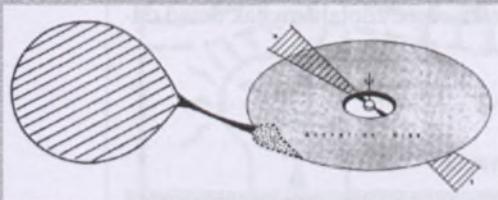
istnienie globalnego oceanu Europy. Definitywne rozwiązanie tego europejskiego problemu może przynieść planowana w niedalekiej przyszłości misja *Europa Orbiter*, jednak jej pierwsze rezultaty pojawią się dopiero pod koniec obecnej dekady.

Ten wybiórczy przegląd niektórych faktów obserwacyjnych pokazuje, że każdy z lodowych księżyków Jowisza stanowi odrębny, wyjątkowy i niepowtarzalny świat, którego dopiero niewielką część zdoaliśmy jak dotąd odkryć.

*Gracjan Maciejewski jest studentem astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Powyższy artykuł powstał na podstawie jego pracy seminarowej.*

# Nowe karłowane

**Nowe karłowane  
to gwiazdy należące do  
rodziny gwiazd zmiennych  
kataklizmicznych.  
Co kilka–kilkanaście dni  
nagle jaśnieją o kilka  
wielkości gwiazdowych,  
by następnie raczej powoli  
powrócić do pierwotnego  
blasku. Co jest przyczyną  
takiego zachowania tych  
gwiazd? Jakie są skutki  
takiego sposobu życia?**



Rys. 1. Schemat układu kataklizmicznego.

Jednym z najbardziej spektakularnych widowisk we Wszechświecie jest niewątpliwie wybuch supernowej. Gwałtowna śmierć masywnej gwiazdy, odpowiedzialna za to zjawisko, jest w stanie wyemitować tyle energii co miliardy zwykłych gwiazd! Podziwiając wybuchy supernowych, często jednak zapomina się o ich trochę mniej widowiskowych dalekich krewnych — gwiazdach nowych karłowatych. Należą one do grupy obiektów zwanych zmiennymi kataklizmicznymi. Nazwa ta odnosi się do wszystkich gwiazd, które z różnych powodów zwiększały gwałtownie swoją jasność od kilku do kilku tysięcy razy.

Gwiazdy nowe karłowane, jak sama nazwa wskazuje, zaliczają się do tych najmniej efektownych gwiazd kataklizmicznych, co wcale nie znaczy, że są obiektem mało ciekawym. Wszystkie obiekty tego typu charakteryzują się bardzo podobnym zachowaniem — średnio co kilkanaście–kilkaset dni jaśnieją o kilka wielkości gwiazdowych. Typowa krzywa zmian blasku nowej karłowanej jest zaprezentowana na Rys. 2.

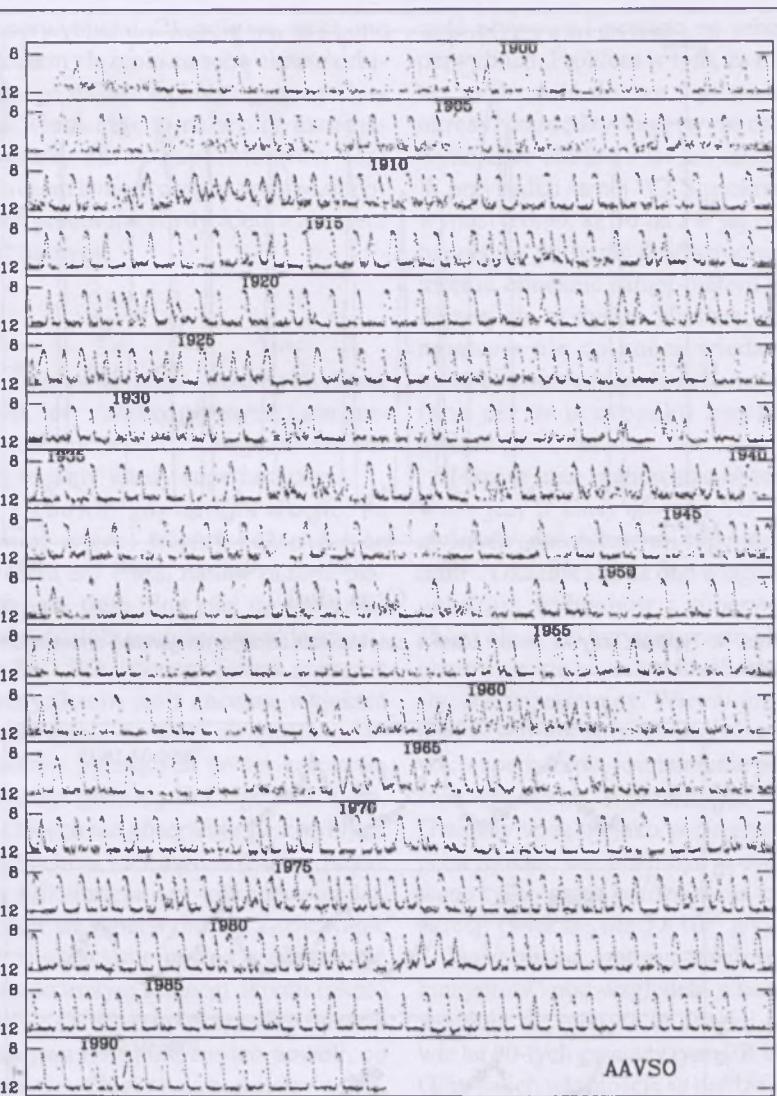
Dokładne obserwacje wizualne prowadzone w czasie pomiędzy wybuchami pokazują dodatkowe (lecz o dużo mniejszej amplitudzie) zmiany jasności z okresami od godziny do jednej doby. Obserwacje spektroskopowe pokazują dokładnie ten sam okres. Dziś, dzięki pracy wielu astronomów (w tym także sporej grupy Polaków, którzy mieli ogromny wkład w poznanie fizyki układów kataklizmicznych), wieemy już, że okres ten jest okresem orbitalnym

układu dwóch gwiazd, które tworzą zmienną kataklizmiczną. Głównym składnikiem tego układu jest biały karzeł — bardzo gęsty obiekt o masie około 0,6 masy Słońca i rozmiarach Ziemi, będący końcowym etapem ewolucji gwiazd podobnych do Słońca. Drugi składnik to małomasywna i chłodna gwiazda będąca ciągle na etapie ewolucji, polegającym na przemianie wodoru w hel. Układ tych dwóch gwiazd jest tak ciasny, że zmieściłyby się we wnętrzu naszego Słońca, które do największych gwiazd przecież nie należy. Bliskość składników powoduje powstawanie ogromnych sił grawitacyjnych, które determinują zachowanie takiego układu. Chłodna gwiazda ma gęstość dużo mniejszą od białego karła, nic więc dziwnego, że masywny i gęsty biały karzeł ściąga materię z zewnętrznych warstw swojego towarzysza. Ponieważ obie gwiazdy cały czas okrążają wspólny środek masy, taka wyrwana materia ma niezerowy moment pędu i w związku z tym nie podąża bezpośrednio w kierunku białego karła, lecz formuje wokół niego dysk zwany przez astronomów dyskiem akrecyjnym (patrz Rys. 1). Okazuje się, że w przypadku nowych karłowatych właśnie on jest odpowiedzialny za większość ciekawych zjawisk pojawiających się w układzie. Spostrzeżenie to już w 1971 roku po czynił polski astronom prof. Józef Smak. Dwa lata później M. Bath zaproponował pierwszy model wybuchu związany z dyskiem. Zasugerował on, że jeśli założymy niestacjonarne tempo akrecji, to okresy bardzo wzmożonej akrecji (czyli duży napływ materii)

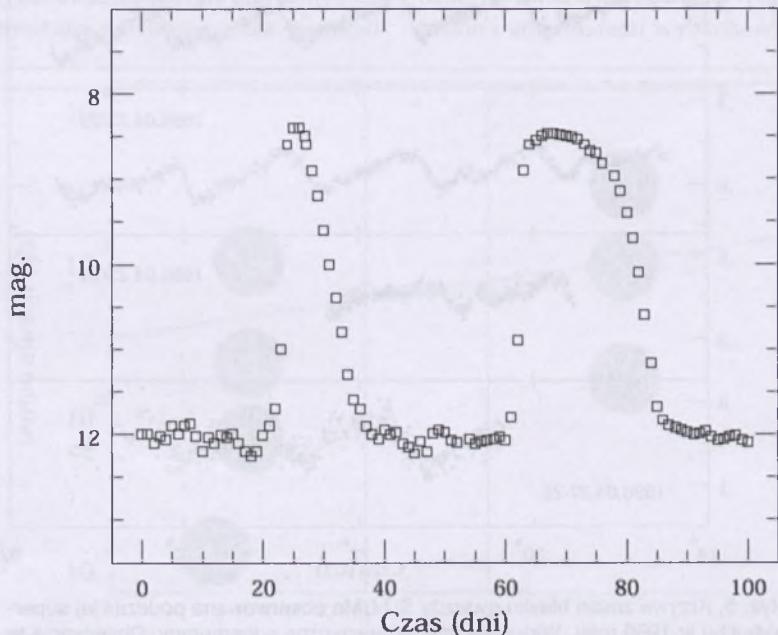
do dysku) mogą odpowiadać właśnie wybuchom nowych karłowatych. Rok później pojawił się model konkurencyjny. Zaproponował go japoński astronom Y. Osaki, który stwierdził, że nie ma specjalnych powodów do tego, by zakładać niestacjonarność akrecji. Tempo to może być stałe, dysk powinien powoli zwiększać swoją masę, aż w pewnym momencie coś (nie bardzo dokładnie wiadomo, co) powodowało by zrzucenie materii z dysku na białego karła. Taki gwałtowny spadek masy na zły obiekt, jakim jest biały karzeł, powinien być procesem bardzo energetycznym, który pozwalał w zupełności tłumaczyć kilkumagnitudową amplitudę wybuchów nowych karłowatych. Z tym ostatnim faktem model Batha miał natomiast spore problemy, bowiem aby wytlumaczyć tak duże wybuchy, tempo ściagania materii z towarzyszą białego karła musiało by się bardzo mocno ważyć, a trudno było podać rozsądną przyczynę tych wahań.

Rok 1979 przyniósł gwóźdź do trumny modelu Batha. Kolejny japoński astronom Hoshi odkrywa, że w teorii dysków akrecyjnych możliwe są dwa rozwiązania. Pierwsze, w którym dysk jest chłodny, optycznie cienki i składa się z wodoru neutralnego, i drugie, w którym dysk jest gorący, optycznie gruby, a wódór w nim jest zjonizowany. To właśnie przejście związane z jonizacją wodoru jest tym „czymś”, co diametralnie zmienia właściwości materii w dysku i pociąga za sobą zrzucenie nadmiaru masy z dysku na białego karła.

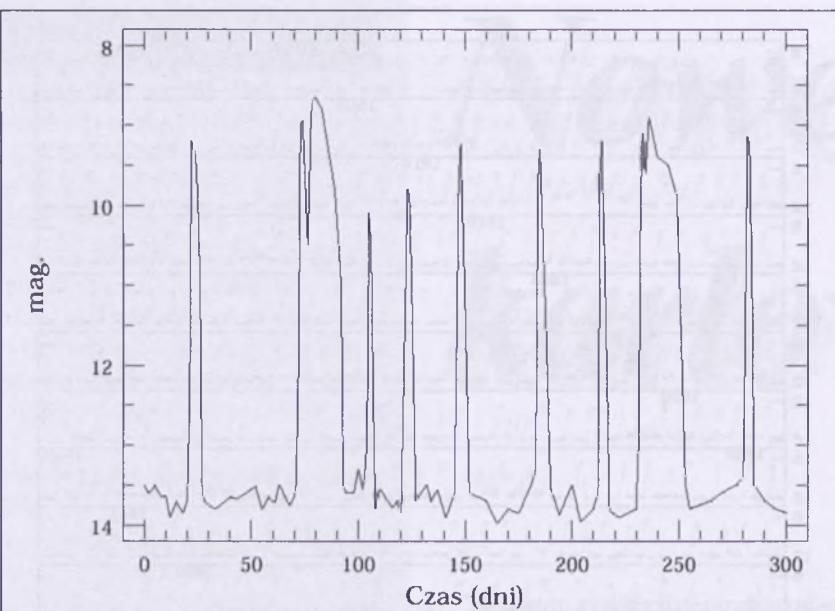
Podsumujmy krótko powyżej przedstawione fakty. Mamy na początku lekki i chłodny dysk otaczający białego karła, w którym wódór jest w stanie neutralnym. Napływ materii ściaganej z towarzyszą białego karła powoduje zwiększenie masy dysku, a także jego gęstości i temperatury. Dysk staje się coraz masywniejszy i cieplejszy, aż w momencie, w którym osiąga temperaturę kilkudziesięciu tysięcy stopni Kelvina, wódór przechodzi ze stanu neutralnego do stanu zjonizowanego i w dysku pojawia się niestabilność zwana niestabilnością termiczną, która jest przyczyną zrzucenia materii z dysku na białego karła, a to właśnie obserwujemy jako wybuch nowej karłowej.



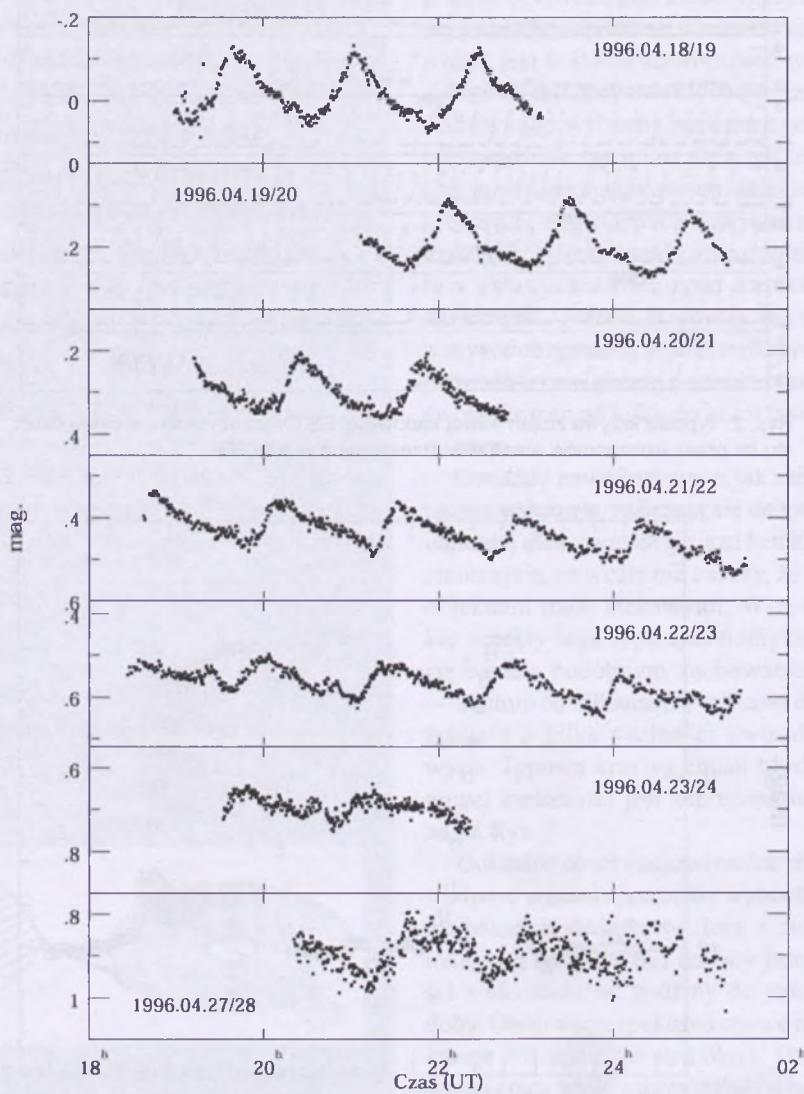
Rys. 2. Typowa krzywa zmian nowej karłowej SS Cygni uzyskana w ciągu około stu lat przez astronomów amatorów zrzeszonych w AAVSO.



Rys. 3. Wybuchy in–outside i outside–in obserwowane u SS Cygni.



Rys. 4. Typowa krzywa zmian blasku obiektu należącego do gwiazd zmiennych typu SU UMa.



Rys. 5. Krzywa zmian blasku gwiazdy SU UMa obserwowana podczas jej superwybuchu w 1996 roku. Widoczne charakterystyczne superhumpy. Obserwacje te wykonano 60-cm teleskopem znajdującym się w Stacji Obserwacyjnej Obserwatorium Astronomicznego UW w Ostrówku (wg. Acta Astronomica).

Dokładna analiza krzywej zmian blasku nowej SS Cygni pokazała, że u gwiazdy tej obserwuje się jakby dwa rodzaje wybuchów. Chociaż ich amplituda jest podobna, to różnią się one kształtem. Jeden z nich jest bowiem dużo mniej symetryczny niż drugi (patrz Rys. 3). Wyjaśnienie tego faktu podał w 1984 roku prof. Smak. Pokazał on, że jeśli tempo akrecji jest małe (mniejsze niż  $10^{16}$  g/s), to materia w dysku jest na tyle szybko transportowana do jego wnętrza, że właśnie tam pojawia się niestabilność termiczna i wybuch rozpoczyna się właśnie w tym miejscu (z angielskiego wybuch ten jest zwany in-outside). Gdy tempo akrecji jest większe, to tempo dryfu materii z zewnętrznych do wewnętrznych warstw dysku jest mniejsze niż tempo jej napływu do zewnętrznych warstw i tam właśnie pojawia się niestabilność termiczna (wybuch outside-in). Dokładne symulacje numeryczne pokazały, że wybuchy te powinny różnić się właśnie stopniem symetryczności krzywej zmian blasku. Model niestabilności termicznej zyskał więc kolejne solidne argumenty, które potwierdzały jego prawdziwość.

W zasadzie moglibyśmy już spocząć na laurach, gdyby nie podgrupa nowych karłowatych, zwana gwiazdami SU UMa. Oprócz zwykłych wybuchów takich jak u gwiazd U Gem czy też SS Cyg, mających amplitudę około 3 magnitudo i trwających kilka dni, rzadziej (raz na kilka normalnych wybuchów) pojawiały się wybuchy o amplitudzie około 4 magnitudo, trwające około dwóch tygodni (patrz Rys. 4). Dokładne obserwacje fotometryczne pokazały, że podobnie jak u zwykłych nowych karłowatych, w okresie pomiędzy wybuchami obserwujemy zmiany z okresem orbitalnym układu. W trakcie zwykłych wybuchów zmiany te znikają, a w trakcie większych wybuchów (zwanych superwybuchami) pojawiają się oscylacje o amplitudzie 0,1–0,4 magnitudo i okresie o kilka procent dłuższym od okresu orbitalnego. Zmiany te mają bardzo charakterystyczny kształt (patrz Rys. 5) i zwane są supergarbami lub z angielskiego superhumpami. Dodatkowo zauważono, że prawie wszystkie gwiazdy SU UMa mają okresy orbitalne krótsze od dwóch

godzin, a superwybuchy zawsze zaczynają swoją ewolucję ze zwykłych wybuchów.

Pierwszym krokiem do zrozumienia fizyki gwiazd SU UMa były prace prof. Bohdana Paczyńskiego z końca lat siedemdziesiątych, które pokazały, że kołowe orbity cząstek z dysku akrecyjnego stają się eliptyczne, jeśli stosunek masy zwykłej gwiazdy do masy białego karła zwiera się w przedziale od 0,1 do 0,25. Okazało się, że taki właśnie stosunek mas obserwuje się u wszystkich gwiazd SU UMa, co jednoznacznie implikowało fakt, że w układach tych dysk jest eliptyczny.

W roku 1988 P. Whitehurst pokażał, że eliptyczny dysk zaczyna być niestabilny i jeśli cząstki w dysku poruszają się trzy razy szybciej niż okres orbitalny układu (rezonans 3:1), pojawia się jego precesja. Ostatecznie w 1989 roku Y. Osaki zaproponował model gwiazd SU UMa, który łączył w sobie niestabilność termiczną z niestabilnością płynową precesującego dysku. Na początku supercyklu (okres pomiędzy superwybuchami) dysk jest zwarty, chłodny i małomasywny. Akrecja materii z towarzyszą co pewien czas, na skutek niestabilności termicznej, takiej samej jak u zwykłych gwiazd nowych karłowatych (zwanych też często gwiazdami typu U Gem), powoduje zrzucenie materii z dysku na białego karła, co obserwujemy jako zwykły wybuch. Za każdym jednak razem ilość materii zakreowanej na białego karła jest mniejsza od napływającej do dysku. Powoduje to ciągły wzrost masy dysku i jego momentu pędu. Z każdym normalnym wybuchem dysk rośnie, aż do momentu, gdy pojawi się rezonans 3:1. W tym momencie pojawiający się na skutek niestabilności termicznej zwykły wybuch wywoła także niestabilność płynową, co spowoduje precesję eliptycznego i niestabilnego dysku. Złożenie obu niestabilności powoduje większą akrecję materii na białego karła, a co za tym idzie, większy niż zwykle wzrost jasności (superwybuch) i oczyszczenie dysku z materii. Mamy więc znów zwarty i mały dysk i wszystko może zacząć się od nowa.

Nadal jednak nie wyjaśniliśmy charakterystycznego dla gwiazd SU Uma zjawiska superhumpów i faktu, że możemy je obserwować tylko podczas

superwybuchu. Okazuje się, że są one efektem złożenia ze sobą okresu orbitalnego układu i okresu precesji dysku. Tłumacząc to na wzory matematyczne, okres superhumpów jest okresem synodycznym pomiędzy powoli precesującym dyskiem a okresem orbitalnym:

$$\frac{1}{P_{sh}} = \frac{1}{P_{orb}} - \frac{1}{P_{prec}}$$

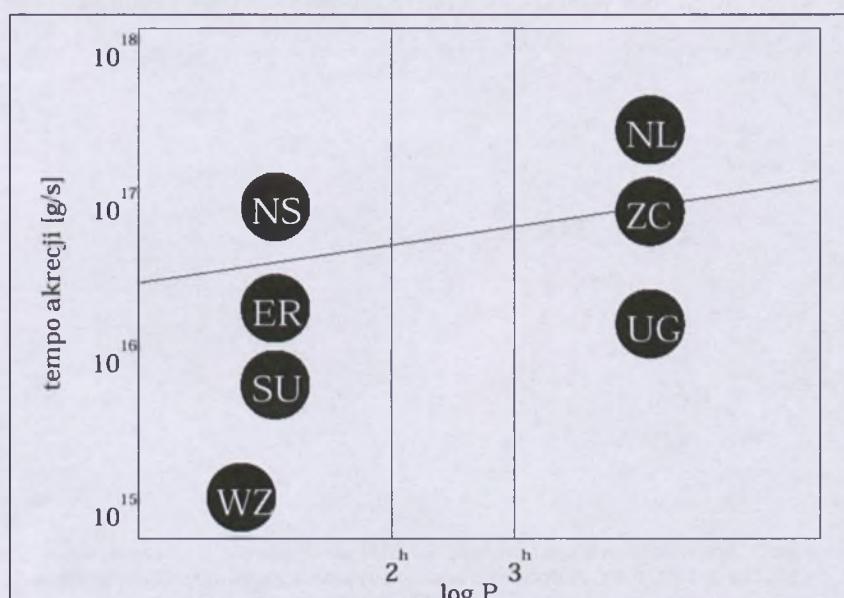
Ponieważ poza superwybuchami dysk jest stabilny płynowo i nie precesuje, nic więc dziwnego, że nie obserwujemy wtedy superhumpów.

I znowu, gdy wydawało się, że mniej więcej wiemy coś o fizyce gwiazd SU UMa, natura zaczęła płatać nam figle. Powyżej opisany model dość dobrze opisuje zwykłe gwiazdy SU UMa, wymaga jednak pewnych modyfikacji, jeśli chcemy wyjaśnić zachowanie bardziej skrajnych przypadków należących do tej grupy. Są nimi np. gwiazdy WZ Sge i AL Com, u których nie obserwuje się zwykłych wybuchów, lecz bardzo rzadko, bo raz na kilkanaście czy kilkadziesiąt lat, natomiast się superwybuchy. Zachowanie takie częściowo można解释ać bardzo małym tempem akrecji (około  $10^{15}$  g/s). W takim przypadku materia napływa do dysku bardzo powoli, co tłumaczy długi okres pomiędzy wybuchami, a ponadto materia ta ma czas na równomierne rozłożenie w dysku. W takim przypadku każdy zwykły wybuch spowodowany niestabilnością termiczną powoduje także niestabil-

ność płynową i pociąga za sobą superwybuch. Problem w tym, że model ten może dość dobrze wytlumaczyć okresy pomiędzy superwybuchami, wynoszące około 10 lat lub mniejsze. W przypadku samej WZ Sge okres ten wynosi jednak aż 30 lat i w jej modelu musimy poczynić dość sztuczne założenia odnośnie samej materii znajdującej się w dysku. Niestety, astronomowie nie do końca wiedzą, co może być przyczyną, że materia ta jest inna niż w przypadku zwykłych gwiazd SU UMa.

Jeszcze inne zachowanie obserwowane jest u klasy gwiazd SU UMa zwanych „notorycznymi superhumperami”. Okazuje się, że one w ogóle nie pokazują wybuchów i superwybuchów, ale w ich krzywej zmian blasku obserwuje się wyraźne i charakterystyczne superhumpy. Wiemy już jednak, że warunkiem tego, aby obserwować superhumpy, jest istnienie precesującego dysku. Wniosek stąd jeden. Gwiazdy te są niejako w ciągłym superwybuchu, co może być spowodowane tylko przez bardzo duże tempo akrecji (większe niż  $5 \times 10^{16}$  g/s).

Dość blisko „notorycznych superhumperów” pod względem własności znajdują się odkryte w drugiej połowie lat 90-tych gwiazdy typu ER UMa. Główną ich własnością są bardzo krótkie okresy pomiędzy superwybuchami. Rekord wynoszący tylko 19 dni należy tutaj do gwiazdy RZ LMi. Dodatkowo gwiazdy te charakteryzują się niskimi amplitudami wybuchów. Za-



Rys. 6. Rysunek podsumowujący właściwości gwiazd nowych karłowatych.

chowanie takie możemy wytlumaczyć dość dużym tempem akrecji (około  $4 \times 10^{16}$  g/s), które pozwala na to, aby superwybuchy zdarzały się bardzo często, ale nie jest na tyle duże, by gwiazda stała się „notorycznym superhumperem”.

Podsumowanie własności różnych typów gwiazd SU UMa możemy znaleźć w Tabeli 1, a bardziej obrazowe przedstawienie własności wszystkich nowych karłowatych znajduje się na Rys. 6. Tu zaznaczono jeszcze jedną ważną własność tych gwiazd. Mowa o fakcie braku układów o okresach orbitalnych pomiędzy dwoma a trzema godzinami. Widać też wyraźnie, że obszar ten rozgranicza gwiazdy, u których pojawia się niestabilność pływowa, od zwykłych gwiazd U Gem, u których może pojawiać się tylko niestabilność termiczna. Ukośna linia na tym rysunku rozgranicza obszary z dyskiem stabilnym (powyżej) i niestabilnym (poniżej) termicznie. Zaczynając od góry lewej strony, mamy „notoryczne superhumpery” (NS), niestabilne pływowo i stabilne termicznie i przez to znajdujące się w ciągłym superwybuchu. Poniżej znajdują się gwiazdy ER UMa (ER), zwykłe gwiazdy SU UMa (SU) i wreszcie charakteryzujące się najmniejszym tempem akrecji gwiazdy WZ Sge (WZ).

Gwiazdy z okresami większymi od trzech godzin nie mają możliwości uzyskania niestabilności pływowej (znamy w zasadzie jeden wyjątek od tej reguły) i pokazują tylko zwykłe wybuchi, o których mówiliśmy na

Tabela 1.

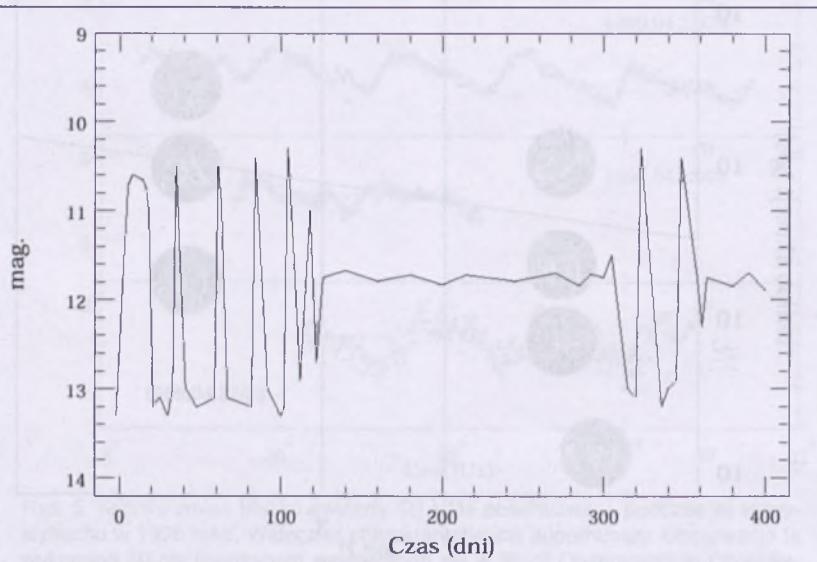
Podgrupa	Czas pomiędzy superwybuchami	Liczba wybuchów pomiędzy superwyb.	Okres orbitalny
ER UMa	20 – 50 <sup>d</sup>	2 – 5	80 – 90 <sup>min</sup>
Aktywne SU UMa	130 – 200 <sup>d</sup>	6 – 10	100 – 120 <sup>min</sup>
Średnie SU UMa	300 – 500 <sup>d</sup>	2 – 3	90 – 100 <sup>min</sup>
WZ Sge	1000 – 10000 <sup>d</sup>	0?	80 – 90 <sup>min</sup>
Not. Superhump.	–	–	~ 90 – 100 <sup>min</sup>

początku tego artykułu. Oznaczyliśmy je symbolem UG, od prekursorki tego typu gwiazdy U Gem. Powyżej tych gwiazd na Rys. 6 znajdują się obiekty typu Z Cam (ZC). Balansują one cały czas na granicy pomiędzy dyskiem stabilnym a niestabilnym termicznie tak, że przez pewien czas zachowują się one jak zwykłe gwiazdy U Gem, a czasami zachowanie takie ustaje i jasność gwiazdy przestaje się zmieniać (typowa krzywa takiej gwiazdy jest przedstawiona na Rys. 7). Do dzisiaj nie wiemy, co powoduje przejścia tych gwiazd z jednej strony granicy niestabilności na drugą. Dość popularną hipotezą jest jednak intensywne oświetlanie towarzyszące przez białego karła, co powoduje wahania tempa akrecji.

Obiekty oznaczone na Rys. 6 symbolem NL to gwiazdy nowopodobne. Charakteryzują się one największym tempem akrecji (większym od  $10^{17}$  g/s) i dlatego ich dysk jest cały czas w stabilnym stanie gorącym, stąd też nie mamy okazji obserwacji gwałtownych zmian jasności.

Przedstawione powyżej modele niestabilności termicznej i pływowej dość dobrze oddają fizykę gwiazd nowych karłowatych. Niestety, daleko nam jeszcze od stwierdzenia, że o tych gwiazdach wiemy już prawie wszystko. Co chwilą pojawiają się nowe wyzwania dla modeli konstruowanych przez astronomów. Ostatnio pojawiły się dwa nowe i bardzo ciekawe obiekty — V485 Cen, gwiazda SU UMa o najkrótszym znanym okresie orbitalnym i NY Ser, pierwszy obiekt z okresem orbitalnym pomiędzy dwoma a trzema godzinami, które pozwalały na pewno zwiększyć naszą wiedzę o nowych karłowatych.

Na zakończenie warto chyba zaznaczyć jeden bardzo ważny fakt. To, że w ciągu ostatniego półwiecza udało nam się tak znacznie poszerzyć naszą wiedzę o nowych karłowatych, zawdzięczamy w sporej części miłośnikom astronomii. Oni to bowiem, obserwując ciągle niebo, potrafili wyszukiwać gwiazdy nowe, znajdujące się w danej chwili w wybuchu lub superwybuchu i informować o tym szybko zawodowych astronomów, którzy mieli wtedy szansę skierować na nie dużo większe teleskopy. Do dzisiaj obserwacje gwiazd nowych są jednym z najpopularniejszych i najpozytyczniejszych zajęć, których imają się miłośnicy astronomii na całym świecie.



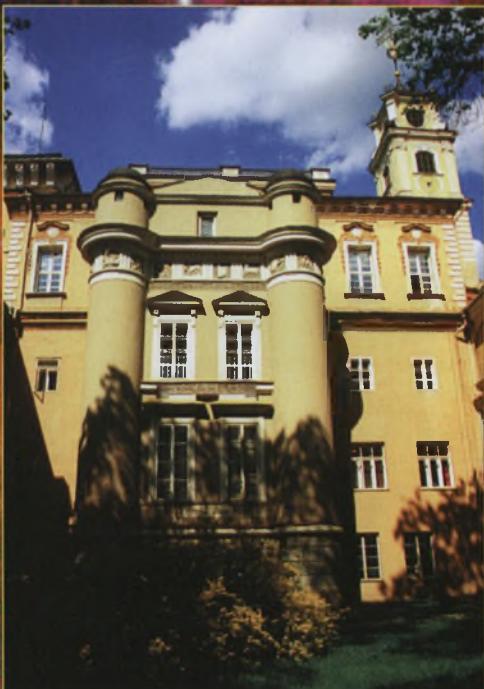
Rys. 7. Krzywa zmian blasku zmiennej typu Z Cam.

Arkadiusz Olech jest niedawnym absolwentem Astronomii Uniwersytetu Warszawskiego a obecnie doktorantem. Czytelnicy „Uranii” znajdują jego raporty dotyczące obserwacji meteorów i zapal w organizowaniu akcji obserwacyjnych tych ciał niebieskich

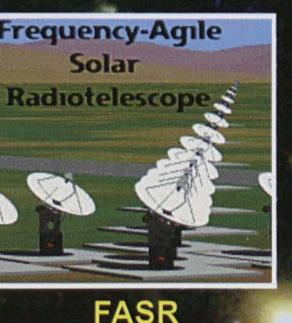
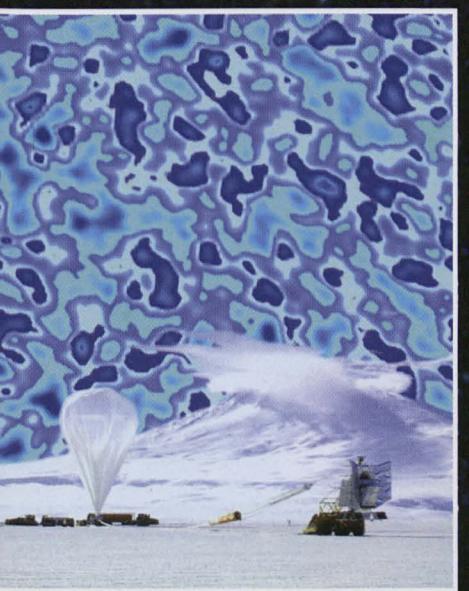
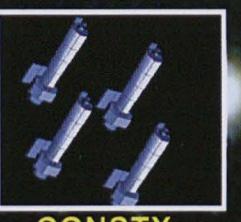
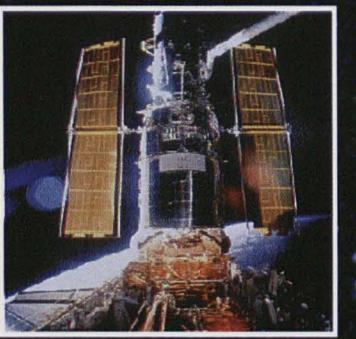
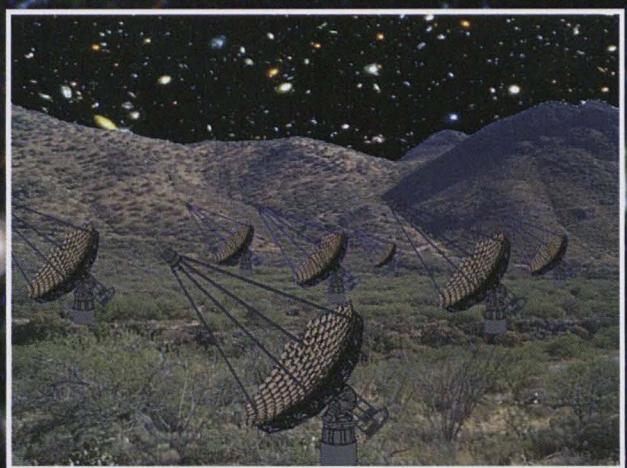
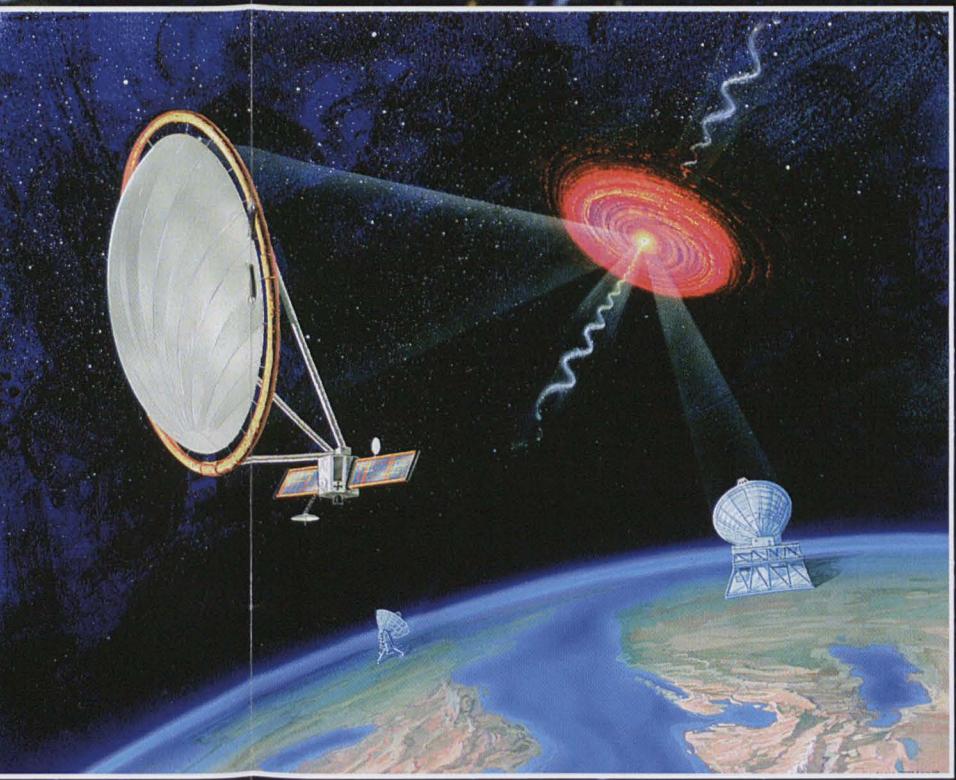
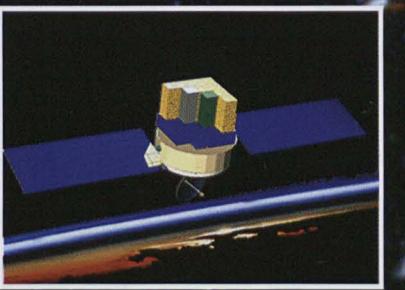
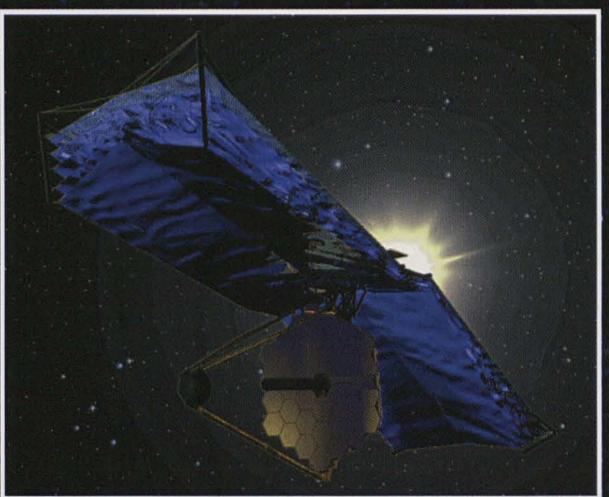
# Galeria Uranii

Pan Henryk Sielewicz z Wilna przysłał nam i wszystkim miłośnikom astronomii w Polsce pozdrowienia, a w związku z nadchodzącym Nowym 2001 Rokiem, życzy jasnego nieba oraz udanych obserwacji astronomicznych i udanych zdjęć. Do życzeń dołączył kilka zdjęć przedstawiających budynek starego obserwatorium wileńskiego, a także kilka ładnych zdjęć astronomicznych. Niektóre z nich prezentujemy na tej stronie.

Zdjęcie zorzy polarnej zostało wykonane 6 listopada 2000 r. godz. 20:36 UT (f=28/2.8, eksp. 30 s, Fujicolor 200).



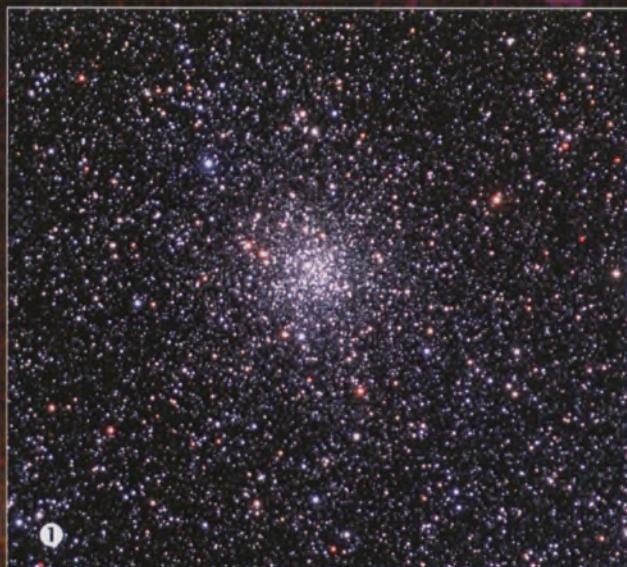
# ASTRONOMIA W NOWYMYM MILLENNIUM



Opisy projektów w artykule „Astronomia w nowym tysiącleciu” na str. 3.

## Z galerii mgławic Messiera

1. M 71, fot. T. Credner, S. Kohle
2. M 76, fot. J. Sefick
3. M 76, fot. S.J. Wolk, N.R. Adams
4. M 74, fot. T. Puckett
5. M 74 (uv), fot. UIT
6. M 74 (vis), fot. UIT



1



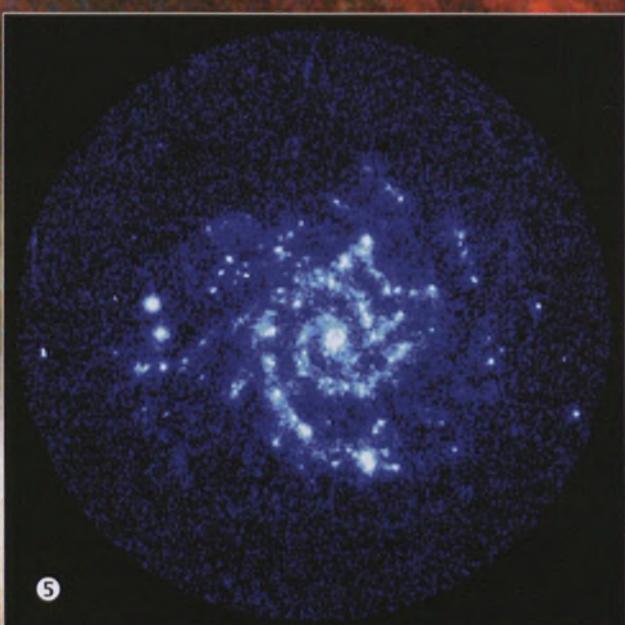
2



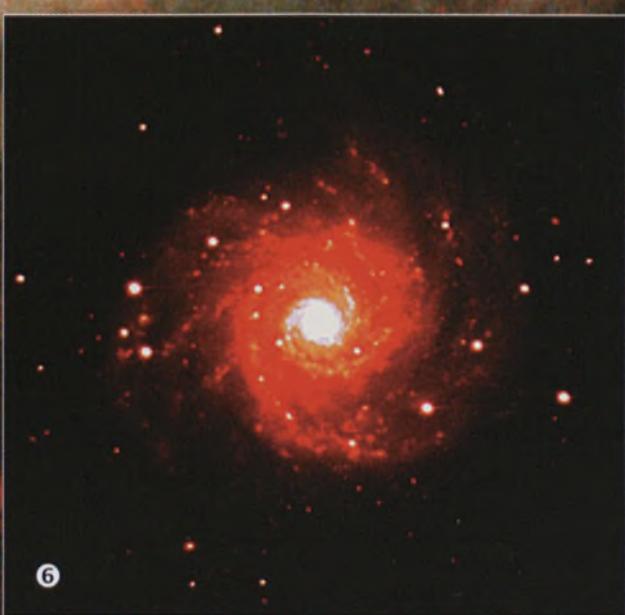
3



4



5



6



## Motyl, Korek czy Sztanga?

### M 71 (NGC 6838) w Strzale



Rektascensja	19 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> ,8
Deklinacja	+18°47'
Odległość	11 700 l.s.w.
Jasność obserwowana	8,2 mag
Rozmiary kątowe	7',2

Przez dłuższy czas M 71 uważana była przez wielu astronomów za gęstą gromadę otwartą, podobną do M 11 (por. „Urania-PA” 6/98). Wprawdzie już w 1943 r. James Cuffey porównał ją do „rozproszonych” gromad kulistych

M 68 i NGC 5053, jednak po uzyskaniu w 1959 r. diagramu barwa-jasność skłonny był uznać ten obiekt za gromadę otwartą. Kinematyka i skład chemiczny nie dają jednoznacznego rozstrzygnięcia: wyznaczona wartość prędkości radialnej mieści się w przedziale od -80 do +80 km/s; najbardziej wiarygodna wydaje się prędkość zbliżania się równa 23 km/s. Jeśli zaś chodzi o zawartość metali, z gromad kulistych tylko M 69 przewyższa naszą bohaterkę pod względem wartości tego parametru. A jednak w świetle ostatnich badań M 71 należy zaliczyć do gromad kulistych. Należące do niej gwiazdy wykrywane są w obszarze o średnicy 24' — co przy odległości prawie 12 tysięcy l.s.w. daje przestrzenne rozmiary 90 l.s.w. Do tej pory nie znaleziono w niej żadnej zmiennej typu RR Lyrae (tak jak i w M 69), w ogóle identyfikując zaledwie 8 zmiennych (w tym nieregularną Z Sge, jedną z co najmniej 6 olbrzymów typu M w gromadzie).

Wzmianki o M 71 odnaleźć można kolejno w notatkach De Cheseaux, J.D. Koehlera, P. Mechaina i wreszcie samego Messiera, który na podstawie obserwacji z dnia 4 X 1780 r. sklasyfikował ją jako „mgławicę pozbawioną gwiazd”. Te ostatnie ujrzał po raz pierwszy William Herschel w roku 1783. Gromadę można znaleźć stosunkowo łatwo, dzięki leżącej w pobliżu gwiazdzie 6-tej wielkości (9 Sge) — w połowie odcinka łączącego γ i δ Sge.

### M 72 (NGC 6981) w Wodniku



Rektascensja	20 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> ,5
Deklinacja	-12°32'
Odległość	52 800 l.s.w.
Jasność obserwowana	9,3 mag
Rozmiary kątowe	5',9

### M 73 (NGC 6994) w Wodniku



Rektascensja	20 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> ,9
Deklinacja	-12°38'
Odległość	?
Jasność obserwowana	9,0 mag
Rozmiary kątowe	2',8

M 72 to jedna z najodleglejszych gromad kulistych w katalogu Messiera, wykazująca dość słabą koncentrację gwiazd (nieco tylko wyraźniejszą niż M 56 i M 71). Zajmuje w przestrzeni obszar trochę większy niż 90 l.s.w. i zbliża się do nas z prędkością 255 km/s. Posiada 42 zidentyfikowane gwiazdy zmienne, w większości typu RR Lyrae. Najjaśniejsza gwiazda świeci blaskiem 14,2 magnitudo, zaś położone na gałęzi horizontalnej olbrzymy to obiekty zaledwie 17 wielkości.

Teleskop 10-centymetrowy ukaże tylko blady, mglisty obszar centralny o średnicy 2'. Większe instrumenty pozwolą dostrzec rozleglszy oval o równomiernej jasności; zewnętrzne obszary rozdzielić może dopiero teleskop o średnicy ponad 20 cm.

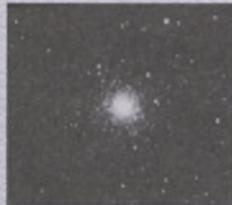
M 73 składa się z... czterech gwiazd o jasnościach od 10,5 do 12 mag. Messier opisał je jako „grupę 3 lub 4 słabych gwiazd, przypominających na pierwszy rzut oka mgławice”. Być może znalazła się ona w katalogu dość przypadkowo, przy okazji pomiaru pozycji M 72 (1,5 stopnia na zachód). Choć niektóre wydania katalogu Messiera pomijają ten „obiekt”, odnajdziemy go zarówno w katalogu Johna Herschela (GC 4617), jak i J.L.E. Dreyera (NGC 6994). Do tej pory nie jest jasne, czy gwiazdy te (lub przynajmniej któraś para) są ze sobą fizycznie powiązane, nie są nawet znane ich typy widmowe!



Rektascensja	01 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> ,7
Deklinacja	+15°47'
Odległość	35 000 l.s.w.
Jasność obserwowana	9,4 mag
Rozmiary kątowe	10',2 × 9',5

## M 74 (NGC 628) w Rybach

To pięknie wykształcona galaktyka spiralna o średnicy 95 tysięcy l.s.w. (a więc niemal dorównująca rozmiarami naszej Drogi Mlecznej), z niewielkim, ale jasnym jąderem i rozciągniętymi na szerokość ok. 1000 l.s.w. ramionami, rysującymi się wyraźnie dzięki licznym gromadom błękitnych, młodych gwiazd. M 74 należy prawdopodobnie do niewielkiej grupy galaktyk, zawierającej m.in. dwie osobliwe galaktyki (spiralną z poprzeczką NGC 660 i typu pośredniego — między spiralnymi a nieregularnymi — UGC 891) oraz 3 nieregularne (UGC 1176, UGC 1195, UGCA 20). Uczestnicy tzw. „maratonów Messiera” (odbywających się w drugiej połowie marca i polegających na zaobserwowania wszystkich obiektów z katalogu w ciągu jednej nocy) miewają pewne problemy z jej odnalezieniem po zachodzie Słońca — pod tym względem tylko M 30 sprawia więcej problemów (ale to już nad ranem...).



Rektascensja	20 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> ,1
Deklinacja	-21°55'
Odległość	57 700 l.s.w.
Jasność obserwowana	8,5 mag
Rozmiary kątowe	6',0

## M 75 (NGC 6864) w Strzelcu

M 75 jest jedną z najodleglejszych gromad kulistych w katalogu Messiera: niektóre źródła (Burnham) podają jako wartość dystansu dzielącego nas od tego obiektu nawet 95 tysięcy l.s.w.! W takim przypadku byłaby to najodleglejsza galaktyczna „mgławica” w zestawieniu francuskiego łowcy komet. To bardzo zwarta gromada, a jej rozmiary kątowe odpowiadają (przyjmując za Harrisem odległość niespełna 60 tysięcy l.s.w.) liniowej średnicy przeszło 100 l.s.w. Jako całość świeci blaskiem ok. 160 tysięcy słońc.

## M 76 (NGC 650, 651) w Perseuszu



Rektascensja	01 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> ,4
Deklinacja	+51°34'
Odległość	3 400 l.s.w.
Jasność obserwowana	10,1 mag
Rozmiary kątowe	2',7 × 1',8

M 76 należy do najsłabszych spośród mgławic zaobserwanych przez Messiera. Można ją spotkać pod nazwą Małe Hantle (najczęściej), Sztanga, Korek lub Motyl. William Herschel, podejrzewając, że są to dwa stykające się ze sobą obiekty, zarezerwował dla nich w swym katalogu dwie oddzielne pozycje (tak też pozostało w katalogu NGC).

Mgławica M 76 przypomina swym wyglądem M 27 (Hantle). Najprawdopodobniej część najjaśniejszą to lekko rozciągnięty pierścień (torus), na który patrzymy prawie dokładnie z boku. Wydaje się on ekspandować z prędkością 42 km/s. Wzdłuż prostopadłej osi następuje znacznie szybsza ekspansja materii o wiele bardziej rozrzedzonej, tworzącej „skrzydła motyla”. Całość jest otoczona słabym halo (niewidocznym na zdjęciu) o średnicy 290'' — to prawdopodobnie pozostałości po wietrze gwiazdy centralnej utraconym w fazie czerwonego olbrzyma. Obecnie położony w środku mgławicy biały karzeł ma jasność 16,6 mag. i temperaturę powierzchni przeszło 60 tysięcy K.

Jak to zwykle z mgławicami planetarnymi bywa, jej jasność fotograficzna (12,2 mag.) jest znacznie mniejsza od wizualnej — to skutek wy promieniowywania większości światła widzialnego w jednej tylko linii emisywnej [O III] 500,7 nm (p. opis M 57 — „Urania-PA” 4/2000). Również wyznaczenie odległości natrafia na typowe dla mgławic planetarnych problemy — stąd rozbieżność ocen dystansu M 67: od 1700 do 15 tysięcy l.s.w. (!). Proporcjonalnie waha się szacowana wielkość obszaru przestrzeni zajętego przez mgławicę — od niespełna 1,5 do 11 l.s.w. (nie licząc prawie dwukrotnie większego obszaru halo). (kr)

## Galaktyki wciąż starsze

**E**poka powstawania galaktyk w bogatej historii Wszechświata, opisywana jest teoriami, których aktualność najwyraźniej wyznaczają aktualnie dostępne instrumenty obserwacyjne. Jeszcze parę lat temu sądzono, że galaktyki rozpoczęły się formować stosunkowo niedawno, w związku z czym nie powinno być widać praktycznie żadnych galaktyk z dużymi wartościami przesunięcia ku czerwieni.

Już w 1996 roku, kiedy to uważano, iż galaktyki powstały z przesunięciem ku czerwieni z równym mniej więcej 1, udało się znaleźć na zdjęciach wykonanych teleskopem naziemnym i kosmicznym w zakresach nadfioletowym i niebieskim mnóstwo obrazów galaktyk, dla których  $z=2$ . Poprzeczkę podwyższono do  $z=3$  a nawet 4, dzięki zaprzagnięciu do pracy potężnego, 10-metrowego teleskopu Kecka.

Nowe wyzwanie dla teorii rzuca obecnie grupa naukowców z Durham University w Wielkiej Brytanii, kiero-

wana przez dra Toma Shanksa. Dziesiątki godzin ekspozycji w czerwonym zakresie widma przeznaczone na wykonanie dokładnego zdjęcia brytyjsko-holenderskim teleskopem Williama Herschela, o średnicy 4,2 metra, zlokalizowanym na Wyspach Kanaryjskich. Kolejne dziesiątki godzin przepracował, w zakresie podczerwonym, 3,5-metrowy instrument Calar Alto w Hiszpanii. Następnym krokiem było porównanie uzyskanych obrazów ze specjalnymi zdjęciami z HST: podczerwonym Hubble Deep Field North oraz Hubble Deep Field South, dodatkowo w optycznym przedziale widma elektromagnetycznego. Każde ze zdjęć to owoc 120 godzin pracy teleskopu Hubble'a, obejmujący niewielki wycinek nieba, za to sięgający bardzo głęboko w przestrzeń kosmiczną, a zatem i daleko wstecz w czasie. Porównanie potwierdziło najnowsze odkrycie: jest zaskakująca mnogość jasnych galaktyk w zakresie  $z$  od 4 do 6. Oznacza to, że obiekty te istniały już 10

miliardów lat temu, kiedy Wszechświat miał dopiero jedną szóstą obecnej wielkości.

Jedno jest pewne — należy na nowo przemyśleć teorie powstawania galaktyk, bo najwyraźniej „uparcie” chcą one powstawać w bardziej zamierzchłych czasach aniżeli te, które przypisujemy im „z urzędu”.

Rodzi się zarazem jeszcze jedno pytanie: czy znajdziemy galaktyki z jeszcze wyższą wartością  $z$ ? Uzyskać odpowiedź pozwolą niewątpliwie planowane instrumenty, takie jak nowa kamera szerokątna na brytyjskim teleskopie podczerwonym na Hawajach czy również brytyjski teleskop VISTA w Chile, które pozwolą prowadzić obserwacje w odpowiednich zakresach podczerwonych. Kolejnym etapem rewolucji w astronomii będzie też planowany przez NASA i ESA następca HST o nazwie Next Generation Space Telescope, z lustrem o średnicy — bagatela — 8 metrów! (mag)

## Stała Hubble'a — nowa odsłona

**S**tała Hubble'a ujmuje liczbowo odkryty kilkadziesiąt lat temu przez Edwina Hubble'a fakt ucieczki galaktyk, określając tempo ekspansji Wszechświata. Od jej wartości zależy również jego wiek, nic dziwnego zatem, że chcąc poznania dokładnej wartości tej stałej od dziesięcioleci spędza pracę rzeszy naukowców.

Właśnie zakończony został jeden z kluczowych projektów realizowanych przy wykorzystaniu Kosmicznego Teleskopu Hubble'a. Od momentu swego startu na orbitę w 1990 roku HST mierzył odległości do szeregu galaktyk, np. członków gromady galaktyk Virgo, odległej o 50 do 60 milionów lat świetlnych i nawet dalej, sięgając do galaktyk leżących dalej niż 100 milionów lat świetlnych od nas. Do określenia tychże odległości były wykorzystywane standardowe wskaźniki odległości —

gwiazdy zmienne, zwane cefidami. Ich okresowe pulsacje są wprost zależne od ich swoistej jasności; mierząc ich widomą jasność, można określić, jak daleko są od nas, a tym samym i obiekty, w których się znajdują. Pomijając pewne subtelne komplikacje tej metody, w czasach pre-HST, nie były możliwe obserwacje tak odległych cefeid, jak chociażby te w galaktykach z gromady Virgo.

Najnowsza wartość stałej Hubble'a, określającej tempo ekspansji Wszechświata, wynosi  $74 \pm 7 \text{ km/s/Mpc}$ . Oznacza to, że galaktyka odległa o 100 megaparseków (326 mln lat św.) oddala się od nas z prędkością około 7400 km/s, a odległa o 500 Mpc — już z prędkością około 34 tysięcy km/s.

Jaki wiek Wszechświata wynika z takiej wartości stałej Hubble'a? Otóż w tym momencie pojawia się problem,

jeśli zakładamy, że Kosmos składa się w większości z materii, tej widocznej i tej zagadkowej — ciemnej. Wtedy bowiem jego ekspansja byłaby raczej gwałtowna i nie mógłby być starszy niż jakieś 9 miliardów lat. A przecież najstarsze znane nam gwiazdy mieszkające w najbliższych gromadach kulistych mają po 11 a nawet 12 miliardów lat, czyleby były starsze, aniżeli sam Wszechświat! Obecnie jednak kosmologowie przypuszczają, że zawiera on jedynie około 1/3 materii w jakiejkolwiek formie, a resztę stanowi rodzaj antygrawitacyjnej „ciemnej” energii lambda, która przenika pustą przestrzeń. W konsekwencji, wydaje się, że Wszechświat wcale nie spowalnia swej ekspansji, ale wręcz ją przyspiesza! A jego wiek wynosiłby około 12,6 miliarda lat, co nie stoi już w sprzeczności z wiekiem najstarszych gwiazdnych señoirek. (mag)



# Manchester 2000 — inne spojrzenie

„Astronomia kształtała społeczeństwo od najwcześniejszych obserwacji pór roku do współczesnych zapytań o nasze miejsce we Wszechświecie. Była pierwszą z nowoczesnych nauk i wciąż pozostaje na czele, gdyż astronomowie ciągle odkrywają naturalne zjawiska stanowiące wyzwanie dla fundamentalnej fizyki”

prof. Malcolm Longair;  
„Astronomy in the UK”

**A**rtykuł prof. Tadeusza Jarzębowskiego o Kongresie Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Manchesterze z poprzedniej „Uranii” wywołał we mnie szereg wspomnień. Także wspomnienia z sierpnia 1970 r., gdy płynęliśmy na X Kongres MUA do Brighton jachtem „Podhalanin” i astronomowie pełnili na pokładzie normalne wachty w czasie rejsu.

Jednakże Kongresy Unii kojarzą mi się zawsze ze spotkaniami ludzi z całego świata, tych z pierwszych stron podręczników i czasopism naukowych, których prace są ciągle cytowane, tych, których spotkaliśmy na poprzedniej tematycznej konferencji, i wreszcie tych, z najodleglejszych zakątków Ziemi, którzy nieśmiało stawiają pierwsze kroki w „astronomicznym” świecie. A w takim razie, Kongresy MUA są miejscem, gdzie nie tylko należy „brać”, tj. korzystać, zdobywając nową aktualną wiedzę w interesujących nas dziedzinach, ale i „dawać”, tj. dzielić się swoją wiedzą, swoim doświadczeniem lub nawet tylko swoim czasem poświęconym na wysłuchanie innego uczestnika. A to jest pomoc całkowicie „bezdewizowa”.

Ale wróćmy do sierpnia 2000 w Manchesterze. Uczestnicy Kongresu przemierzali w ciągu dnia w szybkim tempie teren ośrodka uniwersyteckiego, aby zdążyć na kolejne sympozja czy dyskusje z jednego budynku do drugiego. Cały kompleks uniwersytecki położony jest na dość rozległym terenie wzdłuż Oxford Road — ruchliwej arterii łączącej centrum miasta z dzielnicami południowymi. Każdy

zaglądał do kongresowej gazety codziennej „Northern Lights”, by poczytać o nowinkach astronomicznych. A oto garść wiadomości.

Na otwarciu Kongresu odbył się koncert: młody organista zagrał m.in. utwory... Williama Herschela. Bo ten znakomity astronom-obserwator początkowo był organistą, dyrygentem i kompozytorem. Dopiero po odkryciu Urana w 1781 r. został astronomem króla (Jerzego III). Nazwisko Williama Herschela nosi dziś jeden z angielskich teleskopów ustawionych w La Palma na Wyspach Kanaryjskich. W dalszym ciągu koncertu wysłucha-



Robert Kraft, prezydent MUA

liśmy jeszcze utworów granych przez kwintet trębaczego, zapewne po to, aby „nas obudzić z uśpienia”, jak to zauważył Robert Kraft, prezydent MUA, w swym powitalnym przemówieniu.

Niewątpliwie pierwsze dni obrad były zdominowane przez sprawy układu planetarnego: znajdowanie nowych pozasłonecznych układów oraz badania naszego „własnego” układu. W artykule T. Jarzębowskiego znalazł się wykres rozkładu mas dla znalezionych dotychczas planet pozasłonecznych. Z rysunku wynika, że znaczna większość planet posiada masy małe, mniejsze od 2 mas Jowisza. Należy przypuszczać, że jeśli zostaną udoskonalone techniki badawcze, to być może uda się odkryć planety o jeszcze mniejszych masach, np. rzędu masy Neptuna. A na razie grupa astronomów z Texasu doniosła o znalezieniu planety o masie rzędu masy Jowisza przy jednej z najbliższych sąsiadek Słońca, gwieździe słońcopodobnej Epsilon Eridani. „Przecież tak mała odległość od Słońca, 3,22 pc, to tak, jakbyśmy znaleźli planetę na naszym podwórku” powiedział szef grupy Bill Cochran. Te teklańskie wyniki zostały potwierdzone przez grupy pracujące w Obserwatorium Licka i na Hawajach.

Natomiast grupa genewska pracująca pod kierunkiem Michela Mayora na teleskopie ESO w La Silla (Chile) doniosła o odkryciu 2 planet saturnopodobnych (1,17 i 0,50 masy Saturna) przy gwieździe HD83443. Znajdują się one w odległościach 0,038 i 0,17 j.a. od gwiazdy. Prezentowano szereg teorii tłumaczących powstanie i utrzymywanie się takich planet „gorących Jowiszów” czy też „gorących Saturnów”, jak je nazywano. Ale w dalszym ciągu słuszne jest zdanie, jakie dojrzałam na jednym z plakatów: „Good planets are hard to find” (*trudno znaleźć dobre planety*; dobre, to takie, których mechanizmy dają się dobrze wytlumaczyć).

W swym wieczornym wykładzie Michel Mayor zestawił odkryte w ciągu ostatnich lat pozasłoneczne układy planetarne, stwierdzając, że dalsze prace mogą się opierać na metodzie przeglądów prędkości radialnych, na badaniach astrometrycznych wykonywanych w przestrzeni, na obserwacji przejścia planet przed tarczą gwiazdy, wykonywanych z Ziemi i w przestrzeni.

Do niedawna wydawało się, że nasz Układ Słoneczny jest dobrze zbadany, a tymczasem przedmiot badań stanowią obecnie ciała znajdujące się na krańcach Układu, tzw. obiekty pozaneptunijskie (Trans-Neptunian Objects, TNO). Podczas jednodniowej dyskusji poświęconej TNO żywą wymianę zdań wywołała sprawa zaklasyfikowania Plutona. Brian Marsden zarządził głosowanie, w którym użykano takie wyniki:

tylko planeta — 8 osób,  
tylko TNO — 14 osób,  
mieszany obiekt — 37 osób.

Inną grupę obiektów z krańców naszego Układu Słonecznego stanowią komety, których pojawienie się lub zniknięcie nie zawsze potrafimy przewidzieć. Kilka lat temu pięknym widowiskiem i źródłem dalszej wiedzy o budowie tych ciał była kometa Shoemaker-Levy 9, która uległa rozpadowi. Tego lata pojawiła się niezbyt jasna kometa Linear S4. W połowie lipca była ona na granicy widoczności okiem nieuzbrojonym, po czym się rozpadła. Jasnego jądra nie zaobserwowano już 27 lipca 2000 r. Rozpadem tej komety pasjonowali się uczestnicy Kongresu Unii, podobnie jak i jej polscy obserwatorzy (o czym donosiła „Urania-PA” 5-6/2000).

Od kilku już lat astronomowie analizują wyniki obserwacji, uzyskane przez satelitę Hipparcos; na Kongresie w Manchesterze jednodniową dyskusję poświęcono nowym kalibracjom jasności bliższych gwiazd. Jeden z plakatów zgłoszonych na tę konferencję z Ohio State University miał 2 autorów: G.H. Newsona i Philipa C. Keenana. Ten 92-letni współautor podstawowej klasyfikacji widmowej z 1943 r. chciał jeszcze reklasyfikować olbrzymy G5-K2, porównując wyniki z paralaksami z Hipparcosa. Zmarł w kwietniu 2000 r., zanim ukończył swoją pracę. Odległości gwiazd w naszej Galaktyce, otrzymane z Hipparcosa, pozwoliły Michaelowi Perrymanowi z ESA na zbudowanie trójwymiarowego modelu Galaktyki, który przedstawił na swym wieczornym wykładzie. Wyko-

rzystano również ruchy gwiazd z katalogu Hipparcosa, zaś obrazy rzutowane były na ekran z polaryzacją ortogonalną. Wchodzący na wykład słuchacze otrzymali okulary, pozwalające na trójwymiarowe oglądanie.

Jedna z sobotnio-niedzielnych wycieczek uczestników Kongresu wiodła aż do Irlandii, gdzie w Birr Castle oglądali 72-calowy (180cm) reflektor zbudowany przez trzeciego lorda Rossa w 1845 r. Zwierciadło wykonane było z polerowanego stopu miedzi i cyny, bo w tamtych czasach nie budowano tak ogromnych tafli szklanych. Olbrzymi tubus umieszczony został między dwiema kamiennymi ścianami, opuszczany bądź podnoszony, był to zatem montaż w południku. Jednak nie było mechanicznego sterowania, teleskop musiał przesuwać i ustawać ręcznie, co wymagało pracy kilku osób. Tym największym na owe czasy instrumentem, zwanym popularnie „Lewiatanem”, oglądał lord Rosse mgławice z Katalogu Messiera i rysował oglądane obrazy. Z czasem, wobec powszechnej produkcji szklanych zwierciadeł, teleskop stał się bezużyteczny — rozebrano go w 1909 r. Obecny, siódmy lord Rosse, przywrócił stan początkowy i udostępnia instrument wycieczkom.

Kilkudniową sesję specjalną na temat astronomii w krajach rozwijających się zorganizował Alan Batten przy współpracy Komisji 46 — Nauczania astronomii. Wygłoszono ponad 30 referatów, wywieszono ponad 80 plakatów. O specyfice nauczania astronomii mówili uczestnicy z całego świata: z Azji, Australii, Afryki, obu Ameryk i, oczywiście, z Europy.



Irlandzki „Lewiatan”

I tak np. była mowa o organizowanej w roku przeszły międzynarodowej letniej szkole astronomicznej dla młodych w Tajlandii i zainstalowanym w Paragwaju małym teleskopie szkoleniowym, o systemie studiów uniwersyteckich prowadzonych w Hondurasie i Wenezueli, o znany dobrze czytelnikom „Uranii” teleskopie afrykańskim SALT.

A sama Komisja 46 MUA uległa przekształceniu: po „wchłonięciu” komisji 38 — wymiany astronomów oraz grupy dla krajów rozwijających się, będzie nosiła nazwę „Astronomy Education and Development”, ścisły zarząd tworzą prezydent Syuzo Iso-be (Japonia), wiceprezydent Jay Pasachoff (USA), następujący prezydent Julieta Fierro (Meksyk), zaś prace komisji są prowadzone w grupach tematycznych, z szeroką reprezentacją astronomów z krajów rozwijających się. Łączność z krajami będącymi członkami MUA mają zapewniać „narodowi łącznicy” (national liaison), którymi kieruje wiceprezydent.

Cecylia Iwaniszewska



Philip C. Keenan (1908–2000)

# OCRA — nowy projekt badawczy radioteleskopu Centrum Astronomii UMK

**D**ziałający od sześciu lat w Piwnicach koło Torunia 32-metrowy radioteleskop Centrum Astronomii UMK był dotąd zaangażowany w kilka ważnych projektów naukowych, z których każdy dotyczył pewnej wybranej klasy obiektów astronomicznych: pulsarów, kwarzarów, radiogalaktyk czy maserów kosmicznych. Natomiast teleskop nie był dotychczas nigdy wykorzystywany do prowadzenia fundamentalnych przeglądów nieba, a jak pokazuje historia astronomii, zwłaszcza radiowej, właśnie obszerne przeglądy z reguły prowadzą do odkryć zupełnie nowych obiektów lub całych klas obiektów.

Od dwóch lat naukowcy z Centrum Astronomii UMK i z Jodrell Bank Observatory Uniwersytetu w Manchesterze przymierają się jednak do takiego ambitnego przedsięwzięcia obserwacyjnego: mianowicie planują użyć 32-metrowego radioteleskopu CA UMK do sporządzenia przeglądu całego północnego nieba na fali 1 cm, tj. na częstotliwości 30 GHz. Do tej pory nie istnieje żaden przegląd w tym paśmie, jest więc to zadanie zupełnie pionierskie i o potencjalnie ogromnym znaczeniu dla astronomii.

Zadanie to nie jest bynajmniej trywialne. Dlaczego? Otóż standardowo radioteleskopy odbierają promieniowanie radiowe tylko z jednego, małego obszaru na niebie. Obszar ten to kąt bryłowy głównej wiązki anteny (szerokość wiązki to inaczej rozdzielcość kątowa radioteleskopu). W przypadku teleskopu 32-metrowego i fali 1 cm klasycznie obserwowany „punkt” na niebie ma średnicę nieco ponad minutę kątową. Im większa antena tym, oczywiście, z uwagi na wielkość powierzchni zbierającej, lepsza czułość a więc i zasięg teleskopu, ale jednocześnie mierzymy emisję radiową docierającą z mniejszego obszaru, bo mniejsza jest szerokość wiązki anteny. Paradoksalnie zatem, duże radioteleskopy niezbyt się nadają do wykonywania przeglądów na wysokich częstotliwościach. Znacznie lepszym pomysłem jest wykorzystanie do tego celu anteny średniej wielkości, np. 32-metrowej. Nadal jednak przegląd całego nieba takim teleskopem sposobem „punkt po punkcie” zająłby jakieś 100–200 lat! Można go przyspieszyć albo używając jednocześnie wielu identycznych teleskopów i podzielić pomiędzy nimi całe zadanie, albo — co jest znacznie bardziej racjonalne i realistyczne — stosując technikę równoczesnego odbioru fal radiowych ze znacznie większego obszaru nieba przez jeden teleskop, ale wyposażony w cały zespół („macierz”) odbiorników.

W tym miejscu pora wreszcie wyjaśnić akronim nazywający ten projekt: OCRA to skrót od *One Centimetre Radiometer Array*, czyli „Macierz Radiometryczna na (fale) 1 cm”. Wspólny polsko-brytyjski projekt zakłada budowę odbiornika radiowego o stu identycznych modułach, czyli *de facto* stu odbiorników tworzących macierz będącą radiowym analogiem optoelektronicznego przetwornika CCD stosowanego dziś powszechnie nie tylko w astronomii, ale przed wszystkim np. w kamerasach video.

Jak podkreślają uczestniczący w projekcie profesorowie Peter Wilkinson i Ian Browne z obserwatorium Jodrell Bank

— największego ośrodka radioastronomicznego w W. Brytanii — toruński radioteleskop idealnie nadaje się do tego celu. Posiada on klasyczną budowę, tzn. główny reflektor o kształcie paraboloidy obrotowej oraz pomocnicze lustro wtórne o kształcie hiperboloidy. Efektywna długość ogniskowej wynosi 97m, co przy średnicy lustra 32m daje  $f/D = 3,03$ . W takim układzie mamy duże pole widzenia albo, inaczej mówiąc, obraz utworzony w ognisku wtórnym jest ostry (niezniekształcony) na dużej powierzchni, a o to przecież właśnie chodzi w tym projekcie. Paradoksalnie, teleskop w Piwnicach lepiej się nadaje do instalacji na nim urządzenia OCRA niż np. identycznej średnicy teleskop w Cambridge — ten mianowicie ma kształt reflektora, odbiegający od paraboloidy tak, by zwiększyć zysk anteny kosztem pola widzenia.

Inną ważną cechą toruńskiego radioteleskopu jest wysoka precyzja jego wykonania i pozycjonowania. Powierzchnia lustra głównego nigdzie nie odbiega od modelu paraboloidy obrotowej więcej niż na 0,3 mm (w sensie błędu średniokwadratowego), a prowadzenie teleskopu odbywa się z dokładnością 0,002 stopnia. Sprzyjające są także warunki klimatyczne Polski, gdzie, zwłaszcza w czasie mroźnych zim (miejmy nadzieję, że takie jeszcze będą się zdarzać), wilgotność powietrza jest mała, czego z pewnością nie można powiedzieć o klimacie Wysp Brytyjskich. Tymczasem woda w ziemskiej atmosferze silnie pochłania promieniowanie centymetrowe (każdy, kto ma kuchenkę mikrofalową, może łatwo to sprawdzić), tak więc im jej będzie mniej na linii widzenia, tym lepiej.

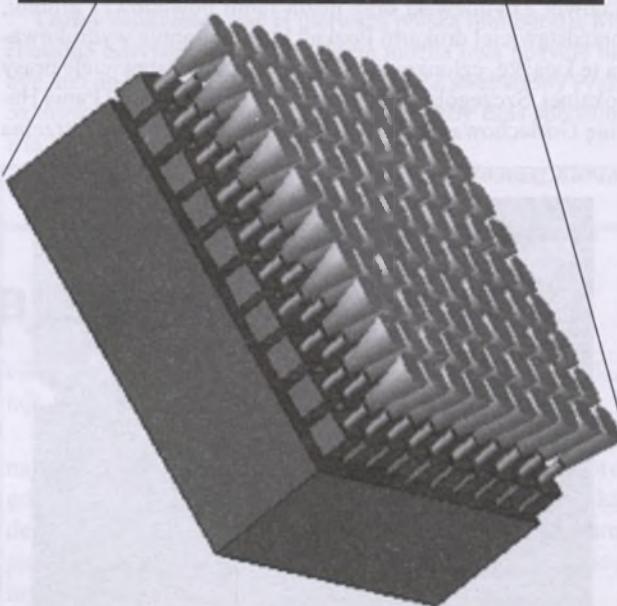
Po umieszczeniu macierzy odbiorników OCRA w ognisku reflektora 32-metrowego teleskopu otrzymamy system równoważny stu radioteleskopom. Niestety to „cudowne rozmnożenie” nie jest za darmo w sensie jak najbardziej dosłownym: koszt budowy takiej „kamery CCD na falę 1 cm” jest rzędu 2 mln dolarów, a więc jest porównywalny z kosztem poniesionym na... budowę samego teleskopu. Uczeni brytyjscy gotowi są jednak sfinansować budowę tego unikalnego odbiornika (Royal Society — brytyjski odpowiednik Akademii Nauk — już przyznało wstępne środki na budowę prototypu, a szanse na przyznanie pełnej kwoty są znaczne) i zbudować go w swoich laboratoriach. A ponieważ — jako się rzekło — spośród wszystkich radioteleskopów w Europie toruński najlepiej spełnia wymagania projektu, zarówno obserwacje, jak i analizę danych Anglicy zamierzają prowadzić wspólnie z polskimi partnerami w Toruniu. Testy przy użyciu prototypu można by rozpoczęć w styczniu 2002, a następnie zdobyte doświadczenia wprowadzić do ostatecznego projektu macierzy. Ta zostałyby skonstruowane w latach 2002–3, tak więc, jeśli wszystko pójdzie dobrze, właściwe obserwacje przeglądu mogłyby się zacząć w 2004 roku.

Jak nietrudno się domyślić — sądząc choćby po wzmiękowanych wyżej kosztach — technologie zastosowane przy konstrukcji OCRA będą bardzo wyrafinowane. Rzeczywiście, będą to technologie kosmiczne i to całkiem dosłownie. Powszechnie moduły macierzy będą miały konstrukcję zapożyczoną z odbiornika budowanego dla misji kosmicznej *Planck*

(<http://astro.estec.esa.nl/SA-general/Projects/Planck/>). Celem tej misji jest pomiar temperatury promieniowania reliktowego z dokładnością do dwóch milionowych Kelvina i z rozdzielczością kątową 10'. Jest to okoliczność nader fortunna, ponieważ koszty pozyskania odpowiedniego *know-how* będą pokryte ze środków ESA przeznaczonych na misję *Planck*. Natomiast owe 2 mln dol. wydatkowane na projekt OCRA zostaną przeznaczone „tylko” na zbudowanie kopii odbiornika na falę 1 cm, przeznaczonego do instalacji na pokładzie *Plancka*, przetestowanie prototypu na radioteleskopie 32-metrowym, a następnie powielenie go, czyli skonstruowanie macierzy. Rozdzielczość kątowa każdej z jej stu wiązek wynosić będzie 1 minutę kątową (tyle co rozdzielczość oka nieuzbrojonego). Jednorazowo pokryty będzie obszar nieba o wymiarach  $0,5 \times 0,5$  stopnia, a więc taki, jaki zakrywa tarcza Księżyca. Do zbierania i analizy danych rozwinięte zostaną nowe metody — przewidujemy m.in. użycie w układzie optycznym trzeciego lustra o zmiennym nachyleniu. Umożliwi to szybkie i wielokrotne przemiatanie nieba oraz znaczco zredukuje wpływ czynników lokalnych. Już po 10 s będzie możliwa uzyskać detekcję obiektów o jasności zaledwie 5 mJy (najsielsze źródła kosmiczne mają jasność radiową milion razy większą). Odbiorniki będą chłodzone helem do temperatury 15–20 K. Zapewni to zmniejszenie szumów własnych, a zatem pozwoli uzyskać wysoką czułość.

Podstawowy cel przeglądu OCRA jest oczywisty: sporządzenie kompletnej mapy nieba na fali 1 cm, co samo w sobie ma już kolosalną wartość naukową. Warto tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, że do tej pory najkrótsza fala radiowa, na której dokonano kompleksowego przeglądu nieba, to 6 cm. Pomiędzy tą długością fali a 100 mikrometrami, na której to (m.in.) fali przeglądu dokonał satelita IRAS, jest więc ogromna luka i OCRA zamierza ją wypełnić. Jednym z zastosowań przeglądu OCRA, które już teraz dają się łatwo przewidzieć, jest podniesienie dokładności pomiarów *Plancka*. Pomary te mają bowiem na celu dokładne wyznaczenie niezwykle subtelnego (na poziomie milionowych części Kelvina) fluktuacji temperatury równoważnej promieniowania reliktowego. Zeby to osiągnąć, trzeba odrzucić wszelkie przyczynki natury innej niż samo promieniowanie tła, a więc np. promieniowanie punktowych radioźródeł. To, co zrobi OCRA, to właśnie pomiar strumieni radiowych od tychże. A zatem ujmując rzecz w wielkim skrócie: mapy nieba z OCRA zostaną później „odjęte” od tego, co zarejestruje satelita *Planck* i w rezultacie otrzymamy „czyste” tło. Jak więc widać, związki OCRA z misją *Planck* są nie tylko techniczne, ale jak najbardziej astrofizyczne! OCRA zresztą poprzedzi *Plancka*; można bowiem mieć nadzieję, że do czasu wysłania *Plancka* na orbitę (start misji jest planowany na rok 2007), a tym bardziej do czasu uzyskania z niej wyników, przegląd OCRA zostanie już ukończony.

Przegląd OCRA stanie się też punktem wyjścia do poszukiwania nowych, dotychczas nieznanych obiektów. Teoria przewiduje bowiem, że mogą istnieć obiekty radiowe o widmach, w których gros energii kontinuum koncentruje się na częstotliwościach powyżej ca 10 GHz, tak więc dotychczasowe przeglądy radiowe nieba mogły ich nie objąć. Te obiekty to bardzo młode aktywne jądra galaktyk (AGN), a jeśli prawdziwą jest — a wszystko na to wskazuje, że tak — iż aktywność AGN-ów jest powtarzalna na (dalekie) podobieństwo gwiazd nowych



powrotnych, to można by wyśledzić takie stosunkowo niedawne wybuchy „nowych” AGN-ów.

Poza tym przegląd OCRA może być pomocny w rozwiązywaniu problemów kosmologicznych, zwłaszcza chodzi tu o poszukiwanie absorpcji promieniowania reliktowego znanej jako efekt Suniajewa-Zeldowicza, powodowanej komptonowskim rozpraszaniem kwantów promieniowania reliktowego na elektronach w bardzojącym (temperatury rzędu milionów K) gazie wypełniającym gromady galaktyk.

*Andrzej Marecki i Andrzej J. Kus, CA UMK*



# Albert Abraham Michelson — „Noblista ze Strzelna”

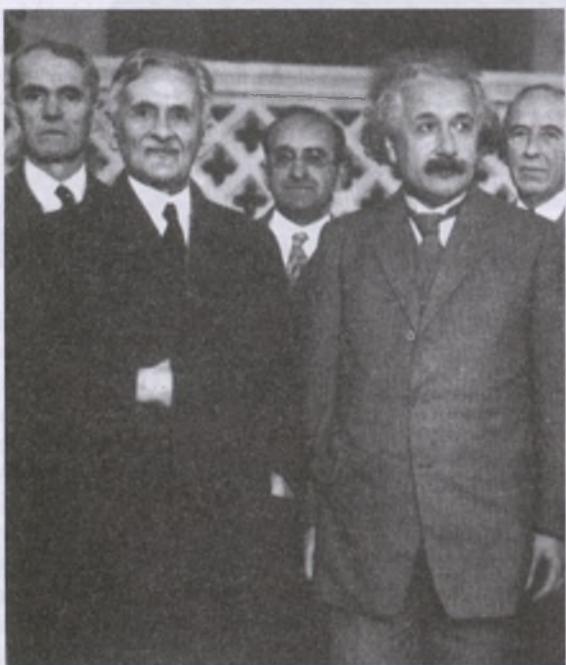
Wielką chlubą dla każdej miejscowości jest posiadanie wśród swoich obywateli mądrych, znanych ludzi, których praca przyczyniła się do rozwoju myśli ludzkiej i kultury. Strzelno, małe miasteczko na Kujawach, ma to szczęście, że wśród jego obywateli był laureat Nagrody Nobla z dziedziny fizyki — Albert Abraham Michelson. Mieszkańcy Strzelna skupieni w Towarzystwie Miłośników Miasta Strzelna nigdy nie zapomnieli o tej postaci i pod przewodnictwem Kazimierza Chudzińskiego, prezesa tego towarzystwa, ciągle podejmują różne inicjatywy, aby przybliżyć i upowszechnić dorobek Michelsona nie tylko wśród swoich obywateli. Jest szkoła podstawowa imienia Michelsona, jest ulica Michelsona, a ostatnio pojawiła się książka i właśnie o niej słów kilka.

Dwudziestego piątego listopada 2000 r. w gmachu miejskiego liceum w gabinetach: fizycznym i języka polskiego odbyła się uroczysta promocja książki autorstwa Kazimierza Chudzińskiego i Tomasza Kardasia pt. „Noblista ze Strzelna”. Przybyli między innymi: starosta powiatu mogileńskiego Tadeusz Szymański, wicestarosta Ewaryst Matczak, burmistrz Strzelna Piotr Pieszak, przewodniczący Rady Miejskiej Ludwik Zbytniewski oraz liczni radni powiatowi i gminni, przedstawiciel drukarni Pozkal, która starannie wydrukowała tę książkę, członkowie TMMS oraz przedstawiciele prasy lokalnej. Szczególnie ciepło Prezes TMMS powitał Paną Halinę Gorlachową — honorowego obywatela miasta Strzelna

i przedstawicieli nauki w osobach prof. prof. Andrzeja Bielskiego (Przewodniczącego Oddziału Toruńskiego Polskiego Towarzystwa Fizycznego), Jana Hanasza (astronoma rodzinie powiązanego ze Strzelnem) i Andrzeja Woszczyka (Prezesa Polskiego Towarzystwa Astronomicznego). W swoim wystąpieniu Kazimierz Chudziński przedstawił ciąg zdarzeń, które doprowadziły do wydania tej publikacji, jak zbierano materiały, kto wspierał wydanie książki zarówno pracą, jak i w formie finansowej. Wspomniał też o tablicy na strzelińskim rynku, ufundowanej w 1963 r. przez Polskie Towarzystwo Fizyczne i wizycie gości z USA na uroczystości jej odsłonięcia.

Później wystąpił Tomasz Kardaś, który podzielił się ze słuchaczami następującymi refleksjami: wyjaśnił, dlaczego przystał na propozycję współpracy przy pisaniu tej książki, co go urzekło w postaci Michelsona, by w końcu poinformować, czego nie ma w tej pozycji, mimo że autorzy usilnie starali się tam pomieścić. Później autorzy odbierali od zebranych gratulacje, upominki i kwiaty. Miły prezent w postaci całorocznej prenumeraty czasopisma otrzymali również od redaktora „Uranii-Postępów Astronomii” prof. A. Woszczyka. Niżej podpisany bardziej podobały się życzenia burmistrza P. Pieszaka, który stwierdził, że wystąpienia autorów tak go zachęciły, iż nie może się doczekać chwili, w której zagłębi się w lekturze tej publikacji. Naukowcy w osobach Panów Profesorów A. Bielskiego, J. Hanasza i A. Woszczyka zgodnie podkreślali walory popularnonaukowe tej pracy i wyrażali radość z jej wydania. Autorzy, mile zaskoczeni bardzo ciepłym przyjęciem książki, wyrazili obawę, czy istotnie zasługuje ona na tak wysoką i życzliwą ocenę. Na to usłyszeli, że nie powinni być tak skromni, bo książka nosi też znamiona pracy naukowej, gdyż dociera do źródeł i odkrywa nowe, dotychczas nieznane obszary z życia naszego bohatera.

Każdy zaproszony gość otrzymał od TMMS, wydawcy publikacji, po egzemplarzu książki. Padła też sugestia, aby przesłać do wszystkich bibliotek uniwersyteckich choć po jednym egzemplarzu — TMMS obiecało tę propozycję spełnić. Później, przy ładnie i bogato zastawionych stołach, odbyła się część artystyczna przygotowana przez miejscowych twórców i wykonana przez uczniów strzelińskich szkół. Za-

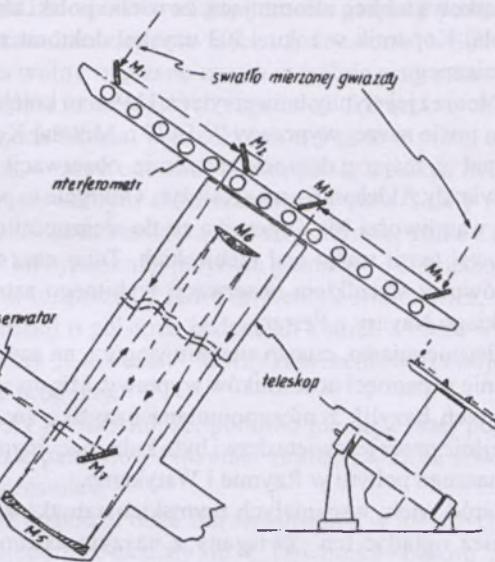


Albert Michelson w towarzystwie swego imiennika Alberta Einsteina, 1931 r. (ilustracja z książki „Noblista ze Strzelna”, TMMS 2000).



sluguje na uwagę fakt, że przedstawione utwory muzyczne i literackie były autorstwa miejscowych twórców i A.A. Michelsona. Tak, tak, wykonano na fortepianie kołysankę, którą Michelson napisał dla swojej córki Dorothy (Dody). Twórcami programu artystycznego byli: Piotr Barczak (kompozytor i puzonista), Ewelina Boesche-Kopczyńska (kompozytorka i śpiew), Jacek Jackowski (recytacja), Krzysztof Ciałykowski (pianista), Andrzej Kortas (trąbka), Hanna Wróblewska (autor tekstów). Podczas trwania promocji można było zwiedzać wystawę pamiątek po Michelsonie, którymi dysponuje TMMS (nie wszystkie zostały wykorzystane w publikacji). Być może czytelnik „Uranii” zdziwi się, dlaczego mówimy w czasopiśmie astronomicznym o Michelsonie — fizyku. Otóż Albert A. Michelson jest twórcą interferometru optycznego, bez którego astronomia obyć się nie może, a wręcz przeciwnie, przed tym przyrządem rysują się nowe, dotychczas nieznane perspektywy (K. Rochowicz: „Interferometria kosmiczna, czyli astrofizyka obserwacyjna wkrańca w XXI wiek” — „Urania” 2/2000). Podczas tego spotkania prof. J. Hanasz wręczył mi The Astrophysical Journal tom 525 nr 1C z 1999 r., w którym zamieszczone są najważniejsze prace astrofizyczne na przestrzeni 100 lat istnienia astrofizyki. Jako piąta widnieje tam praca A.A. Michelsona i F.G. Peasea pt. „Pomiar średnicy alfa Oriona za pomocą interferometru” z lutego 1921 r. Michelson, który urodził się 19 grudnia 1852 r. w Strzelnie i mając niespełna trzy lata wyemigrował z rodzicami do USA. Tam, wraz z E. Morleyem w 1887 r. wykazał, że eter nie istnieje, a w 1907 r. otrzymał Nagrodę Nobla za skonstruowanie precyzyjnej aparatury optycznej oraz dokonane przy jej użyciu badania w dziedzinie spektroskopii i metrologii, jest również współautorem fundamentalnej pracy astrofizycznej.

Małe miasteczko Strzelno, położone w województwie ku-



Interferometr gwiazdowy Michelsona (ilustracja z książki „Noblista ze Strzelna”, TMMS 2000).

jawsko-pomorskim, jest dumne z osiągnięć Rodaka i nigdy o nim nie zapomni.

Osoby zainteresowane tą pierwszą polską bibliografią Michelsona odsyłam do TMMS, gdzie można ową pozycję nabyc, lub do księgarń Strzelna i Mogilna. Ze swej strony życzę Szanownym Czytelnikom miłej lektury i aby czas spędzony z tą książką nie uznali za stracony.

Tomasz Kardaś

## Śladami Mikołaja Kopernika

W dniach 25.09–2.10.2000 r. odbyła się wyprawa popularnonaukowa zorganizowana przez Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne w Łodzi. Jako nauczyciel fizyki i jeden z opiekunów młodzieży mogłem w niej uczestniczyć. Była to jednocześnie nagroda dla tych uczniów, którzy brali udział w konkursach astronomicznych.

Ponieważ „wszystkie drogi prowadzą do Rzymu”, w roku Wielkiego Jubileuszu i nasza wyprawa dotarła do Wiecznego Miasta. Zanim tam przybyliśmy, odwiedzaliśmy miejsca, gdzie studiował nasz wielki astronom Mikołaj Kopernik. Wyprawa miała bowiem na celu poszerzyć zainteresowania młodzieży wiedzą z zakresu astronomii i przedmiotów ścisłych.

Pierwsze kroki skierowaliśmy do Krakowa. Tutaj, na wydziale astronomii Uniwersytetu Jagiellońskiego, mogliśmy uczestniczyć w wykładzie prof. Konrada Rudnickiego w ramach XVI Krakowskiej Letniej Szkoły Kosmologii pod egidą Polskiej Akademii Umiejętności pt. „Wszechświat dziś”. W swoim wykładzie pan profesor szczególną uwagę zwró-

cił na przełomowe znaczenie teorii heliocentrycznej Mikołaja Kopernika.

W Krakowie odwiedziliśmy ponadto Collegium Maius, najstarszy gmach Uniwersytetu Jagiellońskiego, do którego uczęszczał w latach 1491–1495 Mikołaj Kopernik. Akademia Krakowska była wówczas szeroko znany w Europie ośrodkiem studiów astronomicznych i żywym ogniskiem myśli humanistycznej.

Nie lada niespodzianka czekała na nas w krakowskim kościele pod wezwaniem św. Piotra i Pawła, gdzie zademonstrowano nam replikę wahadła Foucaulta o długości 46,5 m. W czasie 20-minutowej obserwacji wahadła obciążonego 20 kilogramową kulą dokładnie można było zaobserwować odkrycie Jean-Bernarda Foucaulta, dotyczące obracania się płaszczyzny wahań względem Ziemi.

Podążając śladami M. Kopernika, który po studiach na Akademii Krakowskiej podejmował dalsze nauki w Bolonii, Padwie i Ferrarze, udajemy się do tych włoskich miast.

Zwiedzanie Włoch rozpoczęliśmy od Ferrary i jej uniwersytetu z 1391 r., na którym studiował Mikołaj Koper-



nik. Tutaj na głównym placu miasta można było zauważyciąć pamiątkową tablicę informującą, że wielki polski astronom Mikołaj Kopernik w roku 1503 uzyskał doktorat z prawa kanonicznego.

Bolonia i jej słynny uniwersytet z 1119 r. to kolejne miasto na trasie naszej wyprawy. W 1497 r. Mikołaj Kopernik dokonał tu, mającej doniosłe znaczenie, obserwacji zakrycia gwiazdy Aldebaran przez Księżyca. Odkrycie to potwierdziło wątpliwości M. Kopernika co do słuszności dotychczasowej teorii ruchu ciał niebieskich. Tutaj nasz uczony był również świadkiem obserwacji wybitnego astronoma włoskiego Navary z Ferrary.

Wieczne miasto, miasto siedmiu wzgórz, na zawsze pozostało w pamięci uczestników wyprawy. Miasto czterech głównych bazylik z niezapomnianą bazyliką św. Piotra i przejście przez jej święte drzwi było kulminacyjnym punktem naszego pobytu w Rzymie i Watykanie.

Wśród wielu wspaniałych rzymskich zabytków można również oglądać ten związany z naszym astronomem. W uznaniu bowiem wielkiej roli Mikołaja Kopernika w nauce i jego teorii, która stanowiła przełom w astronomii, możemy dziś w Rzymie, nieopodal Piazza di Spagna, przed kościołem Santa della Resurrezione oglądać jego pomnik. Do Rzymu Kopernik, jak i jego nazwisko dotarło na początku XVI wieku. Pomimo że Mikołaj Kopernik nie mógł się zdecydować na ogłoszenie wyników swoich dociekań naukowych, wiadomość o nowej teorii budowy świata zaczęła się szerzyć po Europie. W 1533 roku zapoznał się z nią nawet ówczesny papież Klemens VII.

Ostatnim miastem odwiedzonym przez nas, a związanym z bytnością i studiami Mikołaja Kopernika we Włoszech, była Padwa i jej Uniwersytet z 1222 r. O świetności Uniwersytetu w Padwie świadczy chociaż lista ówczesnych studentów, jak Mikołaj Kopernik i Galileo Galilei (Galileusz).

Pomimo że Mikołaj Kopernik studiował tu prawo i medycynę, jego studia wykracały poza normalny, przeciętny tok zajęć. Tutaj bowiem w gronie jego nauczycieli znajdowało się wielu ówczesnych naukowców. Mikołaj Kopernik spotkał się tu z jatromatematyką, to jest z medycyną astrologiczną, która w epoce renesansu stała się niemal panującą w wielu ośrodkach uniwersyteckich.

Po tygodniowej wyprawie wracaliśmy do kraju. Mając możliwości przebywania w tak znakomitych ośrodkach naukowych, wszyscy byliśmy i jesteśmy świadomi, że teoria heliocentryczna Kopernika stała się punktem wyjścia nowoczesnej kosmologii. Jakkolwiek bezpośrednio dotyczyła wyłącznie struktury Układu Słonecznego, to jednak pośредnie jej konsekwencje objęły niemal całokształt myślenia człowieka, zapoczątkowując przełom światopoglądowy, który słusznie nazwano przełomem kopernikańskim, a ślady dami którego mogliśmy podążać.

*Włodzimierz Nawrocki, XXXV LO w Łodzi*



M. Kopernik wykładający w Rzymie — obraz W. Gersona

## Relacja z obozu „KUDŁACZE 2000”

W dniach 20–30 lipca bieżącego roku na polanie Kudłacze (gmina Pćim) odbył się pierwszy szkoleniowo–obserwacyjny obóz Sekcji Obserwatorów Komet PTMA. Ponieważ tego typu impreza nigdy wcześniej nie była organizowana przez SOK (a w szczególności autora niniejszego opracowania), do ostatniej chwili wszyscy byli pełni obaw, czy w ogóle „coś z tego będzie”...

Pomysł zorganizowania obozu zrodził się u autora niniejszej relacji w czasie wakacji 1999 roku, podczas pobytu na Lubomirze, dokąd rokrocznie wyjeżdżają na obserwacje miłośnicy z Oddziału Krakowskiego PTMA. Idea imprezy została przedstawiona na Pierwszej Konferencji SOK w październiku 1999 r., gdzie zyskała aprobatę zarządu Sekcji oraz zebranych członków. Po zaakceptowaniu planu obozu przez Zarząd Główny PTMA rozpoczęły się przygotowania do jego organizacji.

Z założenia obóz był przeznaczony dla wszystkich miłośników astronomii, zainteresowanych obserwacjami ko-

met — zarówno doświadczonych członków Sekcji, jak i zupełnie nowicjuszy. Celem jego było przeszkolenie obecnych oraz pozyskanie nowych obserwatorów SOK. Realizacji tego zamierzenia służyły nie tylko nocne obserwacje prowadzone pod okiem doświadczonych członków Sekcji, lecz również wykłady teoretyczne. Wydaje się bowiem, że każdy obserwator komet powinien nie tylko precyjnie wyznaczać parametry obserwowanego obiektu, ale także posiadać pewną wiedzę na jego temat.

Ogłoszenia o obozie zostały zamieszczone w „Uranii–PA (2/2000)” i „Vademecum Miłośnika Astronomii (1/2000)”, natomiast szczegółowe informacje w biulecie SOK „Komeciarz (1/2000)” oraz na stronie internetowej Sekcji. Odpowiedziało na nie 30 osób z całej Polski, z których większość nie miała doświadczenia w obserwacjach komet, a jedynie kilka należało do SOK.

Na miejsce obozu został wybrany teren schroniska PTTK „Kudłacze”, znajdujący się na wysokości 743 m n.p.m. w Beskidzie Środkim. O takiej lokalizacji zdecydo-

wały dobre warunki astronomiczne (dość ciemne niebo, duża wysokość) oraz łatwość dojazdu na miejsce i bliskość schroniska. Ponadto znajduje się tam stacja astronomiczna (własność autora niniejszej relacji), będąca małą budką z otwieranym dachem, wyposażona w 25 cm reflektor Newtona. Ponieważ jednak liczba przenośnych teleskopów była wystarczająca a stacja nie była jeszcze wykończona, nie używano jej w czasie obozu.

Do dyspozycji obserwatorów oddano zarówno zarówno 30-osobowe schronisko, jak również pole namiotowe. Początkowo większość uczestników zamieszkała we własnych namiotach, jednak deszczowy koniec obozu spowodował liczne przeprowadzki do schroniska.

Również w kwestii wyżywienia pozostawiono przybyłym na obóz swobodę wyboru: mogli żywić się we własnym zakresie lub stoować się w schronisku.

Organizatorzy postarali się o dobre wyposażenie obozu w sprzęt obserwacyjny. Stanowiły go przede wszystkim 3 teleskopy Newtona 25 cm, 2 teleskopy 20 cm oraz kilka mniejszych. Szczególnie przydatne w obserwacjach komety były jednak lornetki. Największe z nich miały średnicę obiektywów 10 cm (tzw. Binary). Część instrumentów została wypożyczona z PTMA, Obserwatorium UJ oraz Dostrzegalni Astronomicznej na Kozłówce w Krakowie (dzięki uprzejmości inż. J. Burdy). Pozostałe przywieźli ze sobą uczestnicy. Cały sprzęt obserwacyjny przechowywany był w specjalnym dużym namiocie. Ponadto uczestnicy mieli do dyspozycji komputer z oprogramowaniem wspomagającym obserwacje komety, z dostępem do Internetu a także literaturę poruszającą problematykę komety.

Czas uczestników obozu był tylko częściowo zorganizowany. Dwa razy dziennie odbywały się godzinne referaty, a pierwsza część nocy była przeznaczona na obserwacje komety C/1999 S4 (LINEAR) — jedynej widocznej przez posiadany sprzęt. Pozostały czas dnia i nocy pozostało obozowiczom jako „wolny”.

Referaty obejmowały szeroki zakres tematyczny związany z teoretycznymi i praktycznymi zagadnieniami dotyczącymi badania komety. Dobrany był on tak, by uczestnicy wynieśli jak najpełniejszą wiedzę o tych obiektach. Referaty przygotowali dr Tomasz Ściążor, Piotr Sadowski oraz autor tego sprawozdania. Zostały one wygłoszone bądź przez samych autorów, bądź w ich imieniu (w przypadku nieobecności).

Obserwacje komety prowadzone były jedynie w ciągu trzech nocy, co związane było z nie najlepszą pogodą. Pomimo tego, że uczestnicy (w zdecydowanej większości) nie obserwowali wcześniej komety, już w czasie pierwszej nocy obserwacyjnej wykonali wartościowe oceny parametrów obserwowanej komety. Wydaje się, że pozwoliły im na to zarówno wcześniejsze, dzienne referaty, w których zostały

omówione podstawowe techniki obserwacyjne, jak również fakt, że obserwowano w trzech grupach prowadzonych przez bardziej doświadczonych członków SOK.

Czas wolny spędzano często wspólnie przy omawianiu szczególnie interesujących zagadnień „kometarych”, obserwacjach Słońca, wycieczkach czy grze w piłkę, a wieczorami — przy ognisku. Niewątpliwą atrakcją była wizyta w prywatnym obserwatorium Pawła Sochy (który przyjechał do nas na kilka dni) na pobliskiej górze Chełm. Nie był on bynajmniej jedynym gościem — odwiedzili nas także m. in. prezes PTMA dr Henryk Brancewicz, który opowiedział o polskich badaniach komet, a także właściciele firmy „Uniwersał”, którzy zaprezentowali swoje najnowsze produkty.

Należy podkreślić, że, pomimo nie najlepszej pogody, na obozie panowała wspaniała atmosfera, którą stworzyli sami uczestnicy.

Obóz wzbudził duże zainteresowanie w lokalnych mediach. Reportaże ukazały się w „Dzienniku Polskim”, „Gazecie Krakowskiej” oraz w „Gazecie Myślenickiej”.

Praktycznie wszyscy uczestnicy wysłuchali przygotowanych referatów, a wielu uczestniczyło w nich w sposób aktywny. W zdecydowanej większości obozowicze podjęli się obserwacji komety C/1999 S4 (LINEAR). Zostały one potem opracowane w Sekcji i przesłane do archiwum International Comet Quarterly (ICQ) w USA. Wiele osób zadeklarowało też chęć przystąpienia do SOK. Czy jednak wykorzystają oni zdobytą wiedzę i nabyte umiejętności — czas pokaże.

Na zakończenie obozu jego uczestnicy stwierdzili, że był on imprezą udaną i podjęli wspólną decyzję o organizacji kolejnego obozu SOK, tym razem „Kudłacze 2001”, w roku następnym.

Kończąc niniejszą relację, pragnę podziękować wszystkim, którzy pomogli w organizacji i przeprowadzeniu obozu, a także wszystkim uczestnikom za stworzenie wspaniałej atmosfery.

**Michał Drahus**



Uczestnicy obozu przed schroniskiem PTTK „Kudłacze”. Fot. Tadeusz Szufa



## OZMA 2000 we Fromborku



Oficjalne otwarcie OZMA 2000



Wystawa prac uczestników w Św. Annie



Mikołaj Kopernik zaprasza do zwiedzania



Seans we fromborskim planetarium



Wizyta w Lidzbarku Warmińskim



Powiewająca nad obozem flaga zlotu



Grand OZ dla Marka Nikodema



Pokaz teleskopów firmy „Uniwersal”



Uczestnicy zlotu we Fromborku.

Zdjęcia: Zdzisław Szałkowski i Karol Wenerski

**T**egoroczny, już czwarty z kolei Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii miał miejsce 24–27 sierpnia w jednym z najpiękniejszych miast, w których żył niegdyś wielki polski astronom — Mikołaj Kopernik. Organizacji podjęło się Towarzystwo Przyjaciół Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego we Fromborku „Pulsar”. Na OZM-ę przybyło ponad 150 miłośników astronomii z całego kraju, przywożąc swoje teleskopy, lornetki oraz piękne zdjęcia nieba. Dla nich swoje wykłady wygłaszały zawodowi astronomowie — uczestnicy „Wakacji w planetarium” przyjeżdżający do Fromborka przed laty oraz przedstawiciele Pracowni Komet i Meteorów oraz Mars Society Polska.

Niewątpliwą atrakcją były pokazy we fromborskim planetarium, z których jeden został specjalnie wykonany dla uczestników OZM-y. Dzięki uprzejmości Muzeum Mikołaja Kopernika wszystkie jego obiekty zostały udostępnione OZM-owicom i tak można było zobaczyć za darmo m.in. okazałą wystawę meteorytów w Wieży Kopernika, piękną katedrę, wahadło Foucaulta czy odwiedzane tłumnie obserwatorium astronomiczne na Żurawiej Górze. Tuż po otwarciu Zlotu, miłośników astronomii ugościł na Wzgórzu Katedralnym sam Mikołaj Kopernik, a nawet rozdawał każdemu chętnemu swoje autografy! W sobotę spora liczba osób pojechała na wycieczkę śladami Mikołaja Kopernika, dzięki czemu mieli przyjemność zwiedzić Lidzbark Warmiński oraz Olsztyn.

Przyznawane już tradycyjnie Grand Oz-y poszły w ręce Marka Nikodema za najlepsze zdjęcia (zorzy polarnej z 6/7 kwietnia br.), Mieczysława Sikory za zdjęcia komety C/1999 S4 LINEAR oraz Józefa Barana i Klubu Miłośników Astronomii im. Jana Heweliusza w Urzędowie za organizację poprzedniej OZM-y. Szczególne podziękowania za pomoc w organizacji OZMA 2000 we Fromborku należą się Starostwu Powiatowemu w Braniewie, Domowi Dziecka „Słoneczne Wzgórze” we Fromborku, Miasi i Gminie Frombork, Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku, Zespołowi Szkół Budowlanych w Braniewie oraz wielu innym osobom prywatnym i instytucjom.

**Kamil Złotkowski**



## Emmanuel Davoust: *PIC DU MIDI. One hundred years of life and science at a high altitude observatory.* CNRS-Editions 2000.

Astronom francuski pracujący w Observatoire Midi-Pyrénée w Tuluzie, prof. Emmanuel Davoust, jest dobrze znany Czytelnikom polskim, bowiem wcześniej publikował swoje artykuły w czasopismach: *Acta Cosmologica*, *Postępy Astronomii*, *Postępy Astronautyki*, *Zeszyty Naukowe AGH-Geodezja*, *Aura*. Opublikował też książkę *The Cosmic Water Hole*, dotyczącą sławnej problematyki CETI-SETI.

Nową pozycję jego autorstwa stanowi historia słynnego obserwatorium wysokogórskiego na Pic du Midi de Bigorre we francuskich Pirenejach, znajdującego się w miejscu o współrzędnych:  $\lambda = 0^{\circ}00'34''$ ,  $\phi = 42^{\circ}56'$ ,  $h = 2860$  m.

Historia Pic du Midi Observatoire jako jedynego tego typu obserwatorium w Europie jest niezmiernie interesująca. Położone tak wysoko, gdzie ekstynkcja atmosferyczna jest już mała a stabilność atmosfery znaczna, służy do obserwacji głównie Słońca, Księżyca, planet, komet, galaktyk, jak również do badania własności właśnie atmosfery ziemskiej.

Najpierw bowiem, poniżej szczytu (o ok. 500 m) na Sencours Pass zostało założone — w II połowie XIX stulecia — obserwatorium meteorologiczno-geofizyczne, z którego następnie (na przełomie XIX i XX wieku) rozwinięło się Obserwatorium Astronomiczne. Początkowo obserwacje były prowadzone wizualnie — głównie Słońca, Księżyca i planet (Jowisza, Saturna, Marsa i Wenus).

Chociaż położenie Obserwatorium było (i jest) znakomite, jednak jego początki nie stały się od razu olśniewające, ponieważ w Paryżu uważano je za peryferyjne i regionalne, a na dodatek wtedy nie było ono wyposażone w dobre instrumenty. Jego pierwszym dyrektorem został Célestin Vaussenat (1882 – 1891).

Ciekawie i zajmująco opisał Autor również życie codzienne w Bagnères oraz w Obserwatorium — na przełomie XIX i XX wieku, za czasów następcy Vausse-nata, dyrektora Emile'a Marchanda (1892 – 1914), który musiał się troszczyć nie tylko o instrumenty astronomiczne, lecz także o codzienną egzystencję: własną i swoich podwładnych.

Na szczytce Pic du Midi istnieje także... ogród botaniczny (alpinarium), a to

w celu badania zmian klimatu oraz wpływu warunków wysokogórskich na roślinność.

W 1909 roku Benjamin Baillaud, dyrektor Obserwatorium w Tuluzie (związek tego ośrodka z Obserwatorium Pic du Midi stawały się coraz ciaśniejsze, aż do powstania obecnej instytucji pod nazwą: Observatoire Midi-Pyrénée) — po wieloletnich odwiedzinach oraz inspekcjach — zainstalował wreszcie na szczytce tej góry 33 cm teleskop, który jednak przez dwadzieścia lat nie odgrywał większej roli w badaniach naukowych, mimo prowadzonych również obserwacji fotograficznych.

Po śmierci w kwietniu 1914 r. Emile'a Marchanda i na skutek wybuchu I wojny światowej życie oraz działalność naukowa na Pic du Midi uległa dezorganizacji. Dopiero w lipcu 1915 r. nowym dyrektorem został mianowany Joseph Rey, ale upłyły jeszcze dwa lata, nim rzeczywiście objął to stanowisko.

Odnowienie Obserwatorium Pic du Midi nastąpiło po roku 1920, kiedy jego dyrektorem został Camille Dauzere. Chociaż nie był on astronomem, jednak w pełni przyczynił się do poprawy sytuacji naukowej i życiowej w tym wysokogórskim ośrodku astronomiczno-geofizyczno-meteorologicznym. Natomiast powrót do badań *stricto astronomicznych* nastąpił w latach trzydziestych, chociaż wcześniej również były prowadzone pewne obserwacje różnych obiektów niebieskich.

W 1937 r. dyrektorem na okres dziesięciolecia został astronom paryski Jules Baillaud, syn wspominanego już Benjamina. Był to wyjątkowy okres w historii Obserwatorium, pomimo trwania przez kilka lat II wojny światowej. Prowadzono już nie tylko prace geofizyczne wraz z meteorologicznymi, lecz również podjęto systematyczne obserwacje promieniowania kosmicznego — oprócz oczywiście obserwacji astronomicznych dzięki zainstalowaniu m. in. dwóch nowych teleskopów: 150-cm reflektora oraz 90-cm kamery Schmidta! Polepszyły się też warunki mieszkaniowe oraz wyposażenie techniczne Obserwatorium.

Przy okazji Emmanuel Davoust przedstawi krótkie biografie wielu uczonych — astronomów, fizyków, meteorologów, geofizyków, a nawet biologów (ponieważ na Pic du Midi zajmowano się m. in. uprawą ziemniaków! — a później także... ekologia) — jak również podaje ciekawe epizody z czasów II wojny światowej.

Od roku 1947 nowym dyrektorem

Obserwatorium został Jean Rösch — był to najmłodszy, a zarazem najdłużej urzędujący (do 1981 r.) oraz najbardziej energetyczny dyrektor na Pic du Midi. Dzięki niemu wysokogórski ośrodek odniósł wiele poważnych sukcesów naukowych i zyskał sobie zasłużenie międzynarodową sławę. Nim to jednak nastąpiło Rösch wybitnie usprawnił infrastrukturę Obserwatorium, wprowadzając wiele innowacji technicznych oraz bytowych, a także instalując nowe teleskopy. Na Pic du Midi prowadzono również, z racji jego położenia, obserwacje promieni kosmicznych, wykrywając m. in. hiperon (częstkę masywniejszą od protona).

W roku 1953 podjęto także systematyczne obserwacje Słońca i korony słonecznej, prowadzone głównie metodami fotograficznymi, spektrograficznymi i polarometrycznymi. W drugiej połowie XX w. kontynuowano też obserwacje powierzchni Księżyca — głównie fotograficzne w celu uzyskania dokładnych map, co okazało się niezmiernie użyteczne, m. in. dla programu *Apollo*. Nadal też prowadzono obserwacje planet i ich satelitów — wizualne oraz fotograficzne. Obserwowało Marsa, szczególnie podczas wielkich opozycji (przy okazji kładąc kres rojeniom o „kanałach” oraz przygotowując mapy dla misji astronautycznych), Merkurego, Wenus. Po koniec lat pięćdziesiątych Henri Camichel odkrył Y-kształtny twór w (górnego) warstwach atmosfery tej planety oraz potwierdził ich czterodobową rotację (wsteczną), co początkowo świat astronomiczny przyjął z dużym niedowierzaniem, zwłaszcza kiedy się okazało, że wsteczna rotacja Wenus wynosi aż 243 doby (ziemskie).

Na Pic du Midi uzyskiwano również znakomite fotografie Jowisza i Saturna z pierścieniami, a ponadto wykonywano dokładne (jak na owe czasy) pomiary średnic planet (oprócz Plutona) oraz ich księżyków. I na Pic du Midi właśnie Audouin Dollfus odkrył pod koniec 1966 r. dziesiątego satelitę Saturna, nazwanego potem Janus. Należy jeszcze dodać, iż oprócz ciał Układu Słonecznego obserwowano gwiazdy podwójne, mgławice gazowe, a także obiekty pozagalaktyczne. Wreszcie w minionym dwudziestoleciu na Pic du Midi — po pokonaniu wielu problemów technicznych i biurokratycznych — zainstalowano 2 m teleskop, który jest obecnie największym instrumentem optycznym na terenie Francji i służy wszystkim astronomom francuskim.

T. Zbigniew Dworak

# Roje meteorów w roku 2001

## Wstęp

Ostatnie lata są bardzo ciekawe dla obserwatorów meteorów. Całe lata 90-te minęły pod znakiem aktywnego roju Perseid, który w związku z powrotem swojej komety macierzystej sypał w maksimum nawet kilkoma setkami meteorów na godzinę. Dopuszczały też inne roje: w roku 1994 aktywnością 400 zjawisk na godzinę popisał się rój  $\alpha$ -Monocerotyd, cztery lata później Draconidy przekroczyły poziom 700 zjawisk na godzinę. W tym samym roku aktywnością 100 zjawisk na godzinę popisał się uśpiony od kilkudziesięciu lat rój Bootyd czerwcowych. Lata 1998–2002 to okres wysokiej aktywności roju Leonid, spowodowany powrotem jego twórczyni — komety 55P/Tempel-Tuttle. Jak dotychczas najbardziej udany był rok 1999, kiedy to Leonidy popisały się prawdziwym deszczem meteorów o aktywności 3700 meteorów na godzinę.

To tylko te najaktywniejsze roje. Oprócz nich aktywność wykazuje wiele mniejszych, w niektórych przypadkach równie ciekawych. Chętny do pracy obserwator meteorów będzie miał więc co robić przez prawie cały rok. O tym, kiedy najbardziej warto wyjść na obserwacje w roku 2001, postaram się opowiedzieć poniżej.

Każdy rok rozpoczyna się aktywnością roju Kwadrantyd, który w maksimum wypadającym w okolicach 3 stycznia wykazuje aktywność rzędu 100 zjawisk na godzinę. W tym roku jednak maksimum to wypada około godziny 12 UT, co zupełnie uniemożliwia jego obserwacje z terenu naszego kraju.

## $\delta$ -Leonidy

Nie jest to znany ani aktywny rój. Meteory z  $\delta$ -Leonid możemy obserwować od 15 lutego do 10 marca z maksimum wypadającym 24 lutego. Wtedy to zwykle rój ten daje około dwóch meteorów na godzinę. Radiant roju w maksimum ma współrzędne  $\alpha=168^\circ$  i  $\delta=+16^\circ$ .  $\delta$ -Leonidy charakteryzują się głównie słabymi i bardzo wolnymi meteorami (prędkość geocentryczna  $V_\infty=23$  km/s), dlatego świetnie nadają się do obserwacji teleskopowych i obserwacji wizualnych ze szkicowaniem. Warto obserwować ten rój tym bardziej, że w tym roku szczególnie korzystnie układają się fazy Księżyca, z nowiem wypadającym dokładnie w maksimum aktywności roju.

## Lirydy

Po Kwadrantydach następuje kilkumiesięczna posucha w aktywne roje. Suszę tę przerywa rój Liryd, który w maksimum wypadającym 22 kwietnia daje około 15 meteorów na godzinę. Maksimum to nie trwa dłużej niż dwie-trzy godziny, a w roku 2001 jest oczekiwane o godzinie 4 UT. W Polsce Słońce jest już wtedy tuż nad horyzontem, dobre warunki do obserwacji będą więc panować w drugiej połowie nocy z 21 na 22 kwietnia, kiedy to radiant będzie już wysoko nad horyzontem, a liczby godzinne na pewno nie będą małe.

Rój Liryd lubi płacić niespodzianki. W roku 1982 obserwatorzy w USA widzieli prawie 100 meteorów na godzinę, a w roku 1996 liczby godzinne na poziomie 10–30 można było obser-

Podobnych  
widoków życzymy  
wszystkim obserwatorom  
meteorów w 2001 roku

wować przez ponad 8 godzin. Nie mielibyśmy nic przeciwko temu, aby i w roku 2001 spłatał takiego figla.

Pierwsze zjawiska z Liryd możemy obserwować już 16 kwietnia, a ostatnie tydzień i dwa dni później. W maksimum aktywności radiant roju znajduje się na granicy gwiazdozbiorów Herkulesa i Lutni i ma współrzędne  $\alpha=271^\circ$ ,  $\delta=+34^\circ$ .

Tegoroczne warunki są wręcz doskonale do obserwacji Liryd, bowiem nów Księżyca wystąpi 23 kwietnia.

### Bootydy czerwcowe

Bootydy zaskoczyły wszystkich w roku 1998. Przedtem były mocno aktywne w latach 1916, 1921 i 1927. W okresie 1928–1997 aktywność nie przekraczała dwóch meteorów na godzinę. W roku 1998 obserwatorzy na całym świecie zostali zaskoczeni aktywnością prawie 100 zjawisk na godzinę! Spektakl był tym bardziej imponujący, że Bootydy charakteryzują się bardzo wolnymi ( $V_\infty=14$  km/s) i często jasnymi meteorami.

Zachowanie tego roju jest dla nas zupełnie niezrozumiałe. Kometa macierzysta roju 7P/Pons-Winnecke ostatni raz przeszła przez perihelium w styczniu 1996 roku, a kolejne przejście nastąpi w maju 2002 roku. W latach 1999–2000 aktywność roju była znów zerowa. Może w roku 2001 wydarzy się coś interesującego?

Rój aktywny jest od 26 czerwca do 2 lipca z maksimum wypadającym 27 czerwca (w tym roku o godzinie 7 UT). Radiant roju ma współrzędne  $\alpha=224^\circ$  i  $\delta=+48^\circ$  i jest w Polsce o tej porze roku wysoko nad horyzontem. Pierwsza kwatera Księżyca wypada 28 czerwca, więc dobre warunki do obserwacji wystąpią po 23:30 czasu lokalnego.

### Perseidy

Pierwsze Perseidy możemy obserwować już około 15 lipca, a ostatnie 25 sierpnia. W tym roku pierwszego maksimum Perseid oczekujemy 12 sierpnia o godzinie 14 UT a drugiego o 17 UT. Niestety, pierwsze z maksimów, które na początku lat 90-tych dawało liczby godzinne ponad 300, mocno osłabło. Z pierwszych danych z roku 2000 wynika nawet, że mogły już zupełnie zaniknąć. Drugie maksimum wystąpi za wcześnie dla obserwatorów w Polsce. Ponadto sytuację

będzie komplikował Księżyca w ostatniej kwadrze, świecący niedaleko Plejad. Wszystkie te warunki niespecjalnie zachęcają do obserwacji. Warto jednak pamiętać, że nawet w takich warunkach liczby godzinne rzędu kilkudziesięciu meteorów nie będą niczym niezwykłym, więc na pewno warto wyjść na obserwacje.

W maksimum radiant Perseid ma współrzędne  $\alpha=46^\circ$  i  $\delta=+48^\circ$ . Meteorów z tego roju są zjawiskami raczej szybkimi ( $V_\infty=59$  km/s).

### $\kappa$ -Cygnidy

Po 25 sierpnia możemy obserwować pierwsze meteorów z ciekawego i aktywnego roju  $\kappa$ -Aurygid. Jego maksimum wypada w nocy z 31 sierpnia na 1 września. Niestety, w tym roku bardzo w obserwacjach przeszkaźać będzie pełnia Księżyca, która wystąpi 2 września. Proponuję więc skupić się na mniej aktywnym, ale nie mniej ciekawym roju  $\kappa$ -Cygnid. Pierwsze meteorów z tego roju można obserwować już 3, a ostatnie 25 sierpnia. Tegoroczne maksimum (17 sierpnia) pokrywa się prawie z nowiem Księżyca (19 sierpnia), więc warunki będą doskonale. Radiant roju jest zawsze wysoko nad horyzontem i ma współrzędne  $\alpha=286^\circ$  i  $\delta=+59^\circ$ . Liczby godzinne rzędu 3–4 meteorów na godzinę nie powinny być więc rzadkością. Rój charakteryzuje się wolnymi zjawiskami ( $V_\infty=25$  km/s). Podejrzewa się, że co pewien czas potrafi „sypnąć” kilkoma bolidami w ciągu nocy. Warto więc chyba wyjść na obserwacje. Ciepłe, sierpienne noce na pewno będą do tego zachęcać.

### Piscydy

We wrześniu nie ma, niestety, żadnego bardzo aktywnego roju. Nie zna się jednak, że obserwatorzy meteorów nie mają wtedy nic do roboty. Wręcz przeciwnie. Już długie i ciemne, a wciąż jeszcze w miarę ciepłe noce silnie zachęcają do obserwacji. W miesiącu tym aktywnych jest wiele małych i mało zbadanych rojów. Jednym z nich są Piscydy — rój łatwy do obserwacji ze względu na wolne zjawiska ( $V_\infty=26$  km/s). W tym roku szczególnie warto zwrócić nań uwagę, bowiem maksimum aktywności występujące 19 września pokrywa się prawie z nowiem Księżyca (17 września).

Piscydy zdają się wybiegać z miejsca o współrzędnych  $\alpha=5^\circ$  i  $\delta=-1^\circ$  (a więc prawie dokładnie z punktu Barana). Okres aktywności tego roju pokrywa się z całym miesiącem wrześniem.

### Orionidy

W przeciwnieństwie do września październik może się poszczęścić aktywnym rojem, do jakiego na pewno zaliczają się utworzone przez komety Halleya Orionidy. Meteorów z tego roju możemy obserwować w dniach 2 października — 7 listopada. Maksimum aktywności jest bardzo szerokie. W tym roku największej liczby meteorów możemy oczekwać 21 października o godzinie 8 UT. Zwykle aktywność roju nie przekracza 20 meteorów na godzinę. Rój jednak lubi płatać niespodzianki. Tak było na przykład w latach 1993 i 1998, kiedy to aktywność wzrosła do poziomu 30–50 meteorów na godzinę. W tym roku do obserwacji zachęcają dobre warunki związane z nowiem Księżyca, który wystąpi 16 października.

Radiant roju w maksimum aktywności ma współrzędne  $\alpha = 95^\circ$  i  $\delta = +16^\circ$  i ma spore rozmiary. Orionidy są zjawiskami bardzo szybkimi ( $V_\infty = 66$  km/s).

### Leonidy

Jeśli chodzi o ten rój, to mam prawie same dobre wiadomości. Po pierwsze już od kilku lat popisuje się on wysoką aktywnością (w latach 1998 i 2000 ponad 300 meteorów na godzinę, a w roku 1999 ponad 3000 zjawisk na godzinę). Po drugie wydaje nam się, że mamy wreszcie dobry model teoretyczny opisujący zachowanie roju. Stworzyli go brytyjscy astronomowie David Asher i Robert McNaught i przeszedł on pozytywnie testy, przepowiadając prawie idealnie zachowanie Leonid w latach 1999–2000. Model ten na rok 2001 przewiduje aż trzy bardzo wysokie maksima. Pierwsze ma wystąpić 18 listopada o godzinie 10:01 UT i będzie związane ze zbliżeniem Ziemi do materiału wyrzuconego z komety 55P/Tempel-Tuttle 233 lata temu. Oczekiwane liczby godzinne powinny przekroczyć poziom 2000 zjawisk! Niestety, spektakl ten będą mogli podziwiać tylko obserwatorzy w Ameryce Pół-



## Leonidy z orbity

To nietypowe zdjęcie przedstawia rój Leonidów widziany z... boku. Obraz został uzyskany przez satelitę MSX w okresie największej aktywności roju Leonidów w listopadzie 1997 roku. W czasie 48 minut satelita zarejestrował 29 jasnych meteorów wchodzących do atmosfery ziemskiej. W tle widzimy (z góry) powłokę chmur oświetloną światłem Księżyca, a na niebie gwiazdozbiór Barana.

nocnej i Centralnej. Kolejne maksimum związane z materiałem wyrzuconym z komety 300 lat temu wystąpi także 18 listopada o godzinie 17:31 UT. Aktywność może wtedy sięgnąć 9000 zjawisk na godzinę! Już za nieliczą godzinę, o 18:19 UT, Ziemia zbliży się do centrum smugi wyrzuconej 133 lata temu i wtedy aktywność może osiągnąć poziom 15000 meteorów na godzinę!!! Biorąc pod uwagę, że w latach 1999–2000 model Ashera i McNaughta przewidywał liczby godziny niższe niż obserwowano potem w rzeczywistości, możemy oczekiwac niezły spektakl! Chociaż, tak prawdę mówiąc, spektaklu takiego mogą oczekiwac obserwatorzy w Azji i Zachodniej Australii, bo tam warunki do podziwiania deszczu Leonid będą najlepsze. Co prawda około 18 UT w Polsce jest już dostatecznie ciemno, aby rozpocząć obserwacje, problem jednak w tym, że radiant Leonid jest jeszcze wciąż pod horyzontem. Tuż nad horyzontem pojawia się on dopiero przed godziną 21 UT. Możemy mieć nadzieję, że maksimum opóźni się trochę i także w Polsce będziemy mieli możliwość obejrzenia deszczu meteorów. Niestety, patrząc na lata 1999–2000, widać, że model Ashera i McNaughta przewiduje momenty maksimów z dokładnością kilkuminutową. Pośród rzędu dwóch godzin wydaje się więc mało prawdopodobny.

Model Ashera i McNaughta nie jest jednak jedynym, jaki mamy do dyspozycji. Wenezuelczyk Ignacio Ferrin przewiduje, że maksimum rzędu kil-

kuset meteorów na godzinę obejrzyjmy już 17 listopada o 16:30 UT. Peter Brown z Kanady sugeruje wystąpienie dwóch maksimów: pierwszego 18 listopada o 16:54 UT, a drugiego (ma być obfite w bolidy!) także tego dnia, ale o 11 UT. Niestety, żaden z tych momentów nie jest korzystny dla obserwatorów w Polsce. Pozostaje nam więc w maksimum Leonid wybrać się na przykład do Chin, Mongolii lub do USA. Z drugiej strony jednak Leonidy uwielbiają płatać niespodzianki i jeśli tylko pogoda dopisze, warto wyjść na obserwacje także w Polsce. Nawet w pesymistycznym przypadku aktywność rzędu kilkuset meteorów na godzinę jest w Polsce bardzo realna! Do wyjścia na obserwacje zachęca dodatkowo korzystny układ faz Księżyca z nowiem występującym 15 listopada.

Leonidy możemy obserwować w dniach 14–21 listopada. W maksimum radiant roju leży dokładnie w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne  $\alpha=153^\circ$  i  $\delta=+22^\circ$ . Leonidy są zjawiskami bardzo szybkimi i ich prędkość w naszej atmosferze wynosi aż 72 km/s.

## Geminidy

Wreszcie aktywny rój z warunkami do obserwacji idealnymi dla obserwatorów w naszym kraju. Maksimum roju wystąpi 14 listopada o godzinie 4 UT. W Polsce jest wtedy ciemno, radiant roju jest około 50 stopni nad horyzontem. Ponadto prawie dokładnie w tym samym momencie wystąpi nowy Księżyca. Jeśli tylko pogoda dopisze,

obserwatorzy prowadzący obserwacje w dobrych warunkach mogą liczyć na aktywność wyraźnie wyższą niż 100 meteorów na godzinę!

Geminidy możemy obserwować w dniach 7–17 grudnia. W maksimum radiant roju znajduje się bardzo blisko Kastora i ma współrzędne  $\alpha=112^\circ$  i  $\delta=+33^\circ$ . Geminidy są zjawiskami o średniej prędkości ( $V_\infty=33$  km/s).

## Ursydy

Bardzo ciekawy, lecz mało zbadany rój. Zimowe noce na półkuli północnej (skąd może być obserwowany ten rój) nie obfitują w pogodę, więc mamy bardzo mało informacji o zachowaniu Ursyd. W latach 1945 i 1986 rój popisał się bardzo wysoką aktywnością, wysokie maksima były także obserwowane w latach 1988 i 1994.

Meteory z roju Ursyd możemy obserwować w dniach 17–26 grudnia z maksimum występującym 22 grudnia. Radiant roju ma współrzędne  $\alpha=217^\circ$  i  $\delta=+76^\circ$ , nie schodzi więc w Polsce poniżej 38 stopni nad horyzontem. Doskonale nadaje się do obserwacji przez całą, bardzo długą o tej porze roku, noc. Ursydy są zjawiskami o średniej prędkości ( $V_\infty=33$  km/s).

Pierwsza kwadra Księżyca pokrywa się dokładnie z maksimum roju. Księżyca będzie więc przeszkadzać w obserwacjach tylko przed północą. Na szczęście przez cały wieczór świeci on na granicy gwiazdozbiorów Ryb i Wieloryba, znajdująca się około 30 stopni nad południowym horyzontem. Chcąc obserwować Ursydy, powinniśmy spoglądać prawie dokładnie na północ, wtedy nasz naturalny satelita zupełnie nie będzie wchodził w nasze pole widzenia.

## Zakończenie

Mam nadzieję, że udało mi się przekonać czytelników „Uranii-PA”, że rok 2001 jest bardzo dobrym rokiem do obserwacji meteorów. Wszystkich, których udało mi się zachęcić do wyjścia pod rozgwieżdżone niebo, zachęcam do kontaktu z Pracownią Komet i Meteorów pod adres: Arkadiusz Olech, ul. ks. T. Boguckiego 3/59, 01-508 Warszawa. Po przesłaniu znaczka pocztowego w cenie 1,20 zł gwarantujemy przesyłkę bezpłatnych materiałów do obserwacji.

Arkadiusz Olech



# OBSERWACJE ZAĆMIENIA KSIĘŻYCA

Całkowite zaćmienie Księżyca obok całkowitego zaćmienia Słońca należy do najbardziej spektakularnych zjawisk rozgrywających się na ziemskim niebie. Przeciętnie na każde trzy zaćmienia Słońca przypadają dwa zaćmienia Księżyca. Jednak z własnego doświadczenia wiemy, że to właśnie zaćmieni Księżyca mogliśmy więcej zaobserwować. Dzieje się tak, gdyż zaćmienia Księżyca widoczne są na całej półkuli Ziemi, podczas gdy zaćmienia Słońca widoczne są na znacznie mniejszym obszarze (zwłaszcza zaćmienia całkowite). Do zaćmienia Księżyca dochodzi wtedy, gdy nasz naturalny satelita znajdzie się w cieniu rzucanym przez Ziemię (Książyc jest wtedy w pełni). Można by się spodziewać, że podczas zaćmienia całkowitego tarcza Księżyca nie będzie widoczna. Jednak dzięki niewielkiej ilości światła słonecznego przechodzącego przez ziemską atmosferę możemy podziwiać piękną kolorystykę tarczy Księżyca — zależną od stanu ziemskiej atmosfery.

Na początku nowego tysiąclecia — 9 stycznia 2001 roku — natura sprawi nam właśnie taki niecodzienny spektakl. W jaki sposób można obserwować i uwiecznić zaćmienie Księżyca?

W zależności od posiadanej sprzątu obserwacyjnego możemy wykonać obserwacje wizualne, fotograficzne lub video.

Przebieg zaćmienia Księżyca można z powodzeniem obserwować nieuzbrojonym okiem.

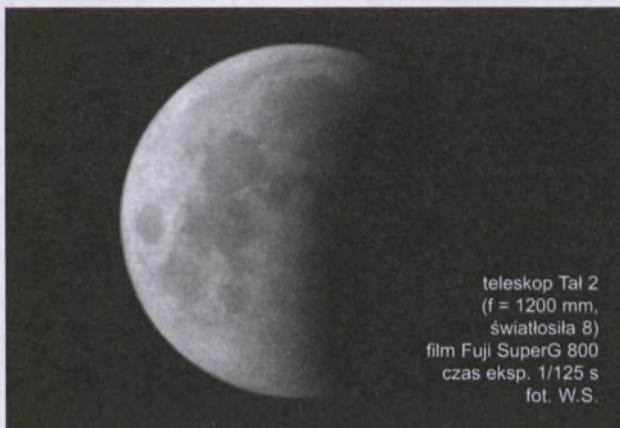
Jednak jeśli mamy dostęp do lornetki, lunety bądź też niewielkiego teleskopu, to taki sprzęt będzie najodpowiedniejszy do obserwacji zaćmienia Księżyca. Jeśli będziemy używać teleskopu, pamiętajmy o takim dobraniu okularu (powiększenia), aby w polu widzenia teleskopu mieściła się cała tarcza Księżyca. W celu zwiększenia komfortu obserwacji przy pomocy lornetki (np. 10×50, 15×50 lub 20×60) powinniśmy zamocować ją na statywie fotograficznym. Specjalny łącznik można kupić w sklepie lub wykonać samodzielnie.

Jeśli chcemy udokumentować przebieg zaćmienia na kli-  
szy fotograficznej, powinniśmy dysponować teleskopem lub teleobiektywem. Teleskop powinien mieć możliwość zamocowania aparatu fotograficznego w wyciągu okularowym (nie wszystkie teleskopy posiadają taką możliwość), a efektywna ogniskowa nie powinna przekraczać 2400 mm, gdyż w przeciwnym wypadku rozmiary Księżyca będą większe od rozmiarów klatki filmu małoobrazkowego (24×36 mm). Najlepsze rezultaty uzyskamy, stosując ogniskową 1200–2000 mm. Jeśli chcemy użyć teleobiektywu, to jego ogniskowa powinna wynosić co najmniej 300 mm. Idealne w tym celu są rosyjskie lustrzane teleobiektywy o ogniskowych 500 mm i 1000 mm (seria MTO i Rubin). Bardzo przydatnym elementem wyposażenia podczas fotografowania za pomocą teleobiektywu jest telekonwerter, który umożliwia zwiększenie efektywnej ogniskowej teleobiektywu. Powszechnie dostępne są telekonwertery o krotności 2× lub 3× (np. obiektyw o ogniskowej 200 mm + telekonwerter 2× = efektywna ogniskowa 400 mm). Na jakich materiałach

fotografować zaćmienie Księżyca? Przede wszystkim polecam negatywy, gdyż materiały pozytywowe (slajdy) mają znacznie mniejszą tolerancję na niedoświetlenia lub prześwietlenia, a dokładne ustalenie czasu ekspozycji jest bardzo trudne. Jasność Księżyca podczas fazy zaćmienia częściowego różni się znacznie od jasności podczas fazy całkowitej, toteż polecam fotografowanie na dwóch filmach różniących się czułością (100–200 ASA — zaćmienie częściowe; 800–3200 ASA — zaćmienie całkowite). Czasy ekspozycji zależą od światłosily użytego teleskopu lub teleobiektywu, fazy zaćmienia oraz czułości użytego filmu. Na ogół wynoszą ułamki sekund (1/250–1/30 sekundy) w przypadku zaćmienia częściowego oraz kilkanaście–kilkadziesiąt sekund podczas zaćmienia całkowitego. Należy podkreślić, że o ile do fotografowania zaćmienia częściowego Księżyca możemy użyć statywów fotograficznych lub montażu teleskopu bez mikroruchów, o tyle do fotografowania podczas całkowitego zaćmienia powinniśmy dysponować montażem z bardzo dokładnym prowadzeniem lub też wyposażonym w mechanizm zegarowy.

Osoby posiadające kamery video mogą pokusić się o zarejestrowanie przebiegu całego zaćmienia na taśmie video. Kamera powinna posiadać jak największe powiększenie optyczne (co najmniej 10×) lub być wyposażona w specjalny konwerter zwiększający powiększenie kamery. Przed rozpoczęciem filmowania pamiętajmy o wyłączeniu automatycznego ustawiania ostrości (AF: auto-focus), gdyż układy elektroniczne sterujące ustawianiem ostrości nie radzą sobie najlepiej z Księżycem (tzw. gubienie ostrości). W trybie ręcznej regulacji ostrości ustawiamy obiektyw w położeniu  $\infty$  (nieskończoność). Po zamocowaniu kamery na statywie rozpoczynamy nagrywanie, starając się kontrolować pozycję Księżyca w wizjerze. Im większego użyjemy powiększenia, tym częściej będziemy musieli korygować ustawienie kamery tak, aby Książyc był widoczny cały czas w kadrze. Pamiętajmy także, iż zaćmienie przypada podczas kalendarzowej zimy i jeśli przyroda dopisze prawdziwą (mroźną) zimą, to akumulatory kamery będą się szybko rozładowywać: warto zatem pomyśleć o zapasowych.

Wiesław Skórzyński



## Jeszcze raz detektor CCD

Niedawno (U-PA 1/2000) pisaliśmy o detektorach CCD rewolucjonizujących nie tylko techniki obserwacyjne astronomii. Upakowanie 4 milionów pikseli na jednej płytce pozwoliło na uzyskanie zdolności rozdzielczej przekraczającej  $2400 \times 1600$ , a więc lepszej niż tradycyjne klisze fotograficzne dobrej jakości. Postępujący równolegle rozwój drukarek atramentowych i laserowych pozwala na wydruk zdjęć o jakości zadowalającej nie tylko niedzielnych „pstrykaczy”, ale i wymagających fotografików. Każdy, kto oglądał dobry obraz na monitorze o zdolności rozdzielczej  $1024 \times 768$  (HighColor, VGA), może to ocenić. Poważne laboratoria fotograficzne przestały już inwestować w obróbkę chemiczną i intensywnie rozwijają komputerowe techniki obróbki zdjęć.

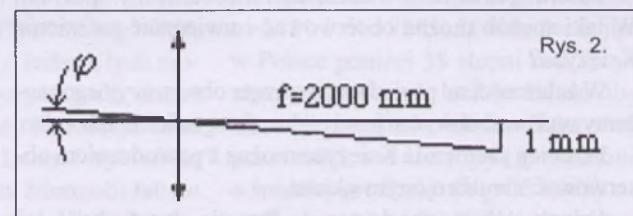
Wróćmy do astronomii. Marzeniem każdego miłośnika astronomii, posiadającego teleskop przystosowany do wykonywania zdjęć, jest dobry montaż z prowadzeniem teleskopu za ruchem dziennym sfery niebieskiej. Tymczasem detektory CCD pozwalają na długoczasową ekspozycję bez tego urządzenia. Jak to jest możliwe? Przypomnijmy sobie omówiony w poprzednim artykule sposób odczytu obrazu z detektora. Po naświetleniu (wykonaniu „zdjęcia”) elektryny we wszystkich kolumnach przesuwane są o jeden wiersz do góry. Elektryny z pierwszego wiersza w wyniku tej operacji znajdują się w dodatkowym wierszu zwanym rejestrem. Z rejestru przesuwane są do przetwornika analogowo-cyfrowego i po przetworzeniu ich ilości (ładunku) na zapis cyfrowy zapisywane np. w pamięci komputera. Operacja jest powtarzana aż do zapisania całego obrazu (wszystkich wierszy). Jeśli nasz komputer jest na tyle szybki, że może to wykonać w czasie, w jakim gwiazda przesuwa się do następnego piksela (teleskop jest nie-

ruchomy), można inaczej zaprogramować zapisywanie obrazu. Ustawienie detektora powinno tu spełniać warunek — wiersze muszą być równoległe do kierunku ruchu sfery niebieskiej.

Posłużymy się rysunkowym schematem, przyjmując dla uproszczenia, że nasz detektor jest tablicą zawierającą 16 pikseli ( $4 \times 4$ ). Również nie będziemy na naszym schemacie zapisywali liczby elektronów, a po prostu narysujemy gwiazdy o różnej wielkości (rys. 1).

Etap 1. Gwiazda przechodzi do przedostatniej (trzeciej) kolumny. Odczytywany jest zarejestrowany obraz i zapisywany w odpowiednim miejscu pamięci.

Etap 2. Gwiazda przechodzi do drugiej kolumny. Obraz jest zapisywany z pewnym „przesunięciem”, tak, że obraz wybranej w naszym przykładzie gwiazdy zapisywany jest na obrazie poprzednim. Oczywiście realizowana tu operacja jest postaci  $n = n + k$ , gdzie  $k$  aktualnie zarejestrowaną wielkością.



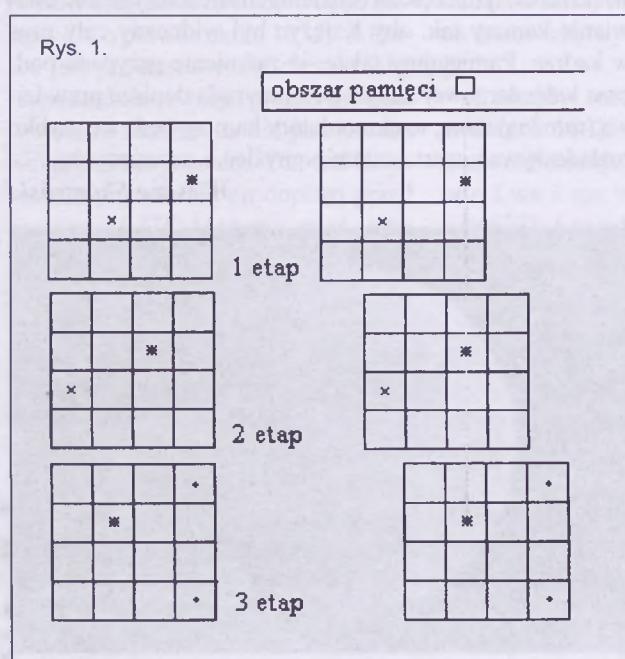
Rys. 2.

Kolejne etapy są powtórzeniem poprzedniego. Łatwo zauważymy, iż efektywny „czas naświetlania” naszej gwiazdy jest równy czasowi jej przejścia przez cały detektor. Nie jest to wiele, ale przy dużej wydajności kwantowej detektora daje możliwość siegnięcia do dość słabych obiektów.

Zauważmy jeszcze jedno. Po przejściu naszej gwiazdy przez detektor nie musimy kończyć ekspozycji. Jeśli ją przedłużymy, zarejestrujemy obraz wąskiego, ale niemal dowolnie długiego wycinka sfery niebieskiej. I to jest nawet ważniejsze (przynajmniej z punktu widzenia zawodowych astronomów). Aby dokładniej zdać sobie sprawę z możliwości przedstawionej metody nazywanej rejestracją skaningową, dokonajmy paru prostych oszacowań.

Przypomnijmy, że dysponujemy teleskopem o średnicy 30 cm i efektywnej ogniskowej 2 m. W tej sytuacji 1 mm w płaszczyźnie ogniskowej (rys. 2) odpowiada ok. 100 sekundom łuku ( $\phi = \text{arc tg } 1/2000$ ). Weźmy pod uwagę najmniej korzystną sytuację — fotografujemy obszar na równiku niebieskim. Obiekty na równiku poruszają się z prędkością kątową  $15''/\text{s}$ . Wynika stąd, że obraz gwiazd przemieszcza się po detektorze o jeden milimetr w czasie niespełna 7 s. Jeśli nasz detektor ma wymiary  $20 \times 20$  mm, uzyskujemy efektywny czas ekspozycji nieco ponad dwie minuty. Widzimy też, że przy przyjętych wymiarach detektora, postępując konwencjonalnie, zarejestrowalibyśmy wycinek sfery o wymiarach zaledwie ok. 0,5 na 0,5 stopnia (20 mm razy  $100''$ ).

**Juliusz Domański**





W dwóch artykułach p. Juliusza Domańskiego omówiona została zasada działania detektorów CCD i możliwość wykorzystania ich właściwości do fotografowania nieba nieruchomym teleskopem. Z kolei w poprzednim zeszycie „Uranii-PA” zamieściliśmy tekst p. Jarosława Czai, opisujący zastosowanie kamery CCD do fotografowania gwiazd w praktyce. Na tej stronie prezentujemy zdjęcia wykonane w Obserwatorium Astronomicznym LO im. M. Kopernika w Kołobrzegu (na zdjęciu obok) w ramach zajęć Klubu Astronomicznego SATURN, których opiekunami są panowie: dr Stefan Kuna i mgr Tadeusz Gauer. Do wykonania tych zdjęć posłużyła kamera CCD SBIG ST-5 dołączona do teleskopu Zeiss Cassegrain 150/2250 mm. Kamera w normalnym trybie pracy posiada  $320 \times 240$  pikseli o rozmiarze 10 mikronów każdy. Autorzy układają mozaiki kilku lub kilkunastu zdjęć, aby uzyskać większe pole widzenia. Czas ekspozycji pojedynczych zdjęć powierzchni Księżyca wynosi 0,05 s. Ponadto, przy opracowywaniu poszczególnych zdjęć (z wyjątkiem mozaiki Księżyca poniżej po lewej stronie) posłużono się algorytmem znany jako „Maximum Entropy Deconvolution”.



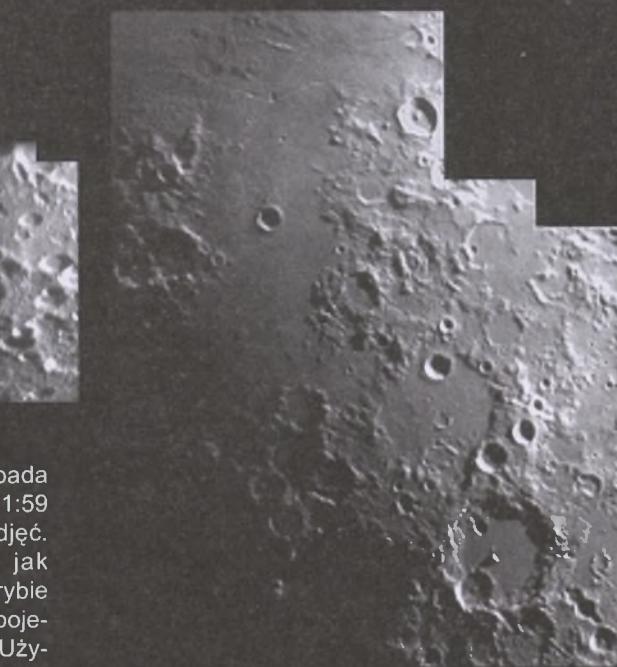
Pierwsza mozaika zdjęć (po lewej) przedstawia kratery, poczynając od górnej części zdjęcia: Ptolemeusz, Alphonsus, Alpetragius, Arzachel, Thebit, Purbach, Deslandres, Heli, Lexell, Huggins, Maginus.  
(6 marca 1998, godz. 19:36 UT)



Druga mozaika (po prawej) przedstawia okolice krateru Hipparchus (górną część zdjęcia). Ten sam krater widzimy również w prawej dolnej części zdjęcia prezentowanego niżej.  
(12 lutego 2000, godz. 17:40 UT)



Obraz Jowisza wykonano 19 listopada 2000 roku (pocz. sekwencji godz. 21:59 UT). Jest to efekt nałożenia 27 zdjęć. Kamera pracowała identycznie jak w przypadku zdjęć Księżyca, tj. w trybie  $320 \times 240$  pikseli. Czas ekspozycji pojedynczego zdjęcia był równy 0,01 s. Użyto soczewki Barlowa 1,3x.



Zdjęcie Mgławicy M57 powstało ze złożenia 15 zdjęć o czasie ekspozycji równym 1 minucie dla każdego z nich, co zdecydowanie podniósł stosunek sygnału do szumu. Zdjęcie wykonano 8 czerwca 2000 roku, początek sekwencji 22:46 UT. Kamera, w przypadku obiektów słabych, pracuje w systemie o większej czułości, co sprawia, że do pracy przy rozmiarze pojedynczego piksela równym 20 mikronów i rozmiarze detektora zaledwie  $160 \times 120$  pikseli!

## Marzec

### Słońce

W punkcie równonocy wiosennej znajdzie się w tym roku 20 marca o 13<sup>h</sup>31<sup>m</sup>. Punkt ten nosi historyczną nazwę „punktu Barana” (zaczyna się od niego zodiakalny znak Barana) i spełnia bardzo ważną rolę w astronomii: od niego mierzy się na niebie współrzędne kątowe: rektascensję i długość ekiptyczną. 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<sup>h</sup>22<sup>m</sup>, zachodzi o 16<sup>h</sup>15<sup>m</sup>, a 31 marca wschodzi o 4<sup>h</sup>13<sup>m</sup>, zachodzi o 17<sup>h</sup>08<sup>m</sup>. W marcu Słońce wstępnie w znaku Barana.

### Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> UT)

Data 2001	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
III 1	-21,55	-7,22	160,38
3	-22,04	-7,24	134,04
5	-22,51	-7,25	107,69
7	-22,95	-7,25	81,34
9	-23,36	-7,24	54,99
11	-23,75	-7,23	28,63
13	-24,11	-7,20	2,27
15	-24,44	-7,17	335,91
17	-24,75	-7,12	309,55
19	-25,03	-7,07	283,19
21	-25,28	-7,01	256,82
23	-25,51	-6,94	230,45
25	-25,70	-6,87	204,08
27	-25,87	-6,78	177,70
29	-26,01	-6,69	151,33
III 31	-26,13	-6,59	124,94

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B<sub>0</sub>, L<sub>0</sub> — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

13<sup>h</sup>04<sup>m</sup>08<sup>s</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°

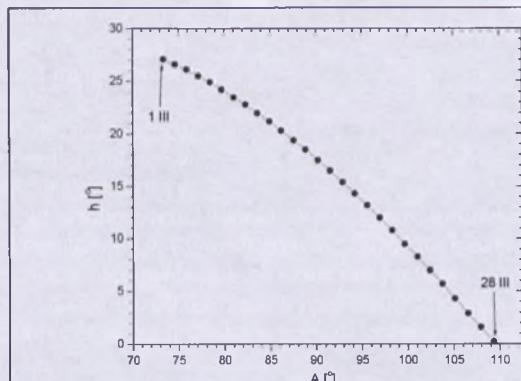
### Księżyc

Bezksiążcowe noce będziemy mieli pod koniec miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra 3<sup>d</sup>02<sup>h</sup>03<sup>m</sup>, pełnia 9<sup>d</sup>17<sup>h</sup>23<sup>m</sup>, ostatnia kwadra 16<sup>d</sup>20<sup>h</sup>45<sup>m</sup> i nów 25<sup>d</sup>01<sup>h</sup>21<sup>m</sup>. W perigeum Księżyca znajdzie się w dniu 8 marca o 8<sup>h</sup>56<sup>m</sup>, a w apogeum 20 marca o 11<sup>h</sup>26<sup>m</sup>.

### Planety i planetoidy

Merkury znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Wieczorem coraz niżej nad zachodnim horyzontem widoczna jest Wenus jako „Gwiazda Wieczorna” o jasności –4,5<sup>m</sup>. Wysokość planety nad horyzontem pod koniec zmierzchu cywilnego (Słońce 7° pod horyzontem) w ciągu miesiąca spada od 27° na początku miesiąca do 10° w dniu 21 marca. Pod koniec miesiąca planeta „przechodzi” na niebo poranne. Przez teleskop możemy obserwować tarczę



Rys. 1. Wenus nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w marcu 2001 pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca).

Wenus o bardzo małej fazie (na początku marca zaledwie 20%) i średnicy zbliżającej się do minuty łuku, co czyni planetę interesującym obiektem obserwacyjnym.

Mars jest widoczny w drugiej połowie nocy na granicy gwiazdozbiorów Skorpiona i Wężownika jako „gwiazda” o jasności 0<sup>m</sup>. Średnica tarczy planety pod koniec miesiąca osiąga 10'', co umożliwia obserwacje szczegółów na jej powierzchni (np. południowej czapy biegunowej) przez teleskopy amatorskie.

Wieczorem, wysoko nad południowo-zachodnim horyzontem w gwiazdozbiorze Byka widoczny jest Jowisz jako obiekt o jasności –2,2<sup>m</sup>. Także w gwiazdozbiorze Byka, 9° poniżej Jowisza znajdziemy Saturna jako „gwiazdę” o jasności 0,2<sup>m</sup>.

Uran i Neptun przebywają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Pluton widoczny jest w drugiej połowie nocy w gwiazdozbiorze Wężownika, jednakże jego jasność wynosi jedynie 13,8<sup>m</sup> i do jego zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

W marcu w pobliżu opozycji nie znajdują się żadne jasne planetoidy.

\*\*\*

1<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odl. 2°.

2<sup>d</sup>00<sup>h</sup>19<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>)

2<sup>d</sup>09<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżycem w odl. 3°.

2<sup>d</sup>17<sup>h</sup>39<sup>m</sup> Księżyca III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.

2<sup>d</sup>20<sup>h</sup>40<sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.

2<sup>d</sup>22<sup>h</sup>13<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

2<sup>d</sup>22<sup>h</sup>59<sup>m</sup> Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.

3<sup>d</sup>22<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

4<sup>d</sup>16<sup>h</sup>37<sup>m</sup> Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.

4<sup>d</sup>19<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.

4<sup>d</sup>19<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

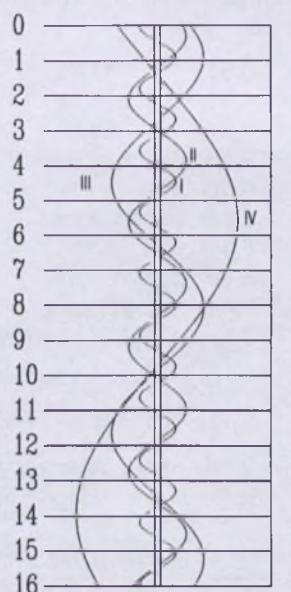
4<sup>d</sup>20<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.

4<sup>d</sup>21<sup>h</sup>51<sup>m</sup> Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

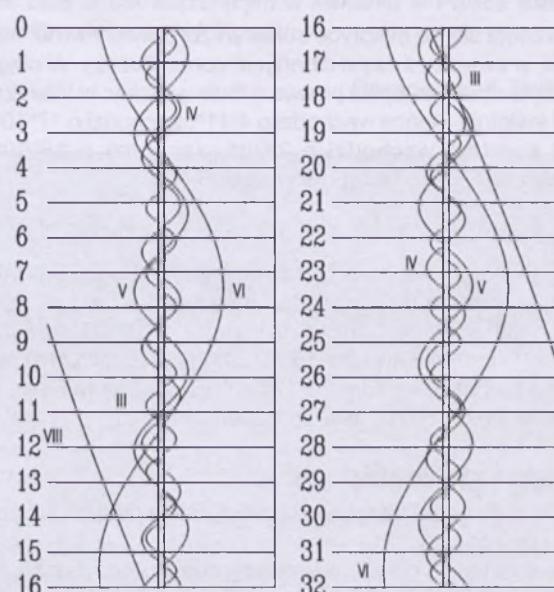
5<sup>d</sup>17<sup>h</sup>20<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

5<sup>d</sup>18<sup>h</sup>39<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 5<sup>d</sup>19<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 5<sup>d</sup>20<sup>h</sup>51<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 6<sup>d</sup>21<sup>h</sup>52<sup>m</sup> [Szczecin] — 22<sup>h</sup>04<sup>m</sup> [Lublin]: w zależności od położenia obserwatora w Polsce). Zakrycie gromady otwartej Praesepe M44 (3,1<sup>m</sup>) przez ciemny brzeg Księżyca (widoczne w całej Polsce).  
 6<sup>d</sup>16<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 6<sup>d</sup>18<sup>h</sup>07<sup>m</sup> Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 7<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.  
 7<sup>d</sup>10<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Wenus nieruchoma w rektascensji.  
 8<sup>d</sup>18<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).  
 9<sup>d</sup>19<sup>h</sup>26<sup>m</sup> Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.  
 9<sup>d</sup>21<sup>h</sup>47<sup>m</sup> Księżyca III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 10<sup>d</sup>10<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Uranem w odległości 0,1°.  
 11<sup>d</sup>06<sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca równej 28°.  
 11<sup>d</sup>19<sup>h</sup>20<sup>m</sup> Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.  
 11<sup>d</sup>21<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 11<sup>d</sup>21<sup>h</sup>56<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.  
 11<sup>d</sup>22<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.  
 12<sup>d</sup>17<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 12<sup>d</sup>19<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 12<sup>d</sup>20<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 12<sup>d</sup>21<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>16<sup>h</sup>43<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 13<sup>d</sup>16<sup>h</sup>44<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

13<sup>d</sup>17<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>19<sup>h</sup>14<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>20<sup>h</sup>2<sup>m</sup> Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 14<sup>d</sup>17<sup>h</sup>16<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 15<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.  
 15<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odległości 2°.  
 16<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżykiem w odległości 8°.  
 18<sup>d</sup>02<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 18<sup>d</sup>17<sup>h</sup>11<sup>m</sup> Pluton nieruchomy w rektascensji.  
 18<sup>d</sup>21<sup>h</sup>46<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).  
 18<sup>d</sup>22<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.  
 19<sup>d</sup>21<sup>h</sup>16<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>08<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odległości 2°.  
 20<sup>d</sup>13<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Barana, jego długość eklipsyczna wynosi wtedy 0°; mamy początek wiosny astronomicznej i zrównanie dnia z nocą.  
 20<sup>d</sup>16<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>18<sup>h</sup>33<sup>m</sup> Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>18<sup>h</sup>46<sup>m</sup> Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>19<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>19<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 20<sup>d</sup>21<sup>h</sup>08<sup>m</sup> Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.  
 20<sup>d</sup>21<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 20<sup>d</sup>21<sup>h</sup>57<sup>m</sup> Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.



Rys. 2. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w marcu 2001 (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. 3. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w marcu 2001 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Titan, VIII – Iapetus). Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.

- 21<sup>d</sup>14<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odl. 3°.  
 21<sup>d</sup>16<sup>h</sup>59<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 21<sup>d</sup>17<sup>h</sup>58<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 21<sup>d</sup>19<sup>h</sup>11<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 22<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odl. 2°.  
 23<sup>d</sup> Księżyk Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.  
 26<sup>d</sup>18<sup>h</sup>03<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5°).  
 27<sup>d</sup>18<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.  
 27<sup>d</sup>19<sup>h</sup>36<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 27<sup>d</sup>20<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.  
 27<sup>d</sup>20<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>17<sup>h</sup>45<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>18<sup>h</sup>55<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>19<sup>h</sup>58<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 28<sup>d</sup>21<sup>h</sup>07<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 29<sup>d</sup>01<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6°).  
 29<sup>d</sup>04<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odl. 2°.  
 29<sup>d</sup>18<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 29<sup>d</sup>19<sup>h</sup>08<sup>m</sup> Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.  
 29<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odl. 2°.  
 30<sup>d</sup>04<sup>h</sup> Wenus w koniunkcji dolnej ze Słońcem.  
 31<sup>d</sup> Księżyk Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

## Kwiecień

### Słońce

Wznosi się po ekiptyce 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<sup>h</sup>11<sup>m</sup>, zachodzi o 17<sup>h</sup>10<sup>m</sup>, a 30 kwietnia wschodzi o 3<sup>h</sup>08<sup>m</sup>, zachodzi o 18<sup>h</sup>00<sup>m</sup>. W kwietniu Słońce wstępnie w znaku Byka.

### Księżyce

Bezksiążycowe noce będącymi mieli w drugiej połowie kwietnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra 1<sup>d</sup>10<sup>h</sup>49<sup>m</sup>, pełnia 8<sup>d</sup>03<sup>h</sup>22<sup>m</sup>, ostatnia kwadra 15<sup>d</sup>15<sup>h</sup>31<sup>m</sup>, nów 23<sup>d</sup>15<sup>h</sup>26<sup>m</sup> i ponownie pierwsza kwadra 30<sup>d</sup>17<sup>h</sup>08<sup>m</sup>. W perygeum Księżyca znajdzie się 5<sup>d</sup>10<sup>h</sup>05<sup>m</sup>, a w apogeum 17<sup>d</sup>06<sup>h</sup>07<sup>m</sup>.

### Planety i planetoidy

Merkury nadal znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Nad ranem w ciągu miesiąca możemy próbować zaobserwować Wenus bardzo powoli wznoszącą się nad wschodnim horyzontem. Planeta (o jasności -4,5°) pod koniec kwietnia na początku świtu cywilnego (godzinę przed wschodem Słońca) osiąga wysokość zaledwie 4° nad horyzontem, w związku z czym jej warunki obserwacji są bardzo niekorzystne.

Mars jest widoczny w drugiej połowie nocy na granicy gwiazdozbiorów Wężownika i Strzelca. W związku ze zbliżaniem się planety do opozycji rośnie zarówno jej jasność, jak i średnica tarczy, osiągając pod koniec miesiąca odpowiednio -1<sup>m</sup> i 14" (przy wyraźnej fazie równej 90%). Umożliwia to obserwacje szczegółów powierzchniowych już przez niewielkie teleskopy amatorskie.

Warunki obserwacji Jowisza pozostają analogiczne jak w marcu, jednak jego wysokość nad zachodnim, wieczornym horyzontem w ciągu miesiąca maleje z 39° do 18° (około godzinę po zachodzie Słońca). Podobnie wysokość Saturna nad horyzontem maleje w ciągu miesiąca od 31° do zaledwie 8°, co pod koniec kwietnia czyni planetę obiektem trudnym do obserwacji. W tym samym czasie odległość kątowa obu planet od siebie wzrasta do 13°.

Uran i Neptun nadal pozostają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Pluton nadal widoczny jest w drugiej połowie nocy jako obiekt o jasności 13,8°.

W kwietniu w pobliżu opozycji nadal nie znajdują się żadne jasne planetoidy:

\* \* \*

- 2<sup>d</sup>22<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5°).  
 4<sup>d</sup>19<sup>h</sup>45<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 4<sup>d</sup>20<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 5<sup>d</sup>20<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 6<sup>d</sup>17<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 7<sup>d</sup>19<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> czasu UT)

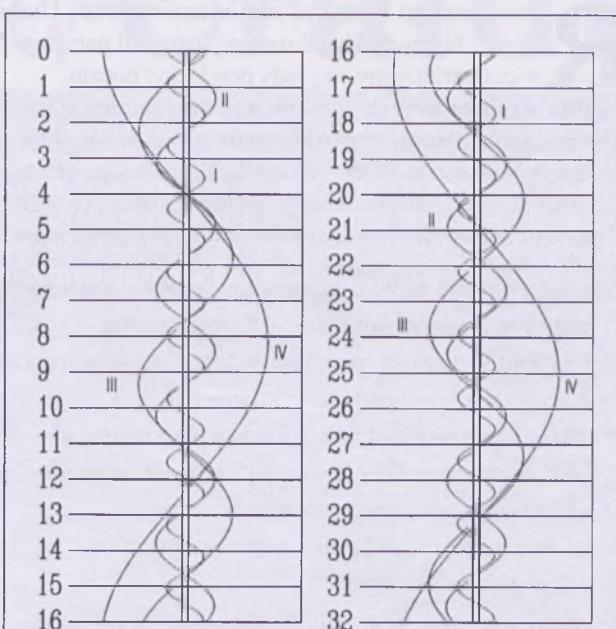
Data	2001	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
IV	1	-26,17	-6,54	111,75
	3	-26,24	-6,43	85,36
	5	-26,28	-6,31	58,97
	7	-26,29	-6,18	32,58
	9	-26,27	-6,05	6,18
	11	-26,23	-5,90	339,78
	13	-26,15	-5,76	313,38
	15	-26,05	-5,60	286,97
	17	-25,91	-5,44	260,57
	19	-25,75	-5,28	234,15
	21	-25,55	-5,10	207,74
	23	-25,33	-4,93	181,32
	25	-25,08	-4,74	154,90
	27	-24,79	-4,55	128,47
IV	29	-24,48	-4,36	102,05
V	1	-24,14	-4,16	75,62

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B<sub>0</sub>, L<sub>0</sub> — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

9<sup>d</sup>11<sup>h</sup>14<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

- 9<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 9°.  
 10<sup>d</sup>02<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m).  
 12<sup>d</sup>10<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżykiem w odl. 9°.  
 12<sup>d</sup>19<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.  
 12<sup>d</sup>19<sup>h</sup>51<sup>m</sup> Początek zakrycia II księżyca Jowisza (Europy) przez tarczę planety.  
 13<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odl. 1°.  
 13<sup>d</sup>11<sup>h</sup>11<sup>m</sup> Wenus nieruchoma w rektascensji.  
 13<sup>d</sup>18<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>19<sup>h</sup>28<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>22<sup>h</sup>39<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m).  
 14<sup>d</sup>18<sup>h</sup>55<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 14<sup>d</sup>19<sup>h</sup>19<sup>m</sup> Księżyce III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 14<sup>d</sup>20<sup>h</sup>43<sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.  
 16<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odl. 3°.  
 17<sup>d</sup>23<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odl. 3°.  
 20<sup>d</sup>00<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Byka, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 30°.  
 20<sup>d</sup>18<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>19<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>20<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 20<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odl. 9°.  
 21<sup>d</sup>18<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 21<sup>d</sup>18<sup>h</sup>57<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 21<sup>d</sup>19<sup>h</sup>48<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 23<sup>d</sup>08<sup>h</sup> Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.  
 23<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odl. 5°.  
 25<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odl. 1°.  
 26<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odl. 2°.  
 28<sup>d</sup>20<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 30<sup>d</sup>01<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m).



Rys. 4. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w kwietniu 2001 (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.

30<sup>d</sup>19<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Koniec zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

**UWAGA:** Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby otrzymać datę w obowiązującym w marcu w Polsce „czasie zimowym”, należy dodać 1 godzinę, aby otrzymać datę w obowiązującym w kwietniu w Polsce „czasie letnim”, należy dodać 2 godziny.

Opracował T. Ścieżor

## INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

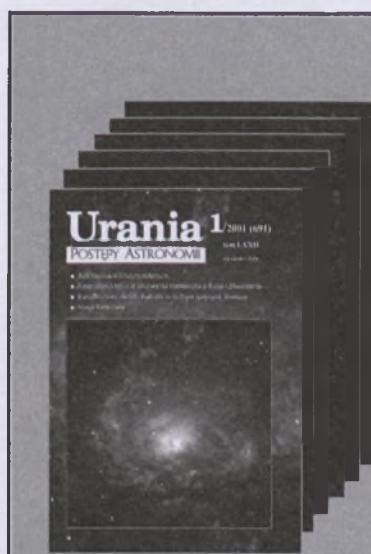
Prenumerata na rok 2001 (6 zeszytów) kosztuje 36 zł (zagraniczna 50 zł). Cena pojedynczego zeszytu 7,50 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne  
 BIG Bank Gdańsk S.A. o/Toruń  
 Nr 11601612-6347-132

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii” i „Uranii-PA” udziela:

Karolina Wojtkowska  
 Centrum Astronomii UMK  
 ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)  
 tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

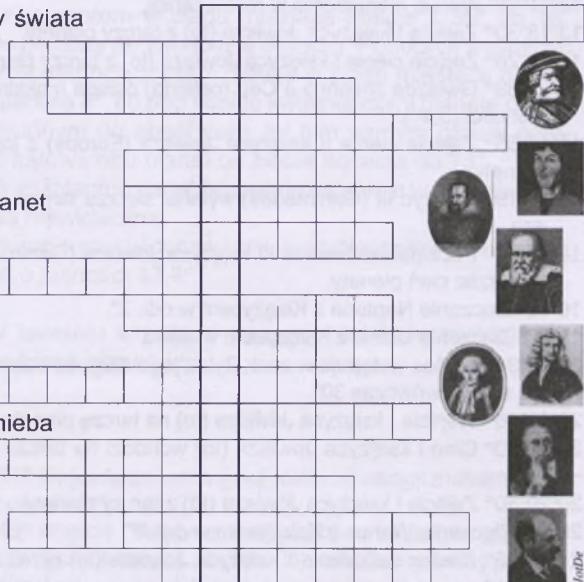


**R**ozwiązańkiem konkursu zamieszczonego w „Uranii-PA” nr 5/2000 jest hasło „A co jest cennego w słowach to myśl”. Nagrody książkowe wylosowali panowie: Wojciech Skaluba z Niemodlinu i Jarosław Pacek z Wadowic. Gratulujemy, nagrody prześlemy pocztą.

Tym razem należy, na podstawie podanych niżej opisów, odgadnąć nazwiska szesnastu wybitnych ludzi zasłużonych dla rozwoju astronomii w minionym tysiącleciu i wpisać je do diagramu obok. Rozwiązanie utworzą litery w zaznaczonych kratkach. Na rozwiązania czekamy do końca lutego br.

Uwaga: osoby, które nie są prenumeratorem „Uranii-PA”, aby wziąć udział w losowaniu nagrody, muszą dołączyć kupon konkursowy. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania pocztą elektroniczną.

- 1) twórca spójnej teorii mat. geocentrycznego systemu budowy świata
- 2) budowniczy obserwatorium w Samarkandzie
- 3) wprowadził do nauki nowożytnej teorię heliocentryczną
- 4) odkrył prawo swobodnego spadania ciał
- 5) odkrył 4 księżyce Saturna i budowę jego pierścieni
- 6) odkrywca związku między odległościami i okresami obiegu planet
- 7) odkrywca prawa powszechnego ciążenia
- 8) odkrywca i pierwszy badacz plam słonecznych
- 9) odkrył nutację osi Ziemi
- 10) autor pierwszej naukowej hipotezy kosmogonicznej
- 11) podał metodę wizualnej oceny jasności gw. zmiennych
- 12) inicjator statystycznych badań gwiazd w wybranych polach nieba
- 13) pionier spektroskopii gwiazdowej
- 14) autor ogólnej teorii względności
- 15) podał teorię równowagi promienistej atmosfer gwiazdowych
- 16) odkrył proces kwantowego promieniowania czarnych dziur



JoniDe

### Ciekawe adresy internetowe...

Dzisiejszy adres <http://www.stargazing.net/AstroTips/english/index.html> poprowadzi nas do strony zawierającej krótkie opisy programów astronomicznych (freeware i shareware) uznanych przez autora strony za na tyle interesujące, że umieścił je w swoim spisie. Oprócz zwyczajowego „What's New” autor proponuje bezpośredni przegląd około 80 najlepszych programów (z adresami odpowiednich stron) zgrupowanych w dziesięciu kategoriach (m.in. „Planetarium”, „Ephemeris”, „Photo&CCD”). Proponuje też dodatkową listę kilkudziesięciu odnośników, pod którymi można znaleźć wiele innych programów oraz ciekawych informacji (zgodnie z zasadą, że każdy dobry odnośnik prowadzi do następnych podobnych miejsc w sieci). Aktualizowanie stron internetowych wymaga dużej systematiczności i dlatego czasem możemy już nie dotrzeć do pojedynczych adresów lub zorientować się, że niektóre programy są już nie pierwszej młodości. (rs)

### Komunikat PTA

Uprzejmie informuję, że skład Jury Nagrody im. Włodzimierza ZONNA — „Za popularyzację wiedzy o Wszechświecie” na lata 2000/2001 jest następujący:

prof. Janusz Ziołkowski — przewodniczący, dr Krzysztof Ziołkowski, dr Jarosław Włodarczyk, dr Henryk Chruściała, dr Tomasz Kwast.

Członkowie PTA, Zarząd Główny PTMA oraz wszystkie Instytuty Astronomiczne w Kraju proszone są o zgłoszenie na ręce Pana przewodniczącego Jury (prof. J. Ziołkowski, CAMK, ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa) kandydatów do w/w nagrody (medalu) wraz z uzasadnieniem.

Termin składania propozycji upływa z dniem 31 stycznia 2001.

Z poważaniem

Adam Michalec, Sekretarz PTA

Trzy poniższe zdjęcia Jowisza i Saturna wykonał Artur Papaj kamerą internetową Philips Vesta 675 (rozdzielcość 640x480 pikseli) z teleskopem TAL-2 (15 cm, f/8) w Lubinie (woj. dolnośląskie) 24 września 2000 około północy. Warunki obserwacyjne nie były wówczas zbyt korzystne ze względu na duże drgania atmosfery. Zastosowana kamera pozwala na ręczne ustawienie parametrów ekspozycji: czas (1/25 s – 1/10000 s), jasność, kontrast, szum, dodatkowe zwiększenie czułości.

Parametry kolejnych zdjęć: 1/50 s, f=3800 mm, projekcja okularowa; 1/25 s, 2400 mm, telekonwerter 2x; 1/25 s, f=1200 mm, ognisko główne.

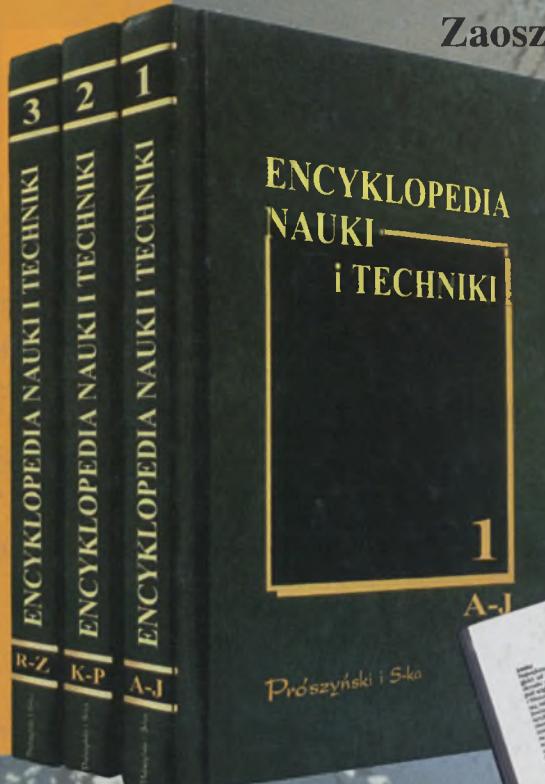
## Galeria Uranii

O tym, że mamy zimę, jeśli nie śnieg i temperatura, miłośnikom astronomii przypomina wieczorny widok „Psiej gwiazdy” — Syriusza. Poniższe zdjęcie zostało zatytułowane przez jego autora — Janusza Magdę — „Biegący pies” (02.03.2000, obiektyw standartowy, ekspozycja 20-minutowa na filmie Fuji 400).



To efektowne zdjęcie jasnego meteora znikającego za chmurami wykonał w dniu 25 października, ok. 40 minut po zachodzie Słońca, w Wałbrzychu Tomasz Pacan. Życzymy Wszystkim nie mniej udanych zdjęć w nowym roku!

## ZAPROSZENIE W XXI WIEK



- Około 8000 haseł i 1600 kolorowych ilustracji i zdjęć.
- Trzy tomy w twardej oprawie, każdy po prawie 800 stron.
- Zespół ponad 4000 autorów – zagranicznych i polskich – uczonych, noblistów, specjalistów w swych dziedzinach.
- Gruntowne omówienie wszystkich dziedzin nauk matematycznych i przyrodniczych.
- Podsumowanie osiągnięć techniki XX wieku i najnowszych technologii.
- Autorskie hasła pisane przystępnyim językiem.
- Tabele, zestawienia, wykresy, obszerna bibliografia...

Zaoszczędź 180 zł i wykup subskrypcję już dziś

# ENCYKLOPEDIA NAUKI I TECHNIKI

Jedyna w Polsce!!!

Trzytomowa i kolorowa!!

Najnowsza,  
godna zaufania,  
kompletna!



Cena tomu: 250 zł.

**W SUBSKRYPCJI  
TYLKO 190 ZŁ!**

Cena okładkowa kompletu: 750 zł.

**W SUBSKRYPCJI TYLKO 570 ZŁ!**

Wystarczy wypełnić kupon subskrypcyjny  
i wysłać pod adresem:

Prószyński i S-ka, Dział Promocji i Marketingu,  
ul. Garażowa 7, 02-651 Warszawa

Zamawiam i zobowiązuję się do odbioru za zaliczeniem pocztowym  
**ENCYKLOPEDII NAUKI I TECHNIKI** w trzech tomach.

Akceptuję terminy przesyłek: tom 1 w kwietniu, tom 2 we wrześniu, tom 3 w listopadzie 2001 r.  
oraz wysokość uiszczanych opłat: 250 zł przy odbiorze tomu 1,  
250 zł przy odbiorze tomu 2 i tylko 70 zł przy odbiorze tomu 3.

Imię i nazwisko (lub nazwa firmy)

Ulica, numer domu, numer mieszkania

Kod pocztowy

Miejscowość

Proszę o rachunek uproszczony

Firma jest płatnikiem VAT. Upoważniam Prószyńskiego i S-kę  
do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy

NIP

Data, podpis osoby uprawnionej

Prószyński i S-ka, Dział Promocji i Marketingu, ul. Garażowa 7, 02-651 Warszawa

**■ Tom 1 (A–J)  
– na przełomie  
marca i kwietnia 2001 r.**

**■ Tom 2 (K–P)  
– we wrześniu 2001 r.**

**■ Tom 3 (R–Z)  
– w listopadzie 2001 r.**

**Oferta ważna  
do 28 lutego 2001 r.  
(decyduje data  
stempla pocztowego).**

# Urania

2/2001 (692)

tom LXXII

marzec—kwiecień

POSTĘPY ASTRONOMII

- Jak wyglądają gwiazdy Wolfa-Rayeta?
- Szkice kosmogoniczne: Ewolucja czy katastrofa?
- Planetarium — od Anaksymandra do ADLIP-a
- Nowe księżyce Jowisza



**Ślady wody na Marsie?**



teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje

# Hubble-X



Na zdjęciu widzimy jądro obszaru powstawania gwiazd Hubble-X, położonego w galaktyce NGC 6822 — jednej z najbliższych sąsiadek Drogi Mlecznej (oddalonej o 500 kpc, czyli 1,63 mln l.szw.). Olbrzymie obłoki gazowe w tej mgławicy odkrył w roku 1881 E.E. Barnard, zas pierwszej fotograficznej ich analizy dokonał w roku 1925 Edwin P. Hubble za pomocą 2,5-metrowego teleskopu obserwatorium na Mt. Wilson („X” to po prostu dziesiąta pozycja według rzymskiej numeracji, którą wówczas zaproponowano). Obraz z teleskopu kosmicznego obejmuje wewnętrzną część obłoku, o rozmiarach ok. 110 l.szw. Sama tylko centralna gromada zawiera kilka tysięcy masywnych gwiazd o wieku nie przekraczającym 4 mln lat. Zdjęcie uzyskano 7 września 1997 r. za pomocą kamery WFPC2 z filtrami  $H_{\alpha}$  (barwa czerwona), [OIII] (barwa zielona) i  $H_{\beta}$  (barwa niebieska).

Fot. NASA, Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

# Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Niebo pierwszych tygodni 2001 roku dostarczało nam niezapomnianych wrażeń. Już w dniu 9 stycznia przeżywaliśmy pierwsze w tym wieku całkowite zaćmienie Księżyca. W drugiej połowie stycznia i w lutym mogliśmy poszukiwać Merkurego nisko nad zachodnim horyzontem. Wyżej na zachodzie świeciła przepięknym blaskiem Wenus, a trochę bardziej na wschód, wysoko nad południowym horyzontem, w gwiazdozbiorach Barana i Byka rzucały się nam w oczy Jowisz i Saturn. Obie te wielkie planety w ciągu ostatnich paru miesięcy znacznie powiększyły liczbę swych znanych satelitów. Już w drugiej połowie nocy, w Wadze, mogliśmy śledzić drogę Marsa, a przed świtem próbować odnaleźć Plutona. Tego ostatniego oczywiście tylko przy pomocy teleskopu. Z planet jedynie Uran i Neptun pozostawały poza możliwością obserwacji, bo znajdowały się na niebie w pobliżu Słońca. A gdy wśród tych planet przemieszczał się, zmieniając swój kształt i wygląd, Księżyca, to ten niebieski spektakl był naprawdę bajeczny! A do tego na połowę lutego przewidziane jest spotkanie sondy NEAR-Shoemaker z planetką Eros!

Do spektaklu na niebie dopasowały się w tym czasie różne imprezy astronomiczne w naszej Ojczyźnie. Sam uczestniczyłem w pięknym Festiwalu Astronomicznym w Gdańsku z okazji 390 rocznicy urodzin astronoma królewskiego Jana Heweliusza (str. 85). Obchody z okazji kolejnej rocznicy urodzin Kopernika w Toruniu przeistaczają się w 4 dniowy „Festiwal Nauki i Sztuki”, w programie którego przewidzianych jest przeszło 100 imprez naukowych: wykładów, dyskusji panelowych, pokazów pracowni naukowych Uniwersytetu (w tym Obserwatorium w Piwnicach z pokazem ciał niebieskich przez teleskopy i rzeczywistych obserwacji radioteleskopem 32 m) itp. Mam nadzieję, że już po zakończeniu Festiwalu, w następnym numerze, opowiem Państwu o jego przebiegu. Podobnie jak o nowym teleskopie Uniwersytetu Opolskiego.

Tymczasem oddajemy w ręce naszych Czytelników zeszyt 2/2001. Rozpoczyna go artykuł dra Andrzeja Niedzielskiego z Torunia o tym, jak wyglądają jedne z najgorętszych gwiazd — gwiazdy Wolfa-Rayeta. Nie, nie obserwował Autor bezpośrednio powierzchni tych gwiazd, ale wyciąga wnioski z ich obserwacji spektroskopowych. Następnie dr hab. Honorata Korpikiewicz z Poznania wprowadza nas w zagadnienia rozwoju idei o powstawaniu naszego Układu Słonecznego. W następnym numerze będziemy kontynuowali ten temat. W bieżącym roku przypada 45 rocznica działalności Planetarium Śląskiego. Mgr Stefan Janta z Chorzowa przypomina nam z tej okazji historię rozwoju aparatury, która może przybliżyć nam wygląd i ruchy prawdziwego gwiazdowego nieba z Księżykiem, Słońcem i planetami oraz zjawiska między nimi zachodzące. Przy okazji zdradza marzenia załogi swojej placówki.

Bogata i ciekawa jest w tym numerze Galeria Mgławic Messiera prowadzona przez dra Krzysztofa Rochowicza. Wiesław Skórzyński radzi, jak obserwować mgławice — jego porady obserwacyjne są już dostępne na naszych stronach internetowych. Bogaty jest też w tym numerze dział Rozmaitości. Mówimy w nim m.in. o odkryciu nowych księżyców Jowisza (K.Ziołkowski), o nowym wyznaczeniu stałej grawitacji G (T.Jarzębowski), o planach badań Układu Słonecznego w pierwszej dekadzie tego wieku (J.Kruk) i o bolidle Morávk (T. Ściążor).

W wydarzeniach krajowych odnotowujemy relację z wyprawy na całkowite zaćmienie Księżyca i wspomniany wyżej Festiwal Astronomiczny w Gdańsku. W Recenzjach omawiamy świeżo wydaną książkę prof. H. Hurnika z Poznania „Instrumenty obserwacyjne astrometrii — od gnomonu do CCD i interferometru optycznego” oraz program komputerowy „SkyMap Pro 7.0”. W Astronomii w Szkole dzielimy się doświadczeniami mgr Lidii Kosiorek z Olsztyna w poszukiwaniu przyszłych badaczy Marsa i uwagami dra inż. Andrzeja Marksza na temat pojęcia „grawitacja”. W Elementarzu Uranii mówimy o gęstości w różnych obiektach i miejscach Wszechświata. Kalendarzyk Astronomiczny, już na maj i czerwiec, jak zwykle opracował dr Tomasz Ściążor.

Na stronach kolorowych przede wszystkim polecamy przepiękne zdjęcia powierzchni Marsa wykonane przez sondę Mars Global Surveyor.

Życzę Państwu ciekowej lektury

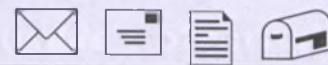
Toruń, luty 2001 roku



*Andrzej Woszczyk*



Andrzej Woszczyk



Szanowny Panie Profesorze,

Od dłuższego już czasu intyguje mnie problem budowy wewnętrznej Kallisto. Dokładniej, na początku roku 1998 uważałem, że moment bezwładności tego księżyca jest zbliżony do momentu bezwładności jednorodnej kuli (co oznacza stosunek momentu bezwładności do iloczynu masy razy promień do kwadratu równy ok. 0,4), o czym przekonywała mnie wartość opublikowana w „Nature” (6 listopada 1998 tom 390 str. 23). Efektem tego przekonania było zaświadczenie użyte w jednej z Olimpiad Astronomicznych. Pod wpływem artykułu w „Science” (1 października 1999 tom 286 str. 77) zmieniłem zdanie, zaczynając uważać, że Kallisto ma budowę powłokową ze stosunkiem momentu bezwładności do iloczynu  $m r^2$  równym  $0,359 \pm 0,005$ , czego efektem był artykuł w „Młodym Techniku” (marzec 2000). Oczywiście przyczyną zmiany zdania było wyraźne stwierdzenie w „Science” o zmianie poglądów spowodowanej nowymi danymi. Mój spokój sumienia został jednak następnie zaburzony spotykanym u ludzi, których mogę podejrzewać o kompetencję w tym zakresie, twierdzeniem o momencie bezwładności Kallisto zbliżonym do jednorodnej kuli (lub równoważnym twierdzeniem, iż księżyc ten nie był nigdy przetopiony). Do pewnego stopnia poczuwam się do obowiązku wyjaśnienia problemu, jako że podpisałem opublikowany tekst na ten temat, a problem (podobnie chyba jak większość popularyzatorów) znam „z drugiej ręki”. Tym samym mój niepokój wzrósł, gdy spotykałem to samo twierdzenie w najnowszej „Uranii” (1/2001). Byłyby więc zadawolony, gdyby udało się problem ostatecznie wyjaśnić. Wątpliwości wynikają stąd, że publikowana w „Uranii” tabela w zakresie momentu bezwładności wydaje się powtarzać dane z „Nature” a więc starsze. Tym samym chciałbym prosić o wyjaśnienie (np. u autora artykułu) tej kwestii.

Z wyrazami szacunku

**Jerzy Kuczyński**  
Planetarium Śląskie

#### Odp. autora

W rzeczy samej, obliczony na podstawie nowszych danych grawimetrycznych bezwymiarowy moment bezwładności Kallisto ma mniejszą wartość od tej prezentowanej w tabeli zawartej w artykule „Europa, Ganimedes, Kallisto – lodowe księżyce Jowisza”. Wskazuje to oczywiście na rozwarstwienie wnętrza satelity. Ponadto, rozważania modelowe budowy wewnętrznej księżyca bazujące na występowaniu pod jego lodową skorupą wodnego oceanu, wskazują na obecność w centrum stosunkowo dużego jądra składającego się głównie z krzemianów. Nad nim powinien znajdować się „plaszcz” będący mieszaniną w różnych proporcjach skał i lodu, zwieńczony około trzystkilometrową lodową skorupą. Słony ocean, o którym wnioskuje się na podstawie obserwacji słabego pola magnetycznego, należałoby ulokować na granicy tych dwóch ostatnich warstw. Jak przypuszcza się, sporych rozmiarów skalne wnętrze powinno dostarczyć wystarczającej ilości ciepła pochodzącego z rozpadu izotopów radioaktywnych, aby zapobiec w przeszłości całkowitemu zamarszczeniu płynnej wody. Naturalnie, z biegiem czasu takie źródło energii cieplnej stopniowo wygasza, jednak przy odpowiednim dobiorze parametrów budowy wnętrza, okazuje się, iż Kallisto była w stanie utrzymać cienką warstwę  $H_2O$  przez ostatnie 4,5 miliarda aż do chwili obecnej w stanie płynnym.

Gracjan Maciejewski

\*\*\*

W numerze „Uranii” 1/2001 pan Włodzimierz napisał o tym, że pan prof. KONRAD RUDNICKI na szkole kosmologicznej podkreślał znaczenie teorii heliocentrycznej Kopernika. Nie zgadzam się z tym. Też słyszałem ten wykład i profesor mówił wręcz, że porządek kopernikański nie był taki istotny, bo przecież został po ok. 100 latach zreformowany przez Keplera. Profesor podkreślał znaczenie zasady kosmologicznej Koperni-

#### 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!**

**Kupię  
Sprzedam  
Zamienię  
Nawiążę kontakt...**

Cena do uzgodnienia. Tel (032) 3333600, prosić Michała, lub e-mail quiditetur@ahoj.pl

**Sprzedam** oprogramowanie astronomiczne na PC, tel. (0-604) 335-326, e-mail: substyk@poczta.fm, www.astroc.d.z.pl

**Zamienię** teleskop meniskowy Rubinar 10/1000 (mylar, filtry szklane, okulary 30x, 80x, socz. Barlowa, przedłużka, montaż, 30–200x) na lornetkę co najmniej 20/80. Adam Migulski, ul. Kolejowa 1/4, 68-320 Jasień

**Nawiążę kontakt** z miłośniczkami i miłośnikami astronomii Arek Musielicki (20 lat), ul. Kolejowa 36/9, 62-600 Koło

*W tej rubryce zamieszczamy bezpłatnie ogłoszenia naszych Czytelników (do 250 znaków).*

ka. Uważam, że powinno umieścić się sprostowanie, tym bardziej że prof. Rudnicki w swej książce „THE COSMOLOGICAL PRINCIPLES” wyraźnie przedstawia swoje zdanie na temat treści zawartych w „De Revolutionibus”. Podsumowując, profesor Rudnicki jest wyraźnym zwolennikiem i propagatorem kopernikańskiej zasady kosmologicznej a nie Kopernikowskiej teorii heliocentrycznej (choć oczywiście nie umniejsza jej ważności), dlatego należałoby poprawić, uściślić, sprostować informacje z artykułu W. Nawrockiego.

**Paweł Maksym**  
PTMA Łódź

#### Od Redakcji

Parę osób zwróciło nam uwagę, że mamy ostatnio kłopoty z „trzema zerami”. W artykule o składzie chemicznym Słońca (nr 6/2000, str. 250) przeszacowaliśmy wiek Słońca o tysiąc i zamiast w miliardach lat oświadczyliśmy, że „powstało 4,6 bilionów lat temu”. Dalej, w Galerii Mgławic Messiera, w tym samym numerze i w numerze 1/2001 odległości do galaktyk określiliśmy w latach, zamiast w tysiącach lat światła.

Przepraszamy.

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe poprzez połączenie się „Uranii” — dotyczącego się od 1922 roku i „Postępów Astronomii” — dotyczącego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 roku. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotycząca 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, 611 34 50  
fax. (0-56) 62 19 381

Poczta elektroniczna (E-mail adres):  
aw@astris.uni.torun.pl

**Adres WWW:**  
<http://urania.camk.edu.pl>

**Druk:**  
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**  
Karolina Wojtkowska, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 14  
E-mail: [urania@astris.uni.torun.pl](mailto:urania@astris.uni.torun.pl)

Prenumerata w roku 2000 kosztuje 36 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty  
w cenie 7,50 zł.

**Polskie Towarzystwo Astronomiczne**  
Zarząd Główny – Sekretariat  
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa  
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: [hania@camk.edu.pl](mailto:hania@camk.edu.pl)  
WWW: [www.camk.edu.pl/pta](http://www.camk.edu.pl/pta)

**Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii**  
Zarząd Główny  
ul. św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: [ptma@oa.uj.edu.pl](mailto:ptma@oa.uj.edu.pl)  
WWW: [oa.uj.edu.pl/~ptma](http://oa.uj.edu.pl/~ptma)

Numer zamknięto w październiku roku 2000

\* 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

### 52 Jak wyglądają gwiazdy Wolfa-Rayeta?

Andrzej Niedzielski

Czy można tak sobie, wprost, zobaczyć powierzchnię gwiazdy? Nie, za wyjątkiem Słońca, które jest tak blisko nas, że jego tarcza ma znaczne rozmiary, pozostałe gwiazdy, nawet w ogniskach największych teleskopów, są prawie punktowe. Natomiast możemy wnieść o tym, jak wyglądają niektóre gwiazdy po... ich zachowaniu. I tak właśnie jest w przypadku gwiazd W-R, które dzięki dużej aktywności ich wiatrów gwiazdowych dają podstawy do wyrobienia sobie opinii o tym, jak muszą wyglądać.

### 59 Szkice kosmogoniczne cz. I: Ewolucja czy katastrofa?

Honorata Korpikiewicz

Czy Ziemia i planety powstały z gorącej czy zimnej materii? Czy z materii „wyrwanej” Słońcu, czy z „resztek” po powstaniu Słońca? Czy ewolucja materii wokół rodzącego się Słońca, czy katastrofa kosmiczna były przyczyną powstania naszego Układu Planetarnego? O ideach starających się dać odpowiedź na takie pytania opowiada Autorka. W cz. I mówi o hipotezach powstały od XVII w. do połowy w. XX.

### 64 Planetarium — od Anaksymandra do ADLIP-a

Stefan Janta

Najczęściej rozumiemy „planetarium” jako swoiste kino — kino astronomiczne, gdzie na sferycznym ekranie odtworzone jest gwiaździste niebo, Słońce, Księżyc, planety... i ich wzajemne ruchy i „zjawiska”. W istocie „planetarium” to przede wszystkim model otaczającego nas świata, który pozwala bardziej lub mniej precyzyjnie odtwarzać rzeczywisty wygląd i ruch nieba. I historie takich właśnie urządzeń od czasów najdawniejszych aż po dzień dzisiejszy przedstawia Autor.

### teleskop kosmiczny Hubble'a obserwuje: Hubble-X (okł. II)

#### 72 galeria Mgławic Messiera: Galaktyki Seyferta (M 77)

#### 75 poradnik obserwatora: Fotografowanie mgławic

#### 76 rozmaitość: Nowe księżyce Jowisza (76); Ziemia chyba lżejsza? (79); Bogata dekada 2001-2011 (80); Bolid Morávka z 6 maja 2000 (82)

#### 84 w kraju: Relacja z wyprawy na całkowite zaćmienie Księżyca 9 stycznia 2001 (84); Festiwal Astronomiczny — „Urodziny Heweliusza” Gdańsk, 30–31 stycznia 2001 r. (85)

#### 86 recenzje: SkyMap Pro 7.0 (86); Hieronim Hurnik, Instrumenty obserwacyjne astrometrii — od gnomonu do CCD i interferometru optycznego (88)

#### 90 astronomia w szkole: Marsjańska misja treningowa dla młodzieży (90); Igraszki z grawitacją (91)

#### 92 kalendarz astronomiczny 2001: maj — czerwiec

#### 96 relaks z Uranią: krzyżówka (księżyce i ich odkrywcy)

## NA OKŁADCE

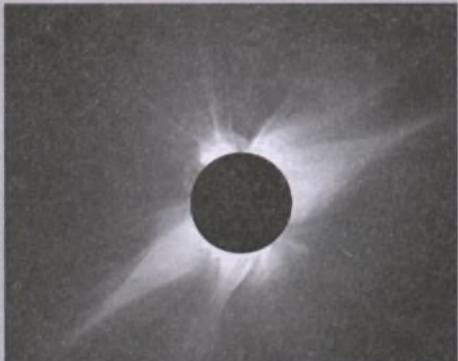
Portret galaktyki NGC 6745 po katastrofie — zderzenie z niewielką towarzyszką (widoczną tylko częściowo w prawym dolnym rogu zdjęcia) spowodowało deformację spiralnej struktury i rozniesienie gwiazdotwórczej aktywności w sprężonych wskutek kolizji obłokach materii gazowo-pyłowej. Przeszło 10-godzinną ekspozycję wykonano kamerą WFPC2 teleskopu Hubble'a w dniach 18-21 marca 1996 r. Obiekt znajduje się w odległości 206 mln l.s. w konstelacji Lutni i zajmuje na niebie obszar 1,5 na 0,7 minuty łuku (odpowiada to przestrzennemu rozmiarom wielkiej osi ok. 26 kpc).

Fot. NASA, Hubble Heritage Team (STScI/AURA).

# Jak wyglądają gwiazdy Wolfa-Rayeta?



Rys. 1. Słońce widziane gołym okiem o zachodzie albo w dzień poprzez bardzo ciemny filtr ukazuje nam wyraźną tarczę pokrytą większą bądź mniejszą ilością plam, w zależności od aktywności w ramach cyklu 11-letniego. Słońce jest jedyną gwiazdą, którą możemy obserwować tak dokładnie. Na zdjęciu pochodzący z satelity SOHO uwidoczniono Słońce widoczne w dniu pisania tego artykułu (NASA).



Rys. 2. Korona słoneczna widoczna w czasie całkowitego zaćmienia w roku 1991.

## Jak wyglądają gwiazdy?

Nie jest trudno się przekonać, jak wyglądają nasze Słońce. Wystarczy spojrzeć na nie tuż przed zachodem lub w dzień, osłaniając wzrok bardzo przyciemnioną szybką, by zauważać tarczę słoneczną, czyli fotosferę. Przy odrobinie szczęścia gołym okiem zauważymy plamy słoneczne, czyli niewielkie obszary powierzchni Słońca, gdzie temperatura jest niższa (Rys. 1). W czasie całkowitego zaćmienia Słońca, gdy Księżyc zakryje całą fotosferę, dojrzymy koronę słoneczną, czyli niezwykle gorące zewnętrzne obszary atmosfery Słońca. W zależności od aktywności słonecznej w danym czasie będzie ona bardziej bądź mniej rozległa (Rys. 2).

Jej najbardziej zewnętrzna część to wiatr słoneczny, czyli strumień cząstek wyrzucanych z atmosfery Słońca w Kosmos. Jest on czasami widoczny z Ziemi w formie zorzy polarnej, czyli strumienia cząstek wpadających w atmosferę Ziemi w okolicach jej biegunów magnetycznych (Rys. 3). Z wykorzystaniem bardziej wyrafinowanych niż ludzkie oko narzędzi astronomowie potrafią bardziej szczegółowo opisać nasze Słońce.

Niestety, Słońce to jedyna gwiazda, którą możemy tak dokładnie opisać. Jest to oczywiście wynikiem jego rozmiarów kątowych. Słońce widoczne z Ziemi ma kątową średnicę około pół stopnia i nawet gołym okiem do-

strzegamy detale jego powierzchni. Druga poza Słońcem najbliższa Ziemi gwiazda Proxima Centauri znajduje się dopiero w odległości około 1,3 parseka, czyli około 4,2 lat świetlnych. Jej średnica widziana z Ziemi jest zatem ponad 268000 razy mniejsza niż gdyby znajdowała się ona tam, gdzie Słońce, czyli w odległości jednej jednostki astronomicznej i sięga tysięcznych części sekundy łuku. Nie mamy zatem szans dostrzec powierzchni tej niewielkiej gwiazdy, bo zdolność rozdzielcza teleskopów jest o kilka rzędów wielkości za mała.

3 marca 1995 roku A. Duprée i R. Gilliland otrzymali po raz pierwszy obraz powierzchni Betelgeuse w świetle nadfioletowym za pomocą Hubble Space Telescope Faint Object Camera (Rys. 4). Gwiazda ta znajduje się w odległości około 131 parseków od Ziemi. Obraz jej uzyskano dzięki temu, że jest to gwiazda pulsująca ogromnych rozmiarów, przewyższających 500 razy nasze Słońce. Niestety, uzyskane zdjęcie nie pozwala na analizę szczegółów. 11 grudnia 1995 roku D. Savage ze współpracownikami, wykorzystując to samo urządzenie, wykonał po raz pierwszy zdjęcie powierzchni Miry w zakresie widzialnym. Gwiazda ta, odległa od Ziemi o 128 parseków, jest pierwszą znaną gwiazdą zmienną. Jej średnica zmienia się w wyniku pulsacji i może osiągać rozmiary 700 razy większe niż Słońce (Rys. 5). Niestety ta krótka li-

sta wyczerpuje w zasadzie listę gwiazd, których powierzchnię możemy bezpośrednio zaobserwować. W przypadku innych gwiazd, poza pewnymi szczególnymi przypadkami, nie może być mowy o obserwacji powierzchni ze względu na ich bardzo małe rozmiary kątowe i pytanie: „Jak wyglądają te gwiazdy?” pozostać musi na jakiś czas bez odpowiedzi.

Jednym z takich szczególnych przypadków są właśnie gwiazdy Wolfa-Rayeta.

### Gwiazdy Wolfa-Rayeta

Dwaj astronomowie francuscy C.J.E. Wolf i G.A.P. Rayet zauważyli w roku 1867 trzy gwiazdy (HD 192641, HD 191765, HD 192103), które posiadały w odróżnieniu od większości wtedy znanych *serie jasnych linii* w widmach. W ciągu kilku kolejnych lat, dzięki odkryciom Secchi i Wolfa, liczba gwiazd nazywanych wtedy gwiazdami Wolfa rosła. W roku 1872 Respighi odkrył najjaśniejszą na niebie gwiazdę Wolfa —  $\gamma^2$  Vel (V=1,74). Przez następne dwadzieścia lat gwiazdy Wolfa poszły w zapomnienie, jedynie Vogel w roku 1883 podał długosć fali najjaśniejszych linii w ich widmach (468 nm w 191765 oraz 464 nm w pozostałych dwóch z wymienionych wyżej). Campbell w 1894 roku podjął się podsumowania wiadomości o znanych gwiazdach Wolfa. Skatalogował on 55 gwiazd „...charakteryzujących się jasnymi pasmami...”. Dzięki przeglądowi widmowemu prowadzonemu przez astronomów z obserwatorium Harvarda W. P. Fleming zebrała w 1912 informacje o 108 gwiazdach, których widma „...zdominowane są przez jasne pasma 4688 i 5813...”. W jej katalogu znalazło się 86 gwiazd z Galaktyki, 21 z Wielkiego i 1 z Małego Obłoku Magellana.

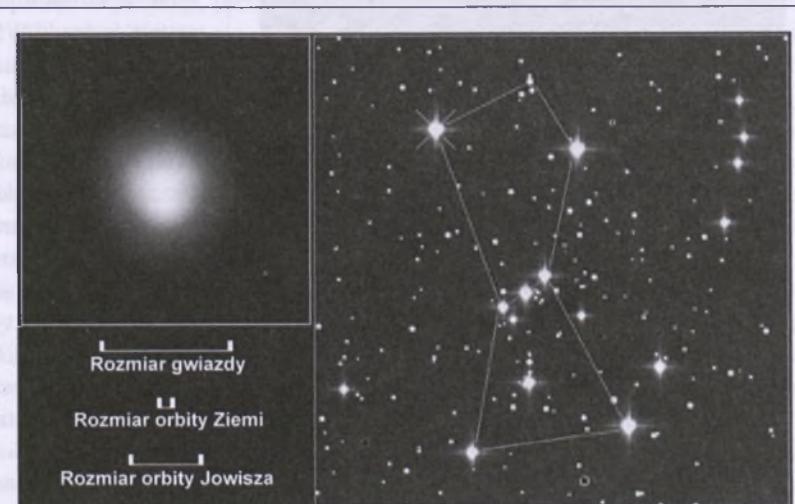
Cztery lata później A. J. Cannon podjęła pierwszą próbę klasyfikacji gwiazd Wolfa, nadając im typy widmowe Oa, Ob i Oc w oparciu o względne natężenia kilku linii. Tak też zostały sklasyfikowane te gwiazdy w katalogu HD. Renesans gwiazd Wolfa nastąpił w latach dwudziestych naszego stulecia. W roku 1924 Plaskett wykonał pierwsze widma szczelinowe tych gwiazd, zaś Beals w 1929 jako pierwszy podjął się interpretacji ich widm.



Rys. 3. Zorza polarna widziana na Alasce o północy 20 września 1997. Autorem zdjęcia pochodzącego z galerii *Astronomy Picture of the Day* jest J. Curtis (U. Alaska Fairbanks). Zdjęcia zór polarnych widzianych w ubiegłym roku w naszym kraju prezentowaliśmy na kolorowych stronach „Uranii-PA” nr 4 i 5/2000.

Porównując widma tych gwiazd z widmami gwiazd nowych (Nova Aquilae i Nova Cygni) wyciągnął on wniosek, że szerokie linie, tak dla nich charakterystyczne, są wynikiem szybkiej i ciągłej ekspansji zewnętrznych obszarów tych gwiazd. Payne w roku 1930 opublikowała kolejny katalog gwiazd podobnych do odkrytych przez Wolfa i Rayeta. Opierając się na systemie zaproponowanym jej przez Plasketta, utworzyła ona dla 91 gwiazd dwie klasy: W I i WIII. Pierwszą próbę identyfikacji linii w widmach tych gwiazd podjęli w roku 1933 Payne i Edlen, jednak wiele linii pozostało niezidentyfikowanych. Dwa lata póź-

niej Beals i Plaskett zaproponowali zasadniczą zmianę w systemie klasyfikacji tych gwiazd — podzielili je oni na dwie grupy: WC, w których widmach dominują linie węgla i WN zdominowane przez azot. Ze względu na znaczne różnice we względnych natężeniach linii w obu tych grupach zaproponowali oni dodatkowo podział na podklasy: WN5, WN6, WN7, WN8 oraz WC5, WC6, WC7, WC8. Od tego też czasu gwiazdy te nazywamy gwiazdami Wolfa-Rayeta (WR). W roku 1943 Gamow zauważył, że azot i węgiel widoczne w postaci silnych linii w widmach gwiazd WR są pierwiastkami powstającymi we wnę-



Rys. 4. Tarcza Betelgeuse, najjaśniejszej gwiazdy w gwiazdozbiorze Oriona została po raz pierwszy zarejestrowana za pomocą Teleskopu Kosmicznego Hubble'a (HST) w marcu 1995.

trzach gwiazd w czasie przebiegu reakcji jądrowych. Edlen w 1956, używając nowych danych atomowych dla C II, III i IV, w pełni zidentyfikował linie w gwiazdach WR w roku 1956. Na systemie klasyfikacyjnym Bealsa i Plasketta oparty został kolejny katalog gwiazd WR (Roberts — 123 gwiazdy), zaś Smith w 1968 dodała w swoim katalogu zawierającym 127 gwiazd podklasses WN3 i WN4 oraz WC9. Ten ostatni system klasyfikacyjny w zasadzie przetrwał do dziś. W roku 1981 Barlow i Hummer zaproponowali nową klasę gwiazd WR, gwiazdy WO. Tę bardzo niewielką grupę stanowią 4 gwiazdy, uprzednio sklasyfikowane jako WC, jednak wyróżniające się niezwykle silnymi liniami wysoko zjonizowanego tlenu. Van der Hucht i inni oraz Conti w latach osiemdziesiątych, w ramach systematycznego przeglądu widmowego znanych gwiazd WR wskazali na grupę gwiazd, które posiadają w widmach równocześnie cechy gwiazd WN i WC. Gwiazdy te opisuje się jako WN/WC.

### Rozkład gwiazd WR w galaktykach

Najnowszy katalog gwiazd WR zawiera 227 gwiazd znanych w Galaktyce. Obecnie znamy też 135 gwiazd WR w Wielkim Obłoku Magellana, 9 w Małym Obłoku Magellana, 141 w M33, 49 w M31 i kilkadziesiąt kolejnych w innych pobliskich galaktykach.

Badania rozkładu gwiazd WR w Drodze Mlecznej i innych galaktykach mają duże znaczenie dla poznania ewolucji tych gwiazd. Najnowsze badania potwierdzają, że gwiazdy WR leżą równie blisko płaszczyzny Galaktyki  $|z| < 100-150$  pc jak gwiazdy O. Podobnie też nachyloną jest płaszczyzna występowania gwiazd WR do płaszczyzny Galaktyki. Rozkład gwiazd WR dodatkowo odpowiada strukturze spiralnej Galaktyki, odzwierciedlając znane ramiona Łabędzia i Skorpiona — Strzelca. Uderzająca jest różnica w ilości gwiazd WR w kierunku na centrum Galaktyki i przeciwnym. W odległości od centrum Galaktyki mniejszej niż  $R_{\odot}=8,5$  pc występuje większość gwiazd WR. Bardzo interesująca jest także różnica w występowaniu gwiazd „wczesnych” i „późnych” podtypów w przedziałach jak wyżej. Zarówno wśród gwiazd WC, jak i WN gwiazdy późnych typów (WCL, WNL) występują znacznie częściej w kierunku centrum Galaktyki ( $r < R_{\odot}$ ). W całej Galaktyce stosunek ilości gwiazd WN do WC jest bliski jedności.

W innych galaktykach wartość WN/WC jest bardzo różna: od WN/WC = 8 w Małym Obłoku Magellana do około 0,2 w Wielkim Obłoku Magellana, gdzie dodatkowo występuje podobna zależność od odległości galaktocentrycznej jak w naszej Galaktyce. Stosunek WN/WC wydaje się korelować z obfitością pierwiastków ciężkich w obszarach, w których powstają gwiazdy WR, co może mieć duże znaczenie przy badaniu ewolucji gwiazd WR, a także może okazać się niezwykle interesującym instrumentem do wyznaczania metaliczności w innych galaktykach. Z punktu widzenia ewolucji gwiazd WR istotne znaczenie ma także oszacowanie stosunku ilości gwiazd WR do masywnych gwiazd O, z których najprawdopodobniej

one powstają. Według różnych danych WR/O wynosi od 0,14 do 0,36. Inną ciekawą globalną własnością gwiazd WR w Galaktyce jest antykorelacja gwiazd WR z nadolbrzymami M. W obszarach, gdzie występują gwiazdy WR, znajdujemy mniej nadolbrzymów M i odwrotnie, podczas gdy całkowita ilość WR+M jest w przybliżeniu stała.

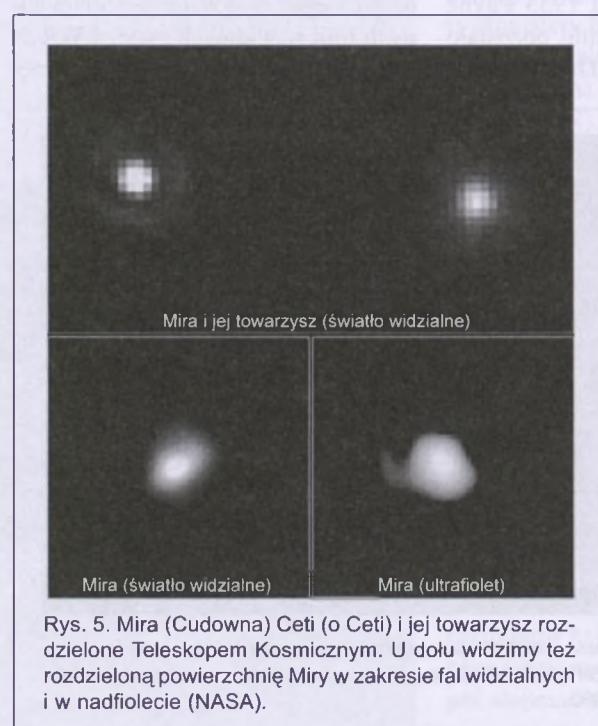
### Co wiemy o gwiazdach WR z obserwacji

Dotychczasowe badania gwiazd WR można pokrótko podsumować w następujący sposób:

- **Masy** gwiazd WR, wyznaczone na podstawie analizy 19 układów podwójnych, w których widmach widoczne są linie pochodzące od obu składników, mieszczą się w zakresie 2,3–55  $M_{\odot}$ . Gwiazdy WR są na ogół mniej masywnymi składnikami tych układów ( $M_{WR}/M_{\odot} \sim 0,2-0,8$ ). Ich masy nie wykazują korelacji z typem widmowym. Średnia gwiazda WN ma masę  $22 \pm 17 M_{\odot}$ , zaś gwiazda WC  $12 \pm 3 M_{\odot}$ . Jest to zgodne z naszym wyobrażeniem o ewolucji gwiazd WR, w myśl którego gwiazdy WN stają się z czasem gwiazdami WC (patrz następny rozdział).

- **Temperatury** wyznaczane dla tych gwiazd czy to przez analizę rozkładu energii w obserwowanym continuum, czy też innymi metodami, zawierają się w zakresie około 25–85 kK. Prace teoretyczne potwierdzają te wyniki. Dane te są jednak bardzo mało pewne. Ze względu na skomplikowany charakter wiatrów (i widm) gwiazd WR obserwacyjne wyznaczenia temperatury obarczone są bardzo dużą niepewnością. W modelach wiatrów (otoczek) gwiazd WR temperatura ścisłe powiązana jest z jasnością absolutną i promieniem.

- **Skład chemiczny** gwiazd WR zdecydowanie odbiega od standardowego. W gwiazdach WN stosunek wodoru do helu  $N(H)/N(He)=0,1-1,5$ , przy czym najczęściej wodoru jest w gwiazdach WN 6–8. W gwiazdach WC jest on na ogół mniejszy niż 0,1. Zawartość azotu w otoczkach gwiazd WN sięga  $N(N)/N(He)=0,003-0,01$ , zaś w gwiazdach WC  $N(N)/N(He) < 0,004$ . Zawartość węgla w gwiazdach WC wynosi  $N(C)/N(He) = 0,1-0,7$ . Wielkości te są zgodne z modelami powstawania gwiazd WR (patrz następny rozdział).



Rys. 5. Mira (Cudowna Ceti) i jej towarzysz rozzielone Teleskopem Kosmicznym. U dołu widzimy też rozzieloną powierzchnię Miry w zakresie fal widzialnych i w nadfiolecie (NASA).

- **Jasności absolutne** wyznaczane na podstawie gwiazd WR w gromadach otwartych w Galaktyce oraz gwiazd w pobliskich galaktykach mieszczą się w zakresie  $M_V = -2,3 \div -6,7$ . W Galaktyce występuje korelacja między typem WR a jasnością absolutną: gwiazdy WN i WC późnych typów są jaśniejsze niż gwiazdy typów wczesnych. Gwiazdy WR są zatem jednymi z najjaśniejszych gwiazd we Wszechświecie. Obserwujemy je z łatwością w galaktykach Grupy Lokalnej.

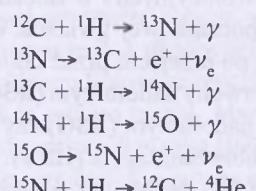
- **Niepoczerwienione wskaźniki barwy** ( $b-v$ )<sub>0</sub> wyznaczane podobnie jak jasności absolutne dla gwiazd w gromadach albo w LMC są prawdopodobnie bardzo zbliżone dla wszystkich typów gwiazd WR i wynoszą  $(b-v)_0 = -0,2 \div -0,4$ .

- **Prędkości wiatrów** określane na podstawie kształtu linii widmowych typu P Cygni obserwowanych głównie w nadfiolecie sięgają 2500 km/s. Istnieje ogólna zależność między prędkością wiatrów gwiazd WR a typem widmowym. Gwiazdy WN i WC wczesnych typów charakteryzują się szybszymi wiatrami.

- **Tempo utraty masy** wyznaczane na podstawie danych radiowych sięga dla gwiazd WR  $4 \times 10^{-5} M_\odot$  rok<sup>-1</sup>. Poza gwiazdami supernowymi i nowymi gwiazdami WR są najbardziej dynamicznymi we Wszechświecie.

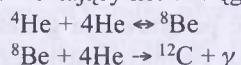
### **Ewolucja gwiazd masywnych i powstawanie gwiazd WR**

Problem powstawania gwiazd WR początkowo wydawał się trudny do rozwiązania. Poznanie ich własności, takich jak: bardzo duże masy, duże moce promieniowania, istnienie układów podwójnych WR+OB i rozkład w Galaktyce sugeruje ich związek z gwiazdami OB. Gwiazdy tego typu, początkowo złożone w 70% z wodoru, w 27% z helu i w 3% z pierwiastków ciężkich przez 90% swego życia palą wodór w jądrach, zamieniając go na hel. Ponieważ ich masy są duże, głównym procesem zachodzącym w ich wewnętrznych obszarach jest cykl CNO:



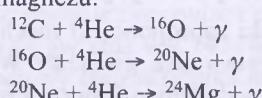
Rys. 6. Wiatr gwiazdowy gra kluczową rolę w procesie powstawania gwiazd WR. Musi on być silny we wszystkich poprzedzających faz WR etapach ewolucji, by pojedyncza gwiazda WR mogła w ogóle powstać. Wiatr ten, czyli rozrzedzona materia wyrzucona z powierzchni gwiazdy, tworzy spektakularne otoczki wokół gwiazd WR. Na fotografii widzimy otoczki wokół gwiazdy HD56925 (WN5) — jasna gwiazda w pobliżu centrum otoczki. Otoczka uformowana przez wiatr gwiazdy WR znajduje się obok obłoku molekularnego, z którym oddziaływa. Fotografię wykonał Perry Berlind teleskopem FLWO (48'') w listopadzie 1996. Pete Challis dokonał symulacji kolorów, składając zdjęcia wykonane w filtrach B, V, R i H $\alpha$  (Astronomy Picture of the Day).

Reakcje tego cyklu są ze sobą połączane, przebiegają one w jednakowym tempie. Równowaga między nimi, ustalająca się po bardzo krótkim czasie, powoduje, że spośród „katalizatorów” tej reakcji, pierwiastków C, N i O, azot N<sup>14</sup> staje się najbfitszym — jego ilość sięga 1–2% masy jądra gwiazdy. Ilość C i O natomiast maleje. Ponieważ jądro takiej masywnej gwiazdy jest konwektywne, azot zostaje w nim jednorodnie wymieszany. Po zakończeniu cyklu CNO gwiazda ma jądro helowe ze znaczną domieszką azotu — skład chemiczny podobny do obserwowanego w gwiazdach WN. Po wygaśnięciu cyklu CNO gwiazda zapada się tak długo, aż temperatura w jej części centralnej osiągnie 10<sup>8</sup> K. Wtedy rozpala się tam kolejna reakcja jądrowa — cykl 3 $\alpha$  zamieniający hel w węgiel:

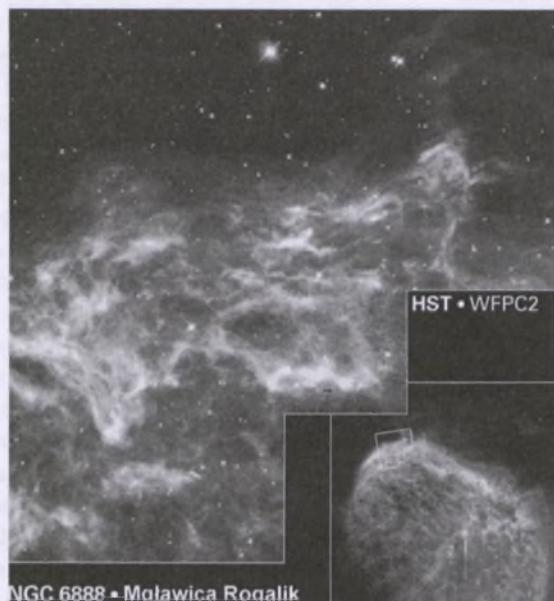


Zaraz po powstaniu węgla możli-

wy jest dalszy wychwyt cząstek  $\alpha$  prowadzący do powstania tlenu, neonu i magnezu:



Wynikiem tych reakcji jądrowych jest ustalenie w konwektywnym jądrze gwiazdy składu chemicznego takiego, jaki obserwujemy w gwiazdach WC. Od lat czterdziestych, kiedy to Gamow zauważył, że pierwiastki chemiczne widoczne w zewnętrznych obszarach gwiazd WR są tymi, które powinny pojawiać się we wnętrzach gwiazd masywnych w wyniku zachodzących tam reakcji jądrowych, podejrzewano, iż mamy do czynienia z gwiazdami, które odrzuciły swoje zewnętrzne warstwy. Problemem było jednak wskazanie mechanizmu, który mógłby spowodować wyrzucenie tak dużej masy z powierzchni gwiazdy. Paczyński w 1967 jako pierwszy wskazał taki mechanizm, analizując układ podwój-



NGC 6888 • Mgławica Rogalik

Rys. 7. Mgławica NGC 6888 otaczająca gwiazdę WR 136 to kolejny przykład układu gwiazd WR w dynamice ośrodką międzygwiazdowym. Otocka „rozmuchana” przez gwiazdę WR ma około 25 lat świetlnych długości i 16 szerokości. W całości widziana jest na obrączce wykonanym teleskopem naziemnym (prawy dolny róg). Widac na nim też gwiazdę WR. Fotografia wykonana Teleskopem Kosmicznym Hubble'a pokazuje w powiększeniu fragment otoczyki o rozmiarach około 3 lat świetla (NASA).

ny złożony początkowo z gwiazd masywnych O. Odkrycie przez Mortona w roku 1967 silnych wiatrów gwiazdowych z gwiazd O dało początek pracom opisującym powstawanie pojedynczych gwiazd WR.

### **Powstawanie gwiazd WR w układach podwójnych**

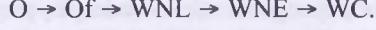
Paczyński zaproponował mechanizm powstawania gwiazdy WR w układzie podwójnym, który początkowo składa się z gwiazd O o nieco różnych masach. Gwiazda bardziej masywna ewoluje szybciej i jako pierwsza kończy fazę palenia wodoru w jądrze. Następuje kolejna faza ewolucji, polegająca na paleniu wodoru w otoczce, związana ze znacznym powiększeniem jej zewnętrznych rozmiarów. Gdy promień gwiazdy przekroczy sferę Roche'a, jej zewnętrzne obszary zaczynają przepływać na drugą gwiazdę układu — następuje faza wymiany masy między składnikami układu podwójnego. Faza ta kończy się, gdy na powierzchni gwiazdy początkowo bardziej masywnej pojawią się obszary, w których zawartość wodoru wynosi 20–30%. W taki sposób powstaje układ WR(WN)+OB. Nowo powstała gwiaz-

da WN traci masę w tempie  $10^{-5} M_{\odot}$  rok $^{-1}$ . W jej wnętrzu rozpoczynają się natomiast reakcje palenia helu w węgiel. Silna utrata masy po przez wiatr gwiazdowy powoduje, że po pewnym czasie powstający we wnętrzu węgiel staje się widoczny na powierzchni — gwiazda WR wchodzi w fazę WC. Całkowity czas życia gwiazdy WR jest zatem równy czasowi palenia helu we wnętrzu, czyli rzędu  $10^5$  lat. Dalszą ewolucję takiego układu zbadał van den Heuvel w 1976. Według niego gwiazda WR powstała w opisanej wyżej sposób przechodzi wszystkie kolejne stadia ewolucji jądrowej i wybucha jako supernowa. Jeśli układ pozostanie związany, staje się on układem OB + składnik zwarty — masywnym układem podwójnym rentgenowskim. Gwiazda OB, ewoluując dalej, może w sposób opisany wyżej stać się gwiazdą WN a następnie WC. Otrzymamy w ten sposób układ WR + składnik zwarty. Końcowym etapem ewolucji takiego układu jest podwójny pulsar albo dwa oddzielne pulsary. Interesujący szczegół tego typu ewolucji układu podwójnego opisali Doom i De Greve w 1981. Rozpatrując układ dwóch masywnych gwiazd O ( $M > 30 M_{\odot}$ ), zauważyl oni, że jeśli początkowy stosunek mas składników jest większy niż 0,9, możliwe jest otrzymanie układu WR+WR, o ile można założyć, iż układ taki jest w stanie pozbyć się zewnętrznej warstwy odrzuconej przez drugą z kolei powstającą gwiazdę WR.

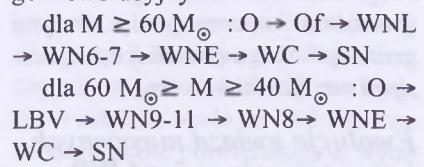
### **Powstawanie pojedynczych gwiazd WR**

Możliwość powstawania gwiazd WR w wyniku ewolucji pojedynczej gwiazdy pojawiła się w momencie

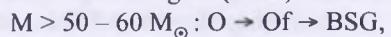
odkrycia intensywnych wiatrów gwiazdowych pochodzących od gwiazd O. Conti w roku 1976 zaproponował schemat powstawania gwiazdy WR z masywnej gwiazdy O, która trącąc w czasie ewolucji znaczną część masy w wyniku wiatru gwiazdowego, miałaby najpierw zamieniać się w gwiazdę Of, a następnie w gwiazdę WN późnego typu — WNL. Proces ten został zbadany dokładniej w 1981 przez Noels i Gabriela. Po około 90% czasu życia gwiazdy o masie  $60 - 100 M_{\odot}$  na ciągu głównym, na jej powierzchni zaczynają pojawiać się warstwy wzboiące w hel i azot około dziesięciokrotnie w stosunku do wartości początkowej — rozpoczyna się faza WR. Dość znaczną obfitość wodoru sugeruje, iż byłaby to gwiazda WNL. Następnie gwiazda taka miałaby ewoluować jako normalna gwiazda WN (ilość wodoru w jej otoczyce maleje), by stać się w końcu gwiazdą WC:



Schemat ten został bardziej szczegółowo opracowany przez Crowthera i współpracowników w końcu lat 90-tych. W zależności od początkowej masy gwiazdy WR powstawałyby zgodnie z nim w jednym z dwóch ciągów ewolucyjnych:



Model taki, jakkolwiek rozważany jako jeden z najbardziej prawdopodobnych, ma jednak pewne wady. Zakłada on mianowicie istnienie znacznej ilości bardzo masywnych gwiazd O ( $M > 60 M_{\odot}$ ) i wymaga od nich istnienia bardzo silnego wiatru gwiazdowego. Wydaje się zatem, iż bardziej efektywny byłby proces rozciagnięty w czasie, nie wymagający od gwiazdy ciągu głównego tak silnego tempa utraty masy. Proces taki zaproponował Maeder w 1983. Ewolucja gwiazdy przebiega wolniej, z mniej intensywnym wiatrem gwiazdowym na wszystkich poprzedzających fazę WR etapach ewolucyjnych i w zależności od masy początkowej gwiazda WR powstaje po przejściu przez takie stadia jak czerwony nadolbrzym (RSG), niebieski nadolbrzym (BSG) czy zmieniona Hubble-Sandage'a (HSV):



$\text{HSV} \rightarrow \text{WNL} \rightarrow \text{WNE} \rightarrow \text{WC} \rightarrow \text{WO}$   
 $20 - 30 M_{\odot} < M < 50 - 60 M_{\odot}$  :  
 $\text{O} \rightarrow \text{BSG} \rightarrow \text{RSG} \rightarrow \text{WNE} \rightarrow \text{WC}$ .

Tego typu ewolucja wydaje się być bardziej efektywna, jako bazująca na gwiazdach mniej masywnych niż proponowana przez Contiego i zakładająca bardziej naturalne tempo utraty masy.

Trzeci schemat powstawania pojedynczych gwiazd WR związany jest z mało dotąd znanimi procesami powodującymi mieszanie materii wewnątrz gwiazdy, praktycznie w całej jej objętości. Są to jednak procesy, których efektywności w powstawaniu gwiazd WR nie sposób ocenić.

### **Wiatr gwiazdowy a wygląd gwiazd WR**

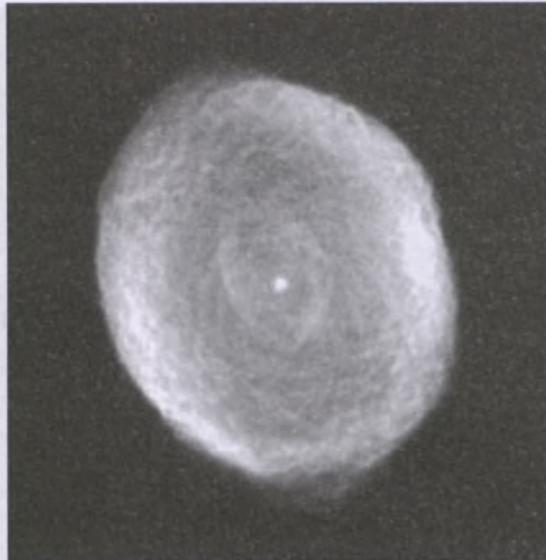
Od strony obserwacyjnej można opisać gwiazdy WR jako obiekty posiadające w widmach bardzo silne i szerokie ( $\Delta\lambda \approx 50 \text{ \AA}$ ) linie emisjyne różnych jonów od HeI do OVI jednocześnie. Czasami w widmach widoczne są także linie absorpcyjne, jednak najczęściej ma to miejsce w obiektach spektroskopowo podwójnych. W zakresie nadfioletowym widoczne są dodatkowo silne linie typu P Cygni pozwalające ocenić prędkość wiatrów. Widmo ciągłe gwiazd WR jest relatywnie słabsze. Beals w roku 1930 jako pierwszy zinterpretował widma gwiazd WR jako widoczny efekt dramatycznej utraty masy. Pierwsze jakościowe wyjaśnienie struktury wewnętrznej otoczek gwiazd WR pochodzi od Kuhiego, który w roku 1973 wprowadził pojęcie stratyfikacji i pokazał, że otoczki te charakteryzują się spadkiem temperatury wraz z oddalaniem się od gwiazdy centralnej (jądra), podczas gdy tempo ekspansji materii rośnie. W efekcie linie jonów o wysokim stopniu jonizacji (np. OVI) powstają w obszarach wewnętrznych, gdzie prędkości ekspansji są niskie, ale bardzo szybko rosną, a tych o niskim stopniu jonizacji (HeI) w obszarach zewnętrznych, charakteryzujących się wysokimi prędkościami, lecz niewielkim już przyspieszeniem. Informacje o wewnętrznej strukturze otoczek są trudne od uzyskania z obserwacji, gdyż poza widmem liniowym otoczka emiteme także widmo ciągłe. Marchenko i Moffat pomierzyli w roku 1999 po raz pierwszy prędkości wiatru w najgłębszych

szych dostępnych obserwacjom spektroskopowym obszarach wiatrów gwiazd WR, czyli u bazy obserwowanego wiatru. Stwierdzają oni, że w przypadku wielu gwiazd WR wiatr już na granicy dośćnego obserwacjom obszaru posiada około 50% prędkości końcowej, którą osiąga w bardzo odległych obszarach. Wynika stąd, że wiatr gwiazdowy jest nieodłącznym składnikiem gwiazd Wolfa-Rayeta, a nie, jak w przypadku Słońca, stosunkowo rzadkim strumieniem cząstek rozprzestrzenianych w odległych obszarach

atmosfery. W obiektach tych ze względu na dynamikę zachodzących procesów — rozprzestrzenianie się silnym promieniowaniem bardzo gęstej wiatru nie występuje zatem znana nam z naszego Słońca fotosfera. Gwiazda WR, jak się wydaje, przechodzi w sposób płynny w wiatr gwiazdowy utworzony z cząsteczek wyrwanych z powierzchni przez ciśnienie promieniowania niezrównoważone siłą grawitacji.

Tak więc, gwiazda WR to nie to, co znajduje się wewnątrz obserwowanego wiatru, a właśnie wiatr wraz z napędzającym go centralnym obiektem. Nie należy jednak gwiazd WR mylić z mgławicami planetarnymi. W ich przypadku także występują eksplandujące otoczki, jednak napędzane są one zupełnie innym mechanizmem (wybuchem gwiazdy). Są one także, w przeciwieństwie do wiatrów gwiazd WR, bardzo rozrzedzone i możemy przez nie obserwować gwiazdy centralne.

Jak zatem wyglądają gwiazdy Wolfa-Rayeta? Jak już sobie wyjaśniliśmy, w ich przypadku nie ma mowy o obserwacji fotosfer, gdyż takie tam nie istnieją. Najbardziej zewnętrznymi, dostępnymi bezpośrednio obserwacjami



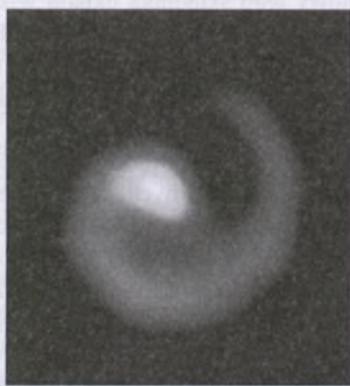
Rys. 8. Mgławica planetarna IC 418 sfotografowana Kosmicznym Teleskopem Hubble'a. Najgorętszy gaz (zjonizowany tlen) znajduje się w pobliżu gwiazdy centralnej, najchłodniejszy (zjonizowany azot) w najdalejszych obszarach otoczek. Podobna stratyfikacja otoczek występuje w gwiazdach WR, jednak tam, w najgorętszych obszarach, obserwujemy linie pięciokrotnie zjonizowanego tlenu a w zewnętrznych obszarach neutralnego helu. Otoczkę gwiazd WR są dodatkowo nieprzezroczyste i informacje o ich stratyfikacji uzyskujemy z obserwacji spektroskopowych. (Patrz również okładka „Uranii-PA” nr 6/2000)

obszarami atmosfer tych gwiazd są zatem ich wiatry, doskonale widoczne w zakresie promieniowania elektromagnetycznego od nadfioletu do fal radiowych. Właśnie na falach radiowych, dzięki największej rozdzielcości osiąganej w rozległych sieciach radioteleskopów, po raz pierwszy zaobserwowały gwiazdy WR jako obiekty rozcięgle. Szczególnie imponująco przedstawała się gwiazda WR 147 (WN8). Obraz radiowy tego składnika układu wizualnie podwójnego ma na falach 5GHz (MERLIN) rozmiary około 0,17 na 0,253 sekundy łuku. Przy odległości oszacowanej na około 630 pc daje to rozmiary liniowe około 107 na 159 jednostek astronomicznych! Jest to zatem obiekt większy niż cały Układ Słoneczny. Podobne wyniki uzyskano na podstawie późniejszych obserwacji teleskopem HST w zakresie widzialnym.

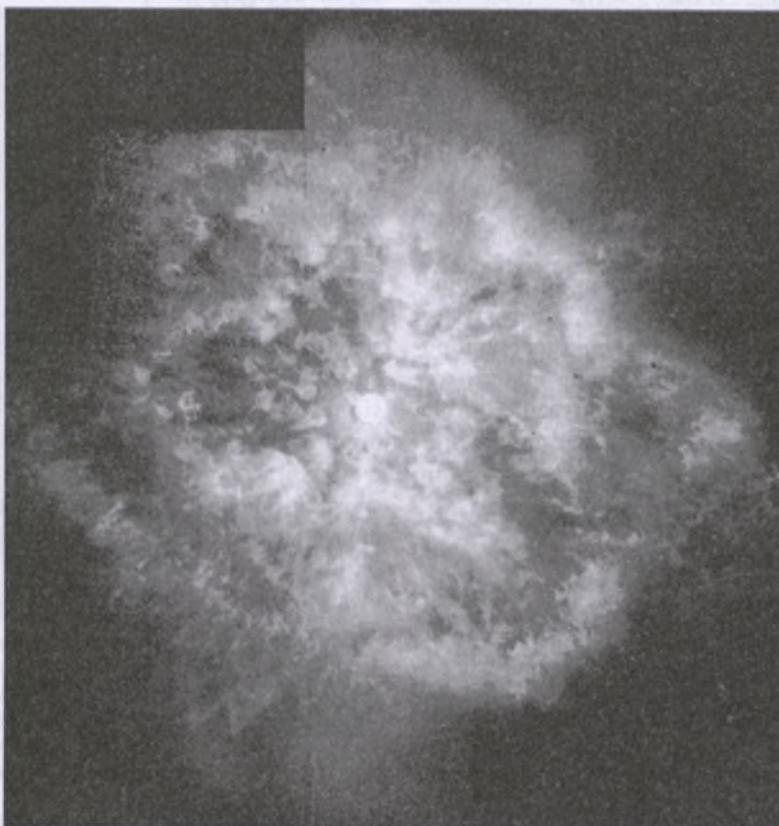
Jeszcze większe rozmiary ma prawdopodobnie mgławica M1-67, otaczająca gwiazdę WR 124 (QR Sge, WN8) (Rys. 9). Ten ogromny „wybuch” ma rozmiary kątowe 40 na 60 sekund łuku. Niestety, odległość do niego nie jest dokładnie znana, co nie pozwala oszacować precyzyjnie rozmiarów liniowych. Zdjęcie tej mgławicy wyko-

nane Teleskopem Kosmicznym ujawnia bogactwo szczegółów. Widzimy na nim dynamiczny obraz ekspansji materii wyrzucanej z powierzchni gwiazdy WR w sposób niezwykle niejednorodny. Poza „gejzerami” materii poruszającej się z ogromną prędkością w różnych kierunkach widzimy także gigantyczne „krople”, zgęszczenia wewnętrznych obszarach wiatru gwiazdy WR o rozmiarach przewyższających trzydziestokrotnie rozmiary Ziemi. Tak właśnie wyglądają gwiazdy WR.

Jeszcze bardziej spektakularnie wyglądają podwójne gwiazdy WR, jeśli mamy szczęście obserwować je „z góry” w stosunku do płaszczyzny orbity układu. Przykładem jest gwiazda WR 104, obserwowana przez Tuthilla i innych w roku 1998 interferometrem zainstalowanym w ognisku 10-metrowego teleskopu Keck I. Geometria układu jest taka, że oddalone od siebie o około 2–2,5 jednostki astronomicznej gwiazdy tworzą układ o okresie około 220 dni odległy od nas o około  $2,3 \pm 0,7$  kpc. Gwiazdy te nie są rozdzielone na załączonym obrazie, gdyż ich rozdzielcość jest rzędu 40 jednostek astronomicznych. Obie gwiazdy stanowiące układ podwójny znajdują się w tej jego części, z której pochodzi maksimum podczerwonego promieniowania. Wypływ materii tworzącej pył wydaje się być względnie płynny i pozbawiony zakłóceń do około 150 jednostek astronomicznych (Rys. 10).



Rys. 10. Gwiazda WR 104 to układ podwójny, składający się z gwiazdy WR typu WC9 i gwiazdy B0.5V. Na zdjęciu wykonanym techniką interferometryczną widać gorący „ogon” składający się z pyłu tworzonego przez gwiazdę WR (por. „Urania-PA” nr 5/99 str. 217).



Rys. 9. Mgławica M1-67 wokół gwiazdy WR 124 to ogromny i niezwykle sugestywny wybuch przypominający noworoczne fajerwerki. Dzięki ogólnym rozmiarom (40 na 60 sekund łuku) zdjęcie wykonane Teleskopem Hubble'a uwidacznia ogólną liczbę szczegółów wynikających z niejednorodności otoczkii. Widoczna jest też oczywista różnica między otoczką gwiazdy WR a mgławicy planetarnej przedstawionej na poprzedniej fotografii. Zdjęcie wykonano z filtrem H $\alpha$ . (Zdjęcie to, w wersji kolorowej, mogliśmy podzielić na okładce „Uranii-PA” nr 1/99).

Na otrzymanym obrazie w zakresie podczerwonym ( $\lambda=1,65$  i  $2,27\text{ }\mu\text{m}$ ) widzimy spiralny kształt pyłowego ogona powstającego w tym układzie. Gwiazdy WR typu węglowego (WC) znane są z tego, że ich atmosfery (wiatr) składają się w znacznej części z węgla. Zagadką było jednak, jak w warunkach tak wysokich temperatur, które występują w wiatrach gwiazd WR, może powstawać pył. WR 104 wydaje się być wyjaśnieniem tej zagadki. Obserwacje podczerwone ukazują nam „pyłowy” ogon powstający w otoczeniu dwóch oddziałujących na siebie wiatrów gwiazdowych, pochodzących od gwiazdy WR i składnika B. Węglowy pył powstaje w części układu, w której gorący wiatr pochodzący od gwiazdy WR styka się z wiatrem składnika B. Przesłanianie gorącego wiatru pochodzącego od gwiazdy WR przez chłodniejszy wiatr gwiazdy B powoduje kondensację pyłu, który następnie ruchem spiralnym oddala się od centrum układu.

Jak widzimy, dzięki niezwykle rozległym wiatrom, stanowiącym najbardziej wewnętrzne obszary gwiazd Wolfa-Rayeta obiekty te możemy obserwować, mimo że są od nas bardzo odległe. Rozwój technik obserwacyjnych pozwalających na uzyskanie lepszych zdolności rozdzielczych (aktywna optyka, interferometria) zarówno w obserwacjach naziemnych, jak i prowadzonych z satelitów w niedalekiej przyszłości pozwoli nam z pewnością poznać więcej szczegółów dotyczących wewnętrznych części gwiazd WR. Być może dzięki tym obserwacjom poznamy też lepiej naturę centralnych części w tych gwiazd, „silników” napędzających obserwowany wiatr.

*Andrzej Niedzielski jest astrofizykiem toruńskim. Zarówno Jego rozprawa doktorska, jak obecnie przygotowana rozprawa habilitacyjna oparte są o badanie widm gwiazd Wolfa-Rayeta.*

# Szkice kosmogoniczne

Honorata Korpikiewicz

## cz. I Ewolucja czy katastrofa?

Już w czasach przedhistorycznych, w legendach i mitologiiach, próbowało odpowiedzieć na pytanie, jak powstało Niebo i Ziemia, chociaż generalnie przeważał pogląd, że rzeczywistość, a więc i otaczający nas Kosmos, jest niezmienna. Obserwowanie zmienności Świata było w starożytnej Grecji uznawane za dowód, że... zmysły są złym źródłem poznania, ponieważ informują nas fałszywie.

Początki naukowej kosmogonii miały miejsce w XVII wieku, kiedy żył i działał René Descartes. Kartezjusz głosił w swych pracach materialną jedność nieba i Ziemi, które miały podlegać takim samym, niezmiennym prawom Przyrody. Świat jednak jest zmienny i wciąż ewoluje od stadium prostszego — do form bardziej złożonych. Także Układ Słoneczny (Kartezjusz przyjmował za Kopernikiem i Galileuszem heliocentryzm) nie istnieje wiecznie. Według jego koncepcji Bóg stworzył materię Wszechświata w stanie chaosu i ustanowił niezmienne prawa Przyrody, zgodnie z którymi miał się Świat dalej rozwijać. Materia Wszechświata miała być zgrupowana w wirujących wokół własnej osi *wichrach*, z których powstały układy planetarne, podobne do Układu Słonecznego.

Do czasów Kartezjusza Świat uważany był za twór stabilny i niezmienny, nie ewoluujący. Główną zasługą filozofa było więc podjęcie problemu rozwoju Kosmosu.

Odkrycie praw ruchu planet przez Johanna Keplera pozwoliło opisać tory ciał w Układzie Słonecznym. Nieniana była jednak przyczyna, dla której ruchy musiały odbywać się w taki

właśnie sposób. Dopiero Isaac Newton odkryciem prawa powszechnego ciążenia wy tłumaczył ruch ciał Układu Słonecznego dookoła Słońca. Newton był świadom faktu, że sformułowane przez niego prawo grawitacji nie wyjaśnia, w jaki sposób ciała znalazły się na swoich orbitach. Dla wyjaśnienia takiego stanu rzeczy nie znajduje żadnego prawa Przyrody; wprowadza więc pojęcie *pierwszego pchnięcia*, które miało być boską interwencją w ewolucję Świata. *Primum mobile* miało nawet ścisłe określony sens fizyczny: była to składowa tangencialna siły działającej na planetę. (rys. 1)

W 1749 roku francuski biolog Georges Louis Leclerc Buffon ogłosił katastroficzną hipotezę pochodzenia Układu Słonecznego. Za Newtonem przyjął on siłę ciężkości jako podstawę budowy Wszechświata. Jeżeli jednak działałaby tylko siła ciężkości — Buffon rozumował podobnie jak Newton — to wszystkie planety spadłyby na Słońce. Jeżeli tak się nie dzieje, to musiała zadziałać jakaś siła styczna do ich obecnej trajektorii. Newton tłumaczył pochodzenie składowej tangencialnej boskim *primum mobile*. Buffon natomiast wysunął przypuszczenie, że za „*pierwsze pchnięcie*” odpowiedzialna jest kometa, która kiedyś zderzyła się ze Słońcem. W wyniku tej katastrofy od Słońca oddzieliła się część jego materii, która zachowała impuls powstały podczas zderzenia i z czasem, pod działaniem siły ciężkości, zagęściła się w planety.

Hipoteza Buffona tłumaczyła, dla czego wszystkie planety obiegają Słońce w jednym kierunku, a ich orbity leżą w przybliżeniu w jednej

płaszczyźnie. Za ten fakt odpowiedzialne było właśnie przekazanie przez kometę pierwszego impulsu materii mgławicy. Zastąpienie boskiego „pierwszego pchnięcia” impulsem nadanym materii w wyniku uderzenia komety, uwalniało hipotezę kosmogoniczną od konieczności wprowadzania ingerencji boskiej. Buffon zdawał sobie jednak sprawę, że takie zderzenia są niezwykle mało prawdopodobne. Założył więc, że ruchem komety kierował... Stwórca.

Buffon połączył kartezjuszowską ideę ewolucji i zmienności Przyrody z zasadami mechaniki Newtona i zwrócił uwagę na to, że obecny stan Układu Słonecznego jest konsekwencją działania na siebie ciał niebieskich w określonych warunkach początkowych: planety obiegają Słońce w jednym kierunku i w jednej płaszczyźnie dlatego, że ta sama przyczyna spowodowała ich powstanie i ruch.

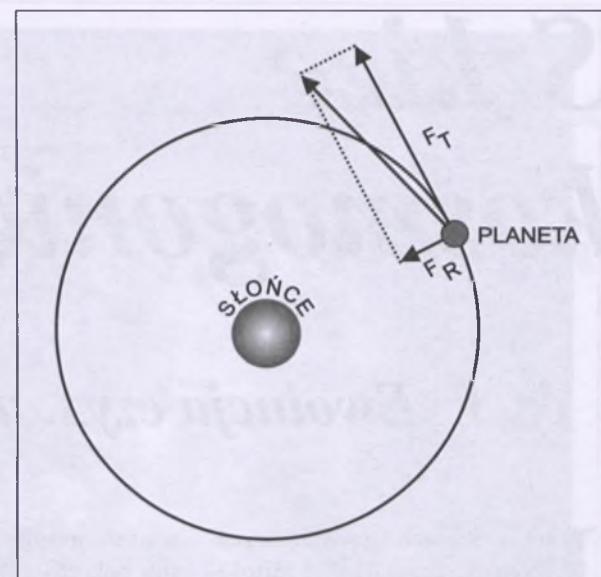
**Immanuel Kant** ogłosił swoją hipotezę kosmogoniczną w 1755 roku. Budulcem dla Układu Słonecznego miała być stworzona przez Boga *mgławica pyłowa* — obłok rozproszonych, stałych cząstek, różniących się między sobą gęstością i rozmiarami. Hipoteza Kanta była więc pierwszą „meteorową” koncepcją pochodzenia Układu Słonecznego. W czasach Kanta wątpiono jednak jeszcze w istnienie ciał meteorowych; spadek meteorytów na Ziemię został uznany przez naukę dopiero w 1803 roku (deszcz meteorytowy pod Aigle, Francja). Obserwano już jednak ciemne mgławice Drogi Mlecznej, które, jak sądzono, składają się z cząstek pyłu.

W obłoku pyłowym Kanta działały siły przyciągania (zgodne z newton-

owskim prawem powszechnego ciążenia) i analogiczne do nich, ale o przeciwnym znaku, hipotetyczne siły odpychania. Dzięki nim właśnie odbywała się ewolucja obłoku — od pierwotnego chaosu do układu planetarnego. Siły przyciągania i odpychania porządkowały stopniowo ruch cząstek i doprowadziły do obrotu mgławicy wokół osi, który stawał się coraz szybszy w miarę kurczenia

się obłoku. Gdyby istniały tylko siły przyciągania — cała materia obłoku zgromadziłaby się w jego środku — w miejscu, gdzie powstawało pra-Słońce. Ponieważ miały istnieć jeszcze siły odpychania — powodowały one odchylenie toru cząstek przyciąganych w kierunku centrum mgławicy i ruch ich stawał się eliptyczny.

Siły odpychania tłumaczyły, dla czego cały obłok nie zapadł się do swojego środka, nie wyjaśniały jednak, dlaczego mgławica zaczęła się obracać. Rozważania Kanta wiodły do zaprzeczenia *zasadzie zachowania momentu pędów*. Jeżeli bowiem cząstki pierwotnego obłoku poruszały się chaotycznie, to wypadkowa ich ruchu była równa zeru. Mgławica nie mogła „sama z siebie”, bez zadziałania siły zewnętrznej, rozpoczęć ruchu wirowego. Hipotezę mogło jedynie uratować założenie, że moment pędów pierwot-



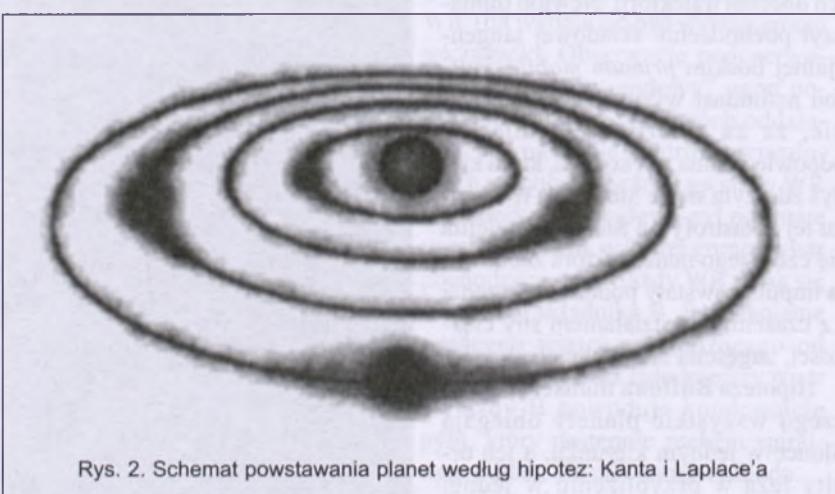
Rys. 1. Rozkład siły działającej na planetę na dwie składowe: radialną  $F_R$  i tangencjalną  $F_T$ .

nej mgławicy był różny od zera. Istniał już w materii rozrzedzonego obłoku pyłowego — był w nim niejako „zakodowany”. Założenie takie poczytni dopiero **Laplace**.

Wirowanie pierwotnej mgławicy powodowało powstawanie wybruzszeń w okolicy równika pra-Słońca. Wybruzszenia te, pod działaniem coraz większej siły odśrodkowej, zaczęły oddzielać się i oddalać od centrum mgławicy. Z pierwotnego oddzielonego pierścienia powstała najdalej planeta Układu, po niej kolejno pozostałe, aż do najbliższej Słońcu — Merkurego. Materia, która nie została zużyta na utworzenie planet, wirując wokół nich tworzyła mniejsze pierścienie, dając początek ich księżycom.

Niezależnie od **Kanta**, w 1796 roku, ogłosił swą hipotezę kosmogoniczną **Pierre Simon de Laplace**. Na podobieństwo obydwu hipotez zwrócił uwagę dopiero **Hermann Ludwig von Helmholtz** i od tego czasu przyjęło się mówić o nich łącznie jako o hipotezie mgławicowej Kanta–Laplace'a (rys. 2).

Nie jest to jednak słuszne; obydwie hipotezy mimo pozorów podobieństwa (pierwotny budulec planetarny — mgławica) różnią się między sobą w sposób zasadniczy. Według **Laplace'a** Układ Słoneczny powstał na skutek kondensacji gorącego i wolno rotującego wokół własnej osi *obłoku gazowego*. **Laplace** w swej hipotezie zwrócił uwagę na zasadę zachowania



Rys. 2. Schemat powstawania planet według hipotez: Kanta i Laplace'a

momentu pędu. **Kant** błędnie zakładał, że pod działaniem przyciągania rodzącego się pra-Słońca obłok otrzymał moment obrotowy. **Laplace** usunął tę trudność zakładając, że pierwotna mgławica miała już moment obrotowy różny od zera.

Hipoteza **Kanta** wyjaśniała centralne położenia Słońca w Układzie, rozkład ciał na orbitach, eliptyczność orbit oraz fakt, że wszystkie orbity leżą blisko płaszczyzny ekiptyki. Hipoteza **Laplace'a** tłumaczyła dodatkowo obserwowany moment obrotowy Układu. Obydwie jednak nie umiały wyjaśnić wielu innych cech Układu, przede wszystkim rozkładu momentu pędu pomiędzy Słońce (2%) i planety (98%).

Należało przypuścić, że podczas ewolucji obłoku zadziałyły siły zewnętrzne, które przekazały planetom dodatkowy moment pędu. Kłopoty z rozkładem momentu pędu spowodowały więc zwrot od kosmogonicznych hipotez ewolucyjnych do katastroficznych, których prekursorem był **Buffon**.

W 1917 roku **James Hopwood Jeans** przedstawił swoją hipotezę, będącą udoskonaleniem ogłoszonej w 1902 roku hipotezy katastroficznej **Thomasa Ch. Chamberlena i Foresta R. Moultona**. Według niej kilka miliardów lat temu w pobliżu Słońca przeszła bardzo masywna gwiazda. Oddziaływanie grawitacyjne obu gwiazd spowodowały powstanie na Słońcu silnej fali przypływowej i naruszyły jego stabilność. W wyniku tego w dwóch przeciwnie skierowanych punktach Słońca oderwały się od niego dwa długie wrzeciona materii. Gorące, niestabilne „kłaczki” rozpadły się na wiele części i stygnąc kondensowały w planety, które, będąc wciąż pod działaniem przyciągania Słońca, obiegają je dookoła.

Z początku ich orbity były elipsami o dużych mimośrodach, z czasem jednak, pod wpływem oporu ośrodka międzyplanetarnego, stawały się coraz bardziej kołowe. Powstanie księżyców planet miało miejsce w początkowych stadiach ewolucji planet, kiedy ich orbity posiadały większe mimośrodu niż obecnie. Planety przechodząc w periheliach swych orbit blisko Słońca traciły część materii, która uformowana we wrzeciona dała

początek księżycom. Z resztek rozproszonego pyłu międzyplanetarnego miały powstać komety i ciała meteorowe.

Katastroficzną koncepcję **Jeansa** rozwijał dalej **Harold Jeffreys** (1891). Zakładając również, że na tworzące się planety działał opór ośrodka międzyplanetarnego obliczył, że wiek Układu Słonecznego powinien wynosić kilka miliardów lat. Tyle bowiem było potrzeba czasu, aby eliptyczne orbity ciał początkowo o dużych mimośrodach, stały się prawie kołowymi.

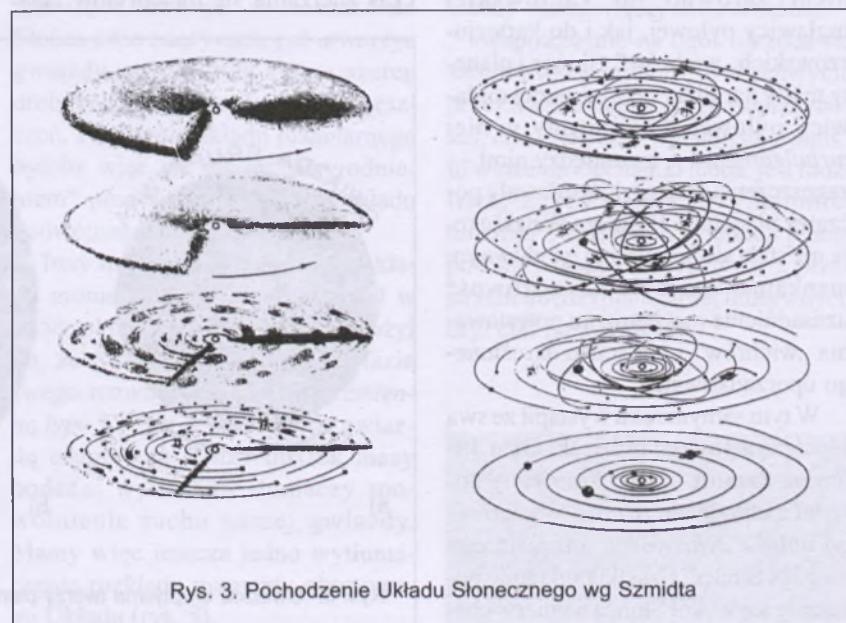
Hipotezy **Jeansa** i **Jeffreysa** miały jednak wiele niedostatków. Można obliczyć, że przejście gwiazdy, które miało spowodować powstanie tak silnej fali przypływowej, musiałaby mieć miejsce w odległości od Słońca porównywalnej z jego promieniem. Wtedy jednak materia wrzeciona okrążyłaby Słońce tuż nad jego powierzchnią. Innym mankamentem była niepossibleność wyjaśnienia szybkiego stygnięcia gazu tworzącego wrzeciono.

Idee katastrofizmu kontynuował **Raymond A. Lyttleton**. Jego teoria zakładała, że Słońce wchodziło kiedyś w skład układu podwójnego gwiazd. W pobliżu tego układu przeszła trzecia gwiazda, która „złowiła” w swojej grawitacyjnej „pułapkę” jedną z gwiazd i zaczęła się wraz z nią oddalać. Ponieważ jednak na „złowioną” gwiazdę działała również siła grawitacyjna Słońca, z jej wnętrza zostało wyrwane wrzeciono materii, które zaczęło wirować wokół Słońca. Udało

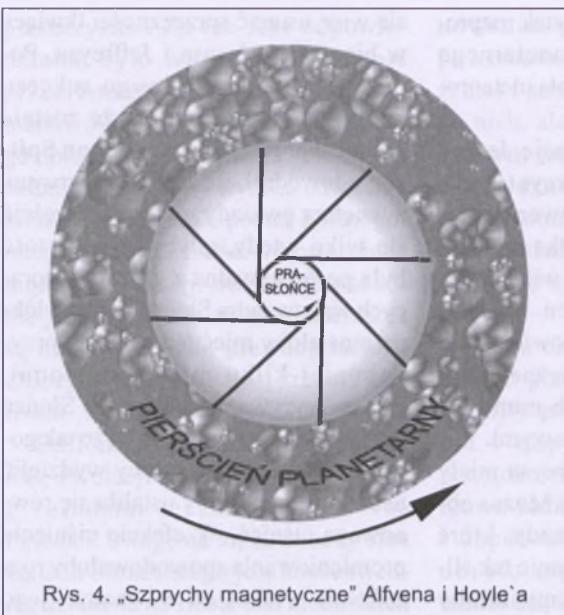
się więc usunąć sprzeczności tkwiące w hipotezach **Jeansa** i **Jeffreysa**. Pomimo tego niewątpliwego sukcesu koncepcja **Lyttletona** także została odrzucona. W 1939 roku **Lyman Spitzer** udowodnił, że włókno wyrwane z wnętrza gwiazdy mogłoby zgałęzić się tylko wtedy, gdyby jego gęstość była porównywalna z gęstością gorących warstw jądra Słońca. Takie włókno musiałoby mieć temperaturę przy najmniej kilku milionów stopni. Proces wyrwania materii ze Słońca byłby jednak na tyle szybki, że tak gorące włókno nie zdążyłoby wydzielić nadmiaru energii, by ustaliła się równowaga ciśnień. W efekcie ciśnienie promieniowania spowodowałoby rozsadzenie włókna od wewnątrz i jego rozproszenie w przestrzeni.

W 1919 roku **Wasilij Grigoriewicz Fiesienkow** przedstawił analizę krytyczną dotychczasowych hipotez kosmogonicznych zarówno ewolucyjnych, jak i katastroficznych, wraz ze swoją pierwszą koncepcją kosmogoniczną.

Wyjściowym budulcem planetarnym miała być ogromna mgławica pyłowa zawierająca poruszające się ruchem chaotycznym mniejsze i większe ciała meteorowe. Tym samym uznał **Fiesienkow** małe ciała — ciała meteorowe, asteroidy, komety — za członków Układu powstały z tego samego materiału, co planety. Mgławica meteorowa była genetycznie związana ze Słońcem. Wskazuje na to podobieństwo składu chemicznego Słońca, planet i małych ciał. **Fiesien-**



Rys. 3. Pochodzenie Układu Słonecznego wg Szmidta



Rys. 4. „Szprychy magnetyczne” Alfvena i Hoyle'a

kow twierdzi nawet, że powstanie wielkich planet przebiegało podobnie jak narodziny Słońca. Różnice miały polegać wyłącznie na tym, że pierwotny ośrodek planetotwórczy był znacznie gęstszy od mgławicy gwiazdowej, a także na sąsiedztwie dużej masy grawitacyjnej — już uformowanego Słońca.

Hipoteza Fiesienkowa nawiązywała do ewolucyjnej koncepcji Kanta, u którego budulcem planetarnym była również mgławica pyłowa. U Kanta jednak planety powstały jednocześnie ze Słońcem, u Fiesienkowa natomiast wprawdzie z tego samego obłoku, ale dopiero po uformowaniu się Słońca.

W 1943 roku pojawiła się hipoteza niemieckiego fizyka Carla Friedericha Weizsäckera, będąca nawiązaniem zarówno do kantowskiej mgławicy pyłowej, jak i do kartezjuszowskich „wichrów”. Słońce i planety miały narodzić się z tej samej mgławicy pyłowej. Powstawały w niej *turbulentne wiry*, a pomiędzy nimi — zagęszczenia materii, które dawały początek planetom. Hipoteza Weizsäckera nie stała się popularna; jej głównym mankamentem była niemożliwość uzasadnienie mechanizmu powstawania „wichrów” i ich ściśle określonego uporządkowania.

W tym samym roku wystąpił ze swoją hipotezą astronom radziecki Otto Julianewicz Szmidt. Układ Słoneczny powstał z chłodnego pyłowo — gazowego obłoku dyfuzyjnego, otaczającego niegdyś Słońce. Cząstki mgławicy poruszały się wokół Słońca najpierw cha-

tycznie, przeważał jednak jeden kierunek ruchu — ten, który dzisiaj nazywamy *ruchem prostym*. Stałe cząstki pyłowe odegrały rolę jąder kondensacji dla cząsteczek gazu mgławicy. W czasie ich chaotycznego ruchu następowały zderzenia niesprzęzyste, powodujące zlepianie się mniejszych odłamków w większe aż do powstania planet, które narodziły się jako zimne globy i dopiero później zaczęły się rozgrzewać na skutek we-

wnętrznych procesów promieniotwórczych.

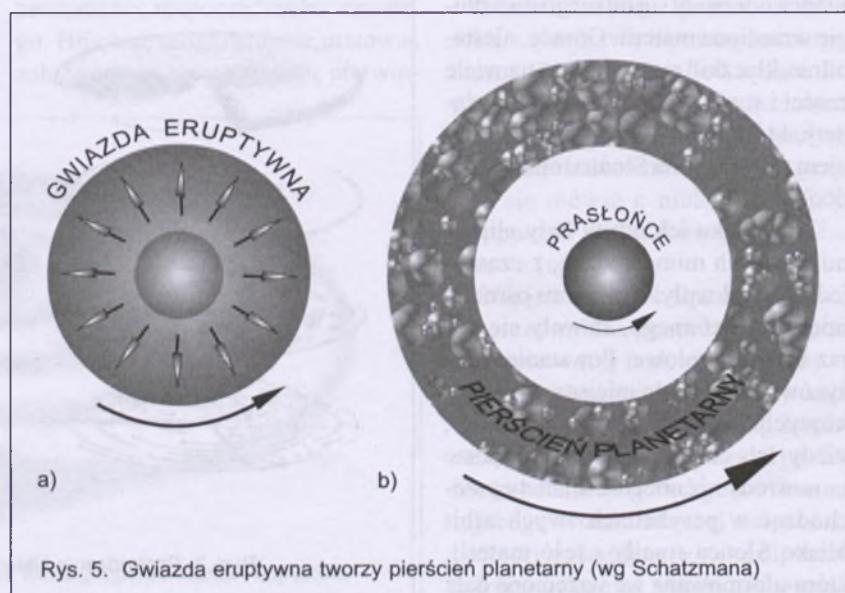
Mamy więc jak gdyby odwrócenie historii Ziemi podanej przez Laplace'a. U niego bowiem planety powstały z gorącej mgławicy jako rozgarzone kule i później zaczęły stygnąć od zewnątrz.

Niezależnie od Szmidta, przypuszczenie, że planety mogą powstać z zimnych bryłek ciał meteorowych wysunął amerykański chemik Harold Clayton Urey. Badania meteorytów bowiem wykazały, że ciała te wielokrotnie stapiły się i rozdrabniały na nowo. Za doskonały przykład mogą posłużyć meteoryty, zwane *chondrytami*, zawierające w sobie szkliste kulki krzemianów — tzw. *chondry*. Urey twierdzi, że chondry powstały podczas zderzania się meteorytów żela-

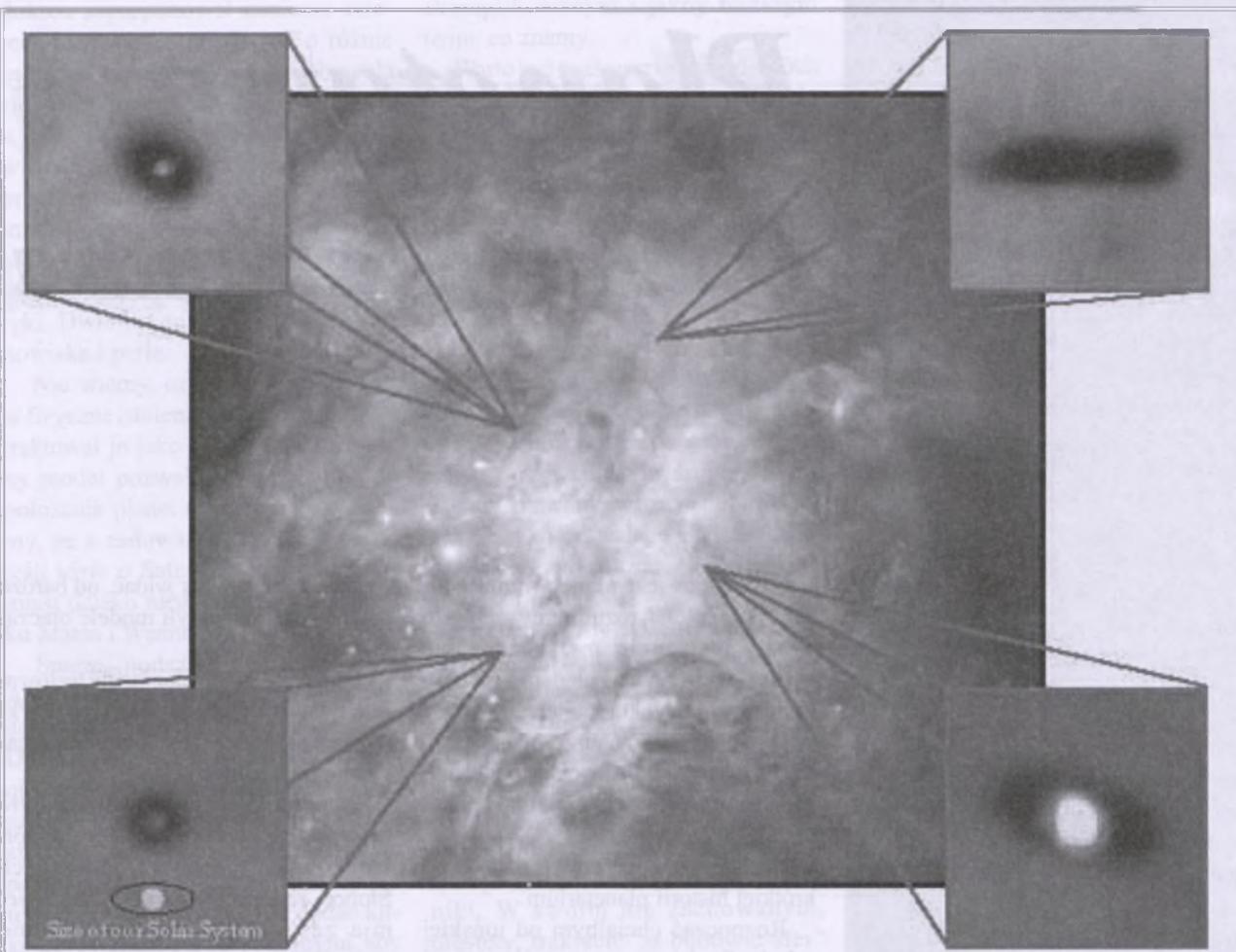
znych i kamiennych, kiedy to rozgrzane i stopione podczas zderzenia krzemiany zastygały w przestrzeni kosmicznej.

Urey, podobnie jak Szmidt, zwraca uwagę, że całkiem bezpodstawne jest głęboko zakorzenione w nauce twierdzenie, jakoby Ziemia była na początku powstania gorąca i płynna. Hipoteza płynnej i gorącej Ziemi została przyjęta i spopularyzowana przez Kelvina Williama Thomsona, który w ten sposób próbował wytłumaczyć ciepło ziemskich wulkanów. Współcześnie wiadomo, że źródłem wewnętrznego ciepła planety (i w konsekwencji — gorącego jądra) może być promieniotwórczość naturalna pierwiastków.

Szmidt w swej hipotezie założył, że mgławica zaczęła wirować. Przyczyną tego było wychwytcie przez Słońce materii mgławicy z przestrzeni międzygwiazdowej. Mgławica, jeszcze przed wychwytem, posiadała pewien różny od zera moment pędów, który przeszedł później w obrotowy moment pędów planet. Teoria wychwytu usunęła więc kłopoty z rozkładem momentu obrotowego w Układzie Słonecznym. Jednocześnie, choć poparta rozważaniami matematycznymi, była najbardziej krytykowanym elementem teorii Szmidta, który w końcu od niej odstąpił zakładając, że mgławica okostłoneczna była pozostałością po protostłonecznym obłoku, który najpierw utworzył Słońce. Rezygnując z teorii wychwytu, pozostawił jednak znów otwarty problem rozkładu momentu pędów Układu (rys. 3).



Rys. 5. Gwiazda eruptywna tworzy pierścień planetarny (wg Schatzmana)



Wielka Mgławica Oriona znajduje się 1500 lat świetlnych od Ziemi. Już przez silne lornetki można dostrzec na jej tle cztery gwiazdy tworzące układ zwany Trapezem Oriona. Jest to rejon bogaty w młode gwiazdy. Na zdjęciach wykonanych kamerą WFPCC teleskopu kosmicznego Hubble'a widoczne są tzw. proplydy, czyli gwiazdy otoczone gęstymi ciemnymi obłokami materii. Prawdopodobnie są to miejsca narodzin układów planetarnych.

W 1941 roku fizyk szwedzki **Hannes Olof Alfven** i astronom angielski **Fred Hoyle** wysunęli przypuszczenie, że rozkład momentu obrotowego nastąpił za pośrednictwem silnego, pierwotnego *pola magnetycznego* związanego ze Słońcem, które spowodowało przyspieszenie ruchu orbitalnego planet kosztem spowolnienia obrotów Słońca. Pole magnetyczne odpowiedzialne za istniejący rozkład momentu obrotowego byłoby słabsze od pola magnetycznego niektórych gwiazd, słabsze nawet od pól magnetycznych plam słonecznych. Istnieje więc, obok teorii wychwytu, drugie wyjaśnienie obserwowanego rozkładu momentu obrotowego Układu (rys. 4).

Opierając się na teorii **Alfvéna** można było przyjąć, że Słońce i planety powstały z tego samego obłoku. Takie założenie uczynił w 1949 roku amerykański astronom **Gerard Peter**

**Kuiper.** Według jego teorii układ Słońce — planety stanowi nieuniformowany *układ gwiazdy podwójnej*, w którym masa drugiego składnika „opóżniła się w rozwoju” w stosunku do Słońca i nie zdążywszy już utworzyć gwiazdy, rozproszyła się na szereg drobnych, protoplanetarnych zagęszczeń. Powstanie układu planetarnego byłoby więc jak gdyby „zwydrodnieniem” procesu tworzenia się układu podwójnego gwiazd.

Inny sposób wytlumaczenia rozkładu momentu pędu zaproponował w 1958 roku **Evry Schatzman**. Założył on, że Słońce w początkowej fazie swego rozwoju było *gwiazdą zmieniającą typu T Tauri* — niestabilną gwiazdą eruptywną. Duży ubytek masy podczas wybuchów tłumaczy spowolnienie ruchu naszej gwiazdy. Mamy więc jeszcze jedno wytlumaczenie rozkładu momentu obrotowego Układu (rys. 5).

Każda z tych hipotez uwalnia nas od założenia wychwytu materii przez Słońce i jednocześnie skłania ku przypuszczeniu, że Słońce i planety powstały mniej więcej równocześnie.

Współcześnie na ogół odrzuca się szmidtowską hipotezę o wychwycie przez Słońce mgławicy protoplanetarnej, choć zjawisko wychwytu, z punktu widzenia mechaniki nieba, jest możliwe. Z pewnością przynajmniej niektóre z księżyców wielkich planet powstały wskutek wychwytu z przestrzeni międzyplanetarnej masywnych brył ciał meteorowych.

*Honorata Korpikiewicz jest astronomem, fizykiem i filozofem. Zajmuje stanowisko adiunkta w Instytucie Filozofii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.*

# Planetarium

## Od Anaksymandra do ADLIP-a

Cóż to jest planetarium? Najczęściej rozumiemy przez to instytucję mieszącą się w ciekawym pod względem architektonicznym budynku, zawierającym salę ze sferycznym ekranem. A planetarium to przede wszystkim swoisty model otaczającego nas Świata i jako takie zna ne jest od bardzo dawna.

Spróbujmy więc odbyć podróż po krótkiej historii planetarium.

Rozpocząć chciałbym od jońskiej szkoły fizyków, w szczególności od Anaksymandra z Miletu, który żył w latach 611–546 p.n.e. Diogenes Laertios pisze o nim tak:

„Anaksymander, syn Praksjadesa, był Milezyjczykiem. Za pierwszą zasadę i element uważa on to, co nieograniczone, nie określając tego ani jako powietrze, ani jako wodę, ani jako coś innego. Twierdził następnie, że zmianom podlegają tylko części, całość zaś jest niezmienna. Że Ziemia znajduje się w środku i ma kształt kuli. Że Księżyc sam nie daje światła, ale świeci światłem zapożyczonym od Słońca. Że Słońce nie jest mniejsze od Ziemi i że jest najczystszym ogniem.

Anaksymander pierwszy wynalazł też zegar słoneczny i umieścił go, jak stwierdza to Favorinus w *Historiach rozmaitych*, w odpowiednim miejscu w Lacedemonie; zegar wskazywał przesilenia i zrównania dnia z nocą, a jego tarcza oznaczona była cyframi. Stworzył też pierwszą mapę świata z konturami lądu i morza oraz pierwsze planetarium”.<sup>1</sup>

Tyle Laertios. Jak widać, od bardzo dawna ludzie tworzyli modele otaczającego ich świata.

Dla lepszego poznania, dla testowania własnych teorii, dla dydaktyki wreszcie. Modele myślowe, matematyczne, mechaniczne.

Planetarium Anaksymandra było drewniane i składało się z trzech współśrodkowych pierścieni unoszących Słońce, Księżyca i gwiazdy. Sama Ziemia zaś spoczywała nieruchomo w środku pierścieni. Najbliższy Ziemi pierścień unosił gwiazdy. Jego średnica była dziewięć razy większa od średnicy Ziemi. Następny, osiemnaście razy większy od średnicy Ziemi związany był z Księżycem. Ostatni — dwadzieścia siedem średnic Ziemi — to pierścień Słońca. Nigdzie później nie spotykamy już takiego zestawienia. Ma ono w sobie pewną logikę. Jakby zapowiedź pitagorejskiej harmonii; najszybciej poruszające się gwiazdy muszą być najbliżej. Dalej Księżyca i wreszcie Słońca. Anaksymander nic nie mówi o planetach i nie umieszcza ich w swoim modelu. Pewien kłopot stanowi tutaj Ziemia. Jak słyszeliśmy z ust Laertiosa, Anaksymander twierdził, że Ziemia jest kulą. Według innych opisów jego Ziemia była walcem o średnicy trzy razy większej od wysokości.

Proporcje zaproponowane przez Anaksymandra wynikały najprawdopodobniej z jego zafascynowania liczbą 3.

Pierwszy matematyczny model wyjaśniający ruchy ciał niebieskich zdzięczamy Eudokosowi z Knidos. Dla każdej z widocznych planet Eu-

<sup>1</sup> Diogenes Laertios „Żywoty i poglądy słynnych filozofów” PWN 1984

dokos zaproponował istnienie czterech sfer współśrodkowych o różnie ustawionych osiach. Każda obracała się ruchem jednostajnym, acz każda z inną prędkością. Jedna sfera odpowiadała za ruch dobowy, jedna za ruch prosty planety przez zodiak, trzecia miała bieguna leżące na ekliptyce, a czwarta odpowiadała za nachylenie płaszczyzny orbity planety do eklipytyki. Dwie ostatnie sfery dawały statowiska i pętle.

Nie wiemy, czy Eudokos wierzył w fizyczne istnienie swoich sfer czy też traktował je jako czysto matematyczny model pozwalający przewidywać położenia planet na niebie. Przynajmniej, że z zadowalającą dokładnością, jeśli idzie o Saturna i Jowisza, natomiast daleko niedokładną w przypadku Marsa i Wenus.

Inaczej podszedł do zagadnienia Arystoteles, który z systemu sfer Eudokosa stworzył system mechaniczny. Dla Arystotelesa sfery istniały fizycznie i połączone były ze sobą mechanicznie. Wszystko napędzała zewnętrzna sfera gwiazd stałych, a dalej ruch przesunięły się na sfery niższe. Dla potrzeb tego modelu zmuszony był dodać kilka sfer zwanych przeciwnymi, aby wszystko mogło funkcjonować poprawnie.

Podobno Arystoteles próbował zbudować swój model, by zademonstrować poprawność jego działania. Czy arystotelesowskie planetarium powstało, tego dziś nie wiemy. Byłoby w każdym razie następnym krokiem po Anaksymandrze, znacznie już bardziej

skomplikowanym i jakby bliższym temu, co znamy.

Warto być może wspomnieć o dwóch innych modelach matematycznych, wprowadzonych do astronomii w IV i III wieku p.n.e.:

- heliocentryczny model Arystarcha ze Słońcem w środku Świata i obiegającą to Słońce, obracającą się Ziemią,
- epicykliczny model Apolloniosa z Perge.

System heliocentryczny miał cztery mankamenty. Po pierwsze uważało się, że ruch ciał przez powietrze na obracającej się Ziemi powinien spowodować ich rozgrzewanie. Po drugie środek Ziemi uznawany był za naturalny środek „ciężkości” całego Świata. Dalej paralaksy gwiazd oraz nierówne dłużności pór roku.

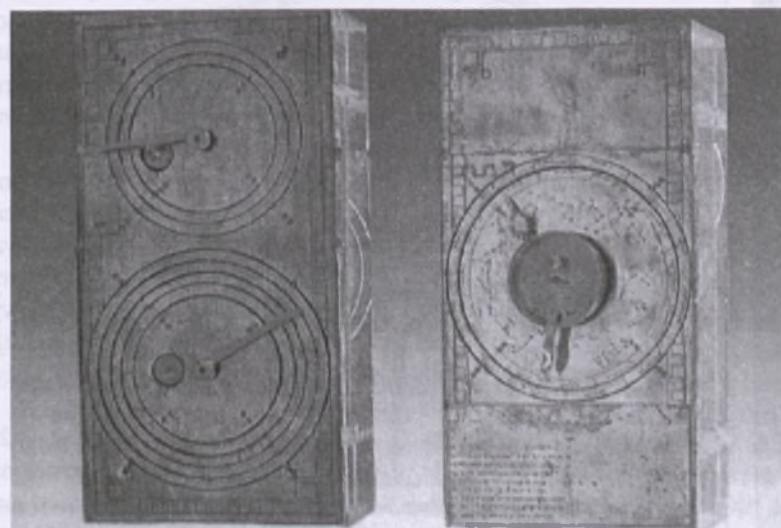
Geocentryczny system mimośrodowy lub epicykliczny (Apollonios dowódł ich równoważności) tłumaczył te problemy i był związany z miejscem prowadzenia obserwacji, z Ziemią. Przyjął się więc jako bardziej użyteczny.

Żyjący w III wieku p.n.e. Archimedes był nie tylko znakomitym teoretykiem, ale również pasjonatem mechaniki. W swoim nie zachowanym, niestety, traktacie „o budowie sfer” opisał konstrukcję urządzenia, które miało ilustrować ruchy Słońca, Księżyca i planet — planetarium. W 212 roku p.n.e. wojska rzymskie pod dowództwem Marka Klaudiusza Marcellusa zdobyły Syrakuzy, rodzinne miasto Archimedesa. Marcellus wywiózł z Syrakuz, jako zdobycz wojenną, dwa instrumenty astronomiczne zbudowa-

ne przez Archimedesa: globus nieba umieszczony w świątyni Vesty oraz owo planetarium. Wszystko wskazuje na to, że jeszcze wiele pokoleń zachwycało się możliwościami tego urządzenia. Przetrwało ono aż do czasów Cyzycerona, który przy różnych okazjach o nim wspomina. Z krótkich opisów przekazanych nam przez Owidiusza, Laktantiosa czy Pappusa z Aleksandrii wiemy, iż urządzenie to zbudowane było w oparciu o system geocentryczny, że Archimedes wprowadził odpowiednie poprawki niwelujące niedokładności wynikające z teorii sfer koncentrycznych. Dzięki tym poprawkom położenia planet wskazywane przez maszynę były bardziej zgodne z rzeczywistymi niż obliczane według obowiązującej teorii. Urządzenie prezentowało zarówno ruch dzienny, jak i ruch roczny. Cyzeron — około 150 lat później — nie mógł się nadziwić dokładności wskazywanych faz Księżyca i możliwości odczytywania momentów zaćmień. W planetarium Archimedesa odważnik napędzał mechanizm, którego budowa stanowi do dzisiaj tajemnicę. Zaś stabilność ruchu całego urządzenia zapewniało koło wodne mające formę, jak pisze Pappos, młyna wodnego. Z pewnością mamy tu do czynienia z pierwszym kompleksowym modelem przedstawiającym ruchy ciał niebieskich. Dla współczesnych Archimedesów, korzystających głównie z graficznych, mnemotechnicznych metod wyznaczania pozycji ciał na niebie była to rzecz nowa i zaskakująca.

Ille mitu jest w cudowności tego modelu, ile mitu w dokładności, a ile prawdy — dzisiaj już nie rozstrzygnemy. Wiemy natomiast, że Grecy próbowali kopiować to urządzenie w celach handlowych. Być może wsadzono by wszystkie przekazy na ten temat do lamus, gdyby nie odkrycie jednej z takich kopii.

W 1900 roku między Peloponezem a Kretem, na głębokości 60 metrów odnaleziono zatopiony wrak, a w nim kilka wykonanych z brązu kawałków jakiejś maszyny oraz drewniane fragmenty jej obudowy. Setki lat i słona woda zrobiły swoje. Początkowo sądzono, iż to jakiś mechaniczny kalendarz. Słabo widoczne inskrypcje pozwoliły odczytać datę produkcji; w przeliczeniu na współczesną rachubę lat — 87 r. p.n.e. Przez następne 70 lat naukowcy z róż-



Rys. 1. Zrekonstruowane „planetarium greckie” (patrz tekst obok). Wg „DER HIMMEL AUF ERDEN”, Ludwig Meier, Leipzig-Heidelberg 1992

nnych dziedzin badali to urządzenie. Dopiero badania rentgenowskie ukazały skomplikowaną strukturę wewnętrzną: wiele zazębających się i współdziałających ze sobą kół. Pozwoliły także odtworzyć stopniowo centralny mechanizm, a w końcu przybliżony wygląd całego urządzenia. Zrekonstruowany instrument (Rys. 1) napędzany jest korbą. Rozmiary zewnętrzne drewnianej skrzyni 320 mm × 170 mm × 80 mm. W odtworzonym urządzeniu niedokładność ruchu Księżyca wynosi 17 sekund łuku na miesiąc.

Istnieją również wzmianki o podobnym planetarium czy raczej zegarze planetarnym zbudowanym w Chinach w 1088 roku, napędzanym wodą.

W 1677 roku w Paryżu Ole Römer (ten sam, który podał astronomiczną metodę wyznaczania prędkości światła) zbudował planetarium. Zawierało sześć planet, Słońce i Księżyca. Nie zachowało się do naszych czasów.

Na podstawie pracy Römera, pięć lat później, w 1682 roku, Chrystian Huygens zaprojektował inne planetarium wykonane przez Johanna van Ceulena z Hagi. Jest to planetarium heliocentryczne. Dla nas bardzo ważne, gdyż jest prekurem współczesnych planetariów.

Huygens odkrył, że stosunek okresów obiegu Saturna do Ziemi ma się jak 77 708 431 : 2 640 858, co w zupełności satysfakcyjnym przybliżeniu daje 206:7. Użył więc dla zobrazowania stosunków okresów Saturna i Ziemi kół zębatych o odpowiednio 206 i 7 zębach (podobnie zrobił Bauersfeld kilkaset lat później). Planetarium Huygensa można obejrzeć w Muzeum Historii Nauki w Lejdzie. Huygensowi udało się zbudować urządzenie, w którym planety grupy ziemskiej poruszają się ruchem niejednostajnym. Orbita mają formę mimośrodowo naciętych szczelin w metalowej płytcie. Wszystkich szczelin jest 6: od Merkurego do Saturna, a ośmiokatna skrzynia mieszcząca planetarium ma rozmiary około 70 cm.

Na przełomie XVII i XVIII wieku George Graham i zegarmistrz Thomas Tompion zbudowali tellurium — Słońce obiegane przez Ziemię, którą z kolei obiegał Księżyca. Model ma 33 cm szerokości i 23 wysokości. Zabawka — bez skali i odniesień do gwiazd. Ilustruje jednak pięknie warunki występowania zaćmień. Na podstawie tego modelu budowane są dzisiejsze telluria szkolne, które mają spełniać dokładnie te same zadania. Tellurium Grahama eksponowane jest w Muzeum Historii Nauki w Oxfordzie.

David Hann w 1780 roku zbudował planetarium składające się z trzech części: z tellurium, globusa nieba oraz właściwego planetarium heliocentrycznego. Urządzenie posiada także zegar wskazujący dni tygodnia, godziny itp. Ciekawostką jest fakt, że przy pomocy korby można tu ustawić datę, jak w współczesnym planetarium i zobaczyć rozkład



Rys. 2. Holenderskie planetarium sufitowe z 1781 r.

planet w Układzie Słonecznym w danym momencie. Uwagę widza zwracają też księżyce przy Jowiszu i Saturnie oraz obecność pierścieni Saturna. Prezentowane w Muzeum Zamkowym w Gotha.

W 1781 roku uruchomiono w Holandii działające do dzisiaj planetarium sufitowe (Rys. 2). Jest to planetarium kopernikańskie, jak gdyby powiększone i przytwierdzone do sufitu planetarium Huygensa. Pozłacane kule — planety, umocowane na żelaznych prętach zwieszonych z sufitu wędrują po swych orbitach w czasie rzeczywistym. Saturn wykona jeden obrót wokół Słońca w okresie 29,5 roku. Mechanizm napędowy poruszany jest ciężarkiem i regulowany wahadłem jak w normalnym zegarze.

Podobny w założeniach zegar pracuje w Kopenhadze (choć tym razem nie jest to zegar sufitowy). Zbudowany w 1902 roku przez Jenasa Olsena pokazuje czas słoneczny, gwiazdowy, czasy strefowe. Z niezmierną precyzją wyznacza zaćmienia Słońca i Księżyca.

Planetarium zbudowane w 1923 roku przez Franza Meyera, pracownika zakładów Zeissa w Muzeum Monachijskim, jest uwieńczeniem tego typu urządzeń. Mieściło się ono w okrągłym pokoju o średnicy 12 m i wysokości 2,8



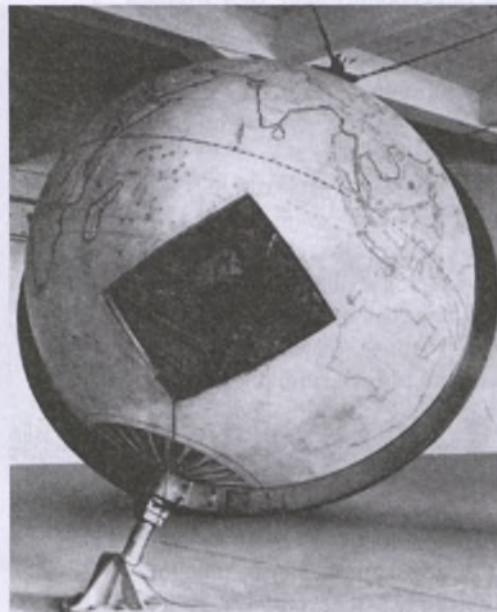
Rys. 3. Antyczny (sprzed roku 300 p.n.e.) globus na barkach Atlas'a.

m. Słońce i planety reprezentowane były przez świecące kule (dla Słońca o średnicy 23 cm). Planety umieszczone na specjalnych wózkach, napędzanych silnikami elektrycznymi, poruszały się po eliptycznych torowiskach zawieszonych pod sufitem. Mimo że uwzględniono odpowiednie stosunki prędkości poszczególnych planet, położenia planet zewnętrznych (model sięgał do Saturna) nie były zbyt dokładne. Za to planety olbrzymy posiadały układy własnych satelitów. Ziemię stanowił obserwator poruszający się na specjalnej platformie, która okrążała Słońce w czasie 12 min. Obserwator przez odpowiedni peryskop mógł śledzić położenia poszczególnych ciał Układu Słonecznego na tle gwiazdozbiorów Zodiaku, narysowanych na ścianie pokoju. Same zaś gwiazdy były miniaturowymi żarówkami wbudowanymi w ścianę, reprezentującymi 180 najjaśniejszych gwiazd Zodiaku. Obserwatorem mógł być tylko jeden człowiek jeżdżący na platformie. Urządzenie zostało zniszczone w czasie drugiej wojny światowej. Zachowane fragmenty posiadają: Muzeum w Monachium, Planetarium w Nowym Jorku oraz planetarium w Północnej Karolinie.

Oprócz planetariów czy telluriów budowano również modele sfery niebieskiej — globusy najprzeróżniejszej maści. Jednym z pierwszych był prawdopodobnie zbudowany przez Archimedesa, a wywieziony przez Marcellusa globus ze świątyni Vesty.

W muzeum w Neapolu mamy prawdopodobnie najstarszy zachowany antyczny globus nieba. To 65 cm średnicy globus umieszczony na barkach Atla (Rys. 3). Wiek figury datowany jest na 73 rok p.n.e. — czasy panowania Juliusza Cezara. Przez długi czas stał w pałacu Farneze w Rzymie. Sam globus jest starszy i pochodzi sprzed 300 roku p.n.e. To datowanie związane jest z pozycją punktu równonocy wiosennej względem gwiazdozbiorów uwidocznionych na globusie. Naniesiono tam 42 konstelacje. Jest to prawdopodobnie jeden ze słynnych globusów „Aratusa”. Sprowadził je z Egiptu Eudoksos z Knidos (ten od sfer współśrodkowych). Grecki poeta Aratus około 270 roku p.n.e. napisał poemat „Phenomena”, w którym wspomina globusy Eudoksosa, stąd ich nazwa. Oprócz gwiazdozbiorów na globusie widoczne są również: równik, ekiptyka, zwrotniki i koła podbiegunowe.

W połowie XVII wieku Fryderyk III von Holstein Gottorp zamówił ogromny metalowy globus z nawierconą mapą nieba (Rys. 4). Projektem i bu-



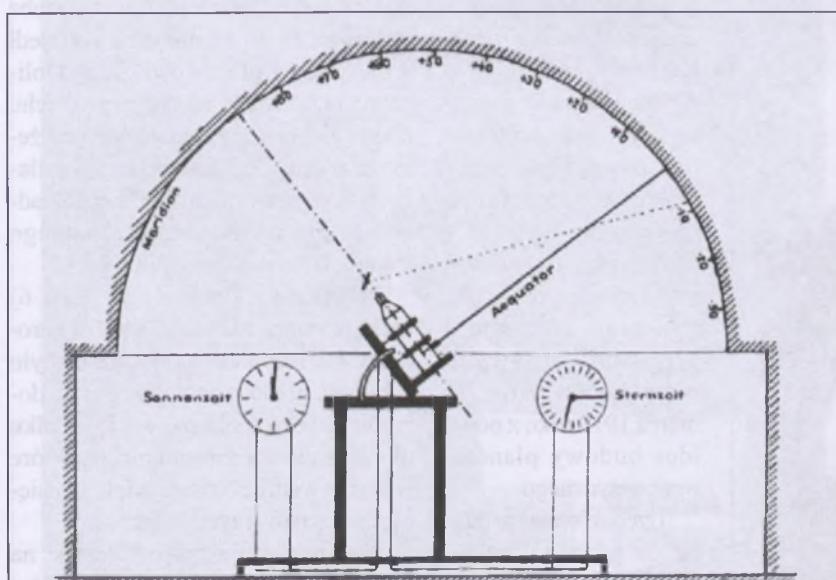
Rys. 4. Siedemnastowieczny globus niebieski o średnicy 3,5 m do oglądania „nieba” od środka. Wg „DIE STERNE DYRFET IHR VERSCHWENDEN”, Helmut Werner, Stuttgart 1953

dową zajęli się: matematyk Adam Olearius i mechanik Andreas Busch. Ważąca trzy i pół tony, ponad trzymetrowej średnicy kula mogła pomieścić dwanaście osób — obserwatorów sztucznego nieba. Światło wpadało przez otwory do wnętrza kuli, a obrót globusa wokół własnej osi imitował ruch sfery niebieskiej. Podarowany carowi Piotrowi Wielkiemu globus ten do dzisiaj znajduje się w petersburskim muzeum.

W XVIII wieku podobny, lecz większy globus, zbudowany przez Rogera Longa, o średnicy pięciu i czterech dziesiątych metra zdobił wnętrze Pembroke Hall w Cambridge. W jego wnętrzu mieściło się prawie 30 osób.

Stalowe wręgi pokryte cynkową blachą pozwoliły zmniejszyć ciężar kuli — mimo większej średnicy — do pół tony.

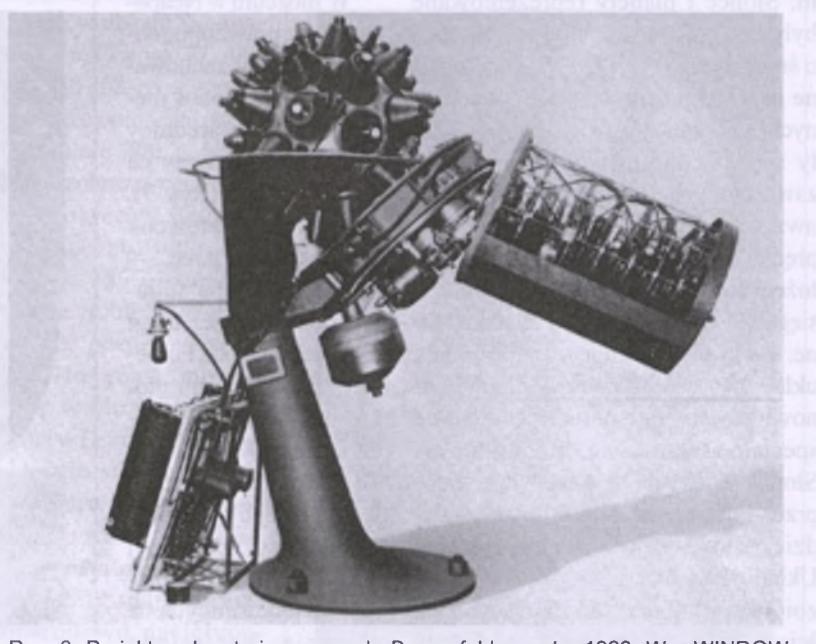
W latach 1912–13, w Muzeum Akademii w Chicago zbudowano globus nieba zaprojektowany przez Wallace W. Atwooda (byłego rektora Uniwersytetu Clarka). Średnica 4,57 m, waga 227 kg. Zbudowany został z cienkiej (0,4 mm) galwanizowanej blachy. Ustawiono go na 42° szerokości geograficznej — szerokość Chicago. Obierany silnikiem elektrycznym, zawiera 692 otwory — gwiazdy (do czwartej wielkości gwiazdowej). Globus został ucięty na wysokości południowego



Rys. 5. Pierwszy projekt planetarium (Wilhelm Funke, rok 1919) z projekcją obrazów gwiazdnego nieba na sferyczny ekran. Wg „DER HIMMEL AUF ERDEN”, Ludwig Meier, Leipzig-Heidelberg 1992

koła podbiegunowego. Tam wjeżdża platforma z obserwatorem. Wewnątrz po ekliptyce porusza się Słońce. Uwzględniono także cztery planety: Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna oraz zmieniający fazy Księżyca.

W XX wieku, w roku 1913, Oskar von Miller, założyciel muzeum w Monachium, zwrócił się do firmy Carl Zeiss w Jenie z pomysłem zbudowania jeszcze większej, sześciometrowej kuli, oświetlonej z zewnątrz, z wbudowanymi torowiskami dla Księżyca, Słońca i planet. Inspiracją do budowy ogromnej kuli była z pewnością rozmowa Millera z Maxem Wolfem, astronomem z obserwatorium w Heidelbergu, który dopiero co wrócił z USA, gdzie miała miejsce inauguracja chicagowskiego globusa. Rozpoczęte prace projektowe przerwały wojnę. Po wojnie prace wznowiono, a jednym z ich efektów było kopernikańskie planetarium Meyera (w 12 metrowym, okrągim pokoju). Drugi nurt prac prowadzony był przez zespół prof. dr inż. Walthera Bauersfelda. Początkowo Bauersfeld projektował ogromny globus, choć nie był specjalnie przekonany do tego pomysłu. W marcu 1919 roku zmienił koncepcję: nie kula oświetlona z zewnątrz, a projekcja wewnątrz sferycznego ekranu. Rozpoczęła się epoka współ-



Rys. 6. Projektor planetarium pomysłu Bauersfelda z roku 1923. Wg „WINDOW TO THE UNIVERSE”, Charles F. Hagar, Oberkochen 1980

czeszych planetariów. Skąd pomysł Bauersfelda?

W 1919 roku Wilhelm Funke z Bremen zgłosił w urzędzie patentowym projekt urządzenia, które nazwał „Astropunktorem” (Rys. 5). Na sferycznym ekranie, umieszczonym centralnie projektor miał wyświetlać linie współrzędnych astronomicznych, aby widzom uzmysłowić ich wzajemne zależności. Aparat miał obracać się wokół osi przechodzącej przez biegun, ilustrując w ten sposób ruch dobowy. Pojedyncze wymienne przeźrocze mogło prezentować ruch Słońca, Księżyca lub jakiegoś wybranego pola gwiazdowego. Astropunktator jest niewątpliwie protoplastą współczesnego planetarium.

Prawdopodobnie zainspirowany tym projektem prof. Bauersfeld przyszedł do swych współpracowników 24 marca 1919 roku z nową ideą budowy planetarium optycznego.

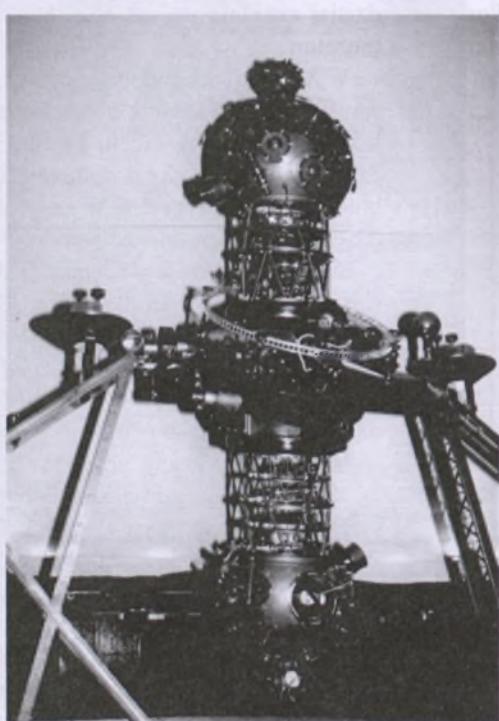
Trzeba również pamiętać, że właśnie w zakładach Zeissa powstał nie-wiele wcześniej obiektyw nadający się do tego typu projekcji. Paul Rudolph,

niemiecki matematyk, pracownik zakładów Zeissa w Jenie obliczył w 1902 roku anastygmat, czterosoczewkowy tryplet nazwany „Tessar”. Achromatyczny obiektyw, pozbawiony aberracji sferycznej, komy, astygmatyzmu i krzywizny pola w znacznym polu widzenia, przy otworze względnym nawet 1:2,8. „Tessar” jest do dzisiaj jednym z najlepszych tego typu obiektywów na świecie i nadal wykorzystywany jest w projektorach planetarium.

Bauersfeld przygotował astronomiczne i mechaniczne podstawy działania swojego „agregatu projekcyjnego” na 600 stronach rękopisu. Trzeba przyznać, że do zagadnienia podszedł z niezmierną pieczęliwością. Obliczone przez niego mechanizmy ruchu planet zapewniają dokładność położenia planet wśród gwiazd, wyświetlanych na planetaryjnym niebie, z dokładnością nie przekraczającą jednego stopnia łuku w okresie 5000 lat.

Planetarium Bauersfelda (Rys. 6) spełniało marzenia wielu pokoleń astronomów i inżynierów. Można tu było zobaczyć niebo o dowolnej porze, dowolnego roku, pokazać w ciągu kilku minut zjawiska astronomiczne, które w rzeczywistości trwają wiele miesięcy, lata, a nawet tysiące lat.

Pierwsza projekcja odbyła się na dachu jednego z budynków Zakładów Zeissa w Jenie, w zbudowanej specjalnie w tym celu 16 metrowej kopule. Potem projektor rozebrano i zawiezio-



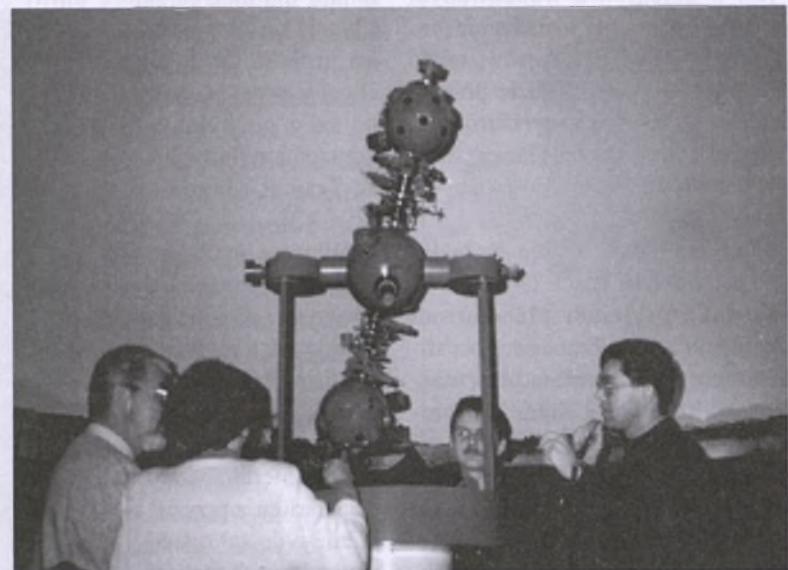
Rys. 7. Planetarium UPP w Chorzowie. Fot. Gabriela Sowa

no do muzeum w Monachium (inwestora), gdzie w prowizorycznej 10 metrowej kopule 21 października 1923 roku odbyła się pierwsza oficjalna projekcja. Ta data uważana jest za datę narodzin współczesnych planetariów.

Pierwszy projektor zamontowano na słupie przypominającym słup teleskopu z paralaktycznym montażem niemieckim. I tak samo jak teleskop mógł być ustawiony tylko na jedną szerokość geograficzną. Ta niedogodność została wkrótce usunięta.

W trzy lata po premierze Bauersfelda, Zakłady Zeissa zaprezentowały nową wersję projektora, przeznawaną z powodu charakterystycznego kształtu „hantel planetarium”. Ten model pozwalał już odtwarzać niebo z dowolnego miejsca na powierzchni Ziemi. Oficjalna nazwa „Uniwersalgerät” — aparatura uniwersalna, była w pełni zasłużona. Dodatkowym atutem nowego modelu była możliwość projekcji w większych salach; nawet do 30 metrów średnicy. Duże zasługi w powstaniu tego modelu ma ówczesny kierownik działu astronomicznego Zakładów w Jenie dr Walter Villiger. Taki sam projektor zwany UPP (Universal Projection Planetarium) pracuje od 1955 roku do dzisiaj w Chorzowskim Planetarium (Rys. 7).

Planetaria są drogie i żeby spełniały swoją funkcję modelu dydaktycznego,



Rys. 8. Planetarium ZKP-2 w Grudziądzu. Fot. Barbara Osiejuk

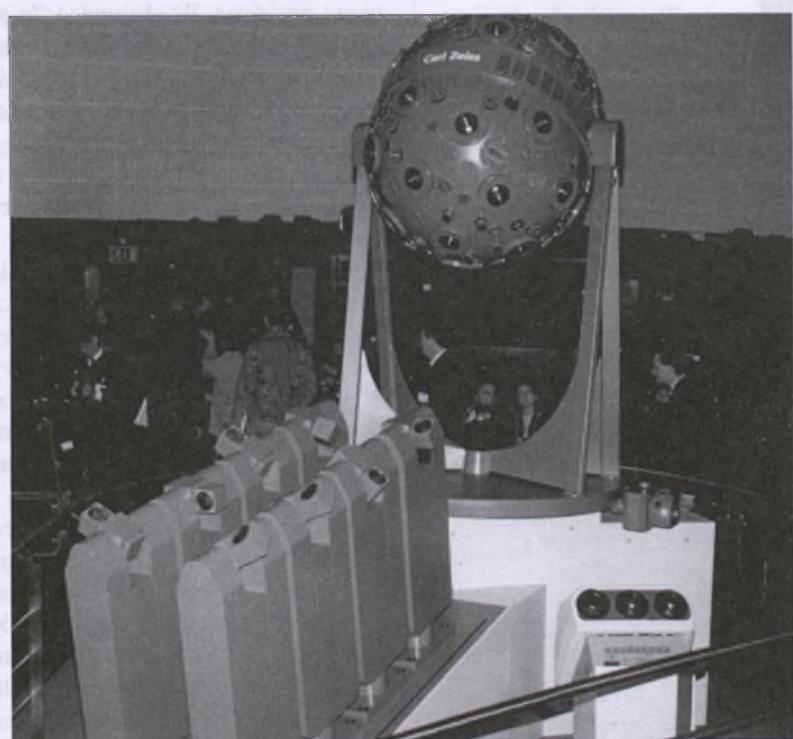
powinny być bardziej dostępne. W latach pięćdziesiątych rusza produkcja ZKP1, małych (i znacznie tańszych) aparatów przeznaczonych do sal o średnicy od 6 do 8 metrów. Do połowy lat 70-tych wyprodukowano ich około 250 sztuk. W Polsce działające projektorы ZKP1 są w posiadaniu: Instytutu Nawigacji i Hydrografii Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni, Instytutu Nawigacji Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Instytutu Nawigacji Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie, Mu-

zeum Techniki w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie, a także Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach (nie uruchomione z powodu braku sali projekcyjnej).

Warto w tym miejscu wspomnieć o trzech innych działających w Polsce planetariach. W Piotrkowie Trybunalskim, Łodzi oraz Potarzycy, które powstały w warunkach amatorskich.

W 1976 w Zakładach Zeissa do produkcji wchodzi nowy model małego projektorа — ZKP2, następcy ZKP1. W projektorы ZKP2 wyposażone są Planetaria we Fromborku, Grudziądzu (Rys. 8) i Komorowie. W 1967 przedstawiono prototyp RFP — planetarium średniego, przeznaczonego do sal o średnicy od 12 do 18 metrów. Takie aparaty pracują w Planetariach w Toruniu oraz w Olsztynie, gdzie sale mają ekran o średnicy równej 15 m.

Jednocześnie unowocześnia się duży projektor. W 1984 powstaje Cosmorama. W taki projektor wyposażona jest sala Planetarium w Pradze. Zjednoczenie Niemiec i ponowne połączenie zakładów w Oberkochen z Jeną oraz wynikający stąd nacisk na unowocześnianie produkcji owocują nowymi rozwiązaniami. Z początkiem lat 90-tych pojawia się Universarium, (Rys. 9) aparatura przeznaczona dla dużych sal: projektor gwiazd w kształcie jaja i planety sterowane silnikami krokowymi; niezależnie każda. Ustalenie daty, którą ma odtwarzać planetarium, to wpisanie jej do komputera. Każdy projektor planety wyposażo-



Rys. 9. Universarium 8 w Jenie. Fot. Jerzy Rafalski

ny jest w obiektyw z wbudowanym zoomem. Te aparatury to marzenie pracowników wielu planetariów, także Planetarium Śląskiego, gdzie pracuje jeden z najstarszych projektorów na świecie (może nawet najstarszy). Niestety, barierą często nie do przebycia są ceny.

Nie tylko Zeiss zajmuje się budową planetariów. W latach 1948 – 1952 zbudowano projektor planetarium w Akademii w San Francisco. Na sfinansowanie projektu pieniędze przekała Trust Morrison. Z zagranicy sprowadzono optykę, resztę zrobiono siłami Akademii. Tak powstało planetarium typu Morrison. Projektorzy gwiazd, owe charakterystyczne kule, umieszczone tu w środku aparatury, a projektorzy planet na zewnątrz, zupełnie odwrotnie niż w dotychczasowych planetariach typu „hantel”. Ten system do dzisiaj wykorzystuje w niektórych aparaturach japońska firma GOTO (Rys. 10).

Zakłady Optyczne Zeissa dały początek nowej erze w konstruowaniu planetariów. W latach pięćdziesiątych dołączyły do nich amerykańskie firmy Viewlex INC oraz Armand Spitz Laboratories ze swoimi szkolnymi projek-

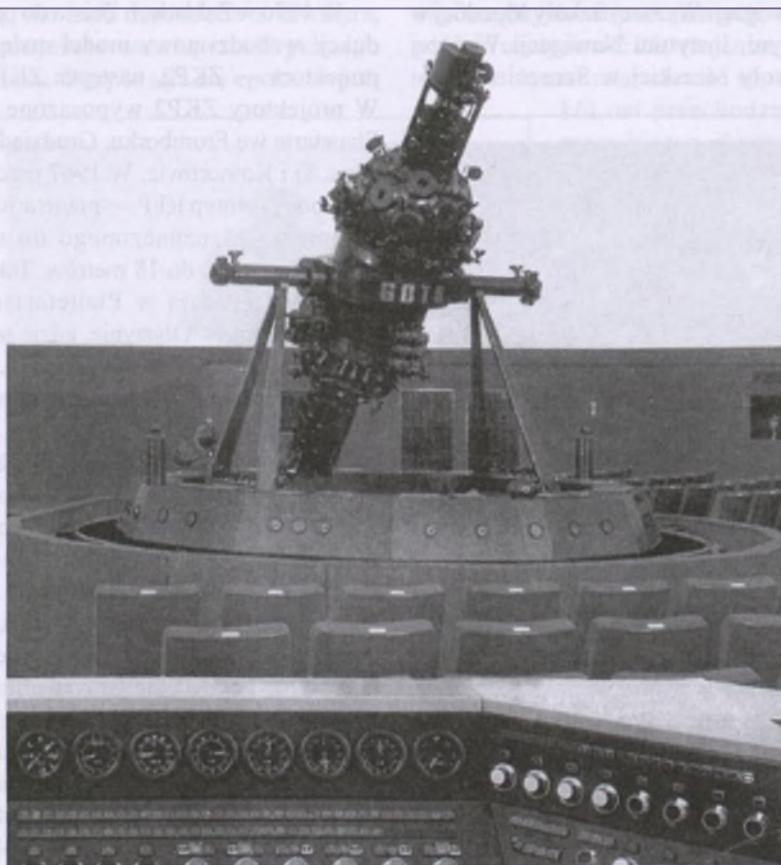
torami dla małych sal (Rys. 11), a także dużymi projektorami, jak choćby przeznaczony do sal z pochylonym horyzontem Spitz Space Tranzit Simulator (Rys. 12).

Wkrótce potem produkcję rozpoczęły Japończycy i obecnie dominują na tym rynku. Ich firmy Minolta oraz GOTO, a zwłaszcza ta druga, prezentują największą ofertę aparatur planetarium z przeznaczeniem do sal o średnicy od trzech metrów, do trzydziestu metrów. Monopol Niemiec został przełamany, choć wyraźny podział rynków powoduje, że trudno w Europie spotkać japońskie czy amerykańskie aparatury. Wyjątkiem jest tu Planetarium w Londynie.

Planetarium londyńskie otwarto w 1958 roku jako pierwsze w Wielkiej



Rys. 11. Szkolne planetarium Spitz A-4 firmy Armand Spitz Laboratories (dla małych sal). Wg. „A PLANETARIUM”, Schalk Gyula, Budapest 1975



Rys. 10. Planetarium firmy GOTO typ Morrisonian, z materiałów reklamowych GOTO

Brytanii. Zainstalowano w nim uniwersalny projektor firmy Zeiss. Na przełomie lat 1994/95 przeprowadzono generalny remont londyńskiego planetarium. Postanowiono także wymienić aparaturę. Po 36 latach eksploatacji wymieniono projektor. Wysłużonego Zeissa zastąpił „Digistar II”, pierwszy tego typu w Europie. Pozbawiony części mechanicznych, składa się ze specjalnego projektora video, projektującego przez szerokokątny obiektyw obrazy na sferyczny ekran sali planetarium. Źródłem obrazów jest komputer.

Poza standardowym nocnym niemem, planetami etc., pozwala także odbywać podróże wśród gwiazd, wyświetlać powiększenia dowolnie wybranych obiektów mgławicowych, odtwarzać wygląd nieba dowolnego dnia w chwilę po wystukaniu wybranej daty na klawiaturze komputera.

Aparatura taka spełnia jeszcze jedno ważne, jak się wydaje, zadanie, zwłaszcza u progu kolejnego stulecia, gdy dociera do nas tak wiele obrazów ze śledzących Wszechświat sond kosmicznych, w najprzeróżniejszych długosciach fali. Istnieje tam bowiem możliwość pokazania obrazu nieba nie tylko w świetle widzialnym, jak w apa-

raturach optycznych. Możemy pokazać niebo w podczerwieni czy mapę nieba w nadfiolecie, a zaraz potem rozkład znanych nam galaktyk, wygaszając przy tym „przeszkadzające” gwiazdy.

Jest to zawsze obraz ruchomy, dynamiczny, a nie statyczny, jaki proponuje nam skądinąd dobry system projekcji typu All-Sky, pokrywający przeźroczami cały sferyczny ekran planetarium. Digistar II daje teoretycznie nieograniczone możliwości projekcji. Teoretycznie, bowiem granicą jest tu rozdzielcość i jasność głównego video projektora oraz ludzka wyobraźnia.

Planetarium to może być wykorzystywane także do innych prezentacji, niekonicznie astronomicznych. Nie chodzi tu bynajmniej o programy typu „show”, lecz o dydaktykę przedmiotową z wykorzystaniem najnowocześniejszych środków audiowizualnych dostępnych w planetarium.

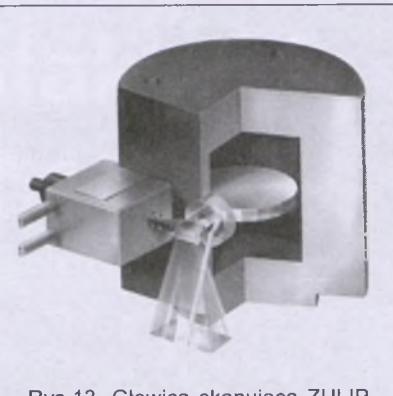
W zakładach Zeissa od kilku lat prowadzone są prace badawcze nad projektorem podobnego typu, acz jeszcze nowszej generacji — projektem laserowym: ZULIP — tak brzmi jego oficjalna nazwa od Zeiss Universal Laser Image Projektor. Prototyp został zaprezentowany dwa lata temu, podczas obchodów 75 rocznicy pierwszej projekcji. Od początku jednak problemy stwarzały źródła światła, czyli lasery. Zatwierdzony obecnie do produkcji model pokazany został podczas specjalnie w tym celu zwołanego sympozjum w Jenie 9 października 2000 roku. Obecnie używany jest laser wielobarw-

ny firmy Shneider o mocy 100 W. Z niego odseparowuje się wiązkę niebieską (4,5 W), zieloną (7 W) i czerwoną (7 W). Ciekawostką techniczną jest głowica skanująca (Rys. 13).

Wirująca tarcza ze zwierciadłami odpowiada za odchylenie poziome wiązki światła, zaś pojedyncze zwierciadło za odchylenie pionowe (odpowiednik odchylenia wiązki elektronicznej w kineskopie). Jest to tak naprawdę projektor video najnowszej generacji. Przygotowane są wersje z laserami o różnej mocy, np. do wykorzystania jako projektor kinowe (projekcja z odległości do 400 metrów) lub projekatory do prezentacji biurowych.

Posiada doskonale czarne tło — lepsze niż w najlepszych pod tym względem projektorach opartych o technologię CRT (np. BARCO). Duża jasność, przewyższająca projektor LCD i DLP. Najlepsze znane dotąd nasycenie barw — pokrywa prawie cały trójkąt barw Newtona.

Dalszym etapem jest system projekcji nazywany ADLIP, czyli All Dome Laser Image Projector. Składa się z 6 ZULIP-ów. Pozwala na pokrycie dowolnym obrazem całego ekranu w sali planetarium. Od Digistara różni się przede wszystkim jasnością, nasyceniem barw i czernią tła. Posiada jednak ciągle za małą rozdzielcość, stąd adresowany jest dla sal o średnicy 15 metrów (maks. 18 m). Z odpowiednim oprogramowaniem system ADLIP (podobnie jak DigistarII) zastępuje wszystkie używane dotychczas w planetariach



Rys. 13. Głowica skanująca ZULIP (materiały reklamowe Zeissa).

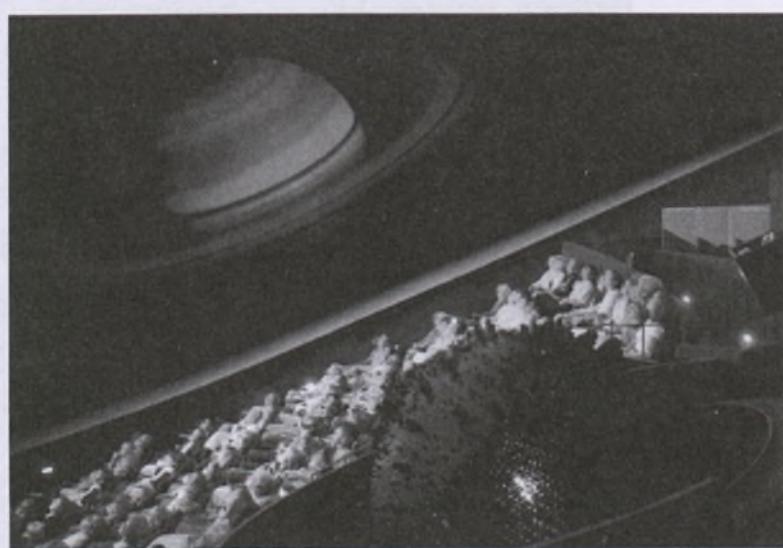
systemy projekcji tj.: przeźrocza, panoramy, All-Sky, video i projektor gwiazd.

Niestety, planetaria o dużych salach — takich jak np. Chorzów (23 m średnicy) — będą musiały jeszcze trochę poczekać na wersje o wyższej rozdzielcości. Póki co, ZULIP mógłby być doskonałym projektorem uzupełniającym.

\* \* \*

U progu dwudziestego pierwszego wieku i trzeciego tysiąclecia producenci aparatury prześcigają się w szukaniu nowych rozwiązań technicznych, a pracownicy planetariów — nowych ofert programowych, często interdyscyplinarnych, by planetaria w obecnym kształcie nie stały się swoistym skansenem, muzeum astronomii. Szukają więc planetaria, jako instytucje, nowych rozwiązań, by dopasować się do wymagań współczesnego rynku i nie stracić klienta, który jakże często wybiera ekran monitora. Współczesny rynek multimedialny daje bowiem człowiekowi możliwość obejrzenia na ekranie komputera wyglądu nieba w dowolnie wybranym momencie z dowolnego miejsca obserwacji, a dzięki Internetowi — wszystkich astronomicznych aktualności.

A jednak ekran komputera nie zastąpi tej szczególnej atmosfery planetarium, gdzie możemy doświadczyć jednego z najpiękniejszych widoków, jakim obdarzyła nas natura: widoku gwiaździstego nieba!



Rys. 12. Duży projektor Spitz STS dla sal z „pochylonym horyzontem” (Projektor umieszczony z boku sali projekcyjnej, za plecami widzów).

*Autor jest pracownikiem Planetarium w Chorzowie. Kieruje działem aparatury naukowej i dydaktycznej. Interesuje się optyką instrumentalną.*



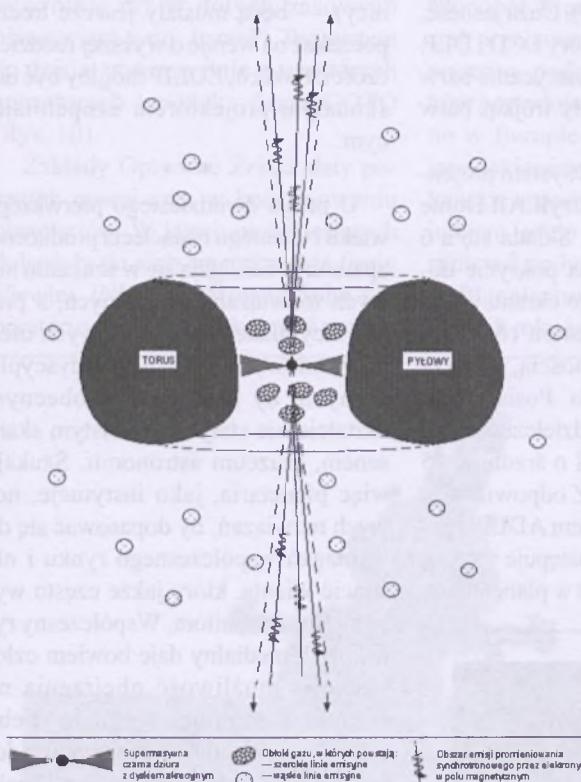
Najbardziej rozpowszechniony typ morfologiczny<sup>1</sup> pośród gwiazdnych systemów to galaktyki spiralne — jak się szacuje, stanowią one mniej więcej 3/4 liczby wszystkich obserwowanych galaktyk. Wśród nich z kolei ok. 1% to galaktyki Seyferta, nazwane tak na cześć pierwszego ich systematycznego badacza, który poświęcił im odrębną publikację w roku 1943.

## Galaktyki Seyferta: M77

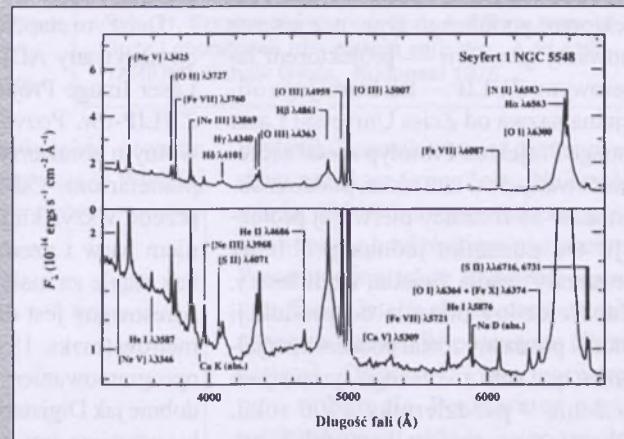
Osobliwe cechy tego typu obiektów zostały odkryte, zanim jeszcze w ogóle poznano naturę galaktyk. W roku 1908 Edward A. Fath z Obserwatorium Licka uzyskał za pomocą 90-cm teleskopu widma wybranych „mgławic spiralnych”. Znakomita większość z nich wykazała cechy spektralne (linie absorpcyjne) charakterystyczne dla gwiazd. Fath zin-

terpretował to słusznie jako efekt sumowania się promieniowania odległych słońc (choć błędnie przypuszczał, że ma do czynienia z nierozielonymi gromadami). Od tego grona odstawała wyraźnie mgławica M 77, której widmo zdominowane było przez 6 linii emisyjnych (głównie wzbronionych), znanych już badaczom mgławic planetarnych: [OII] 3727, [NIII] 3869, [OIII] 4363, 4959, 5007 oraz H<sub>B</sub>. W roku 1926 Edwin P. Hubble odkrył, że podobny zestaw linii widmowych w emisji posiadają jądra trzech galaktyk: M 77, NGC 4051 i NGC 4151. Carl K. Seyfert zestał w swej pracy już 12 takich obiektów (Tab. 1); przynależność dwóch z nich (NGC 2782 i 3077) została później zakwestionowana i odrzucona.

### Paradygmat galaktyki aktywnej



Rys. 1. Różne typy aktywnych jąder galaktyk opisuje model przedstawiony schematycznie na tym rysunku. W samym środku znajduje się supernasenna czarna dziura z dyskiem akrecyjnym, otoczona obłokami gęstej materii (to w nich tworzą się linie emisjne, znacznie poszerzone wskutek dużej prędkości ruchu, wymuszanego przez pobliskie masywne jądro). Pyłowy torus odpowiedzialny jest za przesłanianie źródła centralnego, gdy patrzymy (tak jak w sytuacji na rysunku) w jego płaszczyźnie. Całość otoczona jest obłokami materii gazowej o znacznie mniejszej gęstości (tak małej, że mogą w nich powstawać linie wzbronione) i niższej prędkości ruchu (dalej od centrum — stąd linie wzbronione tu powstające są wąskie). Obrazu dopełniają strugi (dzęty) materii wyrzucanej w kierunku prostopadłym do płaszczyzny torusa, w których następuje głównie emisja promieniowania synchrotronowego przez elektrony uwięzione w polu magnetycznym (przede wszystkim w zakresie radiowym).



Rys. 2. Widmo optyczne galaktyki Seyferta typu 1 (NGC 1275) z zaznaczonymi najsiłniejszymi liniami emisyjnymi (skala natężenia w dolnej części rysunku została rozciągnięta, by uwidoczyć słabsze struktury). Wyraźnie widoczne są dwa „zestawy” linii — wąskie (odpowiadająca im prędkość do ok. 400 km/s) i szerokie (o prędkości 5900 km/s).

Wg A.V. Filippenko

Obserwując galaktykę Seyferta przez teleskop, ujrzelibyśmy odległą galaktykę spiralną z punktowym, jasnym jądem (niejednokrotnie samo jądro przewyższa swym blaskiem całą galaktykę!). D.E. Osterbrook i R.A.R. Parker w roku 1965 wysunęli hipotezę, że jądra galaktyk Seyferta można uznać za minikwazary. Jak się dziś wydaje, różne rodzaje aktywnych jąder galaktyk (Seyferta, radiogalaktyki, kwazary, obiekty typu BL Lacertae) mają rzeczywiście podobną naturę: centralne źródło to bardzo masywny obiekt (czarna dziura) akrejący materię gazową ze swego sąsiedztwa (rys. 1, ramka: Co tam siedzi w środku?). Różnorodność obserwowanych zjawisk jest

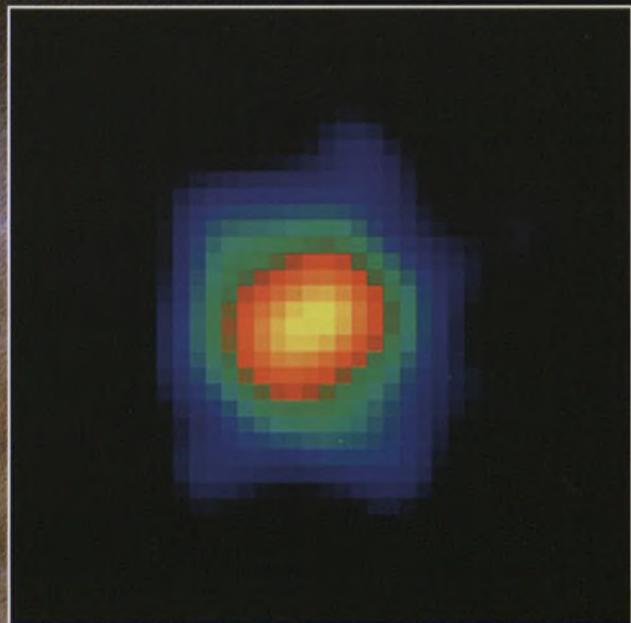
<sup>1</sup> O klasyfikacji morfologicznej galaktyk pisał A.M. Sołtan w artykule „Galaktyki normalne” — „Urania-PA” 5/98, str. 202)

# Różne oblicza galaktyki Seyferta NGC 5135



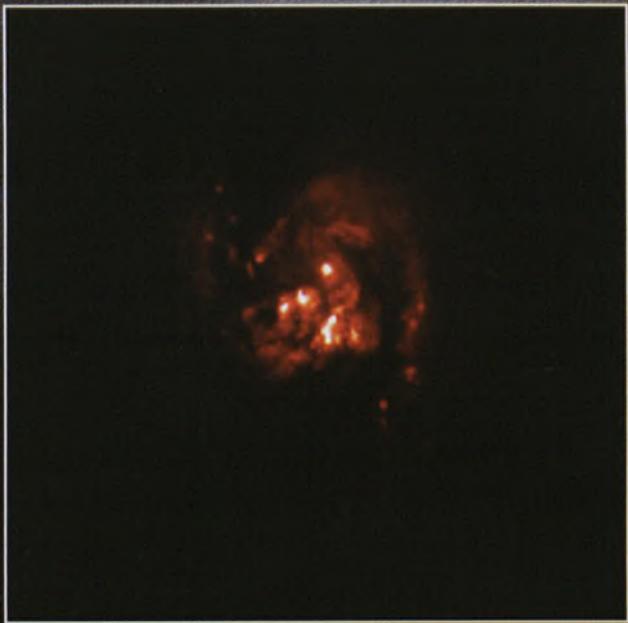
Zdjęcie całego obiektu, zajmującego w przestrzeni ok. 100 tys. l św.

Fot. AAO, STScI



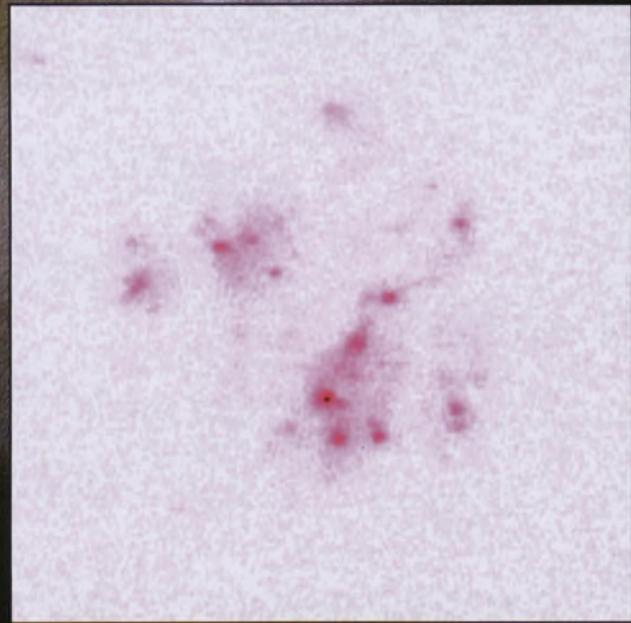
Zdjęcie rentgenowskie (sztuczne kolory) obszaru o średnicy 30 tys. l św., otrzymane przy użyciu satelity ROSAT.

Fot. N. Levenson (JHU), NASA



Zbliżenie obszaru centralnego (o rozmiarach 14 tys. l św.), uzyskane w zakresie optycznym za pomocą teleskopu kosmicznego.

Fot. M. Malkan (UCLA), NASA



Ultrafioletowy obraz z teleskopu Hubble'a (w wersji negatywu) – obszar o rozmiarach 3 tys. l św.

Fot. T. Heckman (JHU), R. Gonzalez Delgado (IAA), NASA

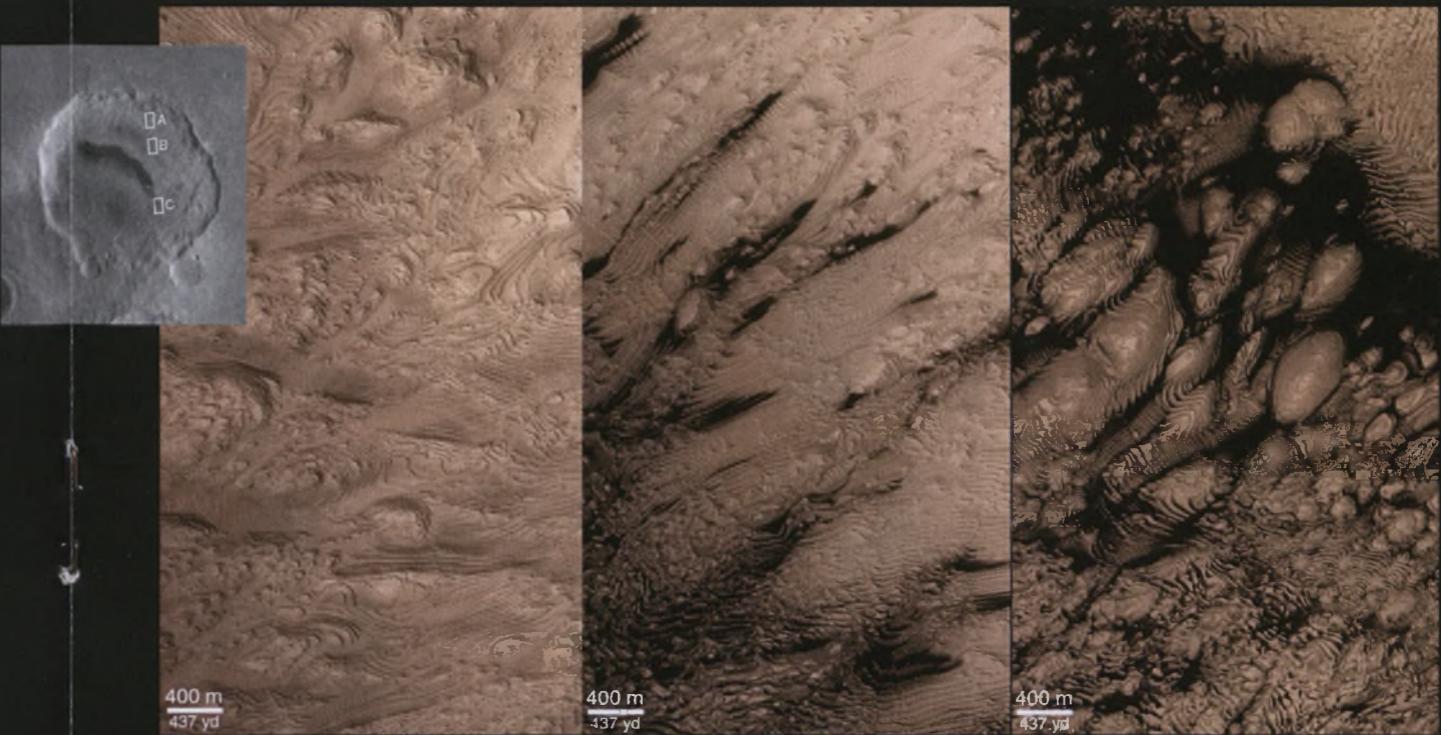
# Marsjańskie osady

Nie minęło nawet pół roku od ujawnienia zdjęć ukazujących fragmenty powierzchni Marsa, przypominające do złudzenia formy rzeźby terenu powstające w wyniku procesów spływania i osuwania (p. „Urania–PA” nr 5/2000, str. 206), a już pojawiała się w magazynie „Science” (8 grudnia 2000 r.) kolejna praca M. Malina i K. Edgetta, prezentująca tym razem zaobserwowane na powierzchni Czerwonej Planety formacje osadowe. Niedoparcie nasuwa się skojarzenie, że oglądamy właśnie dno wyschniętego jeziora lub płytkiego morza. Wszystkie zdjęcia pokazują — jak się wydaje — narastające przez długi czas warstwy osadów, ściśnięte i scementowane w skałę, której wiek sięga 3,5 – 4 mld lat. Wprawdzie sami autorzy pracy podają alternatywne wyjaśnienia (pokłady popiołów wulkanicznych bądź działalność wiatru), przyznając jednak, że do tej pory nie było bardziej przekonywującego dowodu obecności wody na powierzchni Marsa w odległej przeszłości.



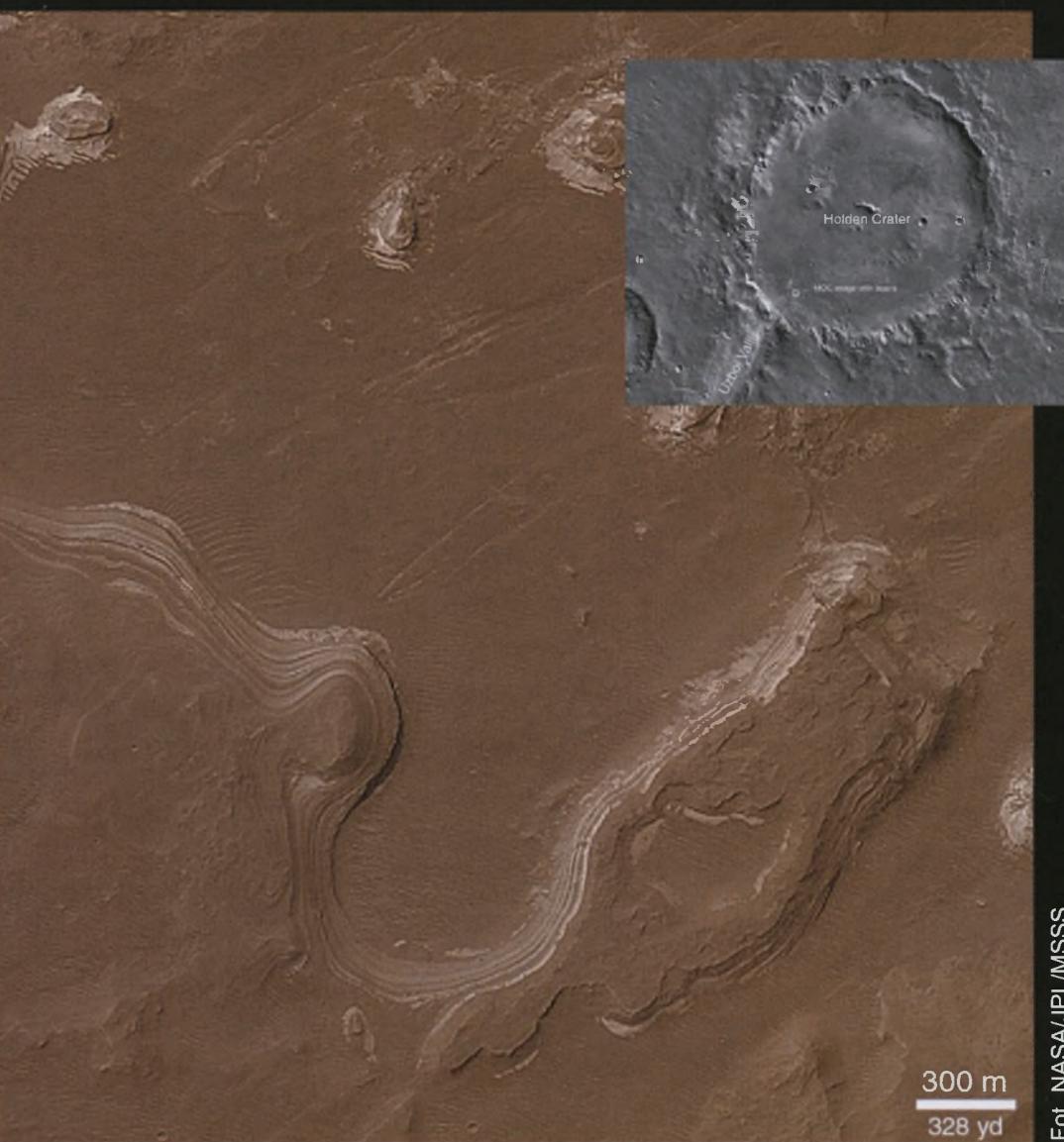
1. Na mapie zaznaczono kropkami miejsca, w których dopatrzyono się obecności osadów — biorąc pod uwagę ponad 65 tysięcy obrazów wykonanych przez sondę *Mars Global Surveyor* (MGS) do października ubiegłego roku. Koncentrują się one w sześciu obszarach położonych w niewielkich szerokościach areograficznych (zwykle do 25°, choć niektóre sięgają 60°). Większość odnalezionej w kraterach uderzeniowych lub obszarach, w których erozja spowodowała odsłonięcie pierwotnych pokładów skalnych (np. w Dolinie Marinerów).

2. To pierwszy obraz, który skłonił uczonych zajmujących się analizą danych napływających z sondy MGS do poszukiwania pozostałości procesów osadowych na powierzchni Czerwonej Planety. Zdjęcie obejmuje obszar o rozmiarach 1,5 na 2,9 km, leżący w rejonie *Candor Chasma* w Dolinie Marinerów. Doliczono się na nim prawie stu warstw skalnych, každa o grubości ok. 10 metrów. Gładkie powierzchnie i urwiste krawędzie sugerują cykliczne okresy nasilenia formowania się osadów.



3. Trzy kolejne zdjęcia ukazują zbliżenia wnętrza krateru o średnicy 64 km, położonego w zachodniej części *Arabia Terra*. Widoczne są setki warstw o podobnej strukturze, ułożone w charakterystyczną dla formacji osadowych mozaikę.

4. Podczas gdy formy osadowe na poprzednich zdjęciach wydają się być utworzone z podobnego materiału (ciemne prążki to cienie rzucane przez krawędzie), w niektórych obszarach dostrzeżono leżące na przemian jasne i ciemne warstwy. Przykładem niech będzie prezentowane tu zbliżenie wnętrza krateru Holdena o średnicy 141 km.



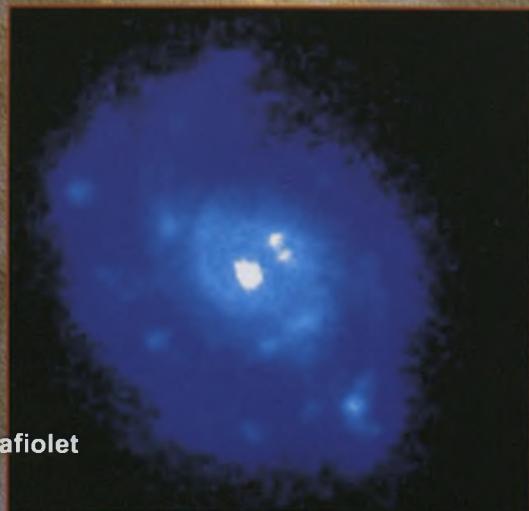
**Urania**  
POSTĘPY ASTRONOMII

Zainteresowanym bardziej szczegółowym opisem oraz porównaniem z ziemskimi formacjami osadowymi polecamy odwiedzenie stron internetowych  
[http://www.msss.com/mars\\_images/moc/dec00\\_seds/slides/index.html](http://www.msss.com/mars_images/moc/dec00_seds/slides/index.html)

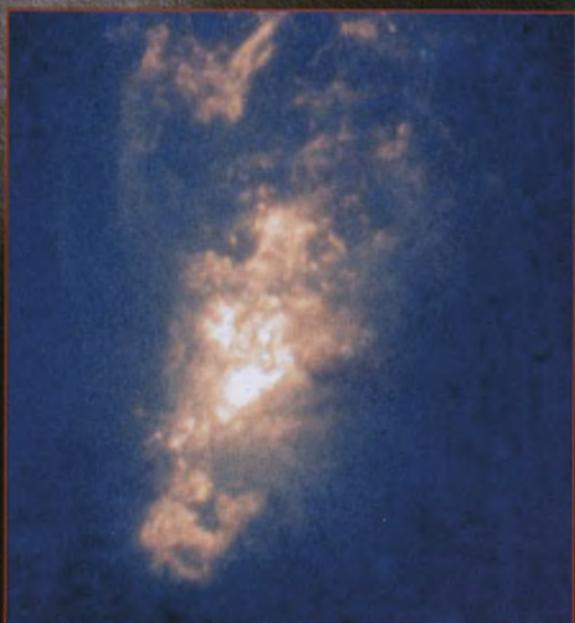
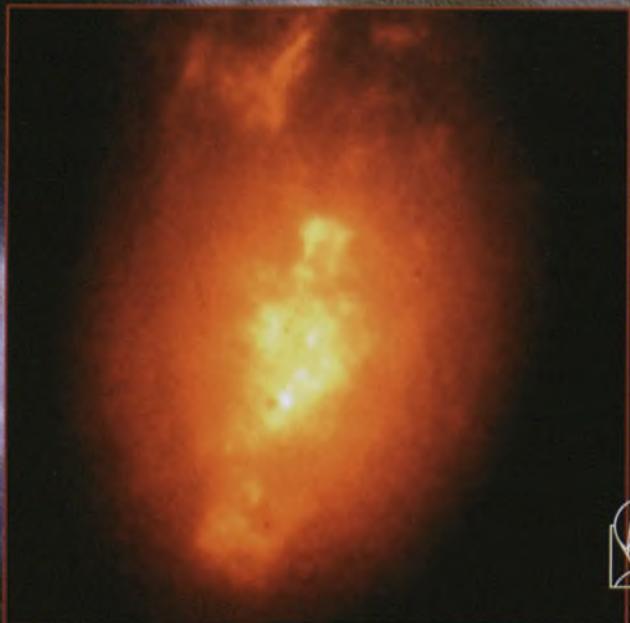
# Galaktyka aktywna NGC 1068 (M 77) ...

Autorzy zdjęć:

A. Block/AURA/NOAO/NSF, UIT,  
D. Macchetto/ESA/STScI/NASA



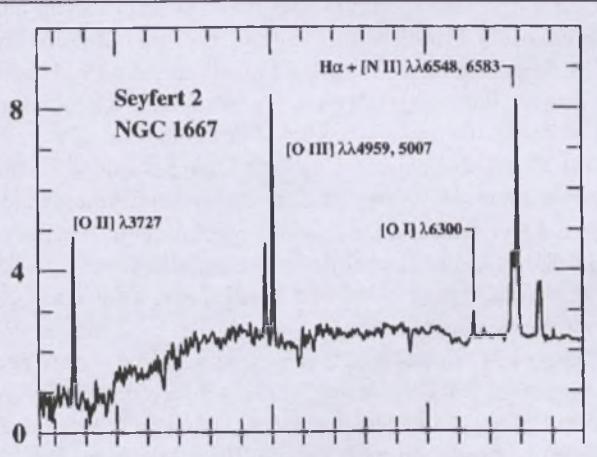
... i jej centralny obszar



konsekwencją różnic w tempie akrecji materii oraz w kierunku, pod którym obserwujemy dane źródło (p. niżej i rys. 4).

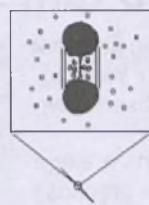
W roku 1974 Khachikian i Weedman zwróciли uwagę, że mamy do czynienia z dwiema różnymi podklasami galaktyk Seyferta, wykazującymi obecność lub brak szerokich linii emisyjnych w ich widmach (rys. 2 i 3). W widmach galaktyk Seyferta typu 2 występują tylko wąskie linie emisyjne (dozwolone i wzbronione), charakterystyczne dla zjonizowanego gazu o niskiej gęstości elektronowej ( $10^3 - 10^6$  na  $1 \text{ cm}^3$ ), o szerokościach odpowiadających prędkościami kilkuset km/s (takie prędkości są charakterystyczne również dla linii pochodzących z jąder galaktyk normalnych). Typ 1 ujawnia ponadto zestaw szerokich linii (wyłącznie dozwolonych) o prędkościach kilku tysięcy km/s i typowych dla gęstości elektronowych rzędu  $10^9 \text{ cm}^{-3}$ .

Osterbrook w roku 1981 wydzielił wśród galaktyk Seyferta typu 1 trzy odrębne podgrupy, które oznaczył symbolami 1.5, 1.8 i 1.9 (poźniej dodano jeszcze podtyp 1.2). W podtypie 1.9 jako szeroka (ale słaba w porównaniu z wąską) emisja występuje tylko  $H_\alpha$ . W podtypie 1.8 dołącza do niej również  $H_\beta$ , zaś dla podtypu 1.5 natężenie obu rodzajów linii — wąskich i szerokich — jest porównywalne.



Rys. 3. Widmo optyczne galaktyki Seyferta typu 2 (NGC 1667). Tym razem brak jest szerokich linii emisyjnych (są za to słabe absorpcje, pochodzące raczej z samej galaktyki niż z jej obszaru centralnego). Wg A.V. Filippenko.

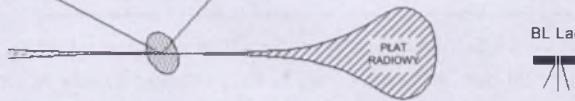
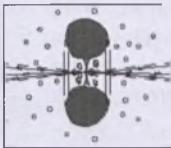
### Macierzysta galaktyka spiralna



Seyfert 1

### Seyfert 2

### Macierzysta galaktyka eliptyczna



BL Lac

### Radiogalaktyka

Rys. 4. Argument na słuszność porzekadła „Punkt widzenia zależy od punktu siedzenia”... Patrząc na model opisany na rys. 1, z różnych stron obserwować będziemy inne właściwości widmowe. Aktywne jądro w galaktyce spiralnej może być galaktyką Seyferta typu 1 (gdy patrzymy wzdłuż osi prostopadłej do płaszczyzny pyłowego torusa i dociera do nas promieniowanie z okolic źródła centralnego) lub typu 2 (gdy patrzymy w płaszczyźnie torusa). Jeżeli aktywne jądro umieścić w galaktyce eliptycznej (zamiast spiralnej), możemy się spodziewać odpowiednio obiektu typu BL Lac lub radiogalaktyki. A może to zbyt proste, by było prawdziwe?

Skąd biorą się różnice w wyglądzie widma między typem 1 a 2 — do końca nie wiadomo. Najpopularniejszy jest pogląd, zgodnie z którym widmowe własności są naturalną konsekwencją patrzenia na podobny obiekt (p. rys.

Tab. 1. Galaktyki z listy Seyferta.

NGC /inne ozn.	Typ Seyferta	Typ Hubble'a	Gwiazdozbiór	Rektaszensja $\alpha$	Deklinacja $\delta$	Jasność (mag.)	Rozmiary kątowe (')
1068 / M 77	2	Sb	Cet	02:42,7	-00:01	8,9	8,2 × 7,3
1275 / Per A	2	Pec	Per	03:19,8	+41:31	11,9	3,2 × 2,3
2782	—	SAB	Lyn	09:14,1	+40:07	11,6	3,8 × 2,9
3077	—	I0 pec	UMa	10:03,3	+68:44	9,8	5,5 × 4,1
3227	1,5	SAB	Leo	10:23,5	+19:52	10,3	6,9 × 5,4
3516	1,5	SB	UMa	11:06,8	+72:34	11,7	2,1 × 1,8
4051	1,5	SAB	UMa	12:03,2	+44:32	10,2	5,5 × 4,6
4151	1,5	SAB	CVn	12:10,5	+39:24	10,8	6,4 × 5,5
4258/M106	1,9	Sb	CVn	12:19,0	+47:18	8,9	20,0 × 8,4
5548	1,5	SA	Boo	14:18,0	+25:08	12,6	1,6 × 1,4
6814	1,5	SAB	Aql	19:42,7	-10:19	11,2	3,0 × 3,0
7469	1,2	SAB	Peg	23:03,3	+08:52	12,3	1,5 × 1,0

## Co tam siedzi w środku?

Skąd przypuszczenie, że w jądrach galaktyk Seyferta występują czarne dziury? Wskazują na to dwa elementarne fakty obserwacyjne:

- 1) szerokość  $\Delta\lambda$  linii  $H_{\beta}$  ( $\lambda = 4861 \text{ Å}$ ) sięga  $20 \text{ Å}$ , z zależności  $\Delta\lambda/\lambda = v/c$  ( $c$  – prędkość światła) możemy więc oszacować amplitudę prędkości ruchu obłoków gazu  $v \sim 10^3 \text{ km/s}$ .
- 2) skala czasowa zmienności emisji jest rzędu roku, zatem obszar, z którego dociera do nas promieniowanie, nie powinien być większy od 1 roku świetlnego, tj. jego promień  $r \sim 10^{13} \text{ km}$ .

Rozważając ruch w polu centralnej masy  $M$ , określamy jej wartość:  $M \sim rv^2/G$  ( $G$  – stała grawitacji), otrzymując  $M \sim 10^8$  mas Słońca (w obszarze o promieniu mniejszym niż 1 rok świetlny!).

1) z różnych kierunków (rys. 4). Do tej pory przypuszczało się, że najbardziej centralne, bliskie czarnej dziury obszary przesłaniane są przez torus materii pyłowo-gazowej i tylko patrząc wzdłuż prostopadłej do jego płaszczyzny osi, mamy szansę zaobserwować w widmie zestaw szerokich linii (charakterystycznych dla galaktyk Seyferta typu 1). W świetle ukazujących się właśnie wyników badań rentgenowskich (Levenson *et al.*, ApJ 10 III 2001 i ApJ Suppl. z IV 2001; p. też [http://www.jhu.edu/news\\_info/news/home00/nov00/galaxies.html](http://www.jhu.edu/news_info/news/home00/nov00/galaxies.html)) ów torus może też być obszarem gwiazdotwórczej erupcji (ang. *starburst*), tj. miejscem, w którym na ogromną skalę powstają najmasywniejsze gwiazdy. Ewoluują one tak szybko (w skali kilku milionów lat), że zanim proces powstawania gwiazd się zakończy, wiele z nich wybucha już jako supernowe, przyczyniąc się dodatkowo do fragmentacji i kolapsu materii pyłowo-gazowego obłoku. Wydaje się, że (przynajmniej w niektórych przypadkach) prócz kierunku patrzenia, również czas może być czynnikiem sprzyjającym „prześwietlaniu” otaczającego centralny obiekt torusa. Być może więc galaktyki Seyferta typu 1 to nieco bardziej zaawansowane ewolucyjnie (w stosunku do typu 2) jądra aktywnych galaktyk.

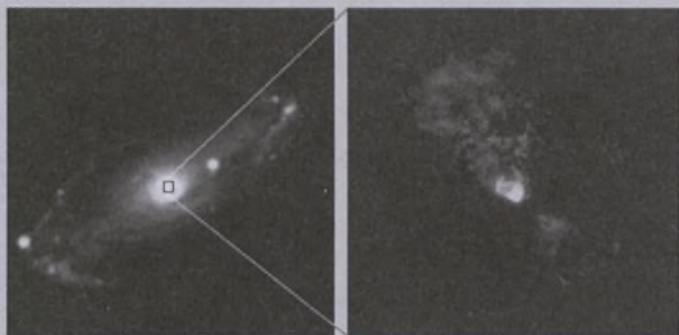
### M 77 (NGC 1068) w Wielorybie

Rektascensja	02 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> .7
Deklinacja	-00°01'
Odległość	60 000 000 l.s.w.

Jasność obserwowana	8,9 mag.
Rozmiary kątowe	7' × 6'

Ta efektowna galaktyka jest jednym z największych obiektów w katalogu Messiera – widoczne na „zwykłych” zdjęciach struktury zajmują obszar o rozmiarach ok. 120 tysięcy l.s.w., a specjalne techniki ujawniają halo o średnicy prawie 170 tysięcy l.s.w. M 77 przypomina swym wyglądem galaktykę spiralną typu Sb z dobrze wykształconymi, szerokimi ramionami. W części centralnej koncentru-

**NGC 5728**  
Hubble Space Telescope  
Wide Field / Planetary Camera



je się młodsza populacja gwiazd, natomiast w obszarach odleglejszych dominuje populacja starsza.

M 77 leży mniej więcej w tej samej odległości, co gromada Virgo, ale w innym kierunku. Oddala się od nas z prędkością 1100 km/s – co zmierzył po raz pierwszy V.M. Slipher z Obserwatorium Lowella w roku 1914 (była to druga galaktyka o tak dużym przesunięciu ku czerwieni – po M 104, czyli galaktyce Sombrero).

M 77 jest obiektem osobliwym z kilku powodów. Przede wszystkim w niej występują szerokie linie emisyjne, świadczące o wyrzucaniu gazu z jądra z prędkościami sięgającymi kilkuset km/s. To charakterystyczna właściwość galaktyk Seyferta typu 2 – M 77 jest najbliższą i najjaśniejszą przedstawicielką tej grupy.

Jądro jest silnym źródłem promieniowania radiowego (znanym jako Cetus A lub 3C71). Obserwacje podczerwone (galaktyka świeci intensywnie również w tym zakresie) prowadzone przy użyciu 10-m teleskopu Kecka ujawniły istnienie obiektu centralnego o średnicy poniżej 12 l.s.w. oraz wydłużonej struktury o rozmiarach ok. 100 l.s.w. (koncentracja gwiazd i materii międzygwiazdowej). W przypadku M 77 masę centralnego obiektu oceniono na 10 mln mas Słońca. Obserwacje ultrafioletowe prowadzone z pokładu promu kosmicznego (UIT, misja Astro-1) sugerują ogólną aktywność gwiazdotwórczą w pobliżu jądra, prawdopodobnie nie mającą sobie równych w obszarze o promieniu ok. 100 mln l.s.w. od nas!

M 77 dominuje w niewielkiej grupie galaktyk, do której należy m.in. NGC 1055 (typu Sb) i 1073 (SABc), UGC 2161 (Ir), 2275 (Sm) i 2302 (Sm) oraz UGCA 44 (Ir) i Mrk 600 (SBc). W tym obszarze na niebie odnaleźć można jeszcze NGC 1087 (Sc), 1090 (S-) i 1094 (SABb-), jednak ich przesunięcia ku czerwieni wskazują na większy dystans. Samą M 77 można odnaleźć stosunkowo łatwo – to zaledwie 0,7 stopnia E-SE od gwiazdy 4 wielkości δ Ceti. W amatorskich teleskopach dostrzeżemy tylko centralny obszar o średnicy 2'. Można pokusić się o odszukanie NGC 1055 (10,6 mag., 0,5 stopnia N-NW od M 77) oraz NGC 1073 (11 mag., ok. 1 stopień N-NE od M 77). (kr)



## FOTOGRAFOWANIE MGŁAWIC

**M**gławice należą do tych obiektów na nocnym niebie, których piękno możemy podziwiać tylko na zdjęciach fotograficznych bądź też wykonanych za pomocą astronomicznych kamer CCD. Jedynym przedstawicielem tej klasy obiektów, który możemy dostrzec okiem nieuzbrojonym, jest centralna część mgławicy M 42 w gwiazdozbiorze Oriona.

Jasne mgławice są to obłoki materii rozproszonej (gazu i pyłu), za których świecenie odpowiedzialne jest promieniowanie gwiazd znajdujących się w ich pobliżu. Ze względu na charakter świecenia jasne mgławice dzielimy na refleksywne i emisyjne. Do najbardziej znanych przykładów mgławic refleksyjnych zaliczyć można mgławice znajdujące się w pobliżu jasnych gwiazd gromady otwartej M 45 (Plejady), a do najbardziej znanych przykładów mgławic emisyjnych — Wielką Mgławicę w gwiazdozbiorze Oriona (M 42) oraz mgławicę Ameryka Północna (NGC 7000) w gwiazdozbiorze Łabędzia.

Na zdjęciach przedstawiających Drogo Mleczną poza jasnymi mgławicami możemy również zobaczyć obszary, w których prawie nie ma gwiazd. Za „brak” gwiazd w takich obszarach odpowiedzialne są ciemne obłoki materii pyłowej, które przesłaniają dalej leżące gwiazdy. Do najbardziej znanych ciemnych mgławic zaliczyć można mgławicę Koński Łeb (IC 434) w gwiazdozbiorze Oriona.

Jeszcze innym rodzajem mgławic są mgławice planetarne, które powstają w wyniku odrzucenia przez gwiazdę jej zewnętrznych warstw. Najczęściej mgławice planetarne mają kształt rozmytego pierścienia, w środku którego znajduje się słaba gwiazda. Oczywiście mgławice planetarne nie mają nic wspólnego z planetami, a nazwa tych obiektów wynika z faktu, iż kształt otoczki obserwowanych w lunetach przez pierwszych badaczy przypominał kształt planet. Do najbardziej znanych przedstawicieli tej klasy obiektów zaliczyć można mgławice pierścieniowe: Ślimak (NGC 7293) w gwiazdozbiorze Wodnika oraz M 57 (NGC 6720) w gwiazdozbiorze Lutni.

Do fotografowania mgławic niezbędny jest montaż paralaktyczny wyposażony w mechanizm zegarowy lub mikroruchy. Jeśli mamy do dyspozycji montaż z mikroruchami, to będziemy także potrzebować lunety, za pomocą której będziemy mogli sprawdzać dokładność naszego prowadzenia. Luneta taka powinna mieć średnicę 60–80 mm i powiększenie 50–100 razy. Oczywiście jeśli dysponujemy teleskopem wyposażonym w montaż paralaktyczny, to taki teleskop będzie doskonale spełniał rolę lunety prowadzącej. Odpowiednio dobrana luneta prowadząca (średnica, powiększenie) pozwoli nam na dokładne prowadzenie teleskopu przez kilka-kilkanaście minut. Pamiętajmy, że im dłuższą ogniskową ma używany przez nas obiektyw, tym dokładniejsze powinno być prowadzenie (np. przy ogniskowej obiektywu 500 mm, powiększenie lunety prowadzącej powinno wynosić 150–200 razy). Do prowadzenia używamy możliwie najjaśniejszej gwiazdy znajdującej się w pobliżu fotografowanej mgławicy.

W przeciwnieństwie do jasności rozmiary kątowe na sferze niebieskiej wielu mgławic (zwłaszcza emisyjnych) są kilkakrotnie większe od rozmiarów tarczy Księżyca w pełni. Na przykład rozmiary mgławicy Ameryka Północna (NGC 7000) wynoszą około  $120' \times 100'$ , podczas gdy średnica tarczy Księżyca w pełni to  $30'$ . Tak duże rozmiary kątowe na niebie umożliwiają fotografowanie wielu mgławic za pomocą aparatu fotograficznego wyposażonego w obiektyw o ogniskowej 35–58 mm. Jeśli chcemy na naszych fotografiach zobaczyć więcej mgławic i ich szczegółów, powinniśmy wyposażyć nasz aparat fotograficzny w teleobiektyw o ogniskowej 135–300 mm. Obiektyw taki powinien mieć możliwie dużą światłość: 2–4. Jeśli chcemy sfotografować najjaśniejsze mgławice planetarne, to powinniśmy użyć teleobiektywu o ogniskowej co najmniej 1000 mm lub teleskopu o możliwie dużej światłosile (<10). Jedynie w przypadku fotografowania największych mgławic planetarnych, jak np. NGC 7293 (Ślimak), wystarczy teleobiektyw o ogniskowej 300–500 mm.

Do fotografowania mgławic odpowiednie będą filmy negatywowe o czułości 800–1600 ASA. Jeśli jednak chcemy uzyskać wysoką rozdzielcość zarejestrowanego obrazu oraz większe nasycenie barw, to najlepszym materiałem będą slajdy o czułości 200–400 ASA.

Czasy ekspozycji przy użyciu filmu o czułości 800 ASA oraz obiektywu o światłosile 2,8 powinny wynosić od kilku do kilkunastu minut (w zależności od jasności mgławicy).

Wiesław Skórzyński



Wielka Mgławica Oriona (M42) sfotografowana przez E. Gaca (ognisko teleskopu Newtona 250/1500, czas eksp. 12 min, film Kodak Gold 400).

## Nowe księżyce Jowisza

**D**o połowy 2000 roku wydawało się, że Jowisz ma 16 księżyków. Kilka miesięcy później mówi się już, że jest ich co najmniej 28. Jak doszło do tak szybkiego i tak znacznego wzrostu liczby poznanych satelitów największej planety Układu Słonecznego? Wbrew pozorom nie jest to zasługą sondy kosmicznej Galileo, która od kilku lat krąży wokół Jowisza, ani sondy Cassini, która — w drodze do Saturna — przeleciała koło Jowisza, mijając go 30 grudnia ubiegłego roku w odległości nieco mniejszej niż 10 mln km. Wszystkie zostały odkryte klasycznym sposobem opartym na obserwacjach astrometrycznych. Można zaryzykować stwierdzenie, że tym co doprowadziło do tak spektakularnego sukcesu — oprócz oczywiście talentu i lufu szczęścia odkrywców — było umiejętne wykorzystanie najnowszych technik obserwacyjnych i wyrafinowanych metod obliczeniowych.

Ostatnie takie odkrycia w układzie jowiszowym miały miejsce ponad czwierć wieku temu. W 1974 roku astronom amerykański Charles Kowal dostrzegł — za pomocą 48-calowego teleskopu Schmidta na Mt. Palomar — trzynastego satelitę, który został później nazwany Leda. W następnym roku zaobserwował jeszcze jednego satelitę, który otrzymał prowizoryczne oznaczenie S/1975 J1, ale już po tygodniu go zagubiono i wobec tego szybko o nim zapomniano. Trzy kolejne księżyce Jowisza znalezione na zdjęciach otoczenia pla-

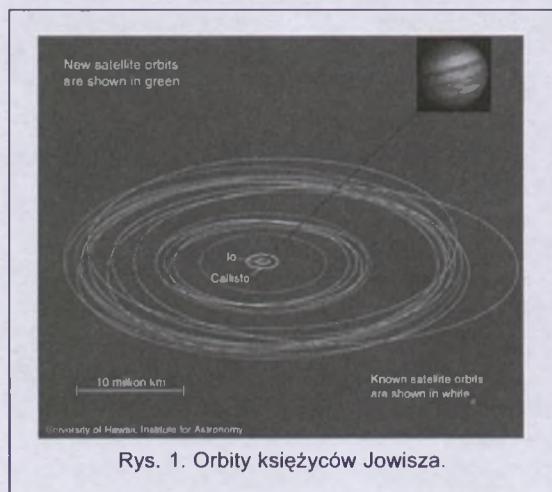
nety wykonanych przez sondy kosmiczne Voyager w 1979 roku. Były to małe i najbliższe Jowiszowi obiekty Metis i Adrastea, prawdopodobnie związane genetycznie z odkrytym również wtedy pierścieniem, oraz trochę większy Tebe. Wspólnie ze znającą już od dawna Amalteą tworzą one cztery tzw. satelity wewnętrzne względem wielkich i najlepiej poznanych księżyków galileuszowych (Io, Europa, Ganimedes i Kallisto). Przez następne ponad 20 lat nic się nie zmieniło w obrazie satelitarnego otoczenia największej planety (chyba że się uwzględni pierwszego sztucznego satelitę Jowisza, jakim od 1995 roku jest sonda Galileo).

Przełom nastąpił w drugiej połowie 2000 roku. W końcu lipca w Cirkularzu Międzynarodowej Unii Astronomicznej nr 7460 ukazał się komunikat o odkryciu księżyca, który otrzymał oznaczenie S/1999 J1. Rutynowe poszukiwania i obserwacje komet i planetoid bliskich Ziemi, prowadzone w obserwatorium na Kitt Peak w Arizonie za pomocą 0,9 m teleskopu specjalnie do tego celu przystosowanego w ramach programu SPACEWATCH, skoncentrowano 30 października (obserwator Jeff Larsen) i 4 listopada 1999 roku (obserwator Jim Scotti) na obszarze nieba w pobliżu Jowisza, będącego w tym czasie w opozycji. Wśród wielu zarejestrowanych i automatycznie odczytywanych pozycji planetoid znalazły się obiekty oznaczone 1999 UX18; nie zauważono jednak, że jego ruch po niebie był trochę inny od ruchu „zwykłych” planetoid. Wyszło to na jaw dopiero w połowie lipca 2000 roku, gdy Tim Spahr z Centrum Małych Planet w Cambridge, Mass., po zorientowaniu się, że planetoidę 1999 UX18 obserwował prawdopodobnie także Tom Gehrels 19 października 1999 roku, spróbował wyznaczyć jej orbitę. Wydawało się, że szesnastodniowy łuk obserwacyjny pozwoli na tyle dobrze znaleźć pierw-

szą, prowizoryczną orbitę, że umożliwiło to zidentyfikowanie pozycji planetoidy wśród obserwacji wykonanych przez Boba McMillana jeszcze wcześniej, 6 października 1999 roku. To się rzeczywiście udało, ale próby powiązania jednym systemem elementów orbity obserwacji wykonanych podczas czterech nocy (6, 19, 30 października i 4 listopada) nie dawały zadowalających rezultatów.

Doświadczony w rozwiązywaniu takich problemów dyrektor Centrum Małych Planet Brian Marsden zasugerował, aby — biorąc pod uwagę bliskość na niebie Jowisza — spróbować wyznaczyć orbitę jowicentryczną dziwnego obiektu. Pomyśl był trafny: obiekt, o którym początkowo sądzono, że jest planetoidą, okazał się satelitą Jowisza. Współpracownik Marsdena Gareth Williams sprawdził następnie, że nie jest on kimś ze znanych już księżyków. Przypomniano też sobie o zagubionym księżyku obserwowanym w 1975 roku przez Kowala, ale i z nim nie udało się zidentyfikować nowego obiektu. Nie znaleziono też żadnych wcześniejszych jego obserwacji. Zauważono natomiast, że odpowiedni obszar nieba był śledzony w ramach programu SPACEWATCH także 12 października 1999 roku. Arianne Gleason stwierdziła, że automatyczny system nie wykrył wcześniej tego obiektu, gdyż jeden z trzech jego obrazów wykonanych tej nocy niemal zlał się z jakąś stosunkowo jasną gwiazdą. Ręczne wyznaczono więc dwie pozostałe jego pozycje. Uzyskano w ten sposób na tyle liczny zbiór obserwacji, że wyznaczona na jego podstawie orbita mogła być podstawą opublikowania informacji o odkryciu siedemnastego satelity Jowisza (ponieważ w oficjalnych wykazach jako odkrywcę podaje się SPACEWATCH, więc trzeba tu było wspomnieć nazwiska wszystkich astronomów, którym to odkrycie jest zawdzięczane).

Pierwsze elementy jowicentrycznej orbity, obliczone z 14 obserwacji astrometrycznych wykonanych od 6 października do 4 listopada 1999 roku, wskazywały, że satelita S/1999 J1 obie-



Rys. 1. Orbits of Jupiter's satellites.

## Satelity Jowisza — zestawienie

Nazwa lub oznaczenie satelity	Średnia odległość od Jowisza (tys. km)	Okres obiegu (dni)	Mimośród	Nachylenie orbity	Promień (km)	Odkrywca	Rok odkrycia
Metis	128	0,30	0,00	0	20	S. Synnott	1979
Adrastea	129	0,30	0,00	0	13x10x8	D. Jewitt	1979
Amaltea	181	0,49	0,00	0	131x73x67	E. Barnard	1892
Tebe	222	0,67	0,01	1	55x45	S. Synnott	1979
Io	422	1,77	0,00	0	1818	Galileusz	1610
Europa	671	3,55	0,00	1	1561	Galileusz	1610
Ganimedes	1070	7,15	0,00	0	2634	Galileusz	1610
Kallisto	1885	16,69	0,01	0	2408	Galileusz	1610
S/1975 J1	7398	130	0,20	46	4	Ch. Kowal	1975
Leda	11094	239	0,15	27	5	Ch. Kowal	1974
Himalia	11480	251	0,16	28	85	C. Perrine	1904
Lizytea	11720	259	0,13	29	12	S. Nicholson	1938
Elara	11737	260	0,21	25	40	C. Perrine	1905
S/2000 J11	12623	290	0,22	29	2	S. Sheppard	2000
S/2000 J10	20300	591*	0,16	166	2	S. Sheppard	2000
S/2000 J3	20600	606*	0,27	150	3	S. Sheppard	2000
S/2000 J5	20900	618*	0,20	149	2	S. Sheppard	2000
S/2000 J7	21100	626*	0,15	146	3	S. Sheppard	2000
Ananke	21200	631*	0,17	147	10	S. Nicholson	1951
S/2000 J9	21700	652*	0,25	164	2	S. Sheppard	2000
S/2000 J4	21900	661*	0,35	161	2	S. Sheppard	2000
Karme	22600	692*	0,21	164	15	S. Nicholson	1938
S/2000 J6	22800	703*	0,28	165	2	S. Sheppard	2000
S/2000 J8	23400	733*	0,53	152	3	S. Sheppard	2000
Pazyfae	23500	735*	0,38	145	18	P. Melotte	1908
S/1999 J1	23500	736*	0,21	143	7	SPACEWATCH	1999
Synope	23700	758*	0,28	153	14	S. Nicholson	1914
S/2000 J2	24100	766*	0,32	166	3	S. Sheppard	2000

\* Satelita obiega Jowisza ruchem wstecznym

ga Jowisza w średniej odległości 24,3 mln km w okresie 774 dni po torze eliptycznym o mimośrodzie 0,13, położonym w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny równika Jowisza pod kątem 143° (a więc porusza się ruchem wstecznym, podobnie do czterech znanych już księżyców Ananke, Karme, Pazyfae i Synope).

Wkrótce po ogłoszeniu odkrycia przyszło jego potwierdzenie: 25 lipca 2000 roku Brett Gladman i Hermann Boehnhardt zarejestrowali pozycje satelity S/1999 J1 za pomocą 2,2 m teleskopu Europejskiego Obserwatorium Południowego w La Silla (Chile). Te obserwacje umożliwiły znacznie lepsze wyznaczenie orbity i obliczenie dokładniejszej efemerydy, co z kolei pozwoli-

ło na wykonanie jego obserwacji za pomocą jednego z teleskopów VLT o średnicy 8,2 w Paranal (Chile) w dniu 28 lipca 2000 roku. Obserwacje VLT wskazują na czerwonawe zabarwienie księżyca, co potwierdza hipotezę, że najdalejsze, nieregularne satelity Jowisza są schwytanymi przez największą planetę planetoidami. Na podstawie tych obserwacji oceniono też średnicę księżyca na 10–15 km.

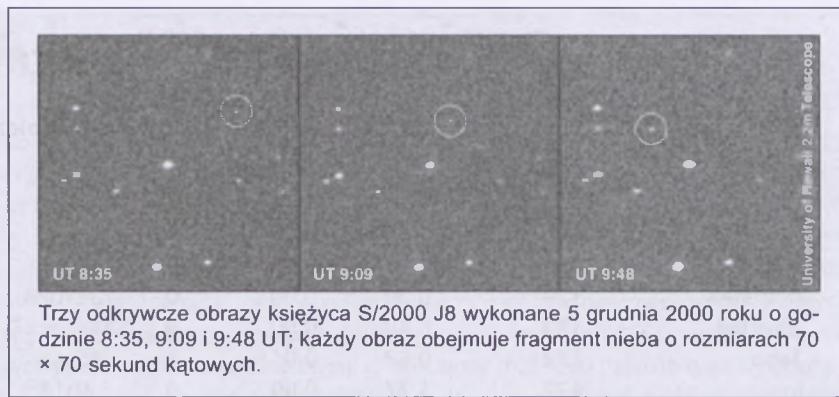
Na początku stycznia 2001 roku G. Williams opublikował elementy orbity satelity S/1999 J1 poprawione na podstawie 29 obserwacji wykonanych od 6 października 1999 roku do 25 listopada 2000 roku. Wynika z nich, że siedemnasty księżyc Jowisza obiega planetę w średniej odległości 23,5 mln km w

okresie 736 dni po torze eliptycznym o mimośrodzie 0,21, położonym w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny równika Jowisza pod kątem 144°. Można podejrzewać, że dalsze obserwacje w niewielkim stopniu zmienią już te dane.

Wszystkich kolejnych odkryć nowych księżyców Jowisza dokonał zespół astronomów Uniwersytetu Hawajskiego, kierowany przez Scotta S. Shepparda, za pomocą 2,2 m teleskopu na Mauna Kea. Tym razem celem obserwacji otoczenia Jowisza było już po prostu poszukiwanie satelitów największej planety; przyniosło ono nadspodziewanie obfite rezultaty. Pierwsze podejrzenia wzbudził obiekt obserwowany od 21 do 25 listopada 2000 roku. Próbując wyznaczyć jego jowicentryczną orbitę

wspomniany już Brian Marsden zauważył, że był on obserwowany 6 sierpnia 2000 roku przez M. Holmana też na Hawajach za pomocą 3,6 m teleskopu kanadyjsko-francusko-hawajskiego. Uwzględnienie w obliczeniach wykonanych wtedy obserwacji pozwoliło G. Williamsowi na zweryfikowanie sugestii Marsdена, że nowy satelita, oznaczony S/2000 J1, może być tożsamy z zagubionym księżycem obserwowanym przez Ch. Kowala i E. Roemer w 1975 roku. Przypuszczenie się potwierdziło i 25 listopada w Cirkularzu Międzynarodowej Unii Astronomicznej nr 7525 ogłoszono, że satelita S/1975 J1 został odnaleziony. Kilka dni później znów go zaobserwowano, a Williams obliczył nowe elementy jego orbity na podstawie 25 obserwacji wykonanych od 30 września 1975 roku do 28 listopada 2000 roku. Okrąża on Jowisza ruchem prostym pomiędzy księżykami galileuszowymi, a grupą satelitów, do której należą Leda, Himalia, Lizytea i Elara, ale w płaszczyźnie nachylonej do płaszczyzny równika planety pod znacznie większym kątem niż one.

W dniach od 23 do 26 listopada 2000 roku odkryto 9 kolejnych satelitów, które otrzymały oznaczenia S/2000 J2 – J10. Wszystkie poruszają się ruchem wstecznym w średnich odległościach od Jowisza od 0,14 do 0,16 j.a. po orbitach o mimośrodach od 0,15 do 0,53 położonych w płaszczyznach nachylonych do płaszczyzny równika planety pod kątami od 146° do 166°. Należą więc do grupy tzw. nieregularnych satelitów, których pochodzenia nie umiemy dziś wyjaśnić inaczej, jak efektem przechwy-



Trzy odkrywcze obrazy księżyca S/2000 J8 wykonane 5 grudnia 2000 roku o godzinie 8:35, 9:09 i 9:48 UT; każdy obraz obejmuje fragment nieba o rozmiarach 70 × 70 sekund kątowych.

tu planetoid przez Jowisza. Trzeba jednak podkreślić, że mechanizm takiego przechwytu też nie jest jeszcze do końca zrozumiałym. Aby poruszający się po orbicie heliocentrycznej obiekt, wskutek zbliżenia do Jowisza, został uwięziony przez niego na orbicie jowicentrycznej, musi utracić część swej energii. Nie wiadomo co mogło to spowodować w przypadku planetoid, które stały się księżykami Jowisza. Być może, wkrótce po kondensacji, młody Jowisz otoczony był znacznie bardziej rozległą niż obecnie i gęstszą atmosferą, która wyhamowała przelatujące w pobliżu planetoidy. Być może doprowadziły do tego perturbacje jakiegoś innego masywnego ciała, które znalazło się w pobliżu. Niestety nic na ten temat nie potrafimy jeszcze powiedzieć. Najnowsze odkrycia dostarczają niewątpliwie materiału obserwacyjnego do tworzenia i weryfikacji różnych koncepcji pochodzenia najbardziej zewnętrznych księżyków wielkich planet.

I wreszcie trzeba wspomnieć o odkryciu na Hawajach w dniu 5 grudnia 2000 roku satelity S/2000 J11, który

okazał się należeć do grupy obiektów poruszających się ruchem prostym tak jak księżyce Leda, Himalia, Lizytea i Elara. Spośród 16 jego obserwacji, które wykorzystano do wyznaczenia orbity, ostatnie wykonano w noc sylwestrową przełomu tysiącleci.

Wszystkie księżyce odkryte na końcu minionego stulecia są bardzo małe. Na podstawie oszacowanej jasności absolutnej (14,8–16,1 mag.) i założonego albedo (0,04) oceniono ich rozmiary na 3–8 km. Nic więcej o nich na razie nie wiadomo. Być może dalsze obserwacje, wykonane za pomocą dużych i jeszcze bardziej udoskonalonych instrumentów, rzucą więcej światła na szczególnie chyba intrigujący problem pochodzenia zewnętrznych księżyków nieregularnych, których odkrywa się coraz więcej i to nie tylko wokół Jowisza, ale także innych wielkich planet. Jak tak dalej pójdzie, to jeszcze gotowe się okazać, że być może Jowisz — tak bogaty w fascynujące światy księżyków galileuszowych — otoczony jest własnym pasem planetoid?

Krzysztof Ziolkowski

## Saturn „na prowadzeniu”

**B**rett Gladman z Nice Observatory i jego koledzy po fachu z różnymi państwami nie ustają w wysiłkach, by powiększać liczbę znanych „planetarnych pociech”. Właśnie ogłosili, że udało im się odnaleźć dwa kolejne księżyce wokół ich macierzystego Saturna. W ten sposób ta akurat satelitarna gromadka liczy już sobie 30 członków. Mający robocze oznaczenie S/2000 S 11 księżyc został wypatrzony w dniu 9 listopada przez Matthew Holmana. Wy-

starczył do tego 1,2-metrowy teleskop zwierciadlany, będący na wyposażeniu Whipple Observatory w Arizonie. S 11 to prawdopodobnie „okruszek” o średnicy 35 kilometrów. Druga nowość ujrzała światło dzienne dzięki wysiłkom pary Gladman i J. J. Kavelaars z McMaster University. S/2000 S, 12,5-kilometrowa „drobnostka”, wpadła „w oko” 3,6-metrowemu teleskopowi Canada-France-Hawaii w dniu 23 września ubiegłego roku. Spośród teraz już 30

znanych księżyków Saturna 19 zostało odkrytych w ciągu ostatnich 20 lat, z czego aż tuzin przez zespół koordynowany przez Gladmana. Owa dwunasta wydaje się przynależeć do trzech odrębnych podgrup. Większość z nich porusza się w tym samym kierunku, w którym Saturn rotuje, a nachylenia ich orbit grupują się w pobliżu 35 i 48 stopni. Trzecia podklastra porusza się w przeciwną stronę, po orbitach nachylonych pod kątem około 170 stopni. (mag)

## Ziemia chyba lżejsza?

**R**zecz dotyczy związanej z prawem powszechnego ciążenia stałej grawitacyjnej\*. Znajomość tej wielkości jest konieczna do „ważenia” ciał niebieskich — a tu są problemy. Stała ta, oznaczana przez duże G — obok stałej Plancka h i prędkości światła c — stanowi jedną z fundamentalnych stałych przyrody. Co jest tu jednak szczególnie to fakt, iż nie ma w zasadzie teorii, łączącej oddziaływanie grawitacyjne z pozostałymi oddziaływaniami fundamentalnymi. Wielkość ta nie ma więc wyraźnego powiązania z innymi stałymi fizyki, jej wartości nie da się wydedukować z żadnej ogólnie przyjętej teorii. Dodajmy też, iż nie uzyska się tego z obserwacji ruchów planet czy satelitów. Na dzisiejszym etapie wiedzy, jedyna droga do poznania G wiedzie poprzez badania laboratoryjne.

Na pozór zdawałoby się, że pomiar tej wielkości winien być prosty: trzeba wziąć dwie kule o masach  $m_1$  i  $m_2$ , umieścić je w odległości  $r$  i zmierzyć siłę F, z jaką one się przyciągają. W równaniu  $F = G m_1 m_2 / r^2$  jedyną niewiadomą będzie G. Szkopuł jednak w tym, że oddziaływanie grawitacyjne jest nadzwyczaj słabe (w stosunku np. do elektromagnetycznego jest ono blisko 40 rzędów wielkości słabsze). Przy  $m_1 = m_2 = 1 \text{ kg}$  i  $r = 10 \text{ cm}$ , siła  $F = 6,7 \times 10^{-9} \text{ niutonów}$ . Przedstawiając to bardziej poglądowo: gdyby jedna z tych kul była unieruchomiona, to ta druga „spadłaby na nią” z przyśpieszeniem  $6,7 \times 10^{-9} \text{ m/s}^2$ . (Zestawmy to z miliard razy większą wartością przyśpieszenia ziemskiego,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ).

Poznanie wartości G nie jest więc zadaniem łatwym. Nie należy się dziwić, że sam Newton sądził, iż wartości stałej grawitacyjnej wyznaczyć się nie da.

Pierwszy laboratoryjny pomiar tej wielkości wykonany został w ponad sto lat od opublikowania wiekopomnego dzieła *Philosophiae naturalis principia mathematica*. W roku 1798

angielski fizyk Henry Cavendish „zważył” po raz pierwszy naszą planetę, poznano więc też jej średnią gęstość. Posługując się tzw. wagą skręceń, otrzymał on  $G = (6,74 \pm 0,05) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ .

Przez całe prawie następne dwa stulecia niewiele do tej tematyki wniesiono. Pewien krok do przodu stanowiły tu dopiero wyniki uzyskane w USA w National Bureau of Standards (G. Luther, W. Towler, Phys. Rev. Lett., 18 Jan., 1982). Otrzymano tam wartość  $G = (6,6726 \pm 0,0005) \times 10^{-11}$ .

Wyróżona w procentach niepewność jest tu rzędu 0,01%. Nie jest to wielki postęp; spośród stałych fizycznych, znajomość stałej grawitacyjnej obarczona jest największym błędem (np. masę protonu znamy z dokładnością do 0,0001%, a prędkość światła prawie do miliardowej procenta). Ta wartość G z roku 1982 została następnie zaakceptowana (1986 CODATA Adjustment), tę wartość podają podręczniki.

W latach dziewięćdziesiątych zasiana tu została jednak spora doza wątpliwości. Pojawili się nowe, wyraźnie rozbieżne wyniki od 6,670 do 6,675 ( $\times 10^{-11}$ ). Uczyniono więc krok do tyłu, zalecając przyjęcie zaokrąglonej wartości  $6,673 \times 10^{-11}$ , natomiast możliwą niepewność zwiększoną do zującej wręcz wartości  $\pm 0,15\%$ .

Zmasowany atak na ów — jak pisywano — *big problem with big G* rozpoczął się pod sam koniec minionego stulecia. Nadarżała się bowiem doskonała okazja: dwusetna rocznica historycznych pomiarów Cavendisha. W roku 1998 odbyło się w Londynie poświęcone tej rocznicy sympozjum, na którym zaprezentowano m.in. osiem przeprowadzanych aktualnie eksperymentów. Wyniki jednego z tych laboratoryjnych pomiarów ukazały się niedawno drukiem (J. Gundlach, M. Merkowitz, Phys. Rev. Lett., 2 Oct. 2000). Sama idea wagi skręceń zachowuje nadal priorytet w tych badaniach, ale rozwiązania, mające na celu eliminację błędów, są bar-

dzo oryginalne. Autorzy uzyskali wartość  $G = (6,6742 \pm 0,0001) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ ; niepewność wynosiłaby tu więc tylko  $\pm 0,0015\%$ .

Ta najnowsza wartość G jest większa od poprzednich. Jeżeli zostanie potwierdzona, trzeba będzie skorygować nieco masy ciał niebieskich.

Gdy dane jest G, masę naszej planety  $M_{\oplus}$  otrzymamy w oparciu o znajomość przyśpieszenia ziemskiego g oraz jej promień R:

$$M_{\oplus} = \frac{g R^2}{G}.$$

Można też uzyskać wartość masy Ziemi, mając dane o obiegającym ją po orbicie kołowej sztucznym satelicie. Jeżeli r jest promieniem orbity, zaś P okresem obiegu, to

$$M_{\oplus} = \frac{4\pi^2 r^3}{G P^2}.$$

Jak widać, stała grawitacyjna występuje w mianowniku, a zatem — im większa jest wartość G, tym mniejsza masa ciała niebieskiego. Przyjmując tę uzyskaną ostatnio wartość stałej grawitacyjnej, na masę naszej planety otrzymujemy się liczbę  $5,9722 \times 10^{24} \text{ kg}$ . Dotychczas podawano  $5,9742 \times 10^{24} \text{ kg}$ ; pomniejszenie masy niebagatelne: o około  $2 \times 10^{21} \text{ kg}$ . A są to już tryliony ton.

Przy obliczaniu masy Słońca  $M_{\odot}$  aktualny byłby oczywiście tylko ten drugi z podanych tu wzorów. Ciałem obiegającym może być w tym przypadku któraś z planet o małym mimśrodzie (np. Wenus); zatem r i P będą odpowiednio promieniem orbity planety i okresem jej obiegu wokół Słońca.

W cytowanej pracy podana jest odpowiadająca nowej wartości G masa Słońca  $M_{\odot} = 1,9884 \times 10^{30} \text{ kg}$ . W zestawieniu z danymi dotychczasowymi —  $M_{\odot} = 1,9891 \times 10^{30} \text{ kg}$  — różnica byłaby tu już rzędu kwadrylionów ton. Ale w astronomii tryliony czy kwadryliony (nawet te europejskie) to nie takie znowu wielkie liczby.

Tadeusz Jarzębowski

\* Tematyka tej stałej poruszana była na łamach „Postępu Astronomii”, numer 2/95

## Bogata dekada 2001–2011

Pierwsza dekada nowego stulecia zapowiada się niezwykle bogato pod względem planowanych misji do różnych obiektów Układu Słonecznego. Jeśli chodzi o badania planet, to szczególnie obiecująco wyglądają plany misji do Saturna i Merkurego, których sondy kosmiczne nie odwiedzały od 20 lat (w przypadku Saturna) i 26 lat (w przypadku Merkurego). Obie planety uzyskają po raz pierwszy sztuczne satelity. Także Mars zostanie poddany intensywnym badaniom, aczkolwiek jeszcze bez sprowadzenia na Ziemię próbek gruntu, co będzie zapewne jednym z głównych wydarzeń drugiej dekady. Z programu badań planetarnych wypadła niestety Pluton, mimo że misja sondy *Pluto-Kuiper Express* została w szczegółach opracowana na rok 2004. Skreślono ją z powodu oszczędności w NASA, ale jest jeszcze nadzieja na jej uratowanie przez sponsorów spoza rządowej agencji kosmicznej.

Księżicom wielkich planet poświęcono dwie samodzielne misje — sondy *Huygens* (badania Tytana) oraz *Europa Orbiter*, zaś o badaniu naszego Księżyca zatroszczą się głównie Japończycy, którzy przygotowują misje *Lunar-A* i *Selene*. Planetoidy będą celem badań przy okazji realizacji misji planetarnych (sonda *Cassini*), ale także specjalistycznych misji z wejściem na orbitę (sonda *Dawn*) i dostarczeniem na Ziemię próbek gruntu (sonda *Muses-C*).

Chyba najbardziej imponująco wyglądają jednak badania komet. Celem sond kosmicznych powinny stać się kolejno: Borrelly, Encke, Wild-2, Tempel-1, Schwassmann-Wachmann-3, d'Arrest i Wirtanen. Trzy sondy dokonają bezpośredniego zetknięcia z kometami poprzez wyłapywanie pyłu, rzucenie ładunku udarowego na jądro i wreszcie lądowanie na jądrze. Nawet jeśli nie wszystkie z planowanych dziś misji doczekają się realizacji, a część z podjętych eksperymentów zakończy się niepowodzeniem — jak np. marsjańskie misje roku 1999 — to i tak można się spodziewać ogromnego napływu danych, które znacznie wzbogacą, a być może nawet zrewolucjonizują naszą wiedzę o Układzie Słonecznym.

Oto kalendarium bieżących, planowanych a także prawdopodobnych misji:

**2001**, kwiecień — start amerykańskiej sondy *Mars Odyssey 2001* przeznaczonej do badania powierzchni Czerwonej Planety z orbity wokół marsjańskiej.

**2001**, wrzesień — przelot amerykańskiej sondy *Deep Space 1* koło komety Borrelly'ego.

**2001**, październik — wejście na orbitę sondy *Mars Odyssey 2001*.

**2002**, lipiec — start amerykańskiej sondy *CONTOUR*, która ma się zbliżyć do trzech komet.

**2002**, lipiec — start japońskiej sondy *Muses-C* przeznaczonej do sprowadzenia na Ziemię próbek gruntu planetoidy.

**2003**, styczeń — start europejskiej sondy kometarnej *Rosetta*.

**2003**, luty — start japońskiej sondy księżycowej *Lunar-A*, która ma rzucić na powierzchnię Srebrnego Globu dwa penetratory, a sama stać się jego sztucznym satelitą.

**2003**, maj — start amerykańskiej sondy *Mars Lander 1* z pojazdem samobieżnym *Athena* do badania powierzchni Marsa.

**2003**, czerwiec — start analogicznej sondy *Mars Lander 2*.

**2003**, czerwiec — start europejskiej sondy *Mars Express* z lądownikiem *Beagle 2*.

**2003**, październik — lądowanie sondy *Muses-C* na planetoidzie 1989ML, pobieranie próbek gruntu.

**2003**, listopad — przelot sondy *CONTOUR* koło jądra komety Enckego.

**2003**, grudzień — spóźniony do lotu do Marsa japońskiej sondy *Nozomi* (wysłanej z Ziemi w lipcu 1998 r.), wejście na wydłużoną orbitę wokół planety.

**2003**, grudzień — do Czerwonej Planety dociera *Mars Express*, sonda wchodzi na wydłużoną orbitę, *Beagle 2* ląduje na powierzchni.

**2004**, styczeń — przelot amerykańskiej sondy *Stardust* koło komety Wild-2, pobranie próbek pyłu kometynego.

**2004**, styczeń — lądowanie obu sond *Mars Lander*, pojazdy *Athena* rozpoczynają podróż po powierzchni Marsa (do 100 m dziennie).

**2004**, styczeń — start amerykańskiej sondy kometarnej *Deep Impact*.

**2004**, kwiecień — aparat powrotny sondy *Muses-C* z próbками gruntu planetoidy startuje w drogę powrotną na Ziemię.



Rys. 1. Europejski lądownik marsjański *Beagle 2*. Widoczne koliste panele baterii słonecznych, a także wysięgnik z sondą *Mole* do penetrowania warstw podpowierzchniowych (źródło ESA).



**2004**, lipiec — amerykańska sonda *Cassini* wchodzi na orbitę wokół Saturna.

**2004**, listopad — europejska sonda *Huygens* odłącza się od sondy *Cassini* i ląduje na Tytanie.

**2004**, (?) — możliwy start amerykańskiej sondy *MESSENGER* do badania Merkurego.

**2004**, (?) — możliwy start japońskiej sondy *Selene* przeznaczonej do badania Księżyca z orbity biegowej i wysłania próbnego lądownika na powierzchnię.

**2005**, lipiec — zrzucenie ładunku udarowego (tzw. impactor) na jądro komety Tempel-1 z sondy *Deep Impact*, badanie wybitego krateru i wyrzuconej w przestrzeń materii.

**2005**, sierpień — start amerykańskiej sondy *Mars Reconnaissance Orbiter*, która ma wykonać zadania utracone we wrześniu 1999 roku sondy *Mars Climate Orbiter*.

**2006**, styczeń — powrót na Ziemię zasobnika z próbami pyłu komety Wild-2 oraz częstotliwością materii międzygwiezdnej zebranymi przez sondę *Stardust*.

**2006**, styczeń — start amerykańskiej sondy *Europa Orbiter* przeznaczonej do badania księżyca Europa z orbity wokółksiężycoowej.

**2006**, czerwiec — powrót na Ziemię zasobnika z próbami gruntu pla-

netoidy 1989ML pobranymi przez sondę *Muses-C*.

**2006**, czerwiec — przelot sondy *CONTOUR* koło komety Schwassmann-Wachmanna-3.

**2006**, lipiec — przelot sondy *Rosetta* koło planetoidy Otawara.

**2006**, (?) — możliwy start amerykańskich sond *INSIDE Jupiter* do Jowisza i *Dawn* do planetoid Westa i Ceres przeznaczonych do badań z orbity sztucznego satelity.

**2007**, start francusko-włoskiej sondy *NetLander* przeznaczonej do badania Marsa z orbity i umieszczenia na powierzchni czterech niewielkich lądowników.

**2008**, lipiec — przelot sondy *Rosetta* koło planetoidy Siwa.

**2008**, lipiec — koniec pierwszej części misji sondy *Cassini*, początek misji przedłużonej (jednego z siedmiu rozważanych wariantów).

**2008**, jesień — sonda *Europa Orbiter* osiąga Jowisza, początek manewrów dla wprowadzenia sondy na orbitę wokół Europy.

**2009**, kolejne okno startowe na Marsa — amerykański projekt testowania urządzeń i technik pobierania próbek gruntu.

**2009**, wrzesień — wejście na orbitę wokół Merkurego sondy *MESSENGER*.

**2009**, (?) start europejskiej sondy *Bepi-Colombo* przeznaczonej do badania Merkurego z orbity sztucznego satelity oraz wysłania lądownika na powierzchnię.

**2010**, lato — wejście sondy *Europa Orbiter* na orbitę wokół Europy, mierzenie grubości pokrywy lodowej



Rys. 2. Następca Sojournera, marsjański pojazd *Athena* (źródło NASA).



Rys. 3. Europejska sonda kometarna *Rosetta* przybiera realne kształty (ESA).



Rys. 4. W takim pojemniku odłączonym od sondy *Stardust* powrócią na Ziemię próbki komety Wild-2 (NASA)

i oceanu pod jej powierzchnią.

**2011**, jeszcze jedno okno startowe na Marsa — rozpoczęcie międzynarodowej misji przygotowującej do pobrania próbek gruntu z Marsa i sprowadzenia ich na Ziemię.

**2011**, listopad — sonda *Rosetta* zbliża się do jądra komety Wirtanena, przygotowania do wysłania lądownika *RoLand* (termin lądowania: sierpień 2012).

**2011**, (?) sonda *Bepi-Colombo* osiąga Merkurego.

Jacek Kruk

## Bolid Morávka z 6 maja 2000

**W**sobotnie popołudnie 6 maja 2000 r. nad pogranicznymi obszarami Polski i Czech rozegrał się kosmiczny dramat — wysoko nad powierzchnią Ziemi eksplodował gość z głębin Układu Słonecznego — wielki meteoryt. O godzinie 13:52 CWE (11:52 UT) nad środkową Polską została zauważona jasna kula ognista, poruszająca się z północy na południe. Tor lotu był bardzo płaski, praktycznie równoległy do powierzchni ziemi. Za kulą ciągnął się krótki jasny ogon oraz długi, smolisty ślad. Przelatując nad okolicami Cieszyna kula, sypiąc iskrami, wybuchła na wiele części, w tym przynajmniej na trzy jasne fragmenty, które następnie szybko zgąsyły. Zdarzeniu towarzyszył silny grzmot. Na terenie Republiki Czeskiej (nad zalewem Morávka — stąd nazwa) znaleziono następnie trzy fragmenty meteorytu kamiennego. Cały przelot, od momentu zauważenia do wybuchu, trwał zaledwie kilka sekund.

Przelot bolidu obserwowany był z terenów Czech (wykonano wiele zdjęć, a nawet nagrani video), Słowacji i Polski. W związku z tym w Polsce zawiązały się dwie grupy badawcze, których celem było zebranie relacji o wspomnianym przelocie. Jedna z nich powstała przy Uniwersytecie Wrocławskim (Andrzej Pigulski, Paweł Preś), druga przy Oddziale Krakowskim Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii (Tomasz Ścieżor, Marcin Filipiak, Janusz Płeszka, Paweł

Turek). Pierwsza z wymienionych zebrala ponad 100 obserwacji opisowych (niestety, zawierających mało danych ilościowych), głównie dzięki zamieszczeniu ogłoszeń w prasie i w radiu. Grupa PTMA zorganizowała trzy wyprawy w rejon zdarzenia, gdzie na miejscu przeprowadziła „wizje lokalne”, dokonując odpowiednich pomiarów w terenie. Efektem było 15 zebranych relacji, które pozwoliły w miarę dokładnie zrekonstruować przebieg wydarzenia i trajektorię atmosferyczną meteoroidu.

Na podstawie zebranych relacji świadków można stwierdzić, że przelet bolidu odbywał się po niezwykle płaskiej trajektorii (nachylenie 15°–20° do powierzchni ziemi) z kierunku północnego na południe, praktycznie równoległą do lokalnego południka 18°36', z prędkością ok. 20 km/s. Zakończył się eksplozją na wysokości ok. 20 km nad punktem o współrzędnych  $\phi = 49^{\circ}43'$ ,  $\lambda = 18^{\circ}36'$  (8 km na południowy wschód od Cieszyna, nad miejscowością Hnojnik na Morawach), a prędkość końcowa bolidu wynosiła jedynie ok. 4 km/s. W efekcie eksplozji nastąpił rozpad na przynajmniej 3 fragmenty, kontynuujące lot ciała głównego lotem bezwładnym w płaszczyźnie jego trajektorii. Bolid zauważony został po raz pierwszy prawdopodobnie na północny-zachód od Częstochowy na wysokości 60 km nad powierzchnią ziemi, jednakże obiektem zwracającym uwagę obserwatorów naziemnych stał się dopiero w rejonie Lublinca, 120 km od miejsca eksplozji na wysokości przynajmniej 40 km nad ziemią. Prawdopodobnie maksimum jasności osiągnął w rejonie Pyskowic (90 km od miejsca eksplozji), gdy stał się już obiektem dominującym na niebie.

Przeprowadzone badania modelowe przelotu meteoroidu przez atmosferę wykazały, że najlepszą zgodność modelu z rzeczywistością otrzymuje się przy założeniu następujących parametrów:

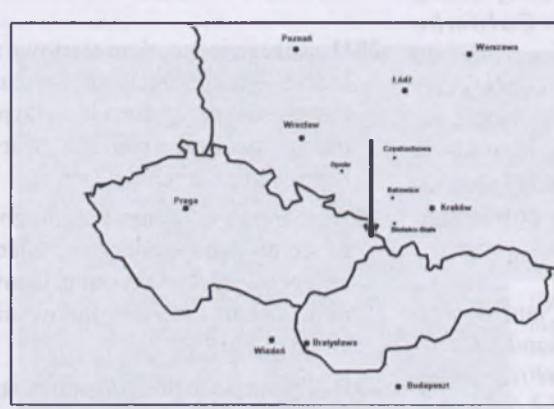
masa początkowa  $m_0$ : 10 ton,  
prędkość początkowa: 20 km/s,  
kat wejścia w atmosferę: 20°

Efektem wejścia opisanego ciała w atmosferę powinien być bolid o jaśnieści absolutnej<sup>1</sup> równej ok.  $-17^m$  (100 razy jaśniejszy od Księżyca w pełni). Rozpad takiego ciała powinien nastąpić na wysokości 20 km przy prędkości 4 km/s, a łączna masa odłamków powinna wynosić ok. 1,5 tony (co daje kulę kamienną o średnicy 1 m). Wartości te są zgodne z wielkościami oszacowanymi na podstawie relacji świadków zdarzenia.

Znając (w przybliżeniu) prędkość wejścia bolidu w atmosferę oraz usytuowanie trajektorii w przestrzeni, można wyznaczyć orbitę heliocentryczną meteoroidu Morávka. Na podstawie fotografii i nagrani video badacze czescy (J. Borovička) otrzymali następujące elementy orbity wokółsłończej, w dużej mierze zgodne z wartościami otrzymanymi przez autora niniejszego raportu na podstawie relacji świadków zdarzenia:

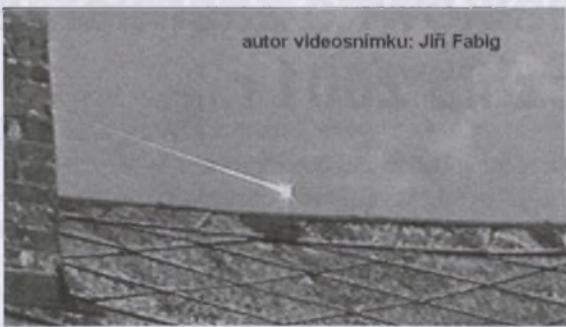
- średnia półosia orbity  $a = 1,985$  j.a.,
- mimośród orbity  $e = 0,0,51$ ,
- nachylenie orbity do płaszczyzny ekleptyki  $i = 32^{\circ}$ ,
- długość węzła wstępującego  $\Omega = 46^{\circ}$ ,
- długość peryhelium  $\omega = 205^{\circ}$ ,
- moment przejścia przez peryhelium  $T_0 = 26$  V 2000,
- odległość peryhelium  $q = 0,978$  j.a.,
- odległość aphelium  $Q = 2,99$  j.a.

Oznacza to, że meteoroid Morávka krążył wokół Słońca po wydłużonej orbicie eliptycznej, nachylonej pod kątem 32° do płaszczyzny orbity Zieli-



Rys. 1. Rzut obserwowanej trajektorii bolidu Morávka na powierzchnię Ziemi.

<sup>1</sup> Jasność absolutną bolidu definiuje się jako jasność, jaką miałby on obserwowany z odległości 100 km.



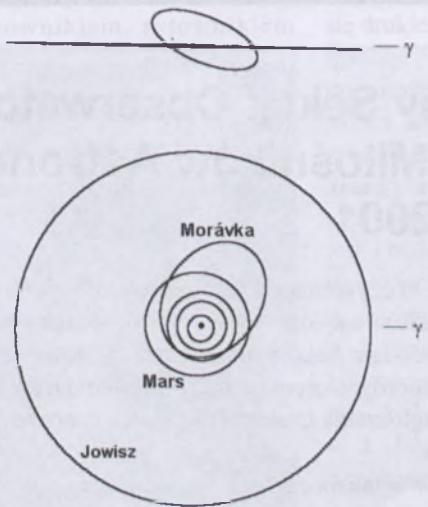
Rys. 2. Kadr z filmu video wykonanego przez J. Fabiga (Jindřichov, Czechy). Zarejestrowany jest bolid w fazie przed rozpadem, na wysokości 40 km nad powierzchnią ziemi [J. Borovička, P. Spurný, <http://www.asu.cas.cz/~borovic/bolid.htm>, pobrane 15 X 2000].



Rys. 3. Kadr z filmu wykonanego przez J. Mišaka (Uherské Hradiště, Czechy). Widoczny jest bolid po rozpadzie na wysokości 29 km nad powierzchnią ziemi. Widać przynajmniej 35 odłamków. Na innym kadrze można się doliczyć ok. 100 odłamków (podany czas nie jest dokładny) [J. Borovička, P. Spurný, <http://www.asu.cas.cz/~borovic/bolid.htm>, pobrane 15 X 2000].



Rys. 4. Trzy znalezione odłamki meteorytu Morávka [J. Borovička, P. Spurný, <http://www.asu.cas.cz/~borovic/bolid.htm>, pobrane 15 X 2000].



Rys. 5. Położenie orbity meteoroidu Morávka w Układzie Słonecznym [J. Borovička, P. Spurný, <http://www.asu.cas.cz/~borovic/bolid.htm>, pobrane 15 X 2000].

mi, z okresem 2,8 roku, zbliżając się do niego na odległość niewiele mniejszą od odległości Ziemi od Słońca, a oddalając się w okolice pasa planetoid. W momencie zderzenia leciał właśnie w stronę Słońca (do którego zbliżył się za niecały miesiąc), gdy na jego drodze znalazła się Ziemia. Wiadomo, że orbity wokółsoneczne wszystkich meteorytów kamiennych, dla których możliwe było ich wyznaczenie, są podobne do orbit tzw. planetoid grupy Apolla. Można stwierdzić, że bolid Morávka doskonale pasuje do tej grupy. Zastanawia jedynie duże nachylenie orbity do płaszczyzny ekleptyki ( $32^\circ$ ).

Jak już wspomniano, w pobliżu zalewu Morávka znaleziono trzy odłamki meteorytu: pierwszy odłamek o masie 214,2 g, na brzegu zalewu, bezpośrednio po eksplozji w dniu 6 maja; drugi odłamek o masie 329,5 g, w odległości 3 km na północ od pierwszego, w dniu 25 maja i trzeci odłamek o masie 90,6 g, w odległości 11 km od pierwszego, w dniu 23 czerwca 2000 r. Tak więc łączna masa znalezionych fragmentów wynosi zaledwie 634,3 g. Niewątpliwie w rejonie zalewu Morávka znajduje się więcej materii kosmicznej pochodzącej z tego spadku, jednak ukształtowanie terenu nie sprzyja jej znalezieniu. Po zbadaniu określono typ meteorytu na H6, co oznacza meteoryt kamienny, tzw. chondryt zwyczajny oliwinowo-bronzytowy, odznaczający się niezwykle drobnymi chondrami.

Przelot bolidu Moravka dzięki temu, że nastąpił w sobotę, w porze obiadowej, przy pięknej słonecznej pogodzie w gęsto zaludnionych okolicach, jest jednym z niewielu znanych przelotów, dla których możliwe było dokładne określenie trajektorii atmosferycznej oraz orbity wokółsonecznej. Znana orbita wokółsoneczna w związku z badaniami znalezionych meteorytów znacznie wzbogaca naszą wiedzę o Układzie Słonecznym.

Dla polskich miłośników astronomii przelot bolidu Morávka miał niewątpliwie duże znaczenie. Wykazano, że zbierane w terenie relacje bezpośrednich świadków zdarzenia, po odpowiednim opracowaniu oraz uwzględnieniu modelu przelotu ciała meteorowego przez atmosferę, pozwalały na prawidłową rekonstrukcję jego trajektorii i w konsekwencji orbity wokółsonecznej meteoroidu, zgodną z analogicznymi parametrami otrzymanymi na podstawie badań nagrań video lub fotografii. Oznacza to, że w przypadku innych bolidów, dla których nie posiadamy dokumentacji fotograficznej, lecz tylko zeznania świadków, badania takie są celowe i mogą przynieść wymierne efekty naukowe.

Tomasz Ścieżor

Zainteresowanych zjawiskiem oraz problematyką bolidów odyssey do pełnego opracowania, które zostało opublikowane przez PTMA: Tomasz Ścieżor „Bolidy. Zjawisko i metodologia badań na przykładzie bolidu Morávka z 6 maja 2000 r.”, Kraków 2000. Obszerne opracowanie zawiera wybór relacji świadków zdarzenia, ich interpretację, szczegółowe rozważania modelowe dotyczące przelotu meteoroidu przez atmosferę oraz rozdział dotyczący obserwacji bolidów. Do nabycia w siedzibie Towarzystwa: Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, ul. Św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków.



# Relacja z wyprawy na całkowite zaćmienie Księżyca 9 stycznia 2001 r.

**P**rognozy na dzień zaćmienia wyglądały początkowo obiecująco dla naszych południowych sąsiadów, ale w dniu zjawiska okazało się, że ich szanse zmalały. Wziąłem więc pod uwagę możliwość przejaśnienia w okolicach Głubczyc i Prudnika i wraz z kol. Januszem Płeszka ok. godz. 16.00 wyjechaliśmy z Jerzmanowic (ok. 20 km na pół.-zach. od Krakowa) drogą nr 94 w kierunku Śląska. Pierwsze przejaśnienia, które pokazały się za Gliwicami, obudziły w nas nadzieję. Zatrzymaliśmy się na wale Odry przed Raciborzem. Jednak nasz postój trwał krótko, gdyż niespodziewanie zmieniła się cyrkulacja, z kierunku wsch.-pół.-wsch. zaczął nadciągać altocumulus i wkrótce przesłonił Księżyca. Ruszyliśmy więc dalej (a dochodziła już 19.00) i przejechawszy przez Racibórz a następnie Kietrz, zatrzymaliśmy się w miejscu o współrzędnych: N 50 03 24,2; E 17 58 49,2, gdzie pozostaliśmy do końca zjawiska.

Fazę częściową zaćmienia mogliśmy podziwiać w krótkich przerwach między chmurami. W fazie całkowitej nastąpiło dosyć sporo mniejszych i większych przejaśnień. Wychodzenie z cienia naszego naturalnego satelity było widoczne prawie cały czas, ale przez cienką warstwę chmur.

Wykonałem 11 zdjęć zjawiska przy użyciu teleskopu Newtona 165/1200 aparatem Praktica MTL50 na slajdzie Provia 400ASA (z czego 3 podczas fazy całkowitej). Z powodu zachmurzenia ustawnie montażu paralaktycznego było bardzo niedokładne, Księżyca „uciekał” z pola widzenia, a czasu na kadrowanie było niewiele. Fotografowanie przypominało więc polowanie (a zwierzyna chowała się w cieniu). Kolega Janusz wyposażony w teleobiektyw 500 mm na statywie również dzielnie radził so-

bie z niedogodnościami pogodowymi.

Moje próby wykonania obserwacji zakryciowych spełzyły na niczym — luki w chmurach były zbyt krótkie i nieregularne.

Podsumowując: nasza wyprawa okazała się dość owocna. Udając się na Słowację lub Czechy, prawdopodobnie zobaczylibyśmy więcej (jak wynika z doniesień o pogodzie w tych krajach), ale zostając w Krakowie, mielibyśmy problemy z dostrzeżeniem fazy całkowitej (co wynika z relacji kol. Ścieżora). Możliwość przemieszczania się pozwoliła nam (choć częściowo) podziwiać piękno zaćmienia, podobnie jak na Węgrzech w 1999 roku.

Marcin Filipiak



## Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny Sekcji Obserwatorów Komet Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii KUDŁACZE 2001

Zarząd Główny i Sekcja Obserwatorów Komet PTMA zapraszają wszystkich miłośników astronomii zainteresowanych obserwacjami komet na wakacyjny obóz szkoleniowo-obserwacyjny. Odbędzie się, podobnie jak rok temu, na polanach Kudłacze koło Pćimia (Beskid Średni, 50 km od Krakowa), w terminie 14–24 sierpnia 2001 roku.

Tak jak przed rokiem, w ramach obozu chcemy przekazywać uczestnikom wiedzę o kometach, oraz uczyć ich wizualnych obserwacji tych obiektów.

W celu uzyskania szczegółowych informacji prosimy odwiedzić stronę internetową obozu. Można także skontaktować się z Sekcją lub Zarządem Głównym PTMA albo z koordynatorem obozu, Michałem Drahusem.

Na zgłoszenia czekamy do końca czerwca bieżącego roku.

Strona w internecie: <http://www.kudlacze.z.pl>

E-mail Michała Drahusa: [traktor@v-lo.krakow.pl](mailto:traktor@v-lo.krakow.pl)

Adres Sekcji: ul. Św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków

Telefon ZG PTMA: (0-12) 422-38-92 (śr., pt.: 12<sup>00</sup>-14<sup>00</sup>)

# Festiwal Astronomiczny — „Urodziny Heweliusza”

## Gdańsk, 30–31 stycznia 2001 r.

Nadbałtyckie Centrum Kultury w Gdańsku sprawiło wszystkim miłośnikom Astronomii, tym zawodowym i tym mniej zawodowym, przepyszna astronomiczną ucztę: dwudniowe wykłady o najnowszych osiągnięciach astronomii, astrofizyki i kosmologii, pokazy Słońca, planet i gwiazd przez lunety i teleskopy, dyskusję panelową i pokazy filmowe. A wszystko z okazji 390 rocznicy urodzin Jana Heweliusza (28.1.1611–28.1.1687), świeżo ogłoszonego tam Gdańskim Tysiącleciem. A wszystko odbywało się w siedzibie Centrum, czyli w Ratuszu Staromiejskim w Gdańsku przy ul. Korzennej 33/35, gdzie Heweliusz „zasiadał” jako radny i nieopodal miejsca, gdzie mieszkał oraz miał swoje obserwatorium.

Jan Heweliusz, rodowy gdański mieszkanin, tamtejszy browarnik, ławnik i radny miejski, był najwybitniejszym, po Koperniku, polskim astronomem. Żył w XVII wieku. Na dachach swych domostw zbudował obserwatorium, któremu „naonca równego nie było w całej Europie”. Sam budował i przyozdabiał swoje instrumenty. Próbował też lunet: jedna z nich miała ok. 50 m długości i musiała być zbudowana na podgdańskich błoniach. Bardzo dużo obserwował będąc jednocześnie astronomem, rysownikiem, rytownikiem



Dyrektor Nadbałtyckiego Centrum Kultury, inicjator i główny organizator Festiwalu witających gości.

i wydawcą swych dzieł. Zasłynął najpierw swoją „Selenografią”, która stała się podstawowym dziełem dotyczącym Księżyca na przeszło 200 lat. Zyskał też tą książką przychylność króla Francji Ludwika XIV i królów polskich Władysława IV i Jana Kazimierza. Ten ostatni obdarzył go szlachectwem. Kolejne wielkie dzieła Heweliusza to m.in. „Cometographia”, „Machinae coelestis”, „Catalogus stellarum fixatorum”, „Firmamentum Sobiescianum sive Uranografia”. To ostatnie dzieło uchodzi za najpiękniejszy barokowy atlas nieba. Na cześć zwycięstwa Sobieskiego nad Turkami wydziela na niebie gwiazdozbior „Tarcza Sobieskiego”. Pozostaje on do dzisiaj na niebie jako gwiazdozbior Tarcza obok Psów Gończych, Jaszczurki, Małego Lwa, Sekstansu i Lisa, też przez Heweliusza „wprowadzonych” na firmament niebieski. Heweliusz przez szereg lat był wspomagany finansowo przez króla Jana III Sobieskiego, a więc był to prawdziwy polski astronom królewski.

W roku 1987, z okazji 400 rocznicy śmierci tego Wielkiego Astronoma oraz odkrycia jego grobu w kościele św. Katarzyny, społeczność naukowa Gdańska zorganizowała odpowiednią sesję naukową, której materiały ukazały się drukiem w Wydawnictwach Towarzystwa Naukowego w Gdańsku. Teraz niespożytej energii Dyrektor Centrum Kultury, Pani Bronisława Dejna, zaraziła ideą Festiwalu Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki Uniwersytetu Gdańskiego i Fundację Astronomii Polskiej oraz wielu darczyńców, dzięki którym uformował się ostateczny kształt Festiwalu. Zawierał on:

1. wykłady popularnonaukowe wybitnych astrofizyków polskich połączone z dyskusją,
2. debatę o głównych problemach współczesnej astronomii u progu XXI w.,
3. wystawę poświęconą Janowi Heweliuszowi,
4. obserwacje astronomiczne przez teleskopy ustawione obok miejsca obrad,

5. projekcję filmów poświęconych Janowi Heweliuszowi i innych.

Patronat honorowy nad całą imprezą objął Prezydent Miasta Gdańska Paweł Adamowicz.

Otwarcia Festiwalu dokonał jego współorganizator, profesor Robert Głebocki. Pierwszym mówcą był Prezes Towarzystwa Naukowego w Gdańsku, prof. Andrzej Zbierski, który przedstawił postać Bohatera Festiwalu na tle ówczesnej epoki. Następnie prof. Teresa Grzybowska z Muzeum Narodowego omówiła „Malarski portret odnalezionego Jana Heweliusza”, odnosząc się do portretu Heweliusza znajdującego się w siedzibie Royal Society w Londynie, a który cały czas zdobił salę obrad Festiwalu. Ród Heweliusza, z jego wiele rakimi powiązaniami i możliwymi krewnymi aż do czasów współczesnych przedstawił doc. Andrzej Januszajtis, fizyk Politechniki Gdańskiej i zapalonego badacza przeszłości Gdańskiego. Po tych wstępnych referatach, program pierwszego dnia obrad składał się z następujących wykładów astronomicznych:

prof. Józef Smak, CAMK, Warszawa — „Nowa Heweliusza 1670”

dokończenie na str. 87.



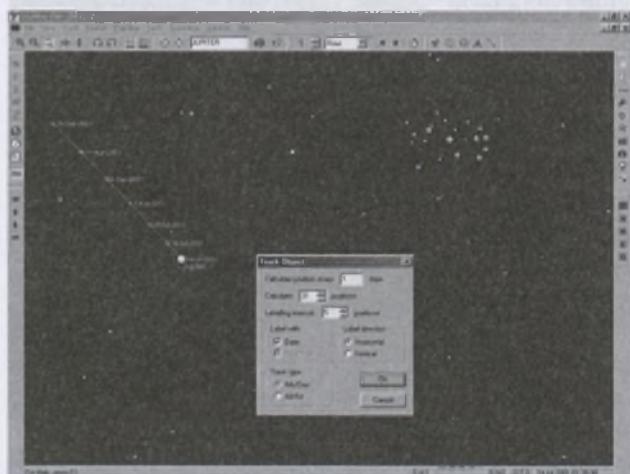
Fragment ekspozycji.



## SkyMap Pro 7.0

**N**a pierwszy rzut oka SkyMap wydaje się programem jak wiele mu podobnych. Spełnia funkcję „planetarium” (z zaznaczaniem granic gwiazdozbiorów, jak i kształtów konstelacji), pozwala na wybór miejsca i czasu obserwacji, na mapy można nanosić siatki współrzędnych (do wyboru mamy współrzędne horyzontalne, równikowe, ekleptyczne i galaktyczne). Wersja demonstracyjna (omawiana w tym artykule) jest prawie w pełni funkcjonalna — zawiera jednak jedynie część katalogów dostępnych w wersji pełnej oraz nie dysponuje narzędziami do planowania obserwacji. Problem z katalogami daje się częściowo obejść przy pomocy oddzielnego modułu DataPrep, pozwalającego na zdefiniowanie własnej struktury danych i import plików (np. dostępnych na serwerze NASA Astronomical Data Center — <http://adc.gsfc.nasa.gov>) do postaci czytelnej dla SkyMap. Po dokładniejszym przyjrzeniu się SkyMap użytkownik znajdzie wiele ciekawych możliwości czyniących z programu pożyteczne narzędzie przydatne w codziennej pracy miłośnika astronomii — nawet biorąc pod uwagę tylko wersję demonstracyjną, która nie posiada ograniczeń czasowych często spotykanych w oprogramowaniu typu shareware. Pierwszą niespodzianką jest większy niż zwykle zakres jasności obiektów widocznych w wersji demonstracyjnej. Kolejna cecha programu związana jest z pojęciem poziomów widoczności (można zdefiniować dziesięć sposobów przedstawiania map nieba). Parametrem porządkującym jest w pierwszej kolejności skala liniowa mapy, następnie jasności graniczne przedstawionych obiektów — osobne dla gwiazd i obiektów mgławicowych. Dzięki temu można szybko przechodzić od jednego typu wizualizacji do drugiego. Dla wyższych poziomów możliwe jest dalsze zmniejszanie pola widzenia do tego stopnia, że można „zobaczyć” tarcze planet wraz z ich księżycami (Jowisza z czterema księżycami galileuszowymi, Saturna z ośmio- ma największymi satelitami i Urana z pięcioma największymi księżycami). Pozycje planet dla okresu 1900–2100 AD liczone są z dokładnością lepszą od 0,01 sekundy łuku (0,002 dla wszystkich planet z wyjątkiem Merkurego i Plu-

tona) — błąd oceniany jest w stosunku do modelu numerycznego JPL DE403. Każdy obiekt na ekranie posiada odnoszące się do niego dane, często bardzo obszerne. Możliwe jest szukanie wybranych obiektów na podstawie ich nazw katalogowych, ale też i nazw własnych i dotyczy to zarówno gwiazd, jak i obiektów mgławicowych, planetoid i komety. Dla niektórych spośród wymienionych obiektów można policzyć efemerydy. Wybór parametrów, które obejmują efemerydy zależy całkowicie od użytkownika. Do wyboru oprócz daty, czasu, współrzędnych mamy w sumie 32 parametry. Wyniki mogą być oczywiście zapisywane w odpowiednim pliku. Możliwe jest uzyskanie listy wszystkich widocznych w oknie programu obiektów, potem można wybierać spośród nich. Można też stworzyć listy zawierające obiekty danego typu (np. mgławicowe czy gwiazdy podwójne). To dopiero początek, prawdziwa zabawa zaczyna się w momencie rozwinięcia menu „Tools” — narzędzi. Zaczynamy od zjawisk mających miejsce w danym dniu — dowiadujemy się tam o godzinach wschodu, zachodu jak i przejścia przez południk planet, Księżyca i Słońca oraz o godzinach zmierzchu (cywilnego, nautycznego i astronomicznego — to samo możemy obejrzeć również na poglądowym rysunku). Potem idą fazy Księżyca. Kolejna możliwość to poszukiwanie wzajemnych konfiguracji obiektów (można wybierać między planetami, komety, asteroidami, gwiazdami i obiektami mgławicowymi). Mamy do wyboru 16 możliwości, w tym np. najmniejsza czy największa odległość pomiędzy obiektami, opozycja, koniunkcja etc. Uzyskana dla wybranego przedziału czasu lista pozwala na natychmiastowy „skok” do odpowiadającej wydarzeniu mapy. Wynik zachowany w postaci pliku można później wczytać ponownie do programu już bez konieczności powtarzania obliczeń. Dostępne są też tablice zaćmień Słońca i Księżyca. Można uzyskać informacje o lokalnych warunkach w danym miejscu obserwacji, w przypadku zaćmień Księżyca obejrzeć cały proces na ekranie, niestety, wersja demonstracyjna nie pozwala na zobaczenie map widoczności zaćmień Słońca. Ale z tym można sobie poradzić np. przy pomocy oddzielnego programu EmapWin napisanego przez S. Takesako i dostępnego na stronie [http://www2c.biglobe.ne.jp/~takesako/cal/emapwin\\_eng\\_1.21.htm](http://www2c.biglobe.ne.jp/~takesako/cal/emapwin_eng_1.21.htm). SkyMap zawiera szereg tzw. tablic podających informacje o różnych zjawiskach astronomicznych na przestrzeni kilku tysięcy lat (o zaćmieniach czy przejściu Wenus i Merkurego na tle tarczy słończej). Każde z tych zjawisk można oczywiście obejrzeć tak samo jak zjawiska liczne dla naszej epoki. Program jest elastyczny, pozwala na zmiany w konfiguracji, dodawanie nowych katalogów obiektów niebieskich (można je znaleźć w Internecie), uaktynianie i wyłączenie opcji, wczytywanie elementów orbitalnych komety czy sztucznych satelitów Ziemi, radiantów rojów meteorów czy nakładek (overlays) dzielących niebo, np. wg podziału map ze znanych atlasów nieba. Należały też wspomnieć



o możliwości opisywania map na ekranie czy umieszczania na nich linii i strzałek. Mapy mogą oczywiście być (również w wersji demonstracyjnej) drukowane czy zapisywane jako bitmapy. Używając sterownika PostScriptowego, można zapisać do pliku mapy o bardzo wysokiej jakości. Nie będę zatrzymywał się nad zagadnieniem kontroli teleskopu przez SkyMap, autor oferuje sterowniki do kilku znanych typów (m.in. Meade i Celestron), niezależnie mapy mogą być pokazywane w kolorze czerwonym (jeśli używamy komputera w czasie obserwacji).

Jeszcze kilka drobnych uwag praktycznych. Bardzo użyteczny okazuje się klawisz Backspace — można cofać się przy jego pomocy do wcześniej oglądanych map. Na ekranie u dołu mapy można wyświetlać w sposób ciągły szereg użytkowych informacji, wliczając w to współrzędne azymutalne i równikowe kursora, zasięg map (osobno dla gwiazd, osobno dla obiektów mgławicowych).

Nawet w wersji demonstracyjnej program oferuje nieczęsto spotykane bogactwo możliwości. Rachunki wyko-

nywane są bardzo dokładnie (np. dla obliczenia pozycji Księżyca autor używa 10 000 wyrazów szeregu — pełna teoria ELP 2000-82B wymaga około 37 000 wyrazów). Wyrywkowe porównania z „Astronomical Almanach” dają błędy mniejsze od 0,01 sekundy łuku.

Autor programu Chris Marriott zadektykował go pamięci siedmiorga astronautów, którzy zginęli w katastrofie Challengera. Ostatnią wersję można znaleźć na stronie <http://www.skymap.com>. Również tutaj umieszczone są nowości związane z programem, np. zaktualizowane elementy orbitalne, pozwalające na wyznaczenie położen powyżej stu komet. Plik instalacyjny ma rozmiar 9,1 MB, sama instalacja zajmuje na dysku około 21 MB. Program pracuje pod systemem Windows, poczynając od wersji Windows 95. Cena pełnej wersji programu (CD-ROM wraz z podręcznikiem użytkownika) wynosi 59,95 GBP, wersja demonstracyjna — jak już wspomniałem — jest za darmo.

Roman Schreiber

dokończenie ze str. 85.

prof. Michał Różyczka, CAMK, Warszawa — „Pozasłoneczne układy planetarne”

prof. Jerzy Sikorski, UG, Gdańsk — „Ku początkom Wszechświata”

dr Jean-Pierre Lasota, Instytut Astrofizyczny w Paryżu — „Akrecja: o spadaniu na ciała niebieskie”

prof. Paweł Haensel, CAMK, Warszawa — „Gwiazdy neutronowe — niezwykłe laboratoria kosmiczne”

doc. Włodzimierz Klużniak, CAMK, Warszawa — „Gwiazdy kwarkowe”

prof. Marek Abramowicz, Uniwersytet w Goteborgu (Szwecja) — „Przedziwny świat czarnych dziur”.

W przerwie między wykładami, na parterze tego samego gmachu, została otwarta wystawa ikonograficzna poświęcona Heweliuszowi. Można było podziwiać obrazy jego obserwatorium, niektórych instrumentów i jego samego przy pracy, jego dokumenty obserwacyjne, listy w różnych sprawach, wyciągi z ksiąg miejskich dokumentujące, np. jego ślub, dyplom, jaki dostał od Royal Society czy jego pięknie wyrzeźbioną w marmurze głowę itp.

Następnego dnia w krótkim referacie pani doc. Romana Ratkiewicz z CBK w Warszawie omówiła problemy modelowania heliosfery (magnetasfery naszego Słońca), a prof. Andrzej Woszczyk z Uniwersytetu M. Kopernika w Toruniu, wygłosił wykład na temat perspektyw rozwoju astronomii i astrofizyki w nowym tysiącleciu, głównie wg istniejących planów budowy nowych wielkich teleskopów w różnych zakresach długości fali.

Po tych referatach odbyła się przeszło 2 godzinna „dyskusja panelowa” w oparciu o przedłożone dnia poprzedniego na piśmie pytania do wykładowców i o pytania zgłoszone z sali. Dyskusję tę zręcznie prowadził prof. Robert Głębocki z UG. Były pytania dotyczące samego Heweliusza, obecnego wyobrażenia o naszym Systemie Słonecznym,

szerzących rozróżnień między planetami-brązowymi karłami-gwiazdami, szczególnej struktury gwiazd neutronowych itp. Ale najwięcej uwagi poświęcono problemom współczesnej kosmologii, problemowi czasu i szczególnych osobliwości w czarnych dziurach. Nie obeszło się też bez pytań o pozaziemskie życie i cywilizacje oraz o rolę Boga w powstaniu Wszechświata i o sens istnienia Wszechświata. Jak łatwo mogą sobie Czytelnicy wyobrazić, uczestnicy dyskusji panelowej nie czuli się kompetentni, aby udzielić wyczerpujących odpowiedzi na pytania spoza ich zawodowych specjalizacji. Pozostało też bez odpowiedzi pytanie, czy Festiwal Heweliuszowski będzie w Gdańsku zjawiskiem jednorazowym czy też imprezą cykliczną?

Wykładowcy wielokroć dziękowali organizatorom za pięknie przygotowaną imprezę. Ich podziw budziła też licznie zebrana młodzież, która w liczbie ok. 200 (mimo że był to okres wakacji szkolnych) pilnie śledziła obrady do późnych godzin wieczornych i śmiało zadawała wnikliwe pytania. Doskonałym pomysłem były też pokazy nieba przez teleskopy, prowadzone z oddaniem przez gdańskich miłośników astronomii z niedawno odtworzonego gdańskiego koła PTMA. Czekając na ukazanie się planety lub Słońca, można było posilić się kiełbaszką z różną z bułeczką i zaspakoić pragnienie piwem marki „Heweliusz”. Podobnie jak o uczestników festiwalu, Dyrekcja Centrum Kultury w Gdańsku zadbała i o wykładowców, karmiąc ich w hotelu też noszącym imię „Heweliusz”. Z żalem wyjeżdżaliśmy z Gdańska przekonani, że właśnie takie imprezy jak najlepiej służyc mogą szerzeniu rzetelnej wiedzy astronomicznej w naszym bardzo niedoinformowanym astronomicznie społeczeństwie. Redaktor Naczelny „Uranii-Postępów Astronomii” prosił wszystkich wykładowców o przedłożenie pisemnych wersji swoich wykładów do druku w naszym czasopiśmie. (aw)

Zdjcia: Katarzyna Szczepańska



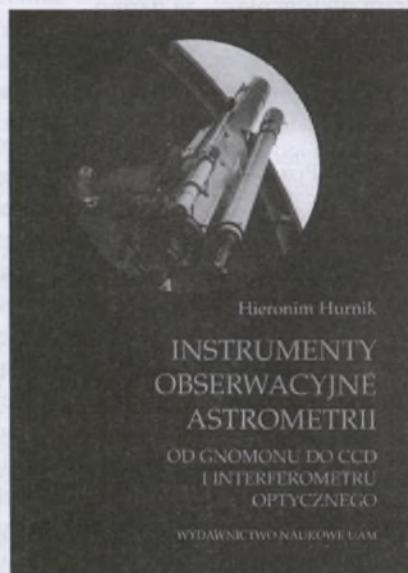
**Hieronim Hurnik, *Instrumenty obserwacyjne astrometrii — od gnomonu do CCD i interferometru optycznego***, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, stron 432, ilustracji ponad 400, Poznań 2000.

Ogromną przyjemność sprawiło mi otrzymanie, w wigilijnym podarunku Autora, książki profesora Hieronima Hurnika o instrumentach obserwacyjnych astrometrii. Po pierwsze Autor jest znakomitym specjalistą w dziedzinie omawianych instrumentów i sam był budowniczym kilku z nich. Po drugie jest to książka, jakiej po prostu brakowało w polskojęzycznej literaturze astronomicznej. Ponadto recenzowałem ten tekst w procesie wydawniczym. Nie znam tak syntetycznego ujęcia tego tematu w literaturze światowej, choć zapewne pierwowzoru można by się doszukiwać w „Lunetach i Teleskopach” Andrzejów Danjona i Coudera, wydanych w Paryżu w roku 1935.

Obserwacje astronomiczne są pomiarami parametrów docierającego do nas promieniowania elektromagnetycznego ciał niebieskich. Te parametry to kierunek, z którego przychodzi promieniowanie, jego długość fali, natężenie, rozkład natężenia w zależności od długości fali (widmo), płaszczyzna drgań fali itp. Mówimy o obserwacjach astrometrycznych, fotometrii, spektroskopii, polarymetrii, radioastronomii itd. Aby uprawiać te różne dziedziny astronomii, budujemy odpowiednie instrumenty, dzisiaj najczęściej zwane teleskopami. Rolą teleskopu jest wybranie odpowiedniego fragmentu nieba, który nas interesuje, zebranie możliwie dużej ilości promieniowania docierającego do nas z tego kierunku oraz utworzenie rzeczywistego obrazu obserwowanego pola lub indywidualnych ciał niebieskich. Ten obraz musi być wierny temu co jest na niebie, być jasny oraz mieć odpowiednią skalę i zdolność rozdzielczą. Wszystko zależy od tego, do czego, do jakich badań użyjemy utworzony obraz: raz będzie dla nas najważniejsze, abyśmy dysponowali odpowiednio dużym problem gwiazd i mgławic, a innym razem

może nas interesować tylko jedna konkretna gwiazda czy galaktyka. Otóż profesor Hurnik patrzy na instrumenty astronomiczne okiem astrometrysty, astronoma, dla którego pomiar kierunku do ciał niebieskich jest sprawą najważniejszą. Stąd też do kategorii instrumentów obserwacyjnych astrometrii zalicza nawet teleskopy współczesne, które zostały побudowane dla innych zadań obserwacyjnych, a astrometrii mogą służyć tylko okazjonalnie, powiedziałbym, nawet marginalnie.

Astronomia była właściwie aż do końca XIX wieku astrometrią. Astronomów interesował tylko kierunek promieniowania. Z tych pomiarów czerpały



swe fundamenty różne koncepcje budowy otaczającego nas świata, podstawowe prawa fizyki, jak np. prawa grawitacji Newtona i mechanika z mechaniką nieba włącznie, rachuba czasu z kalendarzem itd. Z odkryciami Plancka, Boltzmanna, Einsteina i innych, dotyczących fizycznej natury światła, narodziła się astrofizyka, później radioastronomia, astronomia UV, astronomia rentgenowska, gamma itp. Idące za tym nowo powstające typowo astrofizyczne instrumenty służą czasem celom astrometrycznym. Astrometria zaś ciągle służy astrofizyce, bo, np. aby mieć orientację o ilości energii promieniowanej przez jakąś gwiazdę czy galaktykę, trzeba znać możliwie najdokładniej jej odległość od Ziemi, aby rozpoznać strukturę jakiejś galaktyki czy kwasara, trzeba uzyskać możliwie najdokładniej-

szyst ich obraz. Takimi też argumentami astronomowie przekonywali Kongres USA do teleskopu kosmicznego, bo będzie on dawał (i rzeczywiście daje) obrazy gwiazd 10 razy większej zdolności rozdzielczej niż teleskopy naziemne, pozwalając lepiej poznać strukturę odległych obiektów i siegnąć do obiektów 100 razy słabszych, a więc 10 razy bardziej odległych niż to było możliwe dotychczas. W każdym niemal zeszycie „Uranii-Postępów Astronomii” możemy się przekonać, że teleskop kosmiczny Hubble'a dostarcza nam niezwykle piękne i o niezwykłej ostrości obrazy różnych, bliższych i dalszych, a nawet leżących na kresach obserwacyjnego Wszechświata, naszych kosmicznych sąsiadów. Przy jego pomocy robić możemy wiele pomiarów astrometrycznych. I to jest zapewne dobrym argumentem za uznaniem wielu teleskopów kosmicznych i naziemnych, pracujących w różnych domenach długości fal, za instrumenty służące astrometrii, a więc po części astrometryczne, jak chce Autor omawianej książki.

Prawie połowę objętości książki Autor poświęca instrumentom klasycznie astrometrycznym: od gnomonu w czasach starożytnych, poprzez średniewieczne astrolabia, instrumenty uniwersalne, teleskopy zenitalne, ekwatoriały, astrografy do współczesnych dalmierzy. Dużo miejsca poświęca Profesor klasycznej fotograficznej i jej pomiarom oraz zegarom (Rozdz. 8), niezwykle ważnym instrumentom przy obserwacjach astrometrycznych. Ale zapewne cieszyliby się Kopernik, gdyby Autor przytoczył wspomnienie jego instrumentów, choć znamy je tylko z opisu Wielkiego Astronoma i rekonstrukcji Tadeusza Przykowskiego. Podoba mi się, już w części poświęconej nie tylko wyłącznie instrumentom astrometrycznym, opis reflektorów: tych najstarszych, od Newtona i Herschela, po Teleskop Nowej Technologii NTT, VLT w ESO i Kecka na Hawajach. Podoba mi się głównie ze względu na część „historyczną” przedstawionych instrumentów. Opisywanie tu bowiem teleskopów HETA w Teksasie i SALTA w budowie w Republice Południowej Afryki, instrumentów wyłącznie spektroskopowych, jest chyba nieporozumieniem. Jak już omawia się

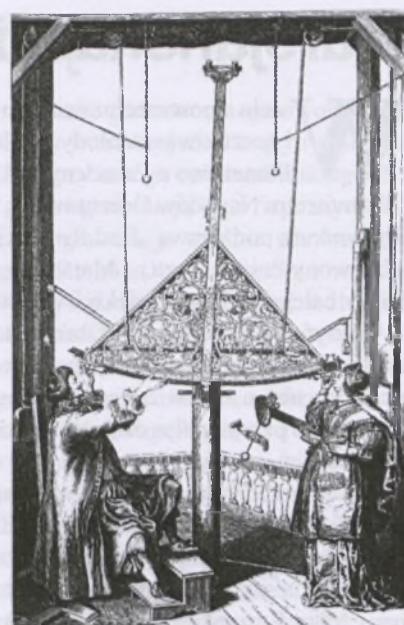
i pokazuje toruński teleskop Schmidta-Cassegraina (str. 210), to wypada dodać, że jest to jeden z 4 prawie identycznych teleskopów wykonanych przez Zeissa w Jenie w roku 1962: bliźniacze teleskopy znajdują się w Budapeszcie, Jenie i Pekinie. Teleskop pekiński wyposażony jest w ognisko głównym Schmidta w mozaikę CCD i służy do poszukiwania przelatujących blisko Ziemi asteroidów (obiektów NEA), a więc w istocie stał się instrumentem astrometrycznym. Teleskop toruński służy głównie do obserwacji spektroskopowych z pokazanym na zdjęciu, w ognisku Nasmytha, spektrografem szczelinowym.

Wstępne strony rozdziału 6 mówiącego o instrumentach radiowych obiecuja miłą i rzecząw lekturę. Ale już opis teleskopu Ryle'a i supersyntezy apertury rozczarowuje. Następne rozczarowania wiążą się z opisem techniki VLBI, która przecież jest chyba najbardziej astrometryczną techniką radioastronomii. Bardzo lakoniczny jest też opis teleskopu VLA, który rozbudowany w przyszłym dziesięcioleciu do EVLA będzie stanowił instrument naziemny dający najbardziej „ostre” obrazy na falach radiowych (rozdzieliczość 0,003 sek. łuku na fali 3 mm). Na stronach 259–260 jest paragraf zatytułowany „To-

ruń”. Nie wiem, na jakiej podstawie Autor, pisząc o wyposażeniu toruńskiej radioastronomii, zaznacza, że „dzięki toruńskiej Katedrze Radioastronomii (obecnie Centrum Astronomii) UMK polska astronomia ma swój (dotychczas skromny) udział w systemach VLBI po przez teleskop o średnicy 15 m”. Skąd to wartościowanie? Następne już zdania zaprzeczają zresztą tej opinii. Teleskop 32 m budowany był właśnie dla VLBI i od 6 lat systematycznie uczestniczy w wielu sesjach obserwacyjnych europejskiej VLBI, i jest uważany za kluczowy element tej sieci. Ponadto, jak mi wiadomo, krakowski radioteleskop o średnicy czaszy 15 m nie służy do systematycznych obserwacji Słońca — tam inny, specjalnie dedykowany do tego celu radioteleskop służy tym obserwacjom.

Odnoszę się z wielkim uznaniem dla Autora za kompetentny i klarowny opis istoty działania urządzeń CCD w rozdz. 8.5. Dość podoba mi się ostatni rozdział o optycznych interferometrach. Mamy w nim przegląd podstaw i dotychczasowych prób zastosowań tej techniki. W opisie interferometrów z udziałem teleskopów Kecka na Hawajach i teleskopów VLT czytelnik nie dowie się jednak, po co są tam tzw. teleskopy pomocnicze i do tego dlaczego mają one jeździć na szynach? W ostatnim paragrafie książki opisany jest najbardziej ambitny, obecnie realizowany, kosmiczny interferometr optyczny SIM. Ale do pełniejszego zrozumienia roli i konstrukcji tego instrumentu odesłać muszę Czytelników do artykułu Krzysztofa Rocho-wicza w „Uranii-Postępach Astronomii” nr 2/2000 r str. 52.

Bardzo dobrym uzupełnieniem książki są spisy teleskopów o średnicach większych niż 2 m i radioteleskopów biorących udział w sieci VLBI. Szkoda, że Autor nie wydzielił radioteleskopów pracujących w sieci Europejskiej VLBI i Amerykańskiej VLBI, bo to są różne systemy. W Australii działa tzw. AT (Teleskop Australijski) będący zespołem 8 radioteleskopów. Ciekawy był pomysł Autora sporządzenia Kroniki Astrometrii od czasów przedhistorycznych do współczesnych oraz indeksu nazwisk (226 pozycji). Ale nazwisk wg jakiego kryterium? Przecież nie nazwisk cytowanych w książce! A może zasłu-

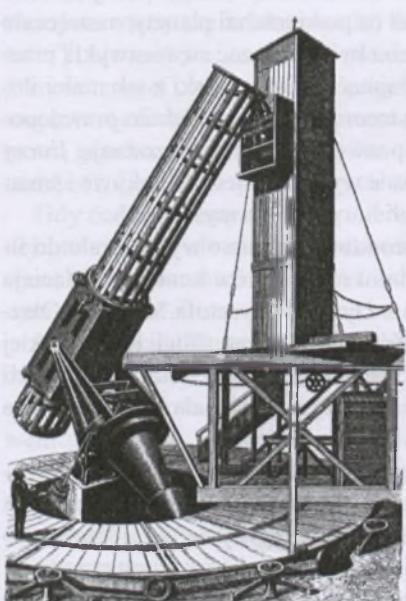


Duży dwuczęściowy oktant mosiężny Heweliusza.

żonych dla astrometrii (jak sugeruje notatka na okładce)? A dlaczego nie ma w tym wykazie np. Kopernika? Józef Witkowski, przez wiele dziesiątek lat kierownik Obserwatorium Poznańskiego i Mistrz Autora też nie znalazł się w tym wykazie. A co ma znaczyć (poz. 226) „Zollner Johann... profesor astrofizyki w Lipsku, prace z fotometrii oraz fizyczne”? Nie jest to skorowidz nazwisk występujących w książce (a szkoda!). Nie ma też skorowidza rzeczowego. Bogaty jest natomiast wykaz źródeł, z jakich korzystał Autor (46 książek i 42 tytuły czasopism). Jest bardzo użyteczny spis ilustracji, dający źródła ich pochodzenia.

Powtarzam raz jeszcze: z przyjemnością i zadowoleniem czytałem tę książkę. Widać w niej, że Autor jest znamionitym specjalistą. Przedstawia problematykę instrumentów astronomicznych ze znanstwem i wyczuciem danym tylko tym, którzy jak On,cale prawie swe zawodowe życie poświęcili mierzeniu położenia naturalnych i sztucznych ciał niebieskich oraz budowie wielu instrumentów badawczych służącym tym celom. Gratuluję Autorowi tego dzieła. Książka ta na pewno powinna stać się lekturą obowiązkową dla młodych adeptów astronomii. Polecam ją też gorąco studentom fizyki i geofizyki oraz miłośnikom astronomii.

*Andrzej Woszczyk*



XIX-wieczny teleskop Williama Lassella na Malcie, zwierciadło z brązu o średnicy 122 cm i ogniskowej 11,3 m, którym jego budowniczy odkrył przeszło 600 mgławic. Tu po raz pierwszy zastosowano w tak dużym teleskopie widłowy montaż paralaktyczny.

## Marsjańska Misja Treningowa dla młodzieży

**W** celu upowszechnienia tematyki badań Marsa i poszukiwania młodych talentów Towarzystwo Planetarne z Pasadeny w USA wraz z NASA, Laboratorium Napędów Odrzutowych i firmą LEGO ogłosły konkurs pod nazwą „Red Rover Goes to Mars”, czyli „Czerwony Pojazd rusza na Marsa” — skierowany do młodzieży całego świata w wieku 9–16 lat.

Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne przyjęło propozycję Polskiego Towarzystwa Astronautycznego, aby ustanowić Centrum Regionalne Konkursu.

Konkurs przebiegał w dwóch kategoriach: uczeń-naukowiec i uczeń-nawigator.

Zadaniem ucznia-naukowca było napisanie wypracowania w formie eseju, o objętości do 1500 wyrazów, w którym uczeń wykazałby się znajomością wiedzy o Marsie i planach dalszych jego badań (w szczególności o celach misji Mars Surveyor). W tej części konkursu w naszym regionie wzięło udział siedmiu uczniów. Jedna z siedmiu prac, Macieja Hermanowicza z Dywit, została zakwalifikowana do finału obok prac: Wojtka Łukasika z Tarnowa, Jakuba Pietrzaka z Koźminki, Radosława Bernarda z Warszawy, Bartosza Wieczorka z Gdańska. Komisja złożona z naukowców i inżynierów z NASA wybrała, spośród 80 półfinalistów z 16 krajów, 9 prac, a wśród nich pracę polskiego ucznia, 10-letniego Wojtka Łukasika. Zwycięzcy tej części konkursu wyjadą do USA, by wraz z naukowcami z NASA wziąć bezpośredni udział w marsjańskich eksperymentach, między innymi programując kamery sondy Mars Global Surveyor w celu wykonania nowych zdjęć wysokiej rozdzielczości.

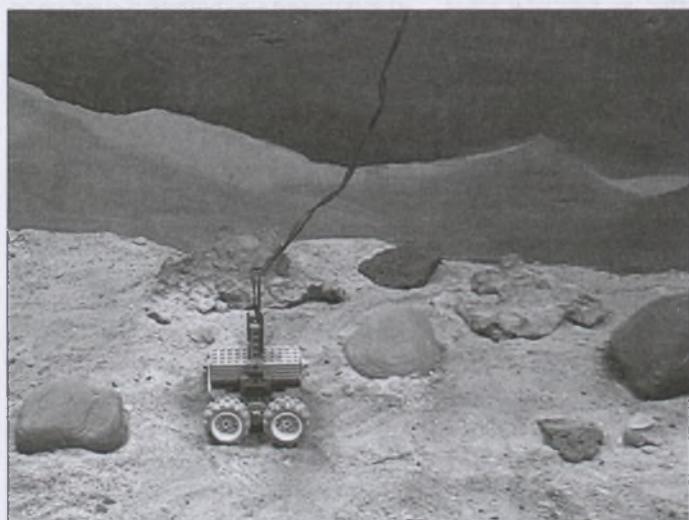
Większość zainteresowanych konkurencją uczniów bardziej atrakcyjna wydała się kategoria uczeń-nawigator. Planetarium wystąpiło do Towarzystwa Planetarnego z prośbą o przyznanie zestawu klocków LEGO do budowy „marsjańskiego robota”, którym mieli się posłużyć uczestnicy konkursu. Otrzymaliśmy zestaw „Red Rover, Red Rover”, z którego został złożony minipojazd stero-

wany za pomocą komputera. Pojazd poruszał się w specjalnie zaaranżowanej piaskownicy (na zdjęciu) o wymiarach 120x120cm, z piaskiem i kamieniami odpowiednio zabarwionymi. Wokół piaskownicy namalowaliśmy panoramę Marsa tak, by całość przypominała marsjański grunt. Kamera zawieszona nad piaskownicą przekazywała obraz terenu, z aktualnym położeniem robota, na ekran komputera. Zadaniem ucznia było opanowanie podstawowych zasad teleoperacji. Nie wiedząc, co dzieje się w piaskownicy, (bo to przecież dzieje się na Marsie!), musiał nauczyć się sprawnie sterować pojazdem, by dotrzeć do wybranej przez siebie celu. Każdy uczestnik konkursu otrzymał do wypełnienia specjalny „Dziennik ucznia-nawigatora”, w którym zapisywał swoje doświadczenia w sterowaniu robotem oraz musiał wykazać się znajomością marsjańskiej geologii. Na podstawie — załączonej do dziennika — schematycznej mapki różnych obszarów powierzchni Marsa, miał opracować strategię 7-dniowej wyprawy badawczej, określając, co chciałby zbadać w poszczególnych regionach oraz uzasadnić, dlaczego wybrał taką a nie inną kolejność badań.

Do konkursu zgłosiło się 30-tu chętnych, którzy manewrowali zawzięcie pojazdem wśród „marsjańskich” skał, jednak cierpliwości do wypełnienia wszystkich rubryczek dziennika wystarczyło tylko szesnastu z nich. Według opinii uczestniczącej w konkursie młodzieży, większość pytań konkursowych była zbyt łatwa, przez co nie dawała szansy wyróżnienia się, natomiast zadanie problemowe było zbyt trudne. Ustalenie priorytetów prac badawczych na Marsie na podstawie bardzo schematycznie przedstawionego rysunku skał na powierzchni planety, nastręczało wiele trudności. Trzeba było wykazać się niezwykłą przenikliwością, by wyciągnąć jakieś wnioski z tak małej ilości danych. Organizatorom konkursu chodziło prawdopodobnie o to, aby sprowokować coś w rodzaju burzy mózgów, a w jej efekcie wyłonić dzieci dociekliwe i śmiałe, o bardzo szerokich horyzontach myślowych.

Centrum Narodowe Konkursu wytypowało do finału prace siedmiu uczestników konkursu: Macieja Hermanowicza z Dywit, Krzysztofa Millera z Olsztyna, Tomasza Zająca z Olsztyna, Alicji Kalinowskiej z Gietrzwałdu, Natalii Makselon z Katowic, Sylwii Wołodkiewicz z Olsztynka, Daniela Hermanowicza z Dywit.

Celem konkursu było nie tylko wyłonienie talentów, ale i popularyzacja śmiałych planów ludzkości wobec Czerwonej Planety. Myślę, że udało się to w naszym regionie i osiągnęliśmy zamierzony cel. Młodzież licznie uczestniczyła w odczycie poświęconym planom zagospodarowania Marsa. Wydaje się, że zagadnienia związane z tą planetą są jej dobrze znane. Starsi powątpiewają: „Nieprędko człowiek stanie na Marsie”, a młodzi pytają: „Mars i co dalej?”. Lidia Kosiorek



## Igraszki z grawitacją

**G**dy byłem w szkole (a naukę rozpoczęłem w czasie wojny w tajnej szkole polskiej, w Warszawie) popularny był wierszyk:

„Kara Mustafa, wielki chan Krzyżaków, prowadził swoje czambuły przez Alpy, na Kraków”.

Niestety, przykro stwierdzić, że w 43 lata po wysłaniu przez uczonych radzieckich dwóch pierwszych sztucznych księżyków Ziemi, bardzo często w podobny sposób mówi się o kosmonautyce...

Przykładami mógłbym zapisać cały numer „Uranii-PA” i wystarczyłoby ich jeszcze na numery następne. Wstydu przy tym powiedzieć, że pod tymi publikacjami widzimy nieraz nazwiska różnych „specjalistów”.

Na miano prawdziwego skandalu zasługuje jednak sprawa zupełnie błędnego przedstawiania zagadnień związanych z grawitacją. Okazuje się bowiem, że znaczna część autorów zupełnie nie rozumie, co to jest grawitacja i utożsamia ją — „po prostu” — z ciężarem.

A to jest jednak nie to samo.

W polskiej literaturze „naukowej” od kilku lat robią „karierę” terminy: „mikrogravitacja”, „przestrzeń o zeroowej grawitacji” i „sztuczna grawitacja”. Niestety, wszystkie trzy są nonsensem fizycznym. Wzięły się one z błędego tłumaczenia angielskich terminów: *microgravity*, *zero gravity space*, *artificial gravity*, które poprawnie przetłumaczone oznaczają: mikrocieżar, przestrzeń o zerowym ciężarze, i sztuczny ciężar.

O tym, że ciężar i grawitacja to nie to samo, łatwo się przekonać, jeżeli (nikomu nie życzę) jadąc samochodem zderzymy się z jakąś przeszkodą. Ciężar naszego ciała wzrośnie wtedy (na krótką chwilę) do „straszliwych wartości”<sup>1</sup>, ale grawitacja, jaka na nas działa, nie zmienia się przecież nawet „o włos”. Gdy rakietą startuje (przyspieszając swój ruch!), to podlega przeciążeniu, ale działająca na nią grawitacja ziemska nie tylko nie wzrasta, ale nawet maleje (!) (jeżeli, oczywiście, ruch odbywa się do góry).

Gdy coś obracamy, to wcale nie wytwarzamy „sztucznej grawitacji”, ale siłę odśrodkową<sup>2</sup>, którą (jeżeli ktoś chce) można ewentualnie nazwać — od biedy — „sztuczny ciężarem”.

Gdy w Pałacu Kultury urwie się i swobodnie spada winda, to wcale nie pojawia się w niej „brak grawitacji”! Pod wpływem czego bowiem winda spada? Właśnie pod wpływem grawitacji! Natomiast w windzie pojawia się brak ciężaru.

Taka jest właśnie przyczyna występowania braku ciężaru statków kosmicznych (i oczywiście braku ciężaru w ich wnętrzu), w czasie bezwładnego (beznapędowego) ruchu w polu grawitacyjnym. Stan ten bywa również nazywany, choć gorzej, „nieważkością”. Statek kosmiczny

jest bowiem wtedy w stanie permanentnego swobodnego spadku — dokładnie tak — nawet jeżeli krąży ruchem satelitarnym wokół Ziemi czy innego ciała niebieskiego. Nazywanie tego stanu „mikrogravitacją” jest fizycznym nonsensem, bo przecież to grawitacja właśnie przytrzymuje sztuczne księżyce przy Ziemi! (Przy obliczaniu wartości grawitacji należy oczywiście uwzględnić odległość sztucznego księżyca od środka Ziemi.)

Prześmieszne jest, gdy się czyta, że kosmonauci w statku kosmicznym są w stanie nieważkości, a kilka zdążeń dalej, że statek kosmiczny ma „wagę” taką to a taką. Autor takiego tekstu doprawdy zupełnie nie wie i nie rozumie, o czym pisze...

Jak dalece głęboko sięga nierozumienie, czym jest grawitacja, świadczy to, iż wielu autorów twierdzi, że w wodzie „nie ma grawitacji” (!) (sam to słyszałem w telewizji z ust różnych „specjalistów”). Można by się w takim razie zapytać, dlaczego więc zatonął „Titanic”? Jakaż to *diabelska siła* ściągnęła go na dno? Można by też zapytać, czy jeżeli zepchnie się kawałek styropianu na dno i wypłynie on następnie na powierzchnię, to będzie znaczyło, że działała na niego „ujemna grawitacja” („antygravitacja”)?! Można by się wreszcie zapytać, czy autorzy tego nonsensu słyszą coś o Archimedese i czy nie mylą go czasem z Newtonem?

Tak w ogóle to „przeciętny” Polak upodobał sobie słowo „waga” i używa go „bez opamiętania” — zwykle nie właściwie — zastępując nim wszystko, co się da. Dopuszcza jeszcze stosowanie słowa „ciężar” jako zamienne dla „waga”, choć zwykle wtedy powinien właśnie mówić o ciężarze! Natomiast słowo „masa” jest dla niego czymś groźnym i tajemniczym. (Pewna znajoma pani redaktor „przyznała mi się”, że słowo „masa” kojarzy się „dla niej” z wysokim, potężnie zbudowanym mężczyzną). Natomiast słowo „grawitacja” (ciążenie) to dla przeciętnego Polaka to samo co „ciężar”.

No i tak się bełkocze o tej kosmonautyce, bełkocze...

A przecież są to cztery odrębne terminy fizyczne, z których każdy ma swoje ściśle określone znaczenie. Wystarczy zatrzymać się na chwilę i zatrzymać (porządnego!) podręcznika fizyki dla szkoły średniej, aby się o tym dowiedzieć...

Andrzej Marks



### ASTRO-BIT

Oprogramowanie i materiały astronomiczne

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

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

<sup>1</sup> Aby zabezpieczyć się przed skutkami tego, wymyślono uwięź pasową i poduszki bezpieczeństwa.

<sup>2</sup> ściślej, odśrodkową siłę bezwładności [przyp. red.]

Maj

Słońce

Wznosi się po ekiptyce nadal coraz wyżej ponad rów-  
nik niebieski, w związku z czym dzień jest coraz dłuższy.  
W ciągu miesiąca dnia przybywa o ponad godzinę: w Warszawie 1 maja Słońce wschodzi o  $3^{\text{h}}06^{\text{m}}$ , zachodzi o  $18^{\text{h}}01^{\text{m}}$ ,  
a 31 maja wschodzi o  $2^{\text{h}}22^{\text{m}}$ , zachodzi o  $18^{\text{h}}46^{\text{m}}$ . W maju  
Słońce wstępuje w znak Bliźniąt.

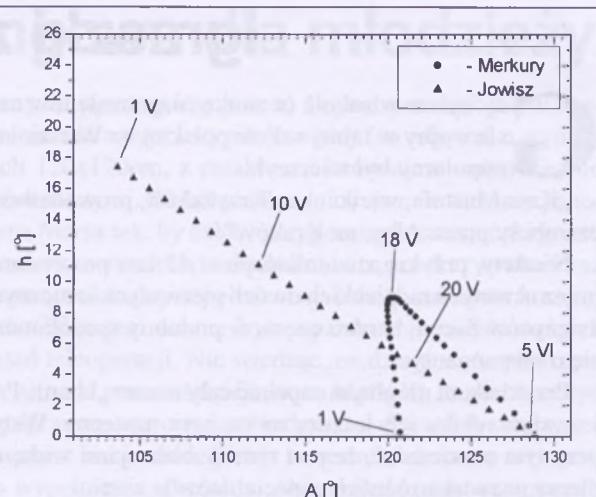
Księzyc

Bezksiężowe noce będącym mieli w drugiej połowie maja, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia  $7^{\text{d}}13^{\text{h}}53^{\text{m}}$ , ostatnia kwadra  $15^{\text{d}}10^{\text{h}}11^{\text{m}}$ , nów  $23^{\text{d}}02^{\text{h}}46^{\text{m}}$  i pierwsza kwadra  $29^{\text{d}}22^{\text{h}}09^{\text{m}}$ . W perygeum Księżyca znajdzie się  $2^{\text{d}}03^{\text{h}}38^{\text{m}}$ , w apogeum  $15^{\text{d}}01^{\text{h}}30^{\text{m}}$  i ponownie w perygeum  $27^{\text{d}}07^{\text{h}}09^{\text{m}}$ .

## Planety i planetoidy

Wieczorem w połowie miesiąca nisko nad zachodnim horyzontem możemy próbować zaobserwować Merkurego jako „gwiazdę” ok.  $0^m$ . W dniu 18 maja w godzinę po zachodzie Słońca wysokość planety nad horyzontem wyniesie  $9^\circ$ . W tym samym czasie przez teleskop możemy obserwować tarczę planety o średnicy  $8''$  w fazie zbliżonej do kwadratu.

Warunki obserwacji Wenus są w maju bardzo niekorzystne. Na początku świąt cywilnego (Słońce  $7^{\circ}$  pod horyzontem, czyli na godzinę przed wschodem) możemy obserwować planetę na wysokości jedynie ok.  $4^{\circ}$  nad wschodnim horyzontem jako obiekt  $-4,5^m$ . Przez teleskop można obserwować tarcze planety o średnicy  $30''$  w fazie równej 30%.



Rys. 2. Planety Merkury i Jowisz nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) pod koniec zmierzchu cywilnego od maja do czerwca 2001 (około godziny po zachodzie Słońca).

W drugiej połowie nocy na tle gwiazdozbioru Strzelca widoczny jest Mars. W związku ze zbliżaniem się planety do opozycji w ciągu miesiąca rosną jej jasność (od  $-1^m$  do  $-2^m$ ) oraz średnica kątowa tarczy (od  $15''$  do  $19''$ ). Obserwacje szczegółów powierzchniowych będą jednak utrudnione w związku z niskim położeniem planety nad horyzontem (jedynie  $13^\circ$ ).

Jowisz widoczny jest wieczorem po zachodzie Słońca. Na początku maja pod koniec zmierzchu cywilnego planeta widoczna jest na wysokości  $17^{\circ}$  nad horyzontem. W ciągu miesiąca wysokość Jowisza nad horyzontem systematycznie maleje i pod koniec maja jego obserwacja staje się niemożliwa.

Saturn, Uran i Neptun przebywają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Pluton widoczny jest całą noc w gwiazdozbiorze Węźłownika, jednakże jego jasność wynosi jedynie 13,7<sup>m</sup> i do jego zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

W maju możemy obserwować w pobliżu opozycji jasną planetoidę:

(1) Ceres, (jasność 8,0<sup>m</sup>). 1 V: 19<sup>h</sup>37,1<sup>m</sup>, -24°17'; 11 V: 19<sup>h</sup>40,4<sup>m</sup>, -24°46'; 21 V: 19<sup>h</sup>41,1<sup>m</sup>, -25°24'; 31 V: 19<sup>h</sup>39,2<sup>m</sup>, -26°10'.

## Meteory

W dniach od 19 kwietnia do 28 maja promieniąją meteorów z roju eta Akwarydów, związanego z kometą Halleya. Maksimum aktywności roju przypada w dniu 3 maja. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Wodnika i ma współrzędne: rekt.  $22,4^{\circ}$ , dekl.  $-2^{\circ}$ . Warunki obserwacji w tym roku będą złe w związku z przypadającą w kilka dni później pełnią Księżyca.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> czasu UT)

Data	2001	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
V	1	-24,14	-4,16	75,62
	3	-23,77	-3,96	49,18
	5	-23,37	-3,75	22,74
	7	-22,95	-3,54	356,30
	9	-22,49	-3,32	329,86
	11	-22,01	-3,10	303,41
	13	-21,50	-2,88	276,97
	15	-20,97	-2,66	250,52
	17	-20,41	-2,43	224,06
	19	-19,82	-2,20	197,61
	21	-19,21	-1,96	171,15
	23	-18,57	-1,73	144,70
	25	-17,91	-1,49	118,24
	27	-17,23	-1,26	91,77
	29	-16,52	-1,02	65,31
V	31	-15,80	-0,78	38,84

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy:

$B_0$ ,  $L_0$  — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy.

$6^{\circ}17'17''$  — heliograficzna długość środka tarczy wyposi  $0^{\circ}$

2<sup>d</sup> 18<sup>h</sup> 29<sup>m</sup> Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.

2°18'50'' Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.

- 5<sup>d</sup>19<sup>h</sup>33<sup>m</sup> Początek zakrycia I księżyca Jowisza (Io) przez tarczę planety.
- 6<sup>d</sup>19<sup>h</sup>05<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
- 6<sup>d</sup>19<sup>h</sup>44<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.
- 7<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Saturnem w odl. 4°.
- 8<sup>d</sup>19<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).
- 9<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżykiem w odl. 9°.
- 10<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odl. 2°.
- 10<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Neptun nieruchomy w rektascensji.
- 11<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Mars nieruchomy w rektascensji.
- 13<sup>d</sup>18<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.
- 13<sup>d</sup>19<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.
- 14<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odl. 3°.
- 14<sup>d</sup>18<sup>h</sup>48<sup>m</sup> Koniec zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.
- 15<sup>d</sup>08<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odl. 3°.
- 15<sup>d</sup>23<sup>h</sup>43<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).
- 16<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Jowiszem w odl. 3°.
- 16<sup>d</sup>18<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.
- 19<sup>d</sup>09<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odl. 5°.
- 20<sup>d</sup>23<sup>h</sup>39<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Bliźniąt, jego długość eklptyczna wynosi wtedy 60°.
- 22<sup>d</sup>05<sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 22°.
- 23<sup>d</sup>06<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odl. 1°.
- 23<sup>d</sup>18<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.
- 24<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odl. 1°.
- 24<sup>d</sup>20<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odl. 3°.

- 25<sup>d</sup>07<sup>h</sup>[02<sup>m</sup>] Krosno – 11<sup>m</sup> Gdańsk] Zakrycie gwiazdy η Gem (3,2<sup>m</sup>) przez Księżyca, widoczne w całej Polsce.
- 25<sup>d</sup>10<sup>h</sup>[36<sup>m</sup>] Szczecin – 49<sup>m</sup> Krosno] Zakrycie gwiazdy μ Gem (3,2<sup>m</sup>) przez Księżyca, widoczne w całej Polsce.
- 25<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Saturn w koniunkcji ze Słońcem.
- 26<sup>d</sup>20<sup>h</sup>59<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).
- 28<sup>d</sup>23<sup>h</sup>05<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).
- 29<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Uran nieruchomy w rektascensji.

## Czerwiec

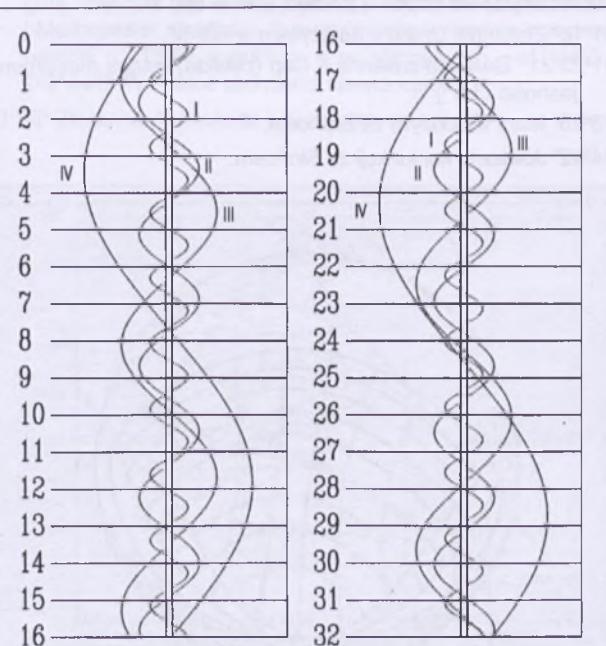
### Słońce

W czerwcu deklinacja Słońca wzrasta aż do dnia przesilenia letniego, 21 czerwca, kiedy osiągnie wartość maksymalną: Słońce wstępnie 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<sup>h</sup>21<sup>m</sup>, zachodzi o 18<sup>h</sup>47<sup>m</sup>, a 30 czerwca wschodzi o 2<sup>h</sup>18<sup>m</sup>, zachodzi o 19<sup>h</sup>01<sup>m</sup>. Najwcześniej Słońce wjezdzie w dniu 17 czerwca (2<sup>h</sup>14<sup>m</sup>), najpóźniej zajedzie w dniu 25 czerwca (19<sup>h</sup>01<sup>m</sup>).

### Księżyce

Bezksiężycowe noce będziemy mieli na początku czerwca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia 6<sup>d</sup>01<sup>h</sup>40<sup>m</sup>, ostatnia kwadra 14<sup>d</sup>03<sup>h</sup>28<sup>m</sup>, nów 21<sup>d</sup>11<sup>h</sup>58<sup>m</sup> i pierwsza kwadra 28<sup>d</sup>03<sup>h</sup>20<sup>m</sup>.



Rys. 7. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w maju 2001 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Kalisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.

### Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> czasu UT)

Data 2001	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
VI 1	-15,42	-0,66	25,61
3	-14,67	-0,41	359,14
5	-13,90	-0,17	332,67
7	-13,10	0,07	306,20
9	-12,30	0,31	279,73
11	-11,47	0,55	253,26
13	-10,64	0,79	226,79
15	-9,79	1,03	200,31
17	-8,92	1,27	173,84
19	-8,05	1,50	147,37
21	-7,17	1,74	120,89
23	-6,28	1,97	94,42
25	-5,39	2,20	67,95
27	-4,49	2,43	41,48
VI 29	-3,58	2,66	15,00
VII 1	-2,68	2,88	348,53

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B<sub>0</sub>, L<sub>0</sub> — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

2<sup>d</sup>22<sup>h</sup>26<sup>m</sup> i 30<sup>d</sup>03<sup>h</sup>13<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

W apogeum Księżyca znajdzie się  $11^{\circ}19'49''$ , a w perygeum  $23^{\circ}17'15''$ .

### Planety i planetoidy

Merkury znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Nad ranem Wenus bardo powoli wznosi się nad wschodnim horyzontem, osiągając pod koniec miesiąca (na około godzinę przed wschodem Słońca) wysokość prawie  $11^{\circ}$ . Jednocześnie maleje średnica tarczy planety (do ok.  $20''$ ) przy zwiększającej się fazie.

„Przebojem” czerwca niewątpliwie jest widoczny przez całą noc Mars. W dniu 21 czerwca znajdzie się on w minimalnej odległości od Ziemi równej jedynie 67,34 mln km. W związku z tym planeta osiągnie jasność aż –  $2,4^m$ , stając się najjaśniejszym po Słońcu, Księżyca i Wenus obiektem na niebie. Jednocześnie tarcza planety osiągnie średnicę aż  $21''$ , co umożliwi obserwacje szczegółów powierzchniowych nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie.

Jowisz, Saturn, Uran i Neptun nadal pozostają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

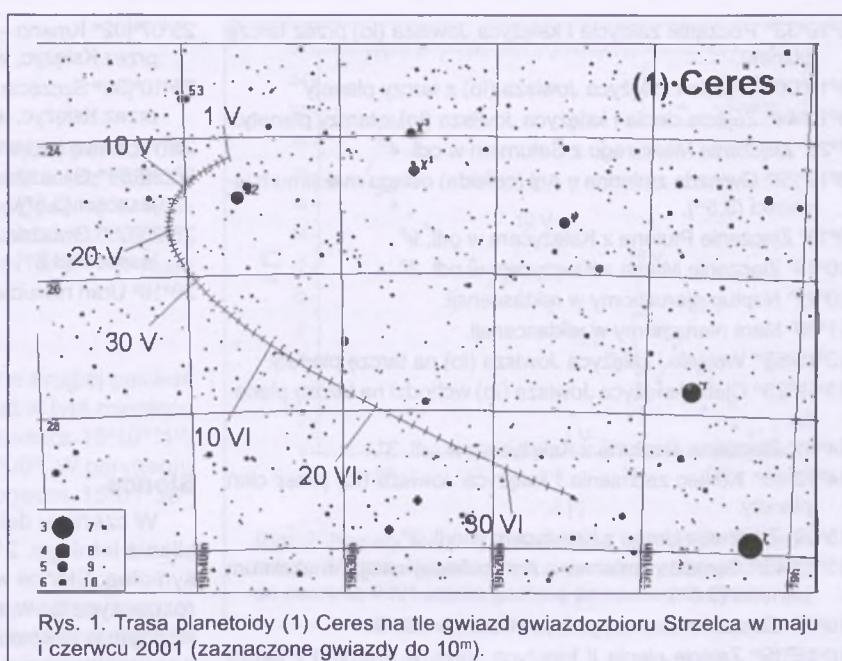
W czerwcu wraz z nastaniem okresu „białych nocy” praktycznie kończy się okres obserwacji Plutona.

W czerwcu możemy nadal obserwować w pobliżu opozycji jasną planetoidę:

**(1) Ceres**, (jasność  $7,4^m$ ). 10 VI:  $19^{\text{h}}34,7^{\text{m}}$ ,  $-27^{\circ}02'$ ; 20 VI:  $19^{\text{h}}27,8^{\text{m}}$ ,  $-27^{\circ}57'$ ; 30 VI:  $19^{\text{h}}19,2^{\text{m}}$ ,  $-28^{\circ}50'$ .

### Meteory

W dniach od 11 do 21 czerwca promieniuje meteory z roju czerwcowych Lirydów. Maksimum aktywności przypada na 16 czerwca. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma współrzędne: rekt.  $18^{\text{h}}22^{\text{m}}$ , deki.  $+35^{\circ}$ .



Rój nie jest zbyt obfitý, a dodatkowo w obserwacjach przeszkadzał będzie Księżyce po ostatniej kwadrze.

\* \* \*

$4^{\text{d}}12^{\text{h}}$  Pluton w opozycji ze Słońcem.

$6^{\text{d}}01^{\text{h}}$  Złączenie Plutona z Księżykiem w odl.  $9^{\circ}$ .

$6^{\text{d}}19^{\text{h}}$  Złączenie Marsa z Księżykiem w odl.  $4^{\circ}$ .

$8^{\text{d}}05^{\text{h}}$  Wenus w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości  $46^{\circ}$ .

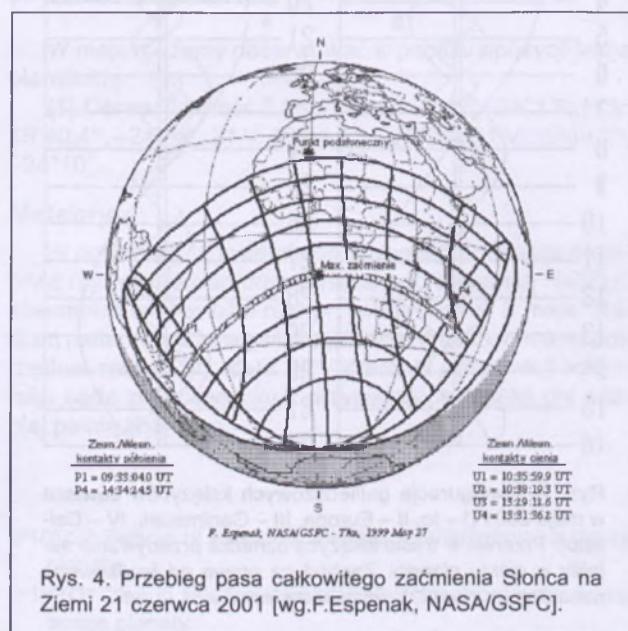
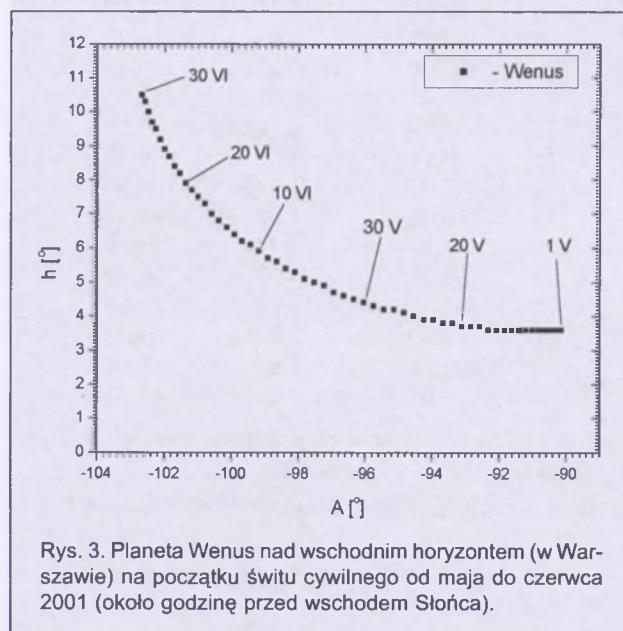
$10^{\text{d}}08^{\text{h}}$  Złączenie Neptuna z Księżykiem w odl.  $3^{\circ}$ .

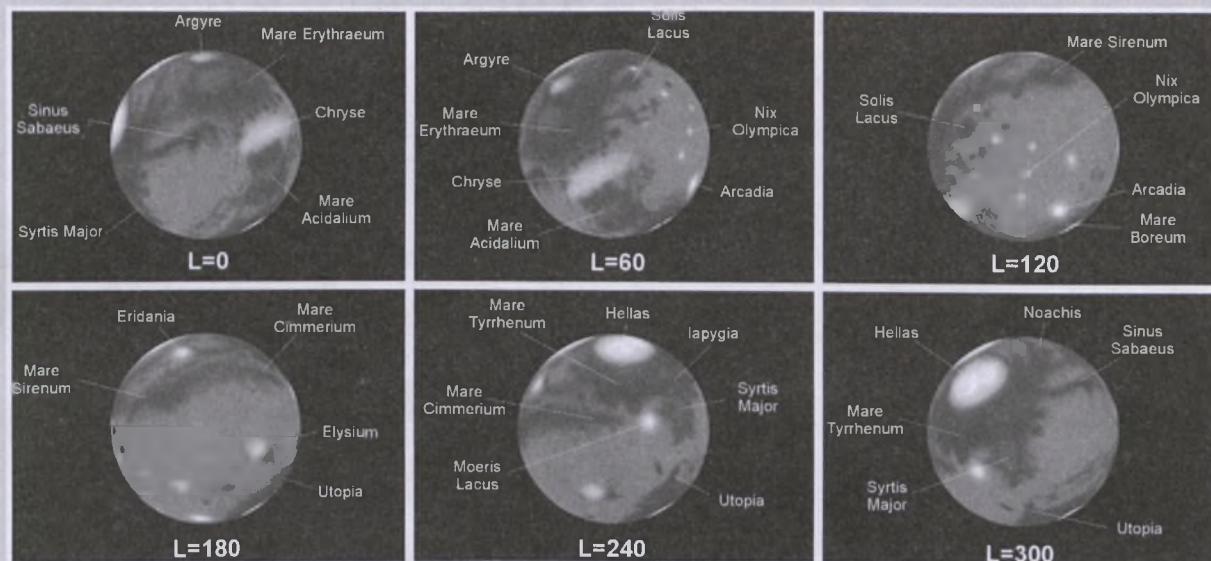
$11^{\text{d}}16^{\text{h}}$  Złączenie Urana z Księżykiem w odl.  $3^{\circ}$ .

$11^{\text{d}}23^{\text{h}}21^{\text{m}}$  Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ).

$13^{\text{d}}18^{\text{h}}$  Mars w opozycji ze Słońcem.

$14^{\text{d}}12^{\text{h}}$  Jowisz w koniunkcji ze Słońcem.





Rys. 5. Wygląd tarczy Marsa w teleskopie astronomicznym (północ na dole) w maju i czerwcu 2001 dla różnych wartości długości południka centralnego L.

- 16<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.  
 17<sup>d</sup>08<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Jowiszem w odległości 4°.  
 17<sup>d</sup>23<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odległości 2°.  
 19<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odległości 1°.  
 20<sup>d</sup>20<sup>h</sup>55<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m).  
 21<sup>d</sup> Całkowite zaćmienie Słońca widoczne na Oceanie Atlantycznym i w Afryce. Zaćmienie rozpocznie się o 10<sup>h</sup>37<sup>m</sup>, zakończy się o 12<sup>h</sup>30<sup>m</sup>. Pas fazy całkowitej przechodzi m.in. przez Angolię, Zambię (jej stolicę Lusakę), Zimbabwe, Mozambik i Madagaskar. Centralna faza zaćmienia w średnie południe nastąpi o 11<sup>h</sup>58<sup>m</sup> w punkcie o współrzędnych  $\varphi=11^{\circ}16'S$ ,  $\lambda=2^{\circ}44'E$ . W Polsce zaćmienie niewidoczne.  
 21<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odległości 3°.

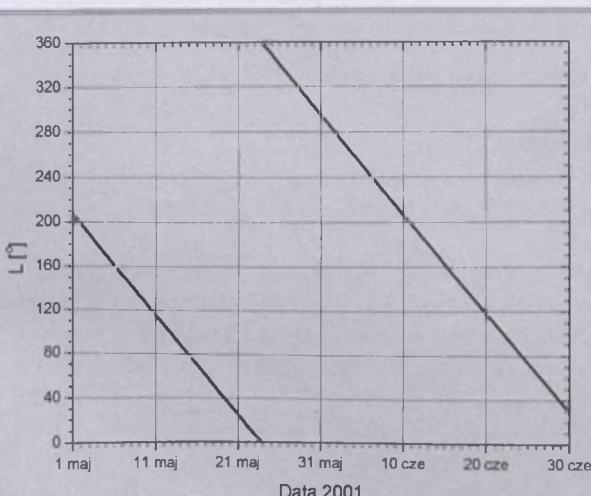
- 21<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżycem w odległości 0,7°.  
 21<sup>d</sup>07<sup>h</sup>37,9<sup>m</sup> Słońce wstępnie w znaku Raka, jego długość ekklipsyczna wynosi wtedy 90°. Początek astronomicznego lata.  
 21<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Mars w minimalnej odległości od Ziemi (67,34 mln km).  
 28<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Merkury nieruchomy w rektascensji.

**UWAGA:** Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby uzyskać datę w obowiązującym w maju i czerwcu w Polsce „czasie letnim”, należy dodać 2 godziny.

Momenty złączeń planet z Księżykiem podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

**Opracował T. Ściżor**



Rys. 6. Zmiany długości południka centralnego tarczy Marsa (L) o północy UT w maju i czerwcu 2001. Aby określić długość południka centralnego Marsa w danym momencie, należy pamiętać, że w ciągu godziny wzrasta ona o ok. 15°.

**Państwowy Instytut Geologiczny  
w Warszawie oraz Olsztyńskie Planetarium  
i Obserwatorium Astronomiczne  
zapraszają na**

## **SEMINARIUM METEORYTOWE Olsztyn 26–27 kwietnia 2001**

Zainteresowane osoby prosimy o kontakt:  
 OPiOA, Al. Piłsudskiego 38, 10-450 Olsztyn,  
 tel. (0-89) 533 49 51, fax: (0-89) 533 49 84,  
 e-mail: [ela@planetarium.olsztyn.pl](mailto:ela@planetarium.olsztyn.pl)  
 do dnia 31 marca 2001.

**Formularz zgłoszenia wraz ze szczegółowym programem  
można pobrać ze strony internetowej:  
[www.planetarium.olsztyn.pl/formularz](http://www.planetarium.olsztyn.pl/formularz)**

**28 kwietnia 2001 wycieczka śladami Kopernika!**

Rozwiązyaniem konkursu zamieszczonego w „Uranii-PA” nr 6/2000 jest nazwa polskiego meteorytu **Zakłodzie**. Nagrodą jest jedna z kropel kamennego deszczu, który spadł w 1912 roku w Arizonie, czyli meteoryt Holbrook. Zdobywcą tej nagrody jest **Andrzej Karoń** z Olkusza. Gratulujemy. Nagrodę prześlemy pocztą.

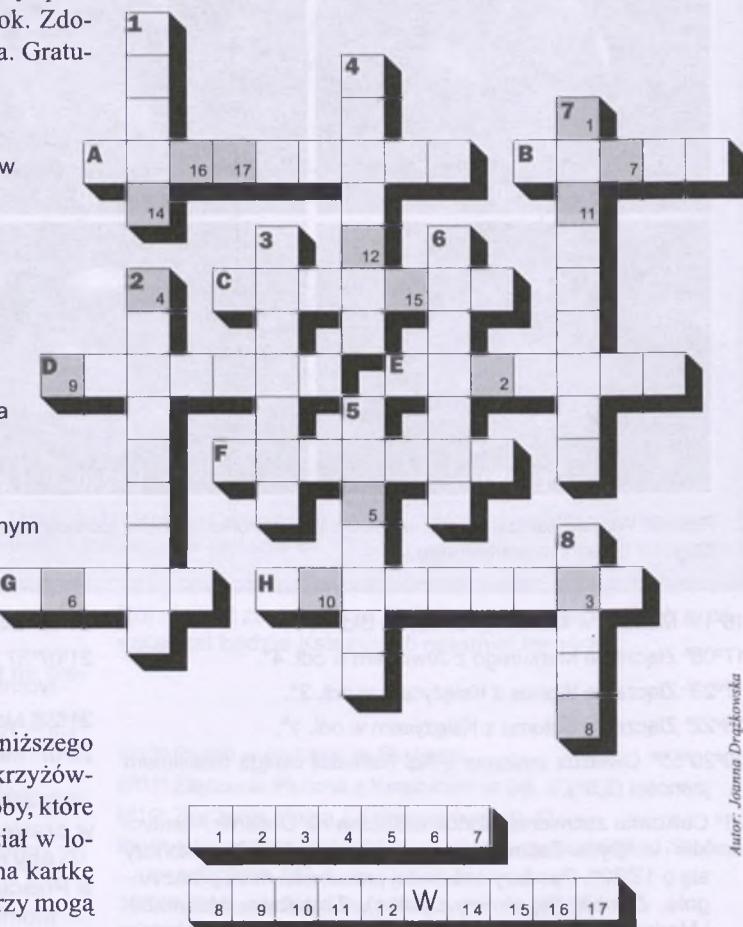
**POZIOMO:**

- A. Odkrywca m.in. Sinope oraz Lysithei — księżyco Jowisza
- B. Księżyc Saturna z „wielką dziurą”
- C. Najbardziej asymetryczny księżyc Jowisza
- D. Jeden z pasterzy pierścienia F układu Saturna
- E. Odkrywca Atlasa — księżyca Saturna
- F. Księżyca Urana
- G. Księżyca Saturna o wyjątkowych kontrastach jasności
- H. Jeden z odkrywców Adrastei — księżyca Jowisza

**PIONOWO:**

1. Księżyca Urana
2. Największy naturalny satelita w układzie słonecznym
3. Najciemniejszy księżyc Urana
4. Odkrywca Ariela i Umbrieli
5. Odkryty przez Kuipera księżyc Urana
6. Obiega Neptuna w ciągu 359 dni
7. Odkrywca Febe — księżyca Saturna
8. Jeden z księżyco Marsa

Litery z zaznaczonych kratk po wpisaniu do poniższego diagramu utworzą hasło, które jest rozwiązyaniem krzyżówki. Na odpowiedzi czekamy do 15 kwietnia br. Osoby, które nie są prenumeratorem „Uranii”, aby wziąć udział w losowaniu nagród książkowych, powinny nakleić na kartkę z rozwiązyaniem kupon konkursowy. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania pocztą elektroniczną.



Autor: Joanna Drążkowska

### Komunikat Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

W bieżącym roku astronomowie polscy wyznaczyli sobie spotkanie we wrześniu w Krakowie na XXX Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Z okazji Zjazdu Towarzystwo nasze ma zwyczaj wyróżniania młodego kolegi (lub kolegów) Nagrodą Młodych.

Zarząd Główny PTA powołał Jury Nagrody Młodych w składzie:

Przewodniczący: prof. Marek SIKORA z CAMK w Warszawie, członkowie profesorowie: Henryk CUGIER z Wrocławia, Janusz KAŁUŻNY z Warszawy, Bronisław RUDAK z Torunia, Marek URBANIK z Krakowa i Edwin WNUK z Poznania.

Zgodnie z obowiązującym regulaminem (patrz „Post. Astr.” nr 2/1994, str. 96) nagroda przyznawana jest (lub nie!) co dwa lata za wyjątkowy, indywidualny dorobek w dziedzinie astronomii, uzyskany podczas całej pracy naukowej, astronomowi posiadającemu obywatelstwo polskie i nie przekroczyły wiek 35 lat życia.

Kandydatki i kandydatów do nagrody może zgłosić każdy członek PTA, załączając podstawowe dane osobowe kandydata(-ki), krótkie uzasadnienie i odbitki ważniejszych publikacji.

Termin składania wniosków upływa z dniem 30 kwietnia 2001 roku. Rozstrzygnięcie konkursu nastąpi do dnia 31 sierpnia 2001 r. Wnioski prosimy składać na adres Towarzystwa z dopiskiem na kopercie „Nagroda Młodych PTA”

Za Zarząd Główny  
**Andrzej Woszczyk**

Prezes

Adres: Zarząd Główny PTA, ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa  
tel (0-22) 841-00-41 wewn. 146, E-mail: pta@astri.uni.torun.pl



## Galeria Uranii

Zdjęcia zamieszczone na tej stronie Galerii mogą posłużyć jako ilustracje do „Poradnika Obserwatora” (str. 75) poświęconego zagadnieniu fotografowania mgławic.

1) Mgławica planetarna M27 w gwiazdozbiorze Liska. Ogniskowa 500 mm, światłosiła 8, czas eksp. 20 min, film Scotchchrome 640ASA. Fot. W. Skórzyński



2) Mgławica Ameryka Północna w gwiazdozbiorze Łąbędzia. Ogniskowa 135 mm, światłosiła 2,8, czas eksp. 5 min., film Fuji SuperG 800 ASA. Fot. W. Skórzyński



4) Mgławica Trifid (M20) w Strzelcu. Teleskop Maksutowa 150/1800 z ogniskową skróconą do 1000 mm, czas eksp. 30 min. film Fujicolor P 800. Fot. A. Wrembel



3) Mgławica Omega (M17) w Strzelcu oraz Orzeł (M16) w Węźlu. Ogniskowa 200 mm, światłosiła 2,8, czas eksp. 10 min., film Fuji SuperG 800 ASA. Fot. W. Skórzyński



5) Mgławica Laguna (M8) również w Strzelcu. Teleskop Maksutowa 150/1800 (wszystkie parametry jak wyżej). Fot. A. Wrembel

# miejsce narodzin gwiazd S106 IRS4



Tę przepiękną scenę rozgrywającą się gdzieś w zakamarkach konstelacji Łabędzia, penetrowanych przez podczerwone kamery teleskopu Subaru, rozświetla około 20-krotnie masywniejsza od Słońca gwiazda IRS 4 (widoczna jako żółty obiekt w środku mgławicy), która rozbłysła zaledwie 100 tysięcy lat temu. Procesy towarzyszące narodzinom gwiazdy nadały otaczającemu ją obłokowi gazu i pyłu charakterystyczny kształt klepsydry. Mgławica oznaczona jako Sharpless 106 (S 106) ma dwoisty charakter: emisyjny (świeci jak klasyczny obszar H II, wzbudzona ultrafioletowym promieniowaniem gwiazdy — na zdjęciu odpowiada to barwie niebieskiej) i refleksyjny (pył położony w większej odległości odbija światło gwiazdy — co obserwujemy głównie w barwie czerwonej). Całość zajmuje obszar o rozmiarach 2 lat świetlnych, a położona jest w odległości 2000 l.s. od nas. (kr)

Fot. Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan

# Urania

3/2001 (693)

tom LXXII

maj—czerwiec

POSTĘPY ASTRONOMII

- Twarzą w twarz z Erosem
- Szkice kosmogoniczne: Na początku był kamień
- Wielkie komety minionego stulecia
- Jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym?



# Ludzie widziani z orbity



24 września 1999 roku został zainstalowany na orbicie wokół Ziemi, komercyjny satelita Ikonos, zdolny do fotografowania Ziemi z rozdzielczością jednego metra. Pisaliśmy o nim i zamieściliśmy obrazy kilku obszarów na Ziemi w nr 6/2000 „Uranii-PA” na str. 264. Ostatnio tak wspaniałe parametry techniczne zostały wykorzystane do tego, by ludzie mogli przyjrzeć się sobie dokładnie — ale z góry.

Co 144 lata w północnych Indiach ma miejsce wielkie wydarzenie religijne, zwane Maha Kumbh Mela. 15 kilometrów od miasta Allahabad, nad Gangesem, spotkało się w tym roku kilkadziesiąt milionów ludzi. Wspólnym celem były rytualne kąpiele, mające oczyścić z grzechów i przyspieszyć dążenia do osiągnięcia nirwany.

23 stycznia 2001 roku był najważniejszym dniem całej uroczystości, zwanym Mauni Amavasya. Właśnie wtedy, około godziny 10:30 satelita Ikonos wykonał zdjęcie nieprzebranych rzesz ludzkich (fot. 1). Szacuje się, że w trwających miesiąc uroczystościach wzięło udział ponad 70 milionów! Było to zatem największe ludzkie zgromadzenie w historii. Żeby mieć pojęcie, jak bardzo może zmienić wygląd krajobrazu taki „ludzki potop”, warto spojrzeć na zdjęcie wykonane przed uroczystościami, w dniu 24 maja ubiegłego roku (fot. 2).



# Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Przepięknym kosmicznym kwiatem na okładce wita Państwa pierwsza wiosenno-letnia „Urania” 2001 roku. Na Ziemi wiosenne kwiaty są symbolem budzącego się i radośnie rozwijającego życia. Ofiarujemy je, aby sprawić przyjemność osobom obdarowywanym. My też pragniemy tym kwiatem otworzyć nowy numer i jego treścią sprawić przyjemność Wam, Drodzy Czytelnicy! Ten kosmiczny kwiat to mgławica planetarna „Kocie Oko”. Więcej szczegółów o niej znajdziecie na jednej z następnych stron.



*Andrzej Woszczyk*

Niespełna dwa miesiące temu, nieomal w Dzień Zakochanych, po prawie rocznych „zalotach”, wylądował na planecie Eros aparat kosmiczny wysłany z Ziemi: sonda NEAR-Shoemaker. Jej „oczy i uszy” oraz zdobycze badawcze przedstawia Tomasz Kwiatkowski z Poznania. Następnie poznanianka Honorata Korpikiewicz kontynuuje swoją opowieść z poprzedniego zeszytu o naszym rozumieniu dróg powstawania Układu Planetarnego, a trochę dalej Andrzej Niedzielski z Torunia rozważa, jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym. Te planetarne opowieści uzupełniają kolejne przepiękne zdjęcia Marsa, do którego właśnie wystartowała nowa sonda w swą „Odyseję Kosmiczną 2001”, oraz jeszcze jeden rzut oka (piórem Tomasza Ściążora z Krakowa) na komety minionego stulecia.

Ciała Układu Planetarnego dominują w naszym zeszycie, ale nie zaniedbijemy galaktyk. Okazją do tego są piękne mgławice i galaktyki, na które przyszła kolej w naszej Galerii Mgławic Messiera. Wykorzystaliśmy tę okazję i prezentujemy je na naszych stronach kolorowych. Bogate są informacje o imprezach krajowych (Seminarium Młodzieżowe w Grudziądzku, Festiwal Nauki i Sztuki w Toruniu) i zagranicznych (ubezpieczenia w Kosmosie) oraz Rozmaitości. Wreszcie publikujemy Elementarz Uranii zapowiadany już w poprzednim zeszycie. Wtedy, w ostatniej chwili musielibyśmy znaleźć miejsce dla innych materiałów. Usunęliśmy Elementarz, ale zapomnieliśmy o usunięciu odpowiedniego zdania z naszego słowa wstępnego. Przepraszamy. Przepraszamy też za mylne stwierdzenie w „stopce redakcyjnej” poprzedniego zeszytu, że został on „zamknięty w październiku”, podczas gdy pracowaliśmy nad nim do połowy lutego 2001 roku.

Z wielkim żalem musimy zawiadomić Państwa o śmierci, do niedawna nestorki polskich astronomów, dr Rozalii Szafraniec z Krakowa. Obszerne wspomnienie Jana Mietelskiego o tej niezwykłej osobie publikujemy na str. 132–133.

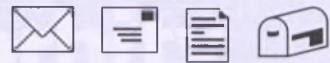
Jak zwykle, Poradnik Obserwatora, Kalendarz Astronomiczny i Galeria Uranii dopełniają treść naszego zeszytu.

Życzę Państwu przyjemnej i pożytecznej lektury

Andrzej Woszczyk

Toruń, w kwietniu 2001 r.



**Igraszki, ale z kim?**

Ze zdziwieniem przecho-dzącym w irytagę przeczyta-łem tekst Andrzeja Marks'a pt. „Igraszki z grawitacją” w 2 nu-merze „URANII” (z 2001 roku). Autor ostro krytykuje niepo-prawne, jego zdaniem, użycza-nie pojęć takich jak ciężar i grawitacja. Z pewnym niedo-wierzeniem przyjąłem jego zdanie o tym, że w trakcie wy-padku samochodowego cię-żar pasażerów wzrosnie do „straszliwych wartości”. Jestem fizykiem teoretykiem z kilku-na-stoletnim stażem pracy w lice-ach, ale przyznaję publicznie, że zupełnie tego nie pojmuje. Czyżby autor rozumiał słowo „ciężar” zupełnie inaczej niż ja? Niestety, Andrzej Marks najwy-raźniej uważa swoje rozumie-nie tego pojęcia za tak oczywi-ste, że nie wymagające żadne-go wyjaśnienia. Pisze tylko, iż „wystarczy zajrzeć do (porząd-nego!) podręcznika fizyki dla szkoły średniej”. Hm, czyżbym nie znał żadnego „porządnego” podręcznika? Sięgnąłem więc do Słownika Fizycznego (Wie-dza Powszechna, Warszawa 1984) i przeczytałem tam, że ciężar (siła ciężkości) to wy-padkowa siła przyciągania ziemskego i siły odśrodkowej wywołanej obrotem Ziemi. Tak też mi się dotąd zdawało. Na-wiasem mówiąc sądzę, że w szkołach nie trzeba w ogóle roznóżniać tak określonego cię-żaru od siły przyciągania ziem-skiego, bowiem siła odśrodkowa stanowi mniej niż jeden pro-cent siły grawitacji. Nie warto więc dzielić włosów na czworo i wprowadzać pojęciowy zamęt w głowach uczniów. Andrzej Marks wyraźnie jest innego

zdania i wyraźnie inaczej poj-muje to pojęcie, skoro pisze również o braku ciężaru stat-ków kosmicznych! Zapewne definiuje on ciężar jako wypad-kową siły grawitacji i każdej siły bezwładności, w przeciwnym bowiem razie cytowane wyżej przykłady są absurdalne. Albo jestem z innej bajki, albo Andrzej Marks wprowadził spory zamęt w głowach czytelników „URANII”.

Trudno też mi pojąć, dlaczego autor protestuje przeciwko nazywaniu „sztuczna grawita-cją” siły odśrodkowej bezwład-ności, np. w obracającej się sta-cji kosmicznej. Wszak przy-miotnik „sztuczny” podkreśla, że jest to tylko imitacja praw-dziwej grawitacji. Trochę in-ażec (znacznie lepiej!) trzeba traktować to określenie w kon-tekście Ogólnej Teorii Względności, która przecież jest współ-czesną teorią grawitacji. Jej podstawa jest przecież zasada równoważności stwierdzająca, że lokalnie nie można odróżnić siły bezwładności od siły gra-vitacji. W ten sposób Ogólna Teoria Względności wskazuje na głębokie powinowactwo tych dwóch sił. Określenie „sztuczna grawitacja” jest więc niezwykle trafne i sięgające głęboko w istotę rzeczy.

Sprzeciw budzi też kate-goryczny ton autora, który nie po-zostawia żadnych wątpliwości, że przedstawia „jedyne słuszne” poglądy na te skomplikowa-ne zagadnienia. Kto stosuje nieco inne od Andrzeja Marks'a definicje, ten, jego zdaniem, „belkocze o tej kosmonautyce, belkocze...”. Coż, ryzyk-fizyk. Niniejszym przedkładam swój „belkot” mojej ukochanej „URA-

**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 kolo-rową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

**Zapraszamy na nasze łamy!**

**Kupię  
Sprzedam  
Zamienię  
Nawiążę kontakt...**

Cena do uzgodnienia. Tel. (032) 333-3600, prosić Mi-chała, lub e-mail quiditut@ahoj.pl

**Sprzedam** oprogramowa-nie astronomiczne na PC, tel. (0-604) 335-326, e-mail: substyk@poczta.fm, www.astrocd.w.interia.pl

**Zamienię** okular PLÖSSLA o F=5 mm, Ø=16,9 mm na okular o F=7–8 mm i Ø nie większym niż 17 mm. tel. 081-820-4226

**Sprzedam** 4-letni teleskop typu Newtona, model nr 5 firmy Uniwersał na montażu paralaktycznym, o średnicy 90 mm i pow. max 200x. Na gwarancji, mało używany.

*W tej rubryce zamieszczamy bez-platnie ogłoszenia naszych Czy-telników (do 250 znaków).*

NII” z prośbą o wyrozumiałość.

**Ludwik Lehman**  
Głogów

**Red.** Pięknie dziękujemy na-szemu Czytelnikowi za interes-ujący głos w dyskusji. A może inni PT Czytelnicy zechcą rów-nież zabrać głos w tej sprawie? Bardzo prosimy.

\*\*\*\*\*

Wielce Szanowny Panie Profesorze,

Rozpocznę od wielkiego uznania dla sprawności orga-nizacyjnej kierowanego przez Pana czasopisma i za tak szybkie wydanie pierwszego nume-ru i pomieszczenie w nim spra-wozdania z tak niedawno od-bytego spotkania w Strzelnie.

Większość fachowych cza-sopism wydaje kolejne nume-ry z kilkumiesięcznym opóźnie-niem ... a Urania bez opóźnie-nia i na czas, brawo. Numer jest bardzo interesujący i ży-

czę, aby każdy następny był jeszczé ciekawszy co astrono-mii przysporzy kolejnych młodych pasjonatów. Bardzo się cie-szymy, że w tak prestiżowym czasopiśmie możemy populary-zować naszego wielkiego Ro-daka i życzymy sobie dalszej takiej owocnej współpracy. (...) Jeszcze raz serdecznie dzięku-ję za przemiłą współpracę.

Z wyrazami nieklamane-go szacunku i uznania

**Tomasz Kardaś**  
Gębice

**Red.** Dzikujemy za niezwykle pochlebny głos o naszym pi-śmie. Zdajemy sobie jednak sprawę z naszych niedocią-gnięć i niedoróbek. Ale z szacunku dla Czytelników robimy wszystko, aby kolejne zeszyty ukazywały się „na czas” i aby odnosiły się do aktualnych wydarzeń w życiu astronomicz-nym.

**Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny Sekcji  
Obserwatorów Komet PTMA  
KUDŁACZE 2001**

W związku z ogłoszeniem zamieszczonym w „Uranii-PA” 2/2001, str. 84, Zarząd Główny PTMA informuje, że na-stąpiła zmiana w osobie kierownika obozu „Kudłacze 2001”. Obecnie jest nim Jarosław Grolik. Zmianie uległ także adres strony WWW dotyczącej obozu. Jednocześnie przypominamy, że w obozie brać udział mogą jedynie członkowie PTMA.

Nowa strona w Internecie:

<http://vistula.wis.pk.edu.pl/~ptma/obozy/kudlacze.html>

E-mail Jarosława Grolika: filozofx@corcoran.if.uj.edu.pl

# Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

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

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstało 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  
Małgorzata 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, 611 34 50  
fax. (0-56) 62 19 381

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

**Adres WWW:**

<http://urania.camk.edu.pl>

**Druk:**

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**

Karolina Wojtkowska, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 14  
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2001 kosztuje 36 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 7,50 zł.

**Polskie Towarzystwo Astronomiczne**

**Zarząd Główny — Sekretariat**  
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa  
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: hania@camk.edu.pl  
WWW: [www.camk.edu.pl/pta](http://www.camk.edu.pl/pta)

**Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii**

**Zarząd Główny**  
ul. św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl  
WWW: [oa.uj.edu.pl/~ptma](http://oa.uj.edu.pl/~ptma)

**Numer zamknięto w kwietniu roku 2001**

\* 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

- 100 Twarzą w twarz z Erosem,  
czyli wyniki rocznych badań sondy NEAR**

Tomasz Kwiatkowski

Rocznego pobytu sondy NEAR w pobliżu Erosa rozpoczęły się 14 lutego 2000 r. Wtedy sonda weszła na orbitę o promieniu 200 km. Następnie zbliżała się i oddalała od planetki, aby w okresie od 13 grudnia do 12 lutego obserwować ją z odległości 35 km. Po tym osiadła na Erosie i przez 16 dni analizowała jego grunt. Wyniki jej badań przedstawia niniejszy artykuł.

- 106 Szkice kosmogoniczne  
cz. II: Na początku był kamień**

Honorata Korpikiewicz

W cz. I Autorka przedstawiła hipotezy powstania Układu Planetarnego, jakie panowały do połowy ostatniego wieku. Teraz, w cz. II, opisuje zrodzone w drugiej połowie XX w. koncepcje ewolucyjnego, a nie katastroficznego powstawania planet, odwołując się do F. Hoyle'a, W.H. McCrea, A. Cameron, J. Oorta i innych.

- 110 Wielkie komety minionego stulecia**

Tomasz Ściążor

Komety od wieków budziły strach i przerażenie. Wiek XX na początku też nie był wolny od takich odczuć, ale właśnie w minionym wieku nastąpił istotny postęp w poznaniu i zrozumieniu zwyczajów i natury tych niebieskich włóczęgów. Autor przypomina szereg pięknych komet XX wieku, kreśląc niejako kometarną historię ubiegłego wieku.

- 116 Jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym? cz.I**

Andrzej Niedzielski

Jak znajdowano niewidoczne okiem planety wokół słoneczne? Jakie myślały, koncepcje i idee towarzyszyły poszukiwaniu planet wokół słonecznych, a jakie planety i układów planetarnych poza naszym Układem Planetarnym? Oto podstawowe treści zawarte w cz. I artykułu o tym, jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym.

**w kolorze:** Ludzie widziani z orbity (okł. II); M81–M83 (wkł. I–III); Galeria Uranii (wkł. IV, okł. III)

- 119 galeria Mgławic Messiera: Od Oriona do Południowego Wiru (M 78 – M 83)**

- 123 w kraju:** Obóz szkoleniowo-obserwacyjny PTMA (123); Styczniowe zaćmienie Księżyca raz jeszcze (123); XVII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne w Grudziądzu (124); Pierwszy Toruński Festiwal Nauki i Sztuki (126);

- 128 na świecie:** Ubezpieczenia sprzętu i ludzi w Kosmosie — 11. Międzynarodowa Konferencja Kosmiczna (Rzym 15–16 marca 2001)

- 130 rozmaitości:** Jaki jest wiek powierzchni Io? (130); Nowość wśród aktywnych galaktyk wczesnego Wszechświata? (130); Życie wokół Epsilon Reticuli? (131); Aktywne życie komety Hale'a-Boppa (131); Jeszcze jeden rzut oka na Marsa (132)

- 134 in memoriam:** Rozalia Szafraniec (1910–2001)

- 136 elementarz Uranii:** Całkiem luźno o gęstości

- 138 kalendarz astronomiczny 2001:** lipiec — sierpień

- 143 poradnik obserwatora:** Fotografowanie gromad gwiazd

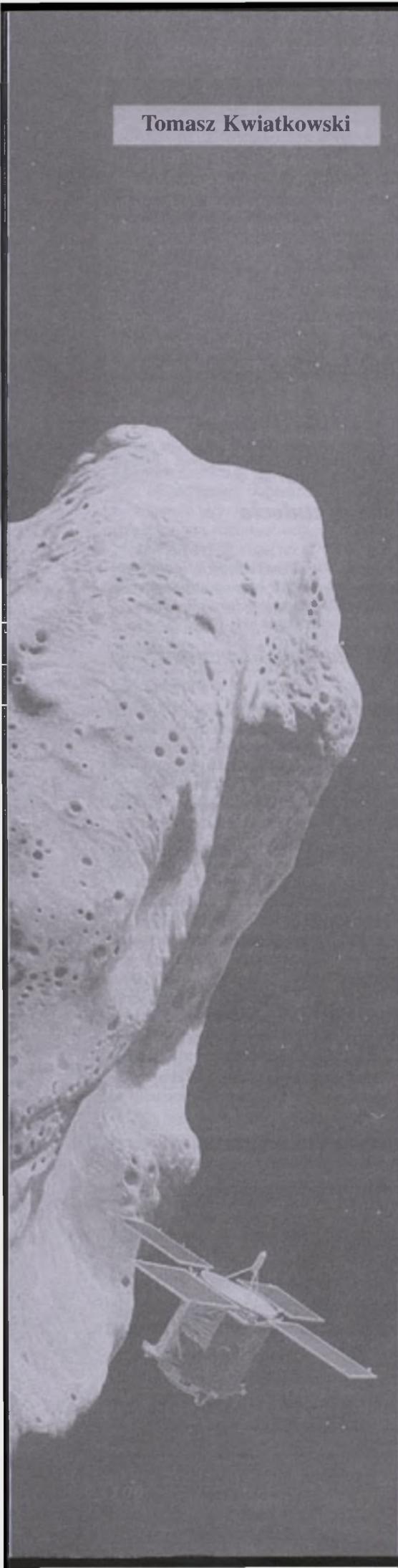
- 144 relaks z Uranią:** krzyżówka z Rozetą

- 144 ciekawe strony internetowe**

## NA OKŁADCE

Małgwica planetarna Kocio Oko (NGC 6543) w nowym „świetle” i nowych barwach. Na uzyskany przed kilku laty przy pomocy HST portret nałożono obraz emisji promieniowania X, zarejestrowany przez orbitalne obserwatorium Chandra (barwa niebieska). Obiekt znajduje się w odległości ok. 3000 l.s. w gwiazdozbiorze Smoka. Fot. NASA/HST, UIUC.

# Twarzą w twarz z Erosem, czyli wyniki rocznych badań sondy NEAR



Planetoida 433 Eros jest obiektem szczególnym w świecie małych planet. Należy do rodziny planetoid zbliżających się do Ziemi (NEAs), co znacznie ułatwia jej badanie. Eros był pierwszym zaobserwowanym przedstawicielem tej klasy obiektów, jest jednocześnie pierwszą planetoidą, dla której zmierzono zmiany jasności, spowodowane obrotem wokół osi. Obserwacje zmian blasku wywołały ożywioną dyskusję na temat natury fizycznej planetoid — przestało je wówczas traktować jedynie w konwencji punktów materialnych, których badanie ograniczało się do wyznaczania toru ich ruchu wokół Słońca.

Historia badań Erosa jest ściśle związaną z postępem badań całej populacji planetoid. Została ona szczegółowo opisana rok temu, w artykule dra Ziołkowskiego (K.Ziołkowski, *Eros z bliska*, Urania-PA 3/2000 str. 122). Tu chciałbym przedstawić wyniki badań tej planetoidy przez sondę NEAR-Shoemaker, która w ciągu ostatniego roku krążyła wokół Erosa, kończąc swój żywot efektownym lądowaniem na jego powierzchni.

Rocznego pobytu sondy w pobliżu Erosa rozpoczął się 14 lutego 2000 r. wejściem na orbitę o promieniu 200 km. W czasie kolejnych 5 miesięcy sonda kilka razy obniżała się, aż osiągnęła wysokość 35 km nad powierzchnią

planetoidy. Po krótkim okresie powróciła na orbitę o promieniu 200 km, by 13 grudnia 2000 r. ponownie zejść na 35 km. Na orbicie tej pozostała do 12 lutego 2001 r., gdy po udanym manewrze lądowania osiadła na powierzchni planetoidy. Ten ostatni etap odysei trwał 16 dni i poświęcony był głównie analizie chemicznej powierzchni planetoidy przy pomocy spektrometru gamma. 28 lutego 2001 r. przerwano kontakt radiowy z sondą.

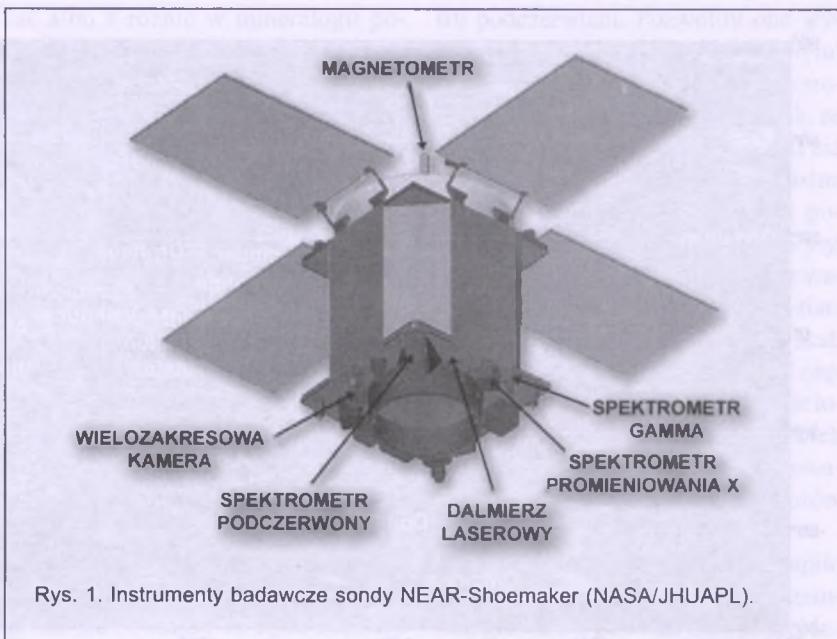
## Oczy i uszy sondy NEAR

Trudno pisać o wynikach badań Erosa bez przedstawienia aparatury badawczej, w którą wyposażono sondę. Spośród sześciu detektorów, największe oczekiwania wiążano ze spektrografem promieniowania X i gamma (XGRS). Jego zadaniem było zbadanie składu chemicznego powierzchni Erosa, co pozwoliłoby na odszukanie odpowiadającego mu typu meteorytów, których skład chemiczny znany jest z badań laboratoryjnych. To z kolei umożliwiłoby poznanie geologicznej historii planetoidy przy założeniu, że minerały zawarte w odpowiadających mu meteorytach powstały w wyniku podobnych procesów w pierwotnej mgławicy protoplanetarnej.

XGRS to w istocie dwa niezależne spektrometry. Promieniowanie rentgenowskie Słońca, szczególnie intensywne w czasie wybuchów na jego

powierzchni, wzbudza atomy w powierzchniowej warstwie Erosa, przez co wypromieniują one kwanty X o energiach charakterystycznych dla danego pierwiastka chemicznego. Spektrometr X umożliwia detekcję widma tego promieniowania w zakresie energii od 1 do 10 keV, a analiza występujących tam linii emisyjnych pozwala ustalić zawartość procentową Mg, Al, Si, Ca, Ti i Fe w skałach Erosa. Spektrometr gamma natomiast reaguje na kwanty o energiach z zakresu od 0,3 do 10 MeV — są one wysyłane przez jądra atomów O, Si, Fe i H, wzbudzone promieniowaniem kosmicznym. Odbiera również kwanty gamma wysyłane przez jądra K, Th i U w wyniku ich naturalnej radioaktywności.

Wielozakresowa kamera (MSI) zawierała detektor CCD o rozmiarach  $537 \times 244$  pikseli oraz zestaw 8 filtrów dobranych głównie pod kątem wykrywania minerałów z rodzinny żelazo-krzemianów. Spektrometr podczerwieni (NIS) pozwalał uzyskiwać widma powierzchni w zakresie od 0,8 do 2,6 mikrometra i przeznaczony był do pomiaru składu mineralogicznego powierzchni. Dalmierz laserowy (NLR) pozwalał mierzyć wysokość sondy nad powierzchnią Erosa i opracować dzięki temu jego dokładny, trójwymiarowy model. Zestaw urządzeń pokładowych uzupełniał magnetometr oraz przekaźnik fal radiowych. Ten ostatni pozwalał na pomiar (w oparciu o efekt Dopplera) prędkości sondy, co umożliwiło opracowanie modelu jej pola grawitacyjnego i sprawniejszą nawigację.



Rys. 1. Instrumenty badawcze sondy NEAR-Shoemaker (NASA/JHUAPL).

### Mapa Erosa

W czasie rocznego pobytu sondy na orbicie wokół Erosa uzyskano ponad 160 tys. zdjęć jego powierzchni, o rozdzielcości od kilkudziesięciu metrów do pół metra. Wykonane one zostały w różnych warunkach oświetlenia, określonych przez kąt padania i kąt odbicia promieni słonecznych. Oba te kąty mierzy się względem prostej prostopadłej do powierzchni — mają one wpływ na obserwowaną jasność powierzchni.

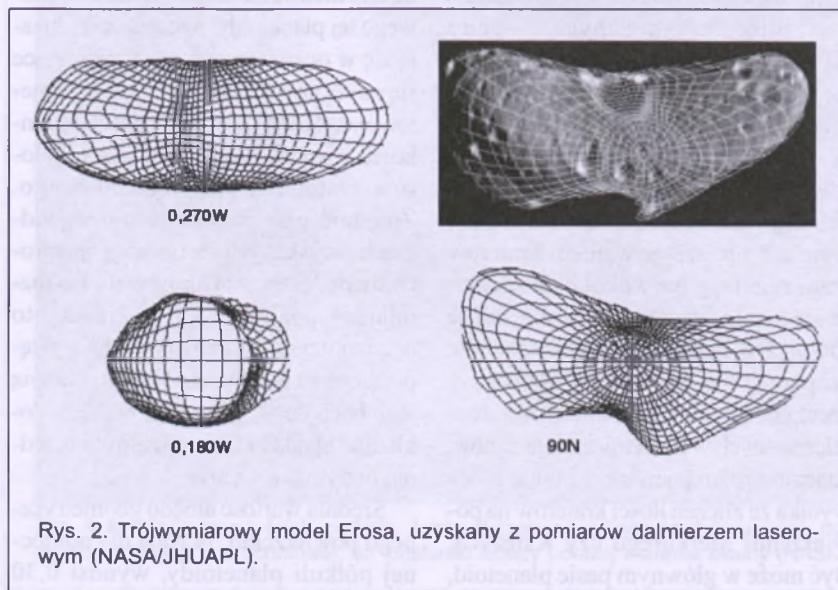
W czasie kolejnych przelotów sondy nad powierzchnią wspomniane kąty padania i odbicia przyjmowały różne wartości, stąd też trudność w porównaniu jasności różnych obszarów na Erosie. By stworzyć jednolity obraz rozkładu albedo, sprowadzono je do standardowych warunków, w których

kąt padania promieni wynosi 30 stopni, a kąt odbicia — zero stopni.

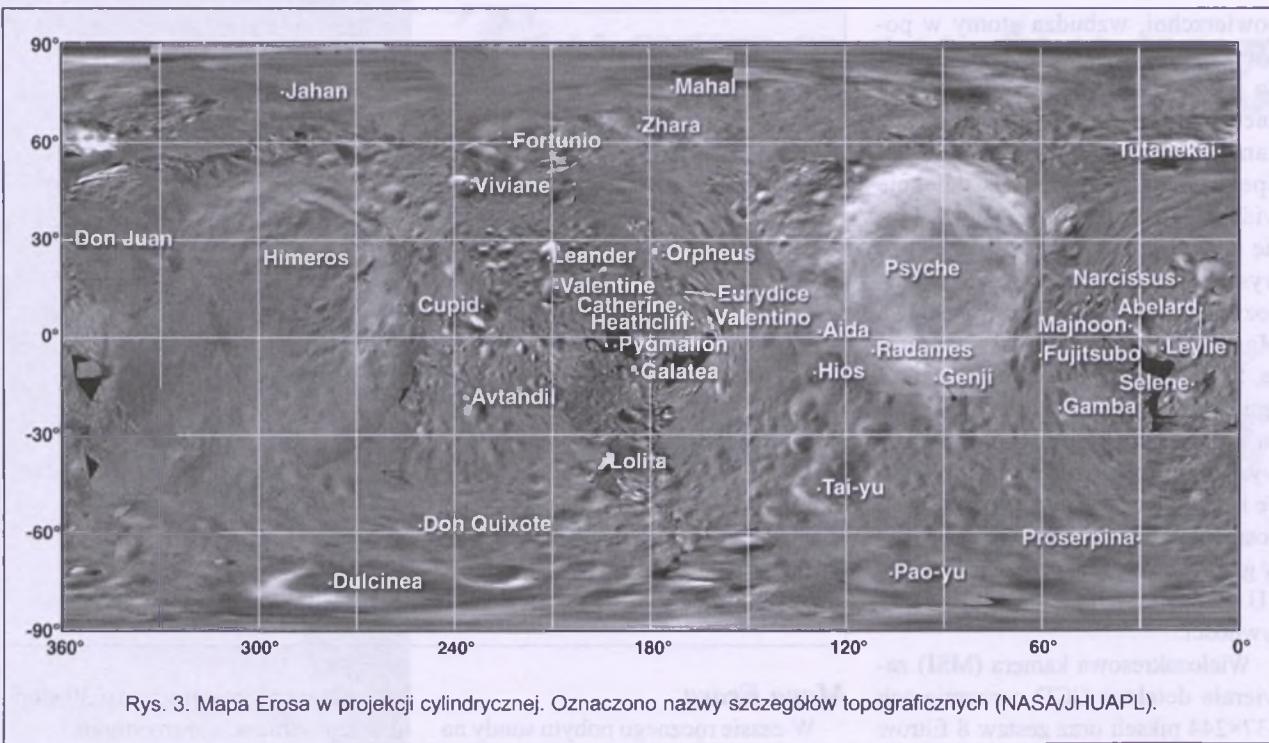
Kolejną trudnością w stworzeniu mapy powierzchni Erosa był jego skomplikowany kształt. Stosowane w kartografii projekcje zakładają zwykle, że ciało ma kształt trójsiowej elipsoidy. By rozwiązać ten problem, przy tworzeniu mapy Erosa posłużono się dokładnym, trójwymiarowym modelem tej planetoidy, uzyskanym m.in. z pomiarów wysokości sondy nad jego powierzchnią (rys. 2). Teraz już można było wykorzystać projekcję cylindryczną do stworzenia mapy Erosa. Początkowo pokazywała ona jedynie północną półkulę tej planetoidy, jednak w miarę upływu czasu zmieniło się położenie Erosa w stosunku do Słońca, co pozwoliło na uzyskanie zdjęć całej powierzchni (rys. 3).

### Topografia powierzchni

Już pierwszy rzut oka na mapę Erosa uwidacznia zróżnicowanie jego powierzchni. Jedną z największych struktur jest grzbiet Rahe Dorsum, który rozciąga się od pomiędzy kraterem Psyche (średnica 5,3 km) a potężną depresją Himeros w kształcie siodła. Himeros powstała zapewne w wyniku uderzenia meteorytu, jednak nie to spowodowało powstanie Rahe Dorsum. Przecina on bowiem depresję Himeros, co oznacza, że jest od niej młodszy. Dalsze badania zdjęć pozwolą stwierdzić, czy Rahe Dorsum i związane z nim struktury przecinają również krater Psyche.



Rys. 2. Trójwymiarowy model Erosa, uzyskany z pomiarów dalmierzem laserowym (NASA/JHUAPL).



Rys. 3. Mapa Erosa w projekcji cylindrycznej. Oznaczono nazwy szczegółów topograficznych (NASA/JHUAPL).

Na Erosie występuje wiele szczelin, roztaczających się na odległość od kilkuset metrów do 2 km. Ich szerokości wahają się w przedziale od kilkudzięciu do kilkuset metrów. Część z nich przebiega równolegle do siebie, część zaś rozbiega się promieniście z jednego, niewielkiego obszaru. Szczeliny te mogą być wypełnione regolitem (rozdrobnioną na skutek erozji, wywołanej uderzeniami mikrometeorów oraz erozją termiczną, skałą) lub odłamkami, powstałymi w czasie uderzeń meteoritów.

Pomiary odległości sondy od powierzchni Erosa, wykonywane przy pomocy altimetru laserowego (dokładność 1 metra na orbicie o promieniu 40 km), pozwoliły na wyznaczenie głębokości występujących na nim kraterów. Stosunek głębokości kraterów d do ich średnicy D jest ważnym parametrem, mówiącym o procesie ich powstawania i erozji. Związek jest on z siłami spójności oraz porowatością materiału skalnego, z którego zbudowana jest planetoida. Dla Erosa stosunek d/D wynosi średnio ok. 0,1, co oznacza, że kraterы na Erosie są płytsze niż na Księżycu ( $d/D \approx 0,2$ ) czy planetoidzie Ida ( $d/D \approx 0,15$ ). Trzeba jednak zaznaczyć, że kraterы o średnicach  $d > 300$  m są głębsze na Erosie niż na Księżycu czy też Idzie. Ten fakt nie znalazł jeszcze wyjaśnienia — sugeruje się, że może mieć to związek z pochyłością terenu,

na którym te kraterы powstawały, wartością lokalną, siłą ciążenia i istniejącymi już wcześniej szczelinami, grzbietami i uskokami.

### Kto zasypał małe kratery?

Ilość kraterów o danej średnicy, przypadająca na jednostkę powierzchni, jest wielkością często wykorzystywana do pomiaru intensywności upadku meteorytów. W przypadku Erosa, rozkład gęstości powierzchniowej kraterów w zależności od ich rozmiarów przypomina krzywe, uzyskane dla innych ciał pozabawionych atmosferą (Księżyc, Gaspra, Ida). Tak było do momentu, gdy przejście na niższą orbitę nie zwiększyło zdolności rozdzielczej zdjęć, uzyskiwanych z sondą NEAR. Okazało się, że na Erosie występuje wyraźny deficyt kraterów o rozmiarach mniejszych od 100 metrów. W zakresie średnic od 4 do 100 metrów kraterы są ok. 200 razy rzadsze, niż tego oczekiwano. Fakt ten trudno wyjaśnić np. zasypywaniem kraterów przez regolit, gdyż wokół nich znajduje się wiele głazów i szczelin, które również uległyby zakryciu. Obecnie proponuje się, by fakt ten tłumaczyć rzeczywistym rozkładem rozmiarów uderzających w planetoidę meteorytów, znacznie różniącym się od tego, który wynika ze zliczeń ilości kraterów na powierzchni Merkurego czy Księżyca. Być może w głównym pasie planetoid,

w którym Eros spędził większą część swego życia, występuje znacznie mniej odłamków o rozmiarach rzędu metrów, których uderzenia powodują powstawanie kraterów o średnicach od 1 do 100 m. Dlaczego jednak nie wykryto tego wcześniej na zdjęciach Gaspy i Idy? Cóż, sonda Galileo minęła ją w stosunkowo dużej odległości, zatem otrzymane zdjęcia nie pozwoliły na rozróżnienie tak małych szczegółów powierzchni.

### Eros w kolorze

Zdjęcia Erosa, wykonane przy pomocy wielospektralnej kamery w różnych zakresach widma, uwidaczniają znaczące zróżnicowanie albedo powierzchniowego tej planetoidy. Szczególnie rzucają się w oczy jasne obszary, znajdujące się na stromych stokach Psyche i Himeros (rys. 4). Zadziwia natomiast stosunkowo niewielkie zróżnicowanie kolorów materiału powierzchniowego. Znajduje ono potwierdzenie w widmach, uzyskanych za pomocą spektrometru podczerwieni dla obszarów o rozmiarach poniżej 1 km. Świadczy to o jednolitej strukturze materiału, występującego na powierzchni Erosa i ułatwia jego badanie — wystarczy bowiem dokładnie zbadać kilka obszarów i uśrednić otrzymane wyniki.

Średnia wartość albedo geometrycznego powierzchni, liczona dla północnej półkuli planetoidy, wynosi 0,30

$\pm 0,02$  w czerwonym zakresie ( $\lambda = 760$  nm) i  $0,26 \pm 0,02$  w bliskiej podczerwieni ( $\lambda = 950$  nm). Stosunek albedo podczerwonego do albedo mierzonego w zakresie czerwonym jest związany z barwą skał powierzchniowych. Zmienia się on w granicach od 0,8 dla jasnych obszarów do 0,9 dla ciemniejszych, czym różni się od wartości uzyskanych dla skał księżycowych (powyżej 1,0). Sytuację dodatkowo komplikuje fakt, że dla Księżyca stosunkowo niewielkim zmianom albedo odpowiadają znaczne zmiany barwy, a dla Erosa — z uwagi na niewielkie zróżnicowanie kolorów jego powierzchni — zależność ta jest dużo słabsza.

Badania laboratoryjne wykazują, że w pierwszym przybliżeniu zmiany barwy skał w funkcji albedo zależą od zawartości procentowej żelaza. Wyniki uzyskane ze spektrometru X pokazują, że zawartość żelaza w skałach Erosa jest zbliżona do tej, jaką wykazują księżyce morza. Skąd więc te różnice? Obecnie uważa się, że mogą one wyni-

kać albo z różnic w mineralogii powierzchni obu ciał (Eros może zawierać więcej oliwinu), bądź też z innego przebiegu erozji skał Erosa, wynikającej z jego niewielkiej siły ciążenia i spędzenia długiego czasu w większych niż Księżyc odległościach od Słońca (np. w pasie głównym planetoid).

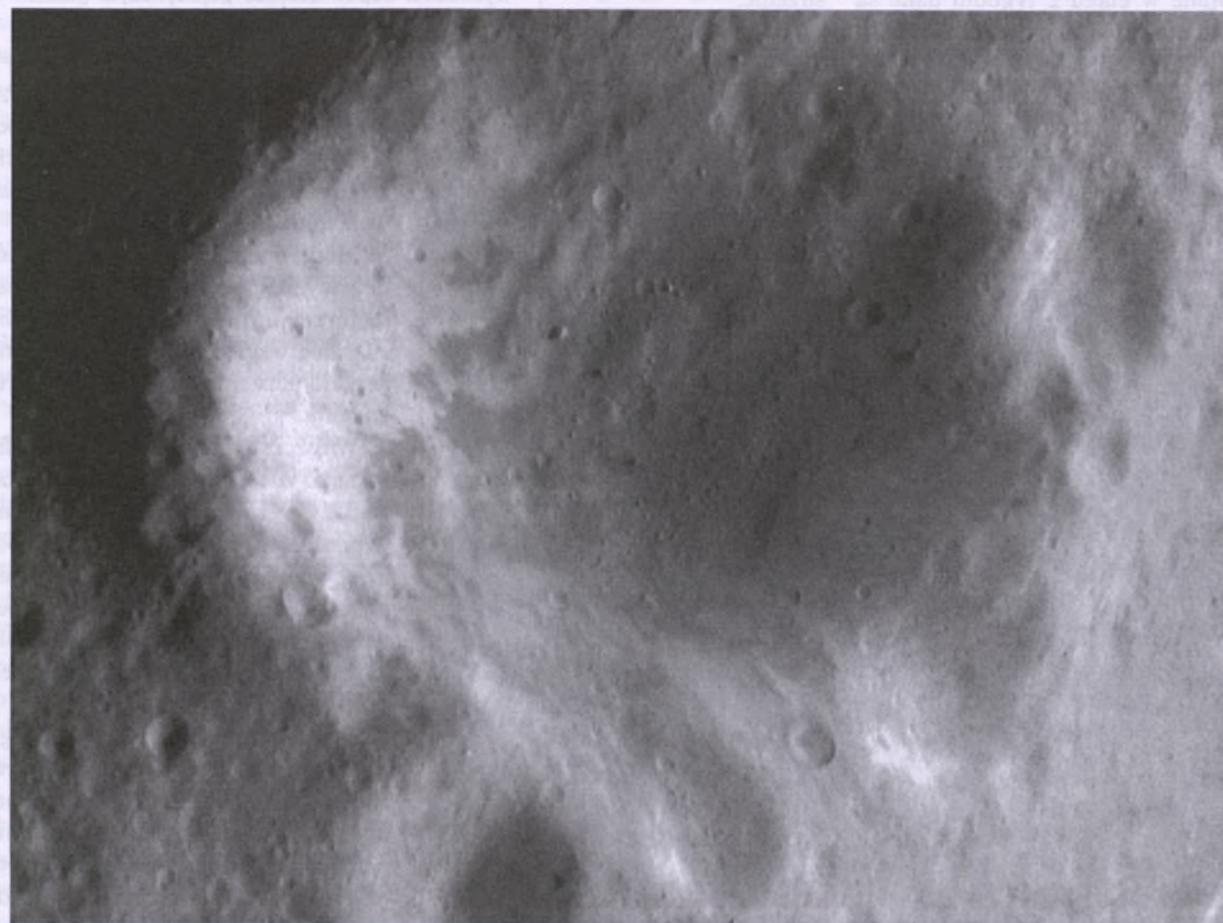
### **Skład chemiczny powierzchni**

Jak już mówiliśmy, jednym z głównych zadań misji NEAR było zbadanie składu chemicznego Erosa. Ponieważ nie przewidywano lądowania i bezpośredniej analizy chemicznej pobranych próbek, posłużyono się spektrometrem X/gamma.

Do uzyskania widm rentgenowskich wykorzystano m.in. 2 silne rozbłyski na Słońcu (4 maja i 19 lipca 2000 r.). Okazało się, że skład chemiczny powierzchni planetoidy odpowiada meteorom z rodziny chondrytów oraz kilku grupom z rodziny prymitywnych achondrytów. W celu rozstrzygnięcia tej niejednoznaczności posłużyono się widmami, uzyskanymi ze spektrome-

tru podczerwieni. Pozwoliły one wykluczyć achondryty, tak więc jedynymi odpowiednikami dla skał Erosa pozostały chondryty. Okazało się jednak, że Eros zawiera znacznie mniej siarki niż chondryty zwyczajne. Fakt ten można解释 bombardowaniem powierzchni planetoidy przez meteoryty, co mogło doprowadzić do odparowania minerału troilitu (FeS) i utraty siarki w powierzchniowej warstwie skał. Inna hipoteza mówi, że troilit uległ częściowemu stopieniu w czasie częściowego różnicowania Erosa na skutek ich ogrzania. To również mogło doprowadzić do obserwowanych niedoborów siarki na jego powierzchni.

Nieco więcej problemów wystąpiło z uzyskaniem widm w zakresie gamma, głównie z powodu niewielkiej intensywności promieniowania, wysyłanego przez Erosa. Dodatkowo, nawet na niskiej orbicie o wysokości 35 km, planetoida nie wypełniała całego pola widzenia spektrometru gamma, przez co zwiększał się szum pochodzący od tła. Oznaczało to, że uzyskanie zado-



Rys. 4. Krater Psyche o średnicy 5 km. Jasne obszary na jednym ze zboczy mogły powstać np. w wyniku osuwania się poddanej erozji warstwy powierzchniowej, co odsłoniło leżący poniżej materiał skalny (NASA/JHUAPL).

walających rezultatów wymagać będzie wielodniowych obserwacji.

Jak to czasem bywa, natura spłatała figla i sprowadzenie sondy na niską orbitę w 14 lipca 2000 niemal zbiegło się w czasie z wybuchem na Słońcu, w wyniku którego do Erosa dotarł niezwykle silny strumień naładowanych cząstek elementarnych. Spowodowało to, że spektrometr gamma wyłączył się, by ochronić układy elektroniczne przed zniszczeniem. Gdy 18 lipca spektrometr się reaktywował, jego obudowa i sama sonda wykazywały tak znaczną radioaktywność wtórną, że jakiekolwiek sensowne pomiary były niemożliwe. 23 lipca NEAR powrócił na wyższą orbitę, dlatego obserwacje spektrometrem gamma zaczęły się tak naprawdę dopiero 13 grudnia 2000 r. z chwilą powrotu sondy na orbitę o wysokości 35 km.

Prawdziwa radość wybuchła w zespole, obsługującym spektrometr gamma, gdy po lądowaniu na powierzchni Erosa okazało się, że aparatura działa i można uzyskać widma w bezpośredniej bliskości powierzchni planetoidy. Zebrane w ciągu 2 tygodni dane są obecnie analizowane. Można oczekiwać, że pozwolą one jeszcze dokładniej ustalić powiązania między Erosem a chondrytami zwyczajnymi.

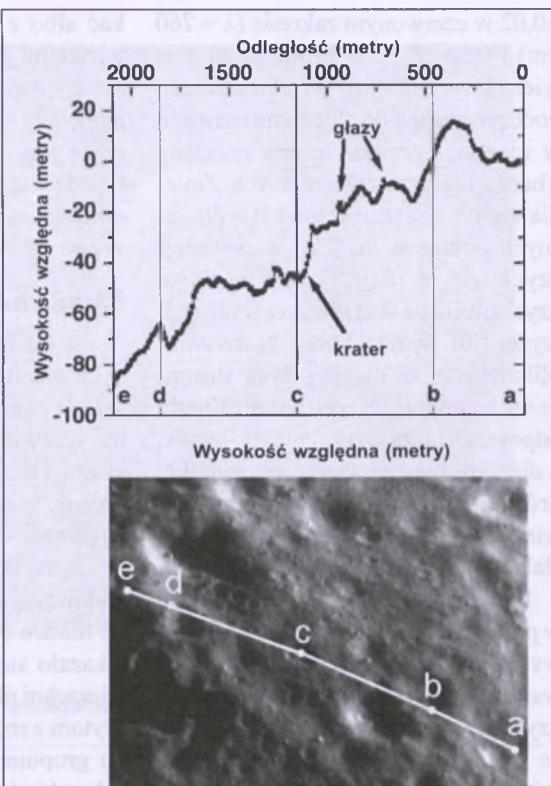
Dodatkowym efektem lądowania była próba pomiaru pola magnetycznego planetoidy. Potwierdziła ona wcze-

śniejsze, uzyskane jeszcze z orbity, wyniki wskazujące na jego brak.

### Zagadka wnętrza Erosa

Analiza powierzchni Erosa wykazała, że jest on zbudowany z tego samego materiału co chondryty zwyczajne. Analiza ruchu orbitalnego NEAR pozwoliła na wyznaczenia masy planetoidy, a znajomość jej kształtu — na wyliczenie całkowitej objętości. Wynikająca stąd średnia gęstość Erosa wynosi  $2,67 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$ , co odbiega znacznie od średniej gęstości chondrytów zwyczajnych ( $3,40 \text{ g/cm}^3$ ). Oznacza to, że wnętrze planetoidy nie jest równomiernie wypełnione materiałem, lecz znajdują się tam puste przestrzenie.

Tu musimy uczynić pewną dygresję, by wyjaśnić rozpatrywane obecnie modele wnętrza planetoid. Model pierwszy to planetoida wewnętrznie spójna, lecz popękana. Obiekt taki może powstać w wyniku zderzeń z innymi planeto-



Rys. 5. Przykład pomiaru ukształtowania powierzchni za pomocą dalmierza laserowego. Dzięki dokładności sięgającej 1 metra, na profilu widoczne są skoki wysokości odpowiadające pojedynczym głazom (NASA/JHUAPL).

idami lub meteorytami, jego wnętrze uległo fragmentacji, jednak żadna z powstałych części nie przesunęła się względem innych — pierwotny kształt planetoidy uległ zmianie.

Model drugi opisuje planetoidę, która w wyniku zderzeń popękała na wiele fragmentów, a te przesunęły się znacznie względem siebie. Pierwotny kształt planetoidy uległ wyraźnej zmianie.

Wreszcie trzeci model to planetoida, która po zderzeniu rozpadła się na kawałki. Część z nich została odrzucona w przestrzeń, część zaś na skutek oddziaływań grawitacyjnych zbiegła się ponownie, tworząc luźno ze sobą powiązaną strukturę odłamków skalnych. Taki twór nazywa się w języku angielskim „rubble pile”.

Do scharakteryzowania każdego z tych ciał można użyć parametru, określającego stopień zapełnienia danej objętości materiałem, który nazwiemy porowatością (ang. porosity). Porowatość może występować w mikro- bądź makroskali. Mikroporowatość meteorytów z rodziny chondrytów zwyczajnych wynosi 0–15%. Zakładając, że



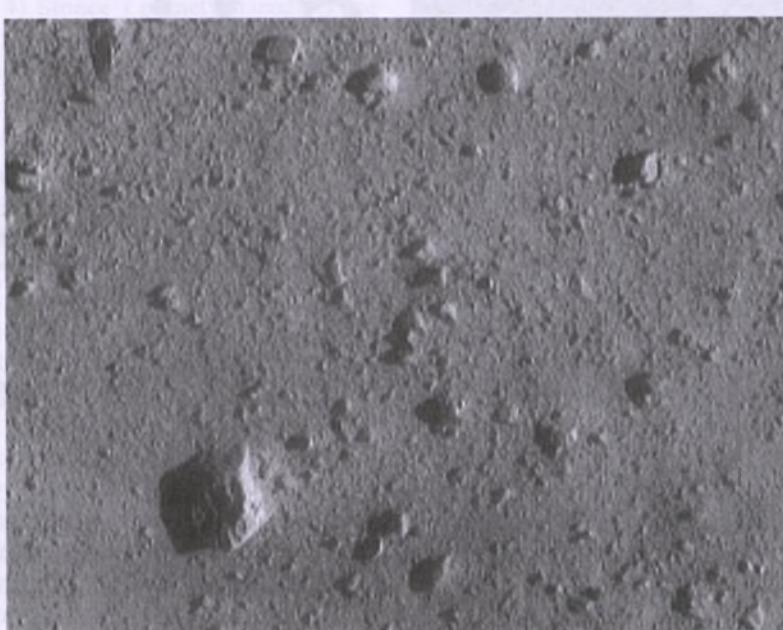
Rys. 6. Powierzchnia Erosa z wys. 9 km. Najmniejsze szczegóły mają rozmiar 2 m. Widoczne liczne głazy i brak kraterów o rozmiarach kilku-kilkudziesięciu metrów (NASA/JHUAPL).

materiał Erosa charakteryzuje się mikroporowatością 6%, można oszacować jego makroporowość na 20–26%. Co to oznacza w kontekście opisanych wyżej 3 modeli wnętrz planetoid? Otóż model trzeci wymaga makroporowości większej niż 30%, natomiast model drugi: 15–30%. Widzimy więc, że Eros jest ciałem wewnętrznie spękanym, którego fragmenty w wyniku zderzeń uległy wzajemnej dyslokacji. Hipotezę tę potwierdza złożony kształt Erosa. Z drugiej strony, Eros nie jest zbiorowiskiem luźno powiązanych ze sobą fragmentów skał — znajduje to potwierdzenie w stosunkowo jednorodnym rozkładzie gęstości w jego wnętrzu, wyznaczonym w oparciu o analizę ruchu sondy w jego polu grawitacyjnym.

### *Orzechy brazylijskie na Erosie*

Kolejną zagadką Erosa jest znaczna ilość głazów na jego powierzchni (rys. 7). Mogłyby one być odpryskami powstałymi w trakcie uderzeń meteorytów. Wiemy już jednak, że na Erosie brakuje kraterów o rozmiarach 4–100 metrów, a takie kratery musiałyby powstać, by wytlumaczyć dużą liczbę leżących na powierzchni głazów. Jedna z ciekawych hipotez, tłumaczących ten fakt, zakłada, że w wyniku wstrząsów powodowanych uderzeniami większych ciał lub przesunięciami materiału na powierzchni, wywołanymi zmianami temperatury, następuje różnicowanie regolitu pod kątem rozmiarów tworzących go odłamków skalnych. Większe fragmenty są wypychane na powierzchnię, mniejsze opadają w dół. Przykładem takiego procesu jest gromadzenie się orzechów brazylijskich na górze puszki, wypełnionej różnymi rodzajami orzeszków. W trakcie wstrząsania puszki, orzeszki ziemne opadają na dno, a dużo większe od nich orzechy brazylijskie gromadzą się u góry. Dzieje się tak dlatego, iż mniejszym orzeszkom ziemnym łatwiej wypełniać puste miejsca, pojawiające się w trakcie wstrząsania, niż orzechom o większej średnicy.

Rozważania teoretyczne wykazują, że proces ten wymaga nadania składnikom w trakcie wstrząsów prędkości większej od prędkości granicznej, która jest z kolei proporcjonalna do  $\sqrt{g}$ , gdzie  $g$  jest lokalnym przyspieszeniem grawitacyjnym. Widać stąd, że mecha-



Rys. 7. Powierzchnia Erosa z wysokości 1150 m. Widoczne głazy (największy, w lewym, dolnym rogu, ma rozmiar 7,4 m) i zupełny brak kraterów.

(NASA/JHUAPL)

nizm „orzechów brazylijskich” łatwiej wystąpi w przypadku małomasywnych planetoid niż dużo większych od nich planet. Zatem obserwowane na powierzchni Erosa głazy mogą pochodzić z jego wnętrza.

### *Eros opowiada swoją historię*

Zebrane przez sondę NEAR-Shoemaker dane nie zostały jeszcze w pełni zanalizowane. Można jednak pójść o przedstawienie krótkiej historii planetoidy Eros.

Ok. 4,5 miliarda lat temu w mgławicy protosłonecznej powstał zarodek planetarny (planetozymala) o średnicy kilkudziesięciu–kilkuaset kilometrów. Składał się on z pierwotnej, nieprzewrózonej w wyniku znanych na Ziemi procesów geologicznych, materii skalnej. Obiekt ten krażył zapewne po orbicie, która dziś znajdowałaby się w rejonie głównego pasa planetoid. Na skutek ogrzania jego wnętrza, np. przez rozpad zawartych w nim izotopów promieniotwórczych, doszło do częściowego stopienia niektórych minerałów i ich przemieszczenia. Zderzenia z sąsiednimi planetozymalami (bądź ich fragmentami) spowodowały rozpad ciała macierzystego na fragmenty, z których jeden — o dość wydłużonym kształcie — pochodził z obszaru zubożonego w minerały zawierające siarkę. Była to planetoida

W ciągu dalszego pobytu w obszarze głównego pasa planetoid, zderzenia z innymi planetoidami i ich odłamkami nadały Erosowi jego dzisiejszy kształt, urozmaiciliły jego powierzchnię, wybijając w niej kratery, zadecydowały o położeniu jego osi rotacji oraz okresie obrotu. Wtedy też pojawił się zapewne obserwowany dziś rozkład gęstości kraterów w zależności od ich średnic, z charakterystycznym niedoborem kraterów o średnicach  $D < 100$  m. Jeśli tak było w istocie, fakt ten pomoże w odtworzeniu procesów ewolucji zderzeniowej, zachodzącej w pasie planetoid w ciągu ponad 4 miliardów lat jego historii.

Stosunkowo niedawno (zapewne kilka, może kilkadziesiąt milionów lat temu), Eros został wyrzucony z pasa planetoid i trafił na orbitę przechodzącą w pobliżu orbity Ziemi. To nowe środowisko nie zdążyło jednak wycisnąć na nim swego piętna, dzięki czemu analiza wyników uzyskanych przez sondę NEAR pozwoli nam siegnąć do okresu, w którym rodziły się planetoidy, komety oraz planety, a wśród nich i Ziemia.

*Dr Tomasz Kwiatkowski jest adiunktem w Obserwatorium Poznańskim. Zawodowo zajmuje się badaniem cech fizycznych planetoid. Planetoida nr 7789 nosi Jego nazwisko.*

# Szkice kosmogoniczne

## cz. II Na początku był kamień

**L**ączenie się ciał meteorowych w większe bryłki w pierwotnej mgławicy nie następowało w wyniku działania sił grawitacji (kolapsu), gdyż masa planet jest na to zbyt mała. Tym bardziej nie mogły w ten sposób powstać jeszcze mniej masywne księżyce planet. Szmidt zakładał, że cząstki mgławicy łączyły się ze sobą w wyniku zderzeń niesprężystych. Wysunięto też przypuszczenie, że w procesie łączenia się brylek ze sobą istotną rolę odegrały pewne związki chemiczne, stanowiące swoisty „klej” mgławicy. **Harold Urey i H.E. Suess** sądzili, że mogły być nim płyny pokrywające cząsteczki pyłu (woda, a raczej rodzaj mokrego śniegu). **Fred Hoyle** przypuszczał, że rolę „kleju” znacznie lepiej mogły spełniać produkty powstałe z utleniania się pewnych węglowodanów, np. smoły.

W 1960 roku **Wilhelm H. Mc Crea** zastosował do mgławicy protoplanetarnej *teorię statystycznych ruchów bezwładnych* i wykazał, że jeżeli pierwotny obłok składał się z niewielu zagęszczeń o jednakowej prędkości i przypadkowym rozkładzie kierunków ruchu, to obrotowy moment pędów tych protoplanetarnych zagęszczeń względem środka ciężkości mgławicy nigdy nie będzie dokładnie równy zeru.

W 1973 roku **Alastair G.W. Cameron** opublikował rozważania na temat jednoczesnego powstania Słońca i planet z tej samej mgławicy pyłowej. A więc Słońce nie wychwyciło cząstek mgławicy w swej wędrówce przez chmury pyłowe wokół jądra Galaktyki, ale narodziło się z takiego obłoku razem z planetami, mniej więcej w tym

samym czasie. Nasza Galaktyka — twierdzi **Cameron** — jest 2–3 razy starsza od Układu Słonecznego. Obserwujemy w niej obszary mgławic, w których w niedalekiej przeszłości powstawały gwiazdy i być może powstają także i dziś. Z drugiej strony wiemy, że niektóre gwiazdy wybuchają. Pierwiastki chemiczne z ich wnętrza są wyrzucane w przestrzeń i zasilają mgławicę otaczającą gwiazdę. Stąd mgławica, z której narodził się Układ, zawierała oprócz pierwiastków lekkich także i pierwiastki ciężkie. Produkty wybuchającej gwiazdy zastygały w przestrzeni w postaci drobin pyłu — *ciał meteorowych*.

Mgławica wolno wirowała wokół swej osi. W jej środku, pod działaniem siły grawitacji, zaczęło kondensować się pra-Słońce. Jednocześnie moment pędów centralnej części mgławicy był przekazywany na zewnątrz obłoku przez strumienie gazu płynące w kierunku równoległym do osi obrotu mgławicy. Trwało to zaledwie kilka tysięcy lat.

Część centralna — pra-Słońce rosnęła na skutek akrecji materii obłoku nieporównanie dłużej, bo około 30 000 lat. Tworzące się pra-Słońce otoczone było dyskiem złożonym z pyłu i gazu, którego masa stanowiła około jednej dziesiątej masy Słońca. W obłoku szybko kurczącego się gazu następowalo łączenie się ze sobą cząstek stałych. Turbulentne, gazowe wiry nadały pyłkom mgławicy znaczne przyspieszenie, w wyniku czego osiągnęły one duże prędkości względem siebie i zderzając się, stapiały w większe bryły. **Cameron** przypuszczał, że taki wzrost cząstek pyłu ma miejsce

wszędzie tam we Wszechświecie, gdzie gwiazdy wyrzucają w przestrzeń swą materię; w ten sposób rodzą się i wzrastają ciała meteorowe.

Masywne obłoki takich ciał mogą utworzyć układy planetarne wraz z centralnymi gwiazdami. Cząstki pyłu w czasie zderzeń mogą także kruszyć się i rozdrabniać. Przeważa jednak proces stania się bryłek ze sobą, które w ten sposób tworzą planety-male i w końcu planety.

Kiedy proces kondensowania się Słońca jest zakończony, nasza gwiazda zaczyna świecić w wyniku reakcji jądrowych zachodzących w jej wnętrzu. Młode Słońce przechodzi w stadium *T Tauri*, które charakteryzuje się dużą ilością wyrzucanej w przestrzeń energii w postaci promieniowania kropkularnego. Wiatr słoneczny i ciśnienie promieniowania Słońca wywiewają z Układu Słonecznego pozostały po procesie formowania się planet gaz, a nawet cząstki pyłu.

Wiatr słoneczny pozbawia też planety wewnętrzne (Merkury, Wenus) resztek pierwotnej, wodorowej i helowej atmosfery. Planety — olbrzymy musiały uformować się znacznie wcześniej i zdołały związać swój wódór i hel, zanim zaczął wiać wiatr słoneczny.

Ciała meteorowe pozostałe po budulcu planetarnym poruszały się w Układzie po różnorodnych orbitach. Część ich uległa zderzeniom z planetami, znacząc ich powierzchnie śladowymi kraterów, niektóre dostały się pod działanie grawitacji wielkich planet i zostały bądź wyrzucone w przestrzeń kosmiczną poza Układ Słoneczny, bądź zmuszone do okrążania którejś z planet, albo pozostały na orbitach wokół słonecznych.

Niezależnie od szczegółów różniących między sobą współczesne hipotezy kosmogoniczne należy stwierdzić, że spełniają one następujące założenia:

1) układ planetarny powstał w wyniku ewolucji materii, a nie w wyniku kosmicznej katastrofy;

2) pierwotnym tworzywem protoplanetarnym była zimna mgławica pyłowa lub pyłowo-gazowa.

Nieco więcej kontrowersji wzburdzają następujące założenia:

3) zarówno Słońce, jak i planety powstały z tej samej mgławicy;

4) Słońce i planety narodziły się w tym samym czasie, w wyniku tego samego procesu.

Na peryferiach obłoku, w temperaturze bliskiej bezwzględnemu zeru, zagościły się drobne cząstki zawierające rodniki — głównie OH, CO, CH i CN. W taki sposób miał powstać obłok kometarny, zwany *Obłokiem Oorta*, w którym komety obiegają Słońce po orbitach o wielkich półosiach elips rzędu kilkudziesięciu miliardów kilometrów.

**Jan Hendrik Oort** przypuszczał pierwotnie, że komety powstały w okolicy Jowisza i zostały przez jego pole grawitacyjne wyrzucone na peryferie Układu. Całkowitą masę komet szacował na 1 – 100 mas Ziemi, a ilość — na  $10^{12}$  –  $10^{15}$  sztuk.

Hipotezy pyłowe dość dobrze tłumaczą powstanie planet Układu Słonecznego, rzucają światło na pochodzenie komet i ciał meteorowych, które okazały się pozostałością po pierwotnym budulcu planetarnym. Przyjmując założenie **Schatzmania** albo **Alfena i Hoyle'a**, można wytłumaczyć także rozkład momentu obrotowego Układu.

Hipotezy pyłowe mają jednak także swoje mankamenty. Jeśli przyjmiemy, że ciśnienie promieniowania wymiało pierwiastki lekkie z centrum mgławicy, to zakładając jednorodną budowę obłoku, wymianie to powinno słabnąć stopniowo wraz z oddaleniem się od Słońca. Skład chemiczny planet zmieniałby się wtedy stopniowo, a nie skokowo, jak to ma miejsce między Marsem a Jowiszem. Czasem próbuje się tłumaczyć ten fakt specjalnym rozkładem cząstek w mgławicy protoplanetarnej lub, jak to założył **Cameron**, że planety — olbrzymy uformowały się wcześniej, zanim Słońce zapłonęło jako gwiazda i zaczął wiać wiatr słoneczny.

Trudny do zinterpretowania jest problem związków ewolucyjnych małych ciał Układu: komet, asteroid, ciał meteorowych. Według teorii Fiesienkowa-Szmidta-Ureya ciała meteorowe są pozostałością po pierwotnym budulcu planetarnym, natomiast komety powstały na peryferiach Układu z tego samego obłoku i w tym samym czasie co planety. Byłyby one więc produktem ubocznym po procesie tworzenia się planet.

Komety nie są wieczne. Ich orbity, z początku długookresowe, stają się z czasem coraz bardziej krótkookresowe, aż wreszcie po około  $10^7$  obiegach dookoła Słońca (wg A.D. Dubiego i V.S.K. Wsiechswiatskiego) kometa rozpada się całkowicie na ekleptykalny rój meteorów. Ponieważ jednak obecnie obserwujemy znaczną liczbę komet długookresowych (ok. 80%), należy wyciągnąć stąd wniosek, że albo komety powstały stosunkowo niedawno i jeszcze nie wszystkie zdążyły przejść na orbity krótkookresowe, albo w przestrzeni nadal trwa proces powstawania komet.

Poszczególne grupy małych ciał zdają się być ze sobą genetycznie związane. Na ogół nie budzi większych kontrowersji pochodzenie meteorów. Meteory strumieniowe są pochodzeniem kometarnego. Nieco trudniejsza sprawa jest z meteorami sporadycznymi. Badania ich orbit wskazują na to, że są to ciała pochodzące głównie z pasa planetoid, choć nie wyklucza się, iż mogą także przybywać z innych obszarów Układu Słonecznego. Według niektórych badaczy zarówno meteory sporadyczne, jak i strumieniowe mogą być pochodzeniem kometarnego.

Trudniejszym problemem jest pochodzenie asteroidów. Dawniej sądzono, że są to szczątki rozbitej planety Faetona, obiegającej kiedyś Słońce pomiędzy orbitami Marsa a Jowisza. Inne hipotezy zakładały, że jest to planeta „opóźniona w rozwoju”, która bądź jeszcze się uformuje, bądź uformować się już nie może z powodu zakłócającej masy sąsiedniego Jowisza.

W 1943 roku K. Hirayama (1867–1945) odkrył, że planetoidy tworzą grupy o podobnych orbitach, które nazwano *rodzinami*. Obecnie około 1/3 znanych planetoid można zgrupować w około 190 rodzin. Przypuszcza się, że każda z nich powstała z protoplanetoidy, która nie zdołała skondensować się w jedno ciało, a działanie perturbacyjne Jowisza spowodowało powolną zmianę parametrów orbit i ich oddalanie się od siebie.

Niedawno odkryto mało masywne ciała, obiegające Słońce poza orbitą Neptuna. Nazwano je obiekty *Pasa Kuipera* albo *asteroidami (planetoidami) Pasa Kuipera*. Uważa się, że z tego obszaru przybywają w pobliże Słońca

komety krótkookresowe. Pas ten rozciąga się na odległość ok. 1000 j.a. od Słońca i kosmogoniści sądzą, że materia w nim zawarta znajduje się w niezmienionym stanie od czasu narodzin Układu Słonecznego.

Istnieją dane wskazujące na związek pomiędzy asteroidami i kometami. Te dane to zależności pomiędzy elementami orbit obydwu grup ciał, a także istnienie tzw. obiektów pośredniczych, nazywanych czasem „kometami bez ogona” lub „asteroidami z obłoczkiem”. (Chodzi tutaj o obiekty w odległościach obserwacyjnych; na peryferiach Układu bowiem wszystkie komety są bez ogona, nie można ich jednak zaobserwować.) Wiele danych wskazuje na to, że asteroidy mogą być pozostałością po masywnych jądrach dawno rozpadłych komet. Nie przeczy to bynajmniej istnieniu ich rodzin, które prawdopodobnie powstały z rozpadu jąder poszczególnych komet.

Z badań małych ciał wyłania się ciekawy związek kosmogoniczny tych obiektów. Komety rozpadają się na asteroidy i strumienie meteorów. Ciała meteorowe, szczególnie te, które poruszają się w pasie planetoid, zderzają się ze sobą, w wyniku czego ulegają rozdrobnieniu, dając początek meteorom sporadycznym lub stają się w większe ciała, jak to zakładali Szmidt i Urey.

Taka sytuacja ma obecnie miejsce w Układzie Słonecznym: Słońce obiegają, oprócz planet, trzy grupy małych ciał, które w wyniku ewolucji mogą przechodzić jedne w drugie. Nie zamknięto problemu kosmogonii małych ciał, a przeciwnie — dopiero go otwiera, rodząc kolejne pytania. Czy komety są jedynym źródłem powstawania asteroid i ciał meteorowych? Czy raczej ciałami pierwotnymi były ciała meteorowe, które podczas zderzeń zlepiały się w większe bryły — asteroidy? I wreszcie pytanie zasadnicze o rolę małych ciał w procesie tworzenia się planet: czy obecny stan dynamiczny małych ciał jest w jakiś sposób podobny do stanu mgławicy protoplanetarnej? Czy wśród tych ciał możemy odnaleźć elementy pierwotnej mgławicy — świadków narodzin planet?

Jeżeli przyjmiemy, że planety powstały w wyniku akrecji ciał meteorowych, to należałoby się spodziewać,

że w przestrzeni międzyplanetarnej natrafić możemy na ciała meteorowe, zwane pierwotnymi, których wiek jest porównywalny z wiekiem Układu Słonecznego. W istocie, odnaleziono szereg meteorytów, których wiek okazał się dłuższy od wieku Ziemi. Można przypuszczać, że ciała te powstały w pierwotnej mgławicy protoplanetarnej i były świadkami narodzin Układu. Pozostały niezmienione od miliardów lat, podczas gdy ich rówieśnicy zostali wtopieni w tworzące się bryły planet.

Pozostaje odpowiedzieć na pytanie, czy pierwotne ciała meteorowe były istotnie pierwszym etapem ewolucji Układu? Czy to od nich rozpoczęła się ewolucja, zakończona narodzinami planet?

Jeżeli założyć, że w pierwotnej mgławicy kierunek ewolucji orbit i mas przebiegał podobnie jak dzisiaj, to nasuwa się przypuszczenie, że pierwotnym budulcem dla planet mogły być obiegające Słońce komety. Wydaje się, że dotychczas zbyt mało uwagi poświęcano kometom jako ciałom uczestniczącym w procesie ewolucji, uważając je najczęściej za produkt uboczny tworzenia się planet. Tymczasem komety są jedynymi z małych ciał, o których powstaniu nie wiemy niczego pewnego, a hipotezy na ten temat różnią się od siebie krańcowo. Wydaje się jednak, że obecnie przeważa przekonanie o międzygwiezdny pochodzeniu komet. Niemożliwe, żeby mogła mieć miejsce kontrakcja materii (zbyt mała masa), raczej komety tworzą się w wyniku wybuchów gwiazd. Czas życia komet jest stosunkowo krótki (ok.  $10^7$  obiegów dookoła Słońca). Jeżeli jednak okres obiegu wynosi kilka tysięcy lat, to wiek komet może być rzędu miliardów lat, czyli porównywalny z wiekiem Układu Słonecznego. Nie wiadomo jednak, czy komety nie są przybyszami spoza Układu — ich orbity obserwujemy na krótkim łuku w pobliżu perihelium, a każde ich zbliżenie się do Słońca wiąże się z perturbacjami ruchu wywołanymi przez Jowisza. Oort przyjął, że Słońce otoczone jest obłokiem 200 miliardów komet o łącznej masie 1/10 masy Ziemi. Jeżeli założylibyśmy, że cała materia protoplanetarna zgromadzona była pierwotnie w obłoku kometarnym, należałoby przyjąć,

że zawierał on znacznie więcej, bo  $3 \times 10^{14}$  komet.

Jeśli komety mają międzygwiezdne pochodzenie, to istnieją dwie możliwości: gwiazdę wybuchającą było Słońce (np. gwiazdę typu *T Tauri*, jak założył Schatzman) albo komety powstały w wyniku wyrzutu materii innej gwiazdy (lub gwiazd), a w pobliżu Słońca trafiły wskutek perturbacji od najbliższych gwiazd (podobne założenie poczynił Oort). Konsekwencją zarówno jednego, jak i drugiego założenia byłoby przyjęcie, że Słońce nie powstało w tym samym procesie, co planety i prawdopodobnie nie z tej samej mgławicy.

Jak więc wyglądałby hipotetyczny scenariusz kometarnego pochodzenia Układu Planetarnego Słońca?

W pierwotnej mgławicy kometarnej zachodziły te same procesy ewolucyjne, które dziś obserwujemy w stanie szczątkowym w Układzie. Część komet przybywających w okolicę Słońca z przestrzeni międzygwiezdnej po orbitach parabolicznych zmieniała swoje orbity na eliptyczne i pozostała w Układzie. Inne odchodziły w przestrzeń międzygwiezdową, by już nigdy nie powrócić w pobliżu Słońca. Komety zatrzymane w Układzie zacieśniały swe orbity wokół Słońca, rozsypując się powoli na ciała meteorowe. Te, na skutek ciągłych zderzeń, ulegały fragmentacji lub akrecji. Przeważała jednak akrecja i powoli, z drobnych ciał meteorowych tworzyły się *planetezymale* — zarodki planet. Stan obserwowany dzisiaj jest pozostałością po procesie budowy planet. W pobliżu Słońca przybywają wciąż komety — bądź z Obłoku Oorta, bądź z przestrzeni międzygwiezdowej. Większość z nich pojawia się w Układzie tylko raz; inne pozostają na orbicie wokół Słońca ewoluując, jak te pierwotne, w stadium asteroid i ciał meteorowych (patrz rysunek).

Chociaż w Układzie Słonecznym przebiegają te same procesy, co w czasie tworzenia się planet, to jednak sytuacja dynamiczna jest inna. Wpływają na to masa wielkich planet, szczególnie Jowisza, który modyfikuje tory przechodzących w jego pobliżu komety. Jowisz wywiera istotny wpływ na ewolucję małych ciał i jest to zasadniczy element różniący ich dzisiejszą ewolu-

cję od ewolucji w praobłoku. Prawdopodobnie także Jowisz jest główną przyczyną, która spowodowała zatrzymanie się w rozwoju planety tworzącej się pomiędzy Marsem a Jowiszem, pomimo że komety bezustannie, po dzień dzisiejszy, dostarczają w tę okolicę Układu budulec planetarny.

Prawdopodobnie w inny sposób, jak to wskazują ostatnie badania naszego satelity, ukształtowały się księżyce planet. Rozwój koncepcji pochodzenia Księżyca wiązał się zawsze z uznaniem takiej czy innej teorii pochodzenia Układu Słonecznego. Najczęściej uważano, że powstawanie satelitów planet było powtórzeniem, na mniejszą skalę, procesu tworzenia się planet.

Do niedawna konkurowały ze sobą trzy hipotezy pochodzenia Księżyca. Zgodnie z hipotezą wychwytu Ziemia przyciągnęła do siebie uformowany już Księżyc, który przechodził w jej pobliżu, i zmieniła jego orbitę na zamkniętą orbitę wokółziemską. Hipoteza wychwytu odsuwa problem pochodzenia Księżyca, tłumacząc jedynie, w jaki sposób znalazł się na orbicie wokół Ziemi. Poza tym wyniki badań gruntu księżycowego pokazały, że zawartość izotopów tlenu w skałach księżycowych i ziemskich jest podobna, co wskazuje na powstanie obu ciał w tym samym rejonie Układu.

Przez wiele lat bardzo popularna była hipoteza, wysunięta przez **George'a Howarda Darwina**, głosząca oderwanie się Księżyca od tworzącej się Ziemi. Ziemia w początkach swojego istnienia miała wirować szybko wokół osi i na jej równiku powstało wybruszenie materii, które w końcu oderwało się od naszej planety. Hipoteza ta tłumaczyła fakt znany już w XVIII wieku, że średnia gęstość Księżyca jest mniejsza od gęstości Ziemi.

Na bazie teorii mgławicowych narodziła się hipoteza powstania Księżyca z obłoku pyłowo-gazowego. Nasz satelita miał powstać wraz z Ziemią w procesie podobnym do procesu tworzenia się planet. Rosnącą Pra-Ziemią otaczał pierścieniem materii, w którym kondensował się zarodek przyszłego Księżyca. Taki scenariusz powstania Księżyca rodził podobne problemy jak powstawanie planet z mgławicy. Trudne do wyjaśnienia były: różnice

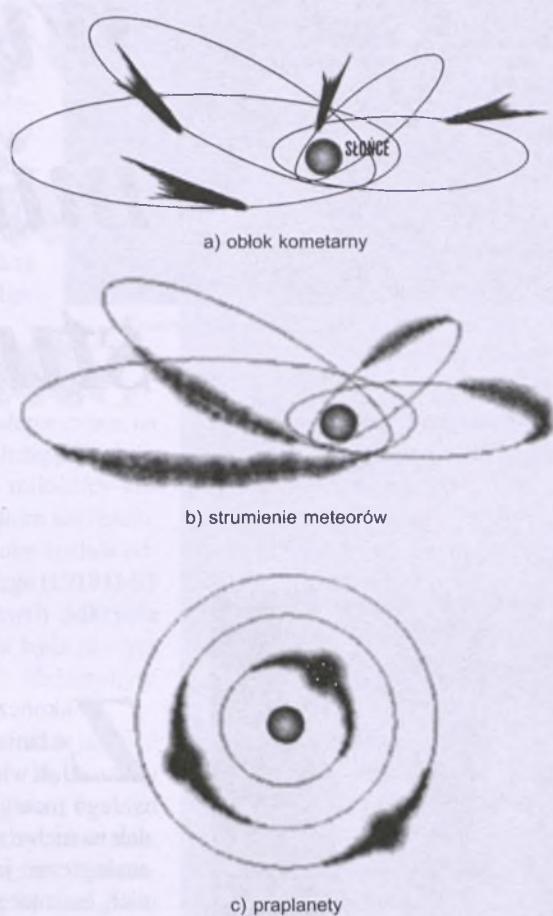
w składzie chemicznym Ziemi i Księżyca, posiadanie przez naszą planetę dużego metalicznego jądra, a przede wszystkim odwieczny problem momentu pędu.

Badania próbek gruntu księżycowego, dokonane w ostatnich latach, spowodowały niezwykły zwrot ku zapomnianej, nieliczącej się już *hipotezie wielkiego zderzenia*.

W 1975 roku **W.K. Hartmann** i **D.R. Davis** wysunęli przypuszczenie, że w czasie akrecji Ziemi w jej pobliżu przelatywaly obiekty różnych rozmiarów, które mogły powodować zderzenia. Jedna z takich właśnie brył uderzyła w tworzącą się Ziemię, wyrzucając na jej orbitę materię, z której potem uformował się Księżyc. Jądro obiektu wbiło się głęboko w naszą planetę, a wyrzucona materia zawierała głównie krzemiany pochodzące z obu ciał, a szczególnie z uderzającego obiektu. To tłumaczy brak u Księżyca metalicznego jądra (bądź jego małe rozmiary) oraz niektóre różnice w składzie chemicznym, brak na Księżyco wody i substancji lotnych, które wyparowały podczas zderzenia. Jednakowa zawartość izotopów tlenu dowodzi, że oba ciała powstały w tym samym rejonie Układu.

Hipoteza wielkiego zderzenia wyjaśnia także problem momentu pędu układu Ziemia-Księżyc. Uderzenie masywnej bryły, szybko poruszającej się w kierunku ruchu Ziemi, przekażało jej dodatkowy pęd, w wyniku czego jej prędkość wirowania znacznie wzrosła.

Hipoteza ta nie odwołuje się do niezwykłego, mało prawdopodobnego wydarzenia, jak większość teorii ka-



Kometarna hipoteza pochodzenia Układu Słonecznego.

tastroficznych, ale uzasadnia, że w początkach tworzenia się Układu zderzenia młodych planet z bryłami planetoid musiały zachodzić często.

Zainteresowanie teorią wielkich zderzeń jest związane ze znajdywaniem na Ziemi i planetach śladów dawnych kataklizmów — kraterów, zmian położenia biegunów i śladów przebiegunkowania. Wielkim zderzeniem tłumaczy się skład chemiczny Merkurego oraz bardzo duże nachylenie osi obrotu Urania do płaszczyzny eklipytki. Na Ziemi często próbuje się w ten sposób wyjaśnić asymetrię usytuowania kontynentów na obu półkulach, zmiany położenia biegunów czy wyginiecie niektórych gatunków zwierząt.

*Honorata Korpikiewicz jest astronomem, fizykiem i filozofem. Zajmuje stanowisko adiunkta w Instytucie Filozofii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.*

# Wielkie komety minionego stulecia



Kometa Halleya w 1910 roku.

Fot. T.G. Mehlin, „Astronomy” 1959

Zakończony niedawno XX wiek skłania do wielu podsumowań. Jak wiemy, był to wiek niebywałe go rozwoju astronomii, w tle jednak na niebie rozgrywały się spektakle analogiczne jak w wiekach poprzed nych, budzące podobnie jak niegdyś zaciekawienie, a nawet czasem niepokój osób nie związanych z astronomią. Było to kolejne stulecie, w którym nie doczekaliśmy się wybuchu supernowej w naszej Galaktyce (1987A w Wielkim Obłoku Magellana należy uznać jedynie za „namiastkę”, i to w dodatku na półkuli południowej). Jednak XX wiek nie posąpił nam jasnych komet, które zwróciły na siebie uwagę ogółu, a nie tylko zawodowych astronomów.

Niniejszy artykuł ma na celu przy pomnienie właśnie tych komet, które zwykle nazywa się „Wielkimi”. Wczesniej jednak należy uściślić pojęcie „Wielkiej Komety”. Uważa się, że jest to kometa, która stanowi na tyle niezwykły widok na niebie, iż zwraca po wszechną uwagę swoją jasnością lub wyglądem. Jako granicę jasności dla „Wielkich Komet” zwykle przyjmuje się +2<sup>m</sup>, jednakże czasem ważniejszy jest niezwykły, jasny warkocz.

Wiek XX rozpoczął się w dniu 1 stycznia 1901 roku i już niebawem niebiosa obdarzyły nas pierwszą kometą, która zasługuje na miano wielkiej. Jej odkrywcą był Viscara w Urugwaju, stąd też nosi ona nazwę **Komety Viscary**, chociaż częściej określa się ją

jako **Wielką Kometę 1901 Roku** (oznaczenie **C/1901 G1** lub **1901 I**). Została odkryta o świcie 12 kwietnia jako obiekt o jasności 2<sup>m</sup> obdarzony wyraźnym warkoczem. Kometa Viscary przeszła przez perihelium w dniu 24 kwietnia, zbliżając się do Słońca na odległość zaledwie 0,24 j.a. Osiągnęła wtedy jasność aż –2<sup>m</sup> przy 10° warkoczu. Przez teleskop można ją było wtedy obserwować aż do wschodu słońca. Na początku maja były już widoczne dwie składowe warkocza: prosta gazona (plazmowa) o długości 30° oraz zakrzywiona pyłowa o długości 10°. Głowa komety miała wtedy jasność około 0<sup>m</sup>. W połowie miesiąca jasność komety oceniano już jedynie na ok. 3<sup>m</sup>, jednak właśnie wtedy warkocz gazonowy osiągnął maksymalną długość równą 45°. Ostatnia obserwacja gołym okiem komety Viscary datowana jest na 23 maja 1901 roku.

Na kolejną „Wielką Kometę” trzeba było czekać dziesięć lat. Była to **Kometa Dzienna**, zwana także **Wielką Kometą Stycznową (C/1910 A1 = 1910 I)**. Kometa nie miała swojego odkrywcy, a właściwie miała ich wie lu. Wiadomo, że po raz pierwszy została dostrzeżona przez poszukiwaczy diamentów w Południowej Afryce o poranku 12 stycznia 1910 jako jasny obiekt o jasności –1<sup>m</sup>. Przez wielu uważana była za zapowiadaną właśnie na 1910 rok kometę Halleya. W chwili odkrycia poruszała się szybko w kie-

runku koniunkcji ze Słońcem. Przez peryhelium kometa przeszła w odległość jedynie 0,13 j.a., osiągając jasność aż  $-5^m$  i była wtedy widziana gołym okiem w ciągu dnia w pobliżu Słońca! Poczynając od 20 stycznia widoczna była na wieczornym niebie półkuli północnej, wyglądając jak planeta Wenus z  $10^\circ$  warkoczem. W okresie między 30 styczniem a 3 lutym jasność głowy spadła do  $3^m$ , jednakże wtedy warkocz osiągnął swą maksymalną długość równą  $50^\circ$ . W połowie lutego kometa przestała być widoczna gołym okiem. „Komętę Dzienną” porównywano do słynnej komety Donatiego z 1858 roku, uchodzącej za najpiękniejszą kometę XIX w.

Na następną „Wielką Komętę” nie trzeba było długo czekać i była ona, w przeciwieństwie do opisanych wyżej swoich poprzedniczek, powszechnie oczekiwana. Była to słynna kometa **Halleya (1P = 1910 II)** w swoim kolejnym powrocie do Słońca. Gołym okiem można ją było obserwować już w kwietniu 1910 roku jako obdarzony krótkim warkoczem obiekt o jasności  $2^m$  do  $3^m$ . W maju kometa zbliżyła się na odległość jedynie 0,15 j.a. do Ziemi, osiągając wtedy jasność  $0^m$ . Gdy 18 maja głowa komety znalazła się na tle tarczy słończej, nie była wprawdzie możliwa jej obserwacja, jednak na

porannym niebie można było oglądać ciągnący się od strony Słońca warkocz o niewiarygodnej długości  $120^\circ$ ! Gdy w drugiej połowie maja kometa pojawiła się na wieczornym niebie, miała już jasność  $+1^m$  i  $30^\circ$  warkocz. Gołym okiem kometę Halleya można było śledzić do połowy lipca 1910.

Wydawać by się mogło, że po dwu „Wielkich Kometach” widocznych w krótkim odstępie czasu, na następną trzeba będzie dłużej poczekać. Okazało się jednak, że miłośnicy komet mogą mówić o wielkim szczęściu. Już we wrześniu 1911 roku została odkryta kometa **Beljawskiego (C/1911 S3 = 1911 IV)**. Już w chwili odkrycia o poranku 29 września była jasnym obiektem o jasności  $2^m$  obdarzonym długim warkoczem.

W połowie października jasność komety wzrosła do  $+1^m$ . Była wtedy obdarzona złoto-złotą głową i ponad  $15^\circ$  warkoczem. W międzyczasie stała się rzeczą niewiarygodną: na wieczornym niebie pojawiła się kolejna jasna kometa. Była to kometa **Brooksa (C/1911 O1 = 1911 V)**, odkryta teleskopowo już w lipcu 1911 roku. W połowie października kometa widoczna była na północno-zachodnim niebie wieczornym jako obiekt o jasności  $+2^m$ , obdarzony wyraźnie niebieską głową i wąskim, prostym warkoczem o długości sięgającej  $30^\circ$ .

Mogło być wtedy gołym okiem obserwować na wieczornym niebie kometę Brooksa razem z kometą Beljawskiego, odległe od siebie jedynie o  $20^\circ$ , co niewątpliwie było widokiem unikalnym (co ciekawe, w odległości  $30^\circ$  na wschód od tego tandemu znajdowała się wówczas kometa **Quenisseta (1911 VI)** o jasności  $+6^m$ ). Niewątpliwie widok ten utknął w pamięci obserwatorów, zwłaszcza że po „latach tłustych” nadeszły „lata chude”. Dopiero w 19 stycznia 1917 roku John Melish odkrył kometę, którą „warunkowo” można było zaliczyć do grona „Wielkich” (kometa **Mellisha D/1917 E1**). Otóż w dniu 11 kwietnia 1917 r. przeszła ona przez peryhelium w odległości jedynie 0,19 j.a., osiągając wtedy prawdopodobnie jasność  $0^m$ . Znajdowała się jednak na niebie w odległości zaledwie  $7^\circ$



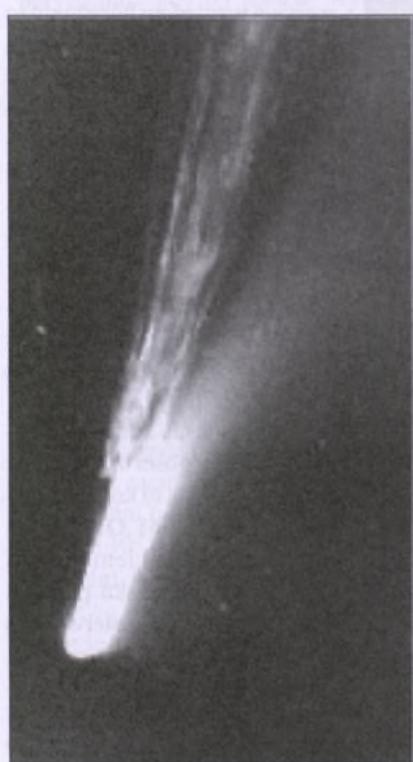
Kometa Arenda-Rolanda: 22 kwiecień 1957.

Fot. Lick Observatory

od Słońca i żadne jej ówczesne obserwacje nie są znane. Ponownie była obserwowana, poczynając od 19 kwietnia, gdy była jeszcze wyraźnie widoczna gołym okiem, a jasność jej określano na ok.  $2^m$  przy  $20^\circ$  warkoczu. Jest to kometa okresowa i jej ponowna wizyta w pobliżu Ziemi spodziewana jest w roku 2062.

Na prawdziwie „Wielką” kometę trzeba było czekać do listopada 1927 roku, czyli aż 16 lat po pamiętnym duenie Beljawski-Brooks. Kometa ta nosiła nazwę **Skjellerupa-Maristany'ego (C/1927 XI = 1927 IX)**, niestety widoczna była jedynie z półkuli południowej. Już w chwili odkrycia w dniu 27 listopada była widoczna gołym okiem. Przez peryhelium kometa przeszła 18 grudnia 1927 roku, znajdująca się wtedy w odległości jedynie 0,18 j.a. od Słońca. Osiągnęła wtedy jasność aż  $-6^m$  i była wyraźnie widoczna gołym okiem w dzień w odległości zaledwie  $5^\circ$  od Słońca. Gdy pojawiła się na niebie porannym, była już obiektem o jasności  $+3^m$ , obdarzonym jednak wyraźnym, chociaż słabym warkoczem, rozciągającym się za to na niebie do odległości aż  $40^\circ$  od głowy komety.

Już w cztery lata później pojawiła się kometa podobna do wyżej opisanej, jednak tym razem została ona nieco „przegapiona”. Była to kometa **Ryvesa (C/1931 Q1)** odkryta 10 sierpnia 1931 roku jako obiekt o jasności  $5^m$ . W kolejnych dniach jasność komety szybko rosła, osiągając wkrótce ok.  $+2^m$ . Przez peryhelium kometa Ryvesa przeszła w dniu 25 sierpnia 1931 w odległości zaledwie 0,07 j.a. od Słońca! Teoretycznie powinna wtedy osiągnąć jasność  $-5^m$  przy elongacji sięgającej  $5^\circ$ , nie są jednak znane obserwacje komety w tym okresie. Ponownie była obserwowana w połowie października, jednak już jako obiekt o jasności zale-



Kometa Mrkosa w dniu 22 sierpnia 1957.  
Fot. Palomar Observatory

dwie ok. 8<sup>m</sup>. Zwykle komety tej nie zalicza się do „Wielkich”.

Musiało upływać kolejne dziesięć lat, aż 15 stycznia 1941 roku odkryto kolejną kometę, która w pełni zasługuje na umieszczenie na liście „Wielkich Komet”. Była to kometa **de Kocka-Paraskewopoulusa (C/1941 B2 = 1941 IV)**, niestety znowu widoczna jedynie z półkuli południowej. Przypomnijmy, iż był to środek II wojny światowej (utrudniona komunikacja), w związku z czym komety odkryto niezależnie wielu obserwatorów. Na przełomie stycznia i lutego kometa osiągnęła jasność +2<sup>m</sup>, rozwijając piękny, 20° warkocz widoczny zarówno o zmierzchu, jak i o świcie. Okiem nieuzbrojonym przestała być widoczna już pod koniec lutego.

Wkrótce po zakończeniu wojny przez niebo przemknęła praktycznie niezauważona kometa **Du Toit (C/1945 Y1)**, odkryta 11 grudnia 1945 r. Być może nie powinna być wspominana wśród „Wielkich Komet”, jednak jak obecnie wiemy, należała do tzw. „Grupy Kreutza” komet „muskających” Słońce, toteż w dniu 28 grudnia zbliżyła się do Słońca na odległość jedynie 0,008 j.a. i prawdopodobnie osiągnęła jasność -5<sup>m</sup>, jednakże jej elongacja wynosiła wówczas jedynie 2° i oczywiście żadne dzienne obserwacje tej komety nie są znane.

Miłośnicy komet nie czekali jednak dłucho na obiekt, który zrekomponował niedosyt pozostawiony przez kometę Du Toit. Znowu byli to jednak wyłącznie obserwatorzy znajdujący się na półkuli południowej. Obiektem, który mogli podziwiać, była **Kometą Południową (C/1947 XI = 1947 XII)**, która w chwili odkrycia o zmierzchu 7 grudnia 1947 roku miała jasność przynajmniej 0<sup>m</sup>, co zresztą jest przyczyną „braku” odkrywcy tej komety, gdyż po prostu została jednocześnie zauważona przez wiele osób. Za kometą rozciągał się długi na 30° warkocz. W kolejnych dniach jasność komety spała i przed Bożym Narodzeniem przestała być widoczna gołym okiem. Ekstrapolując jasność komety wstecz, można sądzić, że w momencie zbliżenia do Słońca na odległość 0,11 j.a. w dniu 2 grudnia mogła mieć jasność

ok. -6<sup>m</sup>, jednak przy zaledwie 6° elongacji.

Kolejna „Wielka Kometa” pojawiła się w sposób nieoczekiwany. Miłośników astronomii (ponownie z półkuli południowej) obserwujących całkowite zaćmienie Słońca w dniu 1 listopada 1948 roku czekała niespodzianka. Otóż w momencie nastania fazy całkowitej okazało się, że w odległości zaledwie 2° od zaćmionej tarczy słonecznej widnieje kometa o jasności -2<sup>m</sup>! Oczywiście otrzymała



Kometą Seki-Linesa w dniu 9 kwietnia 1962.

Fot. A. Mc Clure

ona nazwę **Komety Zaćmieniowej (C/1948 VI = 1948 XI)**. Gdy wyłoniła się na porannym niebie w trzy dni później, miała jeszcze jasność ok. 0<sup>m</sup> i była obdarzona 20° warkoczem. W kolejnych dniach jasność komety spadała, jednak długość warkocza wzrosła do 30°. Także ta kometa przestała być widoczna gołym okiem przed Bożym Narodzeniem, tym razem 1948 roku.

Poczytając od czasów pamiętnej komety Halleya z 1910 roku, wszystkie jasne komety pojawiały się na niebie południowym, a dla obserwatora

„północnego” jasna kometa była jedynie zjawiskiem historycznym. Po prawie pół wieku nastąpiły jednak nareszcie „lata thuste” także dla miłośników komet, zamieszkałych nasze szerokości geograficzne. We wrześniu 1956 została odkryta kometa **Arenda-Rolanda (C/1956 R1 = 1957 III)**, która w połowie kwietnia następnego roku osiągnęła jasność 0<sup>m</sup>, świecąc na wieczornym niebie półkuli północnej i demonstrując 30° warkocz. Na przełomie kwietnia i maja 1957 roku oprócz zwykłego warkocza można było obserwować także jasny, skierowany w stronę Słońca antywarkocz o długości aż 15°!

Kometę Arenda-Rolanda można było okiem nieuzbrojonym obserwować do połowy maja.

Jak gdyby pragnąc zadośćuczynić wieloletnim „brakom w dostawach komet” na niebo północne, w ślad za kometą Arenda-Rolanda pojawiła się w tym samym 1957 roku jej godna następczyni, kometa **Mrkosa (C/1957 P1 = 1957 V)**, która została odkryta na porannym niebie 29 lipca 1957 r., zaledwie na 3 dni przed osiągnięciem perihelium. Co ciekawe, w drugim tygodniu sierpnia zajmowała względem horyzontu to samo położenie, co kometa Arenda-Rolanda cztery miesiące wcześniej, co niewątpliwie u obserwatorów komet wywoływało pewnego rodzaju *déjà vu*. Jasność komety Mrkosa oscylowała na ok. +1<sup>m</sup>, obdarzona była ona dwoma warkoczami, z których jaśniejszy o długości 15° był wyraźnie zakrzywiony.

Kometą przestała być widoczna gołym okiem w ostatnich dniach września.

Także następna jasna kometa „przecznaczona była” dla obserwatorów na półkuli północnej. Była to kometa **Wilsona-Hubbarda (C/1961 O1 = 1961 V)**, widoczna gołym okiem bardzo krótko — odkryta w brzasku poranka 23 lipca, a obserwowana do pierwszych dni sierpnia 1961 r. Pod koniec lipca kometa miała wprawdzie jasność jedynie +2<sup>m</sup>, jednak duże wrażenie wywarła jej długi 20° warkocz „stercący” pionowo z północno-wschodniego horyzontu. Co ciekawe, jeszcze 1 sier-

nia, gdy kometa znajdowała się na granicy widzialności gołym okiem, nadal można było obserwować długi na  $15^{\circ}$  warkocz! W kolejnych dniach jasność komety szybko spadła i w połowie sierpnia nie była widoczna nawet przez średniej wielkości teleskopy.

„Worek z kometami” rozsypywał się nadal. W dniu 1 lutego 1962 roku została odkryta kometa **Seki-Linesa** (**C/1962 C1 = 1962 III**), która jednak była kolejną „komą południową”. W ostatnich dniach marca jej jasność oceniano na przynajmniej  $-1,5^m$ . Pierwszego kwietnia przeszła przez peryhelium w odległości jedynie 4 mln km (0,03 j.a.) od Słońca i powinna wtedy osiągnąć aż  $-7^m$ , jednak przy elongacji tylko  $2^{\circ}$  oczywiście nie są znane jej obserwacje w ciągu dnia. Ponownieauważona została 3 kwietnia bardzo wcześnie zmierzchem jako obiekt o jasności  $-2,5^m$ . W ciągu kilku kolejnych dni można było obserwować gęsty, jasny, lekko zakrzywiony warkocz, „wyrastający” pionowo z rozjaśnionego wieczorną zorzą zachodniego horyzontu na odległość  $15^{\circ}$ . Gołym okiem kometa przestała być widoczna pod koniec kwietnia.

Kolejną „Wielką Komą” mogła się stać już w rok później kometa **Pereyry** (**1963 V**), odkryta 14 września 1963 r., prawie trzy tygodnie po przejściu przez peryhelium, gdy jej jasność wynosiła już jedynie  $+4^m$ . Obdarzona była warkoczem, którego jasność powierzchniowa praktycznie równała się jasności głowy. Dlaczego kometa Pereyry jest niekiedy zaliczana do „Wielkich Komet”? Otóż w dniu 25 sierpnia przeszła przez peryhelium w odległości zaledwie 0,03 j.a. i prawdopodobnie osiągnęła wtedy niewiarygodną jasność  $-19^m$ ! Niestety, znajdowała się wtedy na niebie w odległości zaledwie  $2^{\circ}$  od Słońca i jej obserwacja była raczej niemożliwa, niemniej jednak w kilka dni później w odległości  $10^{\circ}$  jasność komety nadal wynosiła  $-4^m$ . Możliwe, że w tym okresie była widziana w dzień w pobliżu Słońca, jednak żadne relacje nie są znane. Uplynęły zaledwie dwa lata, gdy 18 września 1965 roku została odkryta ko-

meta **Ikeya-Seki** (**C/1965 S1 = 1965 VIII**), będąca najjaśniejszą obserwowaną kometą XX wieku, w dodatku widoczną z półkuli północnej. Należy ona do tzw. „Grupy Kreutza” komety muskających Słońce, do którego zbliżyła się w dniu 21 października na niewiarygodnie małą odległość — zaledwie 0,008 j.a. (ok. 1 mln km). W okresie tym przez kilka dni była widoczna w dzień bardzo blisko Słońca jako obiekt jaśniejszy od Wenus. Według obserwatorów japońskich jasność komety przekroczyła wtedy  $-15^m$ ! Począając od ostatniego tygodnia października, o świcie nad południowo-wschodnim horyzontem widoczny był jasny i gęsty warkocz, który pod koniec listopada osiągnął maksymalną długość równą  $35^{\circ}$ , jednak wtedy kometa Ikeya-Seki nie była już widoczna gołym okiem.

Jej godną następczynią stała się niebawem odkryta pod koniec 1969 roku kometa **Bennetta** (**C/1969 Y1 = 1970 II**), często uważana za „najzgrabniejszą” kometę XX wieku. Już od lutego 1970 roku widoczna gołym okiem, w połowie marca osiągnęła jasność  $+1^m$  z warkoczem długim na  $10^{\circ}$ . Pod koniec marca kometa Bennett stała się widoczna z półkuli północnej jako wyróżniający się obiekt o jasności  $0^m$  na porannym niebie w dużej elongacji od Słońca. Przez teleskop widoczne były spiralne strumienie jasnej materii wyrzucanej z jądra. W drugiej połowie kwietnia kometa miała jasność ok.  $+1^m$  i była obdarzona dwoma warkoczami, z których dłuższy rozciągał się na  $20^{\circ}$ . Już w połowie maja kometa Bennett przestała być widoczna gołym okiem.



Kometą Ikeya-Seki w dniu 29 października 1965. Fot. R. Lynds

W tym samym 1970 roku obserwatorzy z półkuli południowej mieli możliwość podziwiania kolejnej komety z grupy „muskających Słońce”, czyli komety **White'a-Ortiza-Bolelli'ego** (**C/1970 K1 = 1970 VI**), która 14 maja minęła Słońce w odległości zaledwie 0,008 j.a. Gołym okiem można ją było obserwować jedynie na przełomie maja i czerwca, widoczną wkrótce po zachodzie Słońca w obrębie zorzy wieczornej. Miała wtedy jasność  $+1^m$ , a warkocz osiągał długość ok.  $15^{\circ}$ .

Kolejna „Wielka” kometa została przez prasę oznaczona „Komą Stulecia”. Miała przyćmić blaskiem wszystkie wcześniej opisane. Chodzi tutaj oczywiście o słynną kometę **Kohoutka** (**C/1973 E1 = 1973 XII**). W momencie odkrycia znajdowała się jeszcze daleko od Słońca i pomimo tego była stosunkowo jasna. Przewidywano, że w pobliżu Ziemi będzie niezwykle jasnym obiektem, w rzeczywistości jednak jej ewolucja przebiegała niezgodnie z prognozami i w połowie grudnia kometa Kohoutka osiągnęła jasność zaledwie  $+3^m$ . Niemniej jednak należy ją zaliczyć do grona „Wielkich Komet”. Po pierwsze przez kilka dni w pobliżu peryhelium (28 grudnia) była obserwowana przez astronautów na pokładzie amerykańskiej stacji kosmicznej Skylab i miała wtedy jasność aż  $-3^m$ . Po drugie, w Nowy Rok 1974 można ją już było podziwiać na Ziemi (i to z półkuli północnej), gdy w blasku zorzy wieczornej świeciła jako obiekt o jasności  $0^m$ . Niestety, wielu obserwatorów zniechęconych wcześniejszym zachowaniem komety, nie pod-



Kometą Bennett w dniu 11 marca 1970. Fot. Cerro Tololo Observatory, University of Michigan

jeło wtedy prób jej obserwacji. Jasność komety szybko spadała, już 5 stycznia osiągając ponownie +3<sup>m</sup>, jednakże jeszcze w połowie miesiąca obserwowano długi, bardzo słaby warkocz, rozciągający się na ok. 20°. Kometa Kohoutka pod koniec stycznia przestała być widoczna gołym okiem.

(Kometa Kohoutka jest w pewnym sensie odpowiedzialna za napisanie nieliszego artykułu. Otóż wrzawa, jaka wokół niej się pojawiła, była jednym z impulsów rozbudzających zainteresowanie astronomią u piszącego te słowa).

„Niewypał” komety Kohoutka sprawił, że prasa całkowicie pominęła pojawienie się naprawdę jasnej, wspaniałej komety Westa (**C/1975 VI = 1976**



Kometa Westa w dniu 3 marca 1976.  
Fot. M. Grossman



Kometa Westa w dniu 9 marca 1976 r.  
Fot. John Laborde

**VI**) w 1976 roku, przez wielu wspomnianej jako najpiękniejszą, jaką widzieli. Był to jasny obiekt, obdarzony wieloma warkoczami, widoczny także w dzień. Tuż przed przejściem przez perihelium 25 lutego widoczna była o wczesnym zmierzchu z półkuli północnej jako obiekt o jasności -2<sup>m</sup>. W okresie między 25 a 28 lutym, gdy znajdowała się w odległości jedynie 7° od Słońca, można ją było podziwiać w dzień przez lornetkę, a nawet gołym okiem, jako obiekt o jasności -3<sup>m</sup>! Następnie przesunęła się na niebo poranne, gdzie „rozwinęła” potężny warkocz złożony z pięciu składowych, z których najdłuższa miała długość ok. 35°. W tym czasie obserwowano rozpad jądra na przynajmniej cztery fragmenty. Kometa przestała być widoczna gołym okiem przed połową kwietnia.

Nikt, kto obserwował to wspaniałe widowisko, nie spodziewał się, że jest to pewnego rodzaju pożegnanie. Otóż nastąpiło 20 lat „chudych” i to zarówno dla półkuli północnej, jak i południowej. W tym czasie wyrosło nowe pokolenie miłośników astronomii, którzy jasną kometę znali jedynie ze zdjęć lub opowiadań. Sytuacji nie poprawiło ponowne pojawienie się komety Halleja w 1986 roku, gdyż tym razem nie stanowiła ona efektownego widowiska, osiągając maksymalną jasność ok. +3<sup>m</sup> (jedną z jej „zasług” było natomiast powstanie Sekcji Obserwatorów Komet PTMA).

Czekanie jednak się opłaciło. Otóż na wiosnę 1996 roku w pobliżu Ziemi zawitała kometa Hyakutake (**C/1996 B2**), która „sama w sobie” nie była szczególnie duża i jasna, jednak w związku z niezwykle dużym zbliżeniem do Ziemi na odległość zaledwie 0,1 j.a. (co tylko 40-krotnie przekracza odległość Księżyca od Ziemi) stała się wspaniałym widowiskiem niebieskim i jest uważana za jedną z najwspanialszych komet tysiąclecia! W dniach 22–24 marca kometa widoczna była w zenicie w gwiazdozbiorze Wolarza w drugiej połowie nocy jako obiekt o jasności 0<sup>m</sup> obdarzony warkoczem o długości ok. 50°. W dniu 27 marca kometa widoczna przez całą noc miała głowę o średnicy 2° i jasności 0<sup>m</sup>! Następnie minęła Gwiazdę Polarną, „rozwijając” warkocz o niewiarygodnej długości przynajmniej 70° (niektóre obserwacje wskazywały nawet na 100°)!



Kometa Kohoutka w perihelium.

Fot. NASA/JPL



Kometa Hyakutake w dniu 26 marca 1996.

Fot. Marcin Filipiak



Kometa Hale'a-Boppa w dniu 9 kwietnia 1997. Fot. Henryk Sielewicz

Po koniunkcji ze Słońcem 3 maja 1996 r. była jeszcze krótko obserwowana z półkuli południowej jako słaby obiekt widoczny gołym okiem, obdarzony krótkim warkoczem.

Jak gdyby pragnąc zrekompensować wspomnianych „20 chudych lat”, Natura przygotowywała już kolejne widowiska niebieskie. Otóż gdy na niebie gościła opisana powyżej kometa Hyakutake, w kierunku Słońca zdążała odkryta rok wcześniej kometa Hale'a-Boppa (**C/1995 O1**). Przewidywano, że powinna być to kometa jasna, chociaż nieco obawiano się powtórzenia „niewypała” komety Kohoutka. Kometa Hale'a-Boppa zawodu jednak nie



Zainteresowanie kometami rozbudzone pojawiło się dwóch jasnych komet w latach 90-tych zaowocowało m.in. pocztówkami poświęconymi tym obiektom (autorzy wykorzystanych zdjęć od lewej: W.Skórzyński, J.Puszcz, A.S.Piński).

sprawiła. Przede wszystkim widoczna była gołym okiem od lipca 1996 r. do października 1997 r., co stanowi rekord wszech czasów! Pod koniec lutego 1997 roku (czyli prawie dokładnie w rok po kometie Hyakutake) kometa osiągnęła jasność +1<sup>m</sup>. W marcu nastąpiła koniunkcja komety ze Słońcem, jednak daleko na północ od niego, co nie przeszkadzało w obserwacjach. Kometa była wtedy widoczna jako obiekt o jasności 0<sup>m</sup> zarówno o świcie, jak i o zmierzchu. Możliwa była teleskopowa obserwacja jądra praktycznie aż do wschodu Słońca, a warkocze (gazowy i pyłowy) osiągnęły długość 20°. Na początku kwietnia można już było podziwiać kometę o jasności -0,5<sup>m</sup>, z wyróżniającym się wygiętym łukowato warkoczem pyłowym o długości 25°. Od końca kwietnia jasność kome-

ty zaczęła systematycznie spadać i we wrześniu 1997 r. przestała być widoczna gołym okiem, znajdując się wtedy na niebie południowym.

Ostatnią „Wielką Kometą” XX wieku niewątpliwie była **SOHO (1998 J1)**. Kometa została zauważona na zdjęciach z koronografu satelity SOHO w dniu 30 kwietnia 1998, na tydzień przed przejściem przez perihelium, jako obiekt o jasności 0<sup>m</sup>, obdarzony długim, jasnym warkoczem. W chwili przejścia przez perihelium w dniu 8 maja kometa znajdowała się w odległości zaledwie 0,16 j.a. od Słońca. Z Ziemi została zaobserwowana wkrótce po perihelium jako obiekt o jasności 0<sup>m</sup>, zanurzony głęboko w blasku zmierzchu. Istnieją nawet obserwacje komety SOHO wykonane w dzień! Już 18 maja jej jasność spadła do +3<sup>m</sup>. W dniu 20 maja stała się ładnym obiektem lornetkowym (jednak jedynie na niebie południowym), obdarzonym 9° warkoczem gazowym i 2° warkoczem pyłowym.

Jak widać z powyższego zestawienia, w XX wieku w pobliżu Ziemi zawiątało ponad 25 komet, które można określić mianem „Wielkich”. Nie-

które z nich zostały „przegapione” w okresie maksimum jasności i dlatego są stosunkowo mało znane (w obecnych czasach, gdy działa obserwatorium SOHO oraz programy LINEAR, LONEOS i inne, takie „przegapienia” raczej już nie nastąpią). Oznacza to, że „Wielka Kometa” pojawiała się średnio raz na cztery lata. W rzeczywistości były jednak „lata tłuste” (np. 1960-70: 7 komet), ale też „lata chude” (np. 1975-95: 1 kometa). Jaki pod tym względem będzie XXI wiek? Zobaczmy, proponuję jednak już oczekwać następnej „Wielkiej Komety”! Miejmy nadzieję, że mój następca w „Uranii-PA” nr 3/2101 w artykule „Wielkie komety minionego stulecia” będzie miał o czym pisać.

*Z katalogiem „Wielkich Komet XX wieku” wraz z elementami orbit, opisami zachowań i fotografiemi 21 komet można się zapoznać w Biuletynie Sekcji Obserwatorów Komet PTMA „Komeciarz” 1/2001, do nabycia w siedzibie Zarządu Głównego PTMA*



Kometa SOHO w dniu 23 maja 1998. Fot. Michael Horn

*Dr Tomasz Ścieżor jest adiunktem w Instytucie Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska Politechniki Krakowskiej. Jednocześnie pełni funkcję członka Zarządu Głównego, Prezesa Oddziału Krakowskiego i Przewodniczącego Sekcji Obserwatorów Komet Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.*

Część I

- Jak odkrywano niewidoczne gołym okiem planety Układu Słonecznego
- pozasłoneczne układy planetarne

Część II (w następnym numerze)

- metody poszukiwań pozasłonecznych układów planetarnych



Rys. 1. Satelita SIM — Space Interferometry Mission (NASA).



Rys. 2. Poruszające się niezależnie od siebie w przestrzeni kosmicznej teleskopy stanowiące w sumie misję DARWIN. (Alcatel Space Industries, Francja)

# Jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym?

## cz. I

### Wstęp

Odkrywanie planet to temat, na bazie którego można opisać całą historię astronomii od czasów najdawniejszych do teraźniejszości oraz plany badawcze wielu instytucji na przyszłość. Nie wiemy ani kto, ani kiedy po raz pierwszy zauważył jasne gwiazdy wędrujące inaczej niż wszystkie pozostałe na naszym niebie. Wiemy natomiast, że już starożytni Grecy znali pierwszych 5 planet Układu Słonecznego: Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna. Dwie pierwsze należały do planet, których odległość kątowa od Słońca zawsze jest mała, w związku z czym dostępne są obserwacjom tylko tuż przed wschodem i tuż po zachodzie Słońca. Planety te nazywano planetami dolnymi, gdyż od dawien dawna uważano, że znajdują się one niżej (blżej Ziemi) niż Słońce. Wenus nie odalała się na niebie od Słońca o więcej niż 46 stopni, zaś Merkury jedynie o 28 stopni. Wenus nazywana była z tego powodu przez starożytnych Greców Hesperos albo Phosphorus, w zależności od tego, czy była widoczna wieczorem czy też rano. Merkurego trudno w ogóle dostrzec, gdyż zawsze występuje on na bardzo jasnym niebie.

Pozostałe trzy planety: Mars, Jowisz i Saturn znajdowały się w przekonaniu \* z greki *planetes (aster)* to wędrująca (gwiazda)

starożytnych Greków wyżej (dalej od Ziemi) niż Słońce i dlatego nazywane były górnymi. Pojawiają się one w dowolnej odległości kątowej od Słońca i można je obserwować w nocy.

### Jak odkryto szóstą (trzecią) planetę w Układzie Słonecznym?

Odkrycie kolejnej planety w naszym Układzie Słonecznym zajęło astronomom bardzo dużo czasu, gdyż wymagało budowy poprawnego modelu Układu Słonecznego.

Pitagoras z Samos (527–479 p.n.e.) głównie na podstawie rozważań filozoficznych dowodził jako pierwszy, że Ziemia ma kształt kulisty i nie jest płaska. Pozbawił ją zatem atrybutów centralnego obiektu Wszechświata i ustawił w jednym rzędzie z innymi obiektami fizycznymi.

Podobnie uważały Eudoksos z Knidos (408–355 p.n.e.), twórca koncepcji sfer koncentrycznych, rozwijanej potem przez Platona, pierwsi teorii podejmującej próbę tłumaczenia ruchu planet. W pierwotnej wersji Eudoksosa Ziemię otaczało 27 sfer koncentrycznych poruszających się ruchem jednostajnym, ze stałymi prędkościami kątowymi. Dla wyjaśnienia ruchu Księżyca potrzebne były aż 3 sfery. Kolejne ciała niebieskie krążyły w coraz większych odległościach od Ziemi.

**Arystarch z Samos** (320–250 p.n.e.) był pierwszym uczonym, który zmienił kolejność planet w Układzie Słonecznym, twierdząc, że to nie Słońce obiega Ziemię, a Ziemia Słońce. Próbował on też określić odległość Ziemi od Słońca. W jego teorii opartej jedynie o dedukcję Księżyca świecący odbitym światłem słonecznym krąży wokół Ziemi. Arystarch oszacował na podstawie rozważań geometrycznych średnicę Słońca jako 18 razy większą od średnicy Księżyca.

**Eratostenes z Cyrene** (275–194 p.n.e.) jako pierwszy wyznaczył rozmiary Ziemi. Znalazł on w zbiorach papirusów w bibliotece w Aleksandrii, której był dyrektorem, wzmiankę o tym, że w niewielkiej miejscowości Syene (dziś Assuan) w czasie południa w dniu letniego przesilenia nawet w głębokich studniach brakuje cienia. Oznacza to, że w tym dniu w miejscowości Syene Słońce świeci dokładnie w zenicie. Po osośbistym sprawdzeniu tego faktu za pomocą gnomonu, Eratostenes wyznaczył w dniu równonocy odległość zenitalną Słońca w Aleksandrii (7,5 stopnia). Wiedząc, że odległość od Syene do Aleksandrii wynosi 5000 stadionów (1 stadion to 157 metrów) otrzymał z prostych rozważań geometrycznych obwód Ziemi równy 250 000 stadionów, czyli 39 250 km (faktycznie 40 000 km).

Pomiar Eratostenesa potwierdził Posidoniusz (135–51 p.n.e.), który obserwował wysokość nad horyzontem Canopusa w czasie górowania na wyspie Rodos i w Aleksandrii. W wyniku obserwacji uzyskał on podobną wartość obwodu Ziemi — 240 000 stadionów (37 700 km).

Kolejny krok w odkrywaniu kolejnej planety to określenie przez Hipparcha z Nicaei (ok. 190–125 p.n.e.) odległości Ziemi od Księżyca i odległości Ziemi od Słońca. Odległość Ziemi od Księżyca Hipparch określił dość dokładnie na 62–74 promieni Ziemi ( $R_{\oplus}$ ), podczas gdy w rzeczywistości jest to 56–64  $R_{\oplus}$ . Odległość Ziemi od Słońca jest jednak mniejsza do określenia i Hipparch uzyskał tu wielkość dwadzieścia razy za małą.

Ostateczny dowód na planetarny charakter Ziemi podał Mikołaj Kopernik (1473–1543). Astronom ten obalił, jak wiemy, model Układu Słonecznego opracowany przez Klaudiusza Ptolemeusza (100–168 n.e.) i zawierający skomplikowany opis z wykorzystaniem dyferentów i epicykli. W tym geocentrycznym modelu Układu Słonecznego podstawowym

był ruch kół wielkich, dyferentów, po których poruszają się ruchem jednostajnym koła małe, epicykle. Planety poruszają się bezpośrednio po epicyklach. Złożenie ruchu dyferentów i epicykli daje w efekcie obserwowany ruch planet. Ten niezwykle skomplikowany model w rzeczywistości nie działa dobrze i aby go ratować, należało go wciąż rozbudowywać, dodając nowe ruchy i skalując prędkości wzajemne poszczególnych jego elementów tak, by uzyskać względnie dokładny opis rzeczywistego ruchu obserwowanych ciał niebieskich. W czasach Kopernika, odchyłki między modelem Ptolemeusza a rzeczywistością były jednak już ogromne. Obserwowane przez Kopernika w roku 1497 w Bolonii zakrycie Aldebarana przez Księżyca spóźniło się o pół godziny!

Wprowadzony przez Kopernika model heliocentryczny w sposób znacznie prostszy opisywał ruch planet jako konsekwencję złożenia ich ruchu wokół Słońca z ruchem Ziemi na jej orbicie wokółsłonecznej. Przeniesienie środka Układu Słonecznego z Ziemi do Słońca można uznać za ostateczne odkrycie kolejnej planety w Układzie Słonecznym — Ziemi.

Największym wczesnym przeciwnikiem teorii Kopernika był Tycho Brahe (1546–1601). Ten niezwykle dokładny obserwator ery „przedteleskopowej” zajmował się, jak byśmy dzisiaj powiedzieli, astronomią pozycyjną czy astrometrią. W ciągu wielu lat obserwacji gołym okiem uzyskiwał on pozycje planet z dokładnością do 1–2 minut łuku, maksymalną możliwą w tamtym okresie. Mimo iż na podstawie własnych obserwacji Tycho Brahe przyznał, że model Ptolemeusza nie przystaje do rzeczywistości, nie mógł się on także zgodzić z teorią Kopernika. Przyczyną był brak odbicia ruchu Ziemi wokół Słońca, jaki spodziewał się zaobserwować Brahe w pozycjach gwiazd, czyli paralaks. Dzisiaj wiemy, że Tycho Brahe nie miał szans, by zmierzyć paralaksy gwiazd, gdyż wynoszą one maksymalnie około 1,5 sekundy łuku, czyli są około 100 razy mniejsze niż dokładność prowadzonych przez niego obserwacji.

Paradoksalnie obserwacje Tycho Brahe posłużyły Johannowi Keplerosi (1571–1630) do ostatecznego potwierdzenia teorii Kopernika i sformułowania trzech praw ruchu planet. Paradoksem kolejnym jest fakt, że Kepler,

ogłoszając drukiem swe prace, opublikował też przy okazji (fałszywe) twierdzenie o tym, że wokół Słońca krążyć może tylko sześć planet. Liczba ta wynikała z przekonania Keplera, że w przepięknym harmonią Wszechświecie orbity planet mogą jedynie odpowiadać sferom opisanym lub wpisany w wielościany foremne. Tak więc na wiele lat w Układzie Słonecznym zaprzestano poszukiwań kolejnych planet.

### **Odkrywanie najdalszych planet Układu Słonecznego**

Przekonanie o konieczności istnienia harmonii we Wszechświecie i piękno argumentacji Keplera oraz magiczny charakter cyfry 7 (siedem składników Układu Słonecznego: Słońce, Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn) było tak silne, że potrafiło przekreślić wyniki obserwacji. Mimo że jak później sprawdzono, 16 astronomów (pierwszy był prawdopodobnie John Flamsteed w roku 1690) niezależnie widziało po opublikowaniu prac Keplera w polu widzenia swoich teleskopów na niebie ciało, które poruszało się pośród gwiazd jak planeta, żaden z nich nie zaprzatał sobie tym głowy. W roku 1756 astronom niemiecki Tobias Mayer wpisał nawet obiekt ten do katalogu gwiazd!

Dopiero William Herschel (1738–1822) miał odwagę przyznać, że 13 marca 1781 roku, w 171 roku funkcjonowania teleskopów astronomicznych, dostrzegł w polu widzenia własnoręcznie wykonanego reflektora o średnicy 16 cm, skierowanego na gwiazdozbiór Bliźniąt, nieznany obiekt o szybkim ruchu właściwym. Ciało to, początkowo uważane za kometę, po roku obserwacji, gdy orbitę jego wyznaczył wstępnie matematyk francuski Bochart de Saron, uznano za kolejną planetę Układu Słonecznego. Planeta ta, początkowo nazwana od nazwiska swego odkrywcy, ostatecznie na wniosek J. E. Bodego nazwana została imieniem boga niebios: Uran.

Historia odkrycia Urana uczy nas, że poszukiwanie planet to nie tylko sukcesy, ale i porażki. Okazało się bowiem, że Urana na wiele lat przez Hershelem odkrył astronom francuski Piotr C. Lemonnier (1715–1799), który w latach 1750–1771 obserwował tę planetę dwadzieścia razy. Niestety, nie opracował on nigdy swoich obserwacji, a tym bardziej ich nie opublikował. Zabawne w historii odkrywania Urana stało się także to,

że właściwie jest to planeta widoczna gołym okiem, bo jej jasność widmowa wynosi około 6 magnitudo.

Gdy Aleksander Bouvard (1767–1843) opracował dokładne tablice ruchu Urana, obserwacje ujawniły, że między teoretycznymi a obserwowanymi pozycjami tej planety występuje różnica, która różnie z czasem. Uznano, że jest to efekt oddziaływanego grawitacyjnego ze strony jednej z planet, lecz w wyniku przeprowadzonych obliczeń okazało się, że nie jest to żadna z znanych planet. Na podstawie obserwowanych odchyłek w ruchu Urana astronomowie obliczyli masę i orbitę nieznanej hipotetycznej planety.

Zadanie to wykonali niezależnie od siebie angielski student astronomii John C. Adams (1919–1892) i astronom francuski Urban J. Leverrier (1811–1877). Adams wysłał wyniki swoich obliczeń jesienią roku 1845 dyrektorowi Obserwatorium Greenwich, Georgowi B. Airy. Ten, niestety, z nieznanych powodów nie zainteresował się listem studenta i nie podjął obserwacji w poszukiwaniu nowej planety. Więcej szczęścia miał Leverrier, który jesienią tego samego roku wyliczona przez siebie pozycje nowej planety wysłał Johannowi G. Gallemu, dyrektoriowi Obserwatorium Berlińskiego. O bowiem już tej samej nocy, 23 września 1846, skierował teleskop we wskazane miejsce i w pobliżu, około 1 stopnia od miejsca wskazanego przez Leverriera, odnalazł nieznany obiekt 8 wielkości gwiazdowej — Neptuna. Skierowanie się przez Leverriera do Obserwatorium Berlińskiego było, jak się okazało, bardzo rozsądne, gdyż obserwatorium to jako jedynie posiadało obszerny katalog i rzecznie wykonany atlas nieba, dzięki czemu nowy obiekt można było odnaleźć w wyniku jednorazowej obserwacji. Wielkim przegrany w wyścigu do odkrycia okazał się Adams, o którym historia astronomii milczy.

Po odkryciu Neptuna udało się stwierdzić, że planetę tę wcześniej bezwiednie obserwowali Józef L. Lalande w roku 1795 i Jan Lamont w roku 1845. Obaj byli przekonani, że obserwują gwiazdę.

Okazało się, że istnieniem Neptuna nie daje się nadal wyjaśnić w pełni perturbacji w ruchu Urana. Odchyłki są jednak bardzo małe, rzędu 2–3 sekund łuku i początkowo wydawało się, że tylko na nich podstawie nie uda się określić orbity ewentualnej planety pozaneptunowej.

Percival Lowell (1855–1916) i Edward Pickering (1846–1919) podjęli się jednak tego zadania. Lowell ukończył pracę na krótko przed śmiercią w roku 1914 i zdołał jedynie opublikować wyniki obliczeń. Dopiero w styczniu 1930 r., 16 lat po śmierci mistrza, asystent Lowella, Clyde W. Tombaugh odnalazł na niebie Plutona jako obiekt 15 wielkości gwiazdowej. Odkrycie to potwierdził Tadeusz Banachiewicz z Obserwatorium Krakowskiego, który na podstawie opublikowanych obserwacji obliczył ponownie orbitę Plutona metodą krakowianów. Okazało się, że orbita zgadna jest z obliczeniami Lowella.

Jak widzimy, poszukiwanie planet nawet w Układzie Słonecznym nie jest łatwe. Jak jednak znaleźć planetę poza naszym układem planetarnym i czy jest to w ogóle możliwe?

### Pozasłoneczne układy planetarne

Czy istnieją planety poza Układem Słonecznym? Dziś wiemy na pewno że tak, jednak jeszcze niedawno wcale nie było to oczywiste. Pierwsze wzmiaki o pozasłonecznych układach planetarnych pochodzą od kilku autorów i dotyczą różnych obiektów.

Najbliższa nam gwiazda poza Słońcem to Proxima Centauri (odległość 4,29 l.szw., typ widmowy M5,5Ve, paralaksa  $\pi = 772,33$  milisekund łuku lub w skrócie, z angielska — mas, jasność widoma  $V=11,05$ ), układ podwójny z alfa Centauri (Toliman). Holberg, badając ruch własny Proximi, nie wykluczył możliwości istnienia w tym układzie obiektu o masie  $0,0018 M_{\odot}$  (1,9 masy Jowisza —  $M_J$ ) i okresie obiegu 3,5 roku oraz półosi 0,85 AU.

Planety mogą też krążyć wokół gwiazdy 61 Cygni (odległość 11,7 l.szw., typ widmowy K5, jasność widoma  $V=4,84$ ), nazywanej gwiazdą Bessla. Jest to układ podwójny składający się z dwóch gwiazd K5 i K7 o masach 0,65 i  $0,55 M_{\odot}$ . Ich okres obiektu wynosi 720 lat. Wykryte przez K.A. Stranda perturbacje w ich ruchu sugerują istnienie trzeciego ciała, wielkiej planety. Być może w układzie 61 Cygni istnieją nawet trzy planety: dwie o masach 3,5 oraz  $5,5 M_J$ , obiegające składnik A z okresami 6 i 12 lat. Trzecia o masie równej  $3 M_J$  obiega składnik B z okresem 7 lat.

B. Paczyński stwierdził, że tzw. refleks na krzywej blasku przy braku

zmian wskaźnika barwy w czasie zaćmienia gwiazdy LB 3459 może być efektem istnienia w układzie ciemnego ciała, megaplanety (gwiazdę główną:  $0,36 M_{\odot}$ , promieniu  $0,18 R_{\odot}$ ,  $T=64\,000$  K) obiega w ciągu 0,2615 dnia składnik o masie  $0,054 M_{\odot}$  i promieniu  $0,1 R_{\odot}$  i temp.  $30\,000$  K.

M. Demiański i M. Prószyński (1979) sugerują istnienie planety wokół pulsara PSR B0329+54. Masa planety  $>2 M_{\oplus}$ , okres 16,9 lat i półosie wielka 7,3 AU. Istnienie tej planety ostatnio zostało jednak zakwestionowane.

D. Latham w roku 1989 doniósł o odkryciu nieznanego składnika orbitującego wokół gwiazdy typu słonecznego (F9V) HD 114762. Obiekt ten mógłby być planetą o masie  $11 M_J$ , jednak ze względu na nieznane nachylenie orbity wynik ten nie był pewny. Późniejsze badania wydają się wskazywać na gwiazdowy charakter towarzyszący.

A. Wolszczan w roku 1992 odkrył pierwszy pozasłoneczny układ planetarny wokół pulsara PSR B1257+12 (odległość 300 pc), składający się z czterech planet. To odkrycie oraz odkrycie przez Mayora i Queloga pierwszej planety krążącej wokół normalnej gwiazdy 51 Pegasi B (G2.5IVa) ( $\pi=65,10$  mas)  $V=5,49$  spowodowało nieprawdopodobny wzrost zainteresowania planetami.

Aktualnie (4 kwietnia 2001), po ostatnim doniesieniu grupy astronomów szwajcarskich, francuskich, amerykańskich i izraelskich, znamy 58 układów planetarnych wokół gwiazd ciągu głównego oraz dwa układy z pulsarami w charakterze słońce i trzy układy protoplanetarne (z dyskami). 14 kolejnych układów planetarnych czeka na potwierdzenie, zaś 21 po dogłębnej analizie okazało się posiadać planety.

Planet szuka lub szukać będzie w najbliższej przyszłości 37 zespołów i 15 satelitów znajdujących się na różnych etapach prac projektowych. Mimo że jedynie 9 zespołów może pochwalić się konkretnymi wynikami, w chwili obecnej bez wątpienia poszukiwanie planet stało się jednym z najgorętszych tematów w astrofizyce.

*Dr Andrzej Niedzielski jest adiunktem Centrum Astronomii UMK w Toruniu. Zamierza poszukiwać pozaziemskich planet przy pomocy spektrografów teleskopu SALT.*

# Od Oriona do Południowego Wiru



Rektascensja	05 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> ,7
Deklinacja	+00°03'
Odległość	1 600 l.św.
Jasność obserwowana	8,3 mag
Rozmiary kątowe	8' × 6'

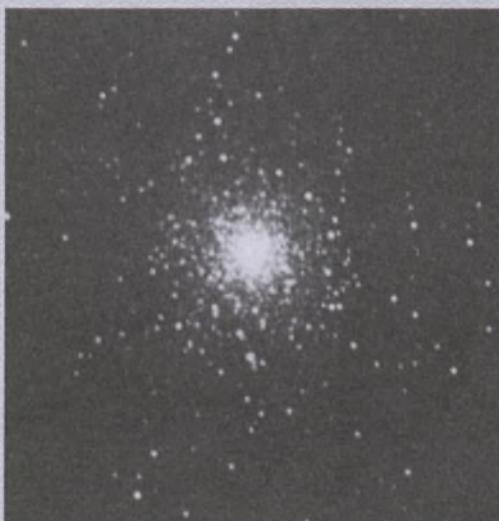
## M 78 (NGC 2068) w Orionie

M 78 należy do odległego o 1600 l. św. kompleksu Oriona — olbrzymiego skupiska gazu i pyłu, którego kulminację stanowią mgławice M 42 i M 43 (patrz „Urania-PA” 6/99, str. 263). To najjaśniejsza część (o rozmiarach ok. 4 l.św.) dużego obłoku pyłowego, obejmującego również mgławice NGC 2071 (na pół.-wschód, na zdjęciu w prawym dolnym rogu), NGC 2067 (blisko środka zdjęcia, nieco na pół.-zachód, czyli w dół i w lewo) i bardzo rozmytą NGC 2064 (w lewej górnej części zdjęcia).

M 78 oglądana bezpośrednio przez teleskop przypomina słabą kometę. Świeci odbitym światłem jasnoniebieskich gwiazd (wczesne podtypy B), z których najjaśniejsza (HD 38563) to obiekt 10 wielkości. Naturę mgławicy odkrył Vesto M. Slipher z Obserwatorium Lowella w roku 1919 (PASP 31, str. 212).

Wewnątrz i w pobliżu M 78 zidentyfikowano 45 mało-masywnych gwiazd z liniami emisyjnymi wodoru — nie-regularnych zmiennych typu T Tauri. To bardzo młode obiekty, których proces powstawania jeszcze się w pełni nie zakończył.

## M 79 (NGC 1904) w Zajęcu



Rektascensja	05 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> ,5
Deklinacja	-24°33'
Odległość	41 100 l. św.
Jasność obserwowana	7,7 mag
Rozmiary kątowe	8',7

Jest to gromada kulista o dość osobliwym położeniu na niebie: podczas gdy większość tego typu obiektów koncentruje się wokół centrum Galaktyki, ta akurat jest jedną z niewielu leżących po przeciwniej stronie nieba. Jej odległość od środka Drogi Mlecznej to prawie 60 tysięcy l.św. Średnica kątowa odpowiada liniowym rozmiarom ponad 100 l. św. Gromada oddala się od nas z prędkością 200 km/s. W odległości pół stopnia na płd.-zachód leży gwiazda o jasności 5,5 magnitudo (ADS 3954) ze swym towarzyszem 7 wielkości odległym zaledwie o 3".

## M 80 (NGC 6093) w Skorpionie

Rektascensja	16 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> ,0
Deklinacja	-22°59'
Odległość	27 400 l.sw.
Jasność obserwowana	7,3 mag
Rozmiary kątowe	8',9



Charles Messier odnalazł ten obiekt wśród gwiazd 4 stycznia 1780 r. i opisał go jako *mgławicę pozbawioną gwiazd, przypominającą jądro komety*. Nie minęło pięć lat, a William Herschel podsumowywał swoją obserwację: *To jedno z najbogatszych, ale i najbardziej zwartych skupisk słabych gwiazd, jakie kiedykolwiek widziałem*. Rzeczywiście, M 80 należy do najgęstszych gromad kulistych w Galak-

tyce, zawiera kilkaset tysięcy gwiazd w obszarze o średnicy ok. 70 l.sw.

Przeprowadzone dwa lata temu za pomocą teleskopu kosmicznego obserwacje ujawniły, że w jądrze gromady występują licznie tzw. błękitni maruderzy (ang. *blue stragglers*) — gwiazdy położone na diagramie HR na ciągu głównym, ale powyżej punktu odejścia, charakteryzującego wiek gromady; podczas gdy inne gwiazdy o tej masie rozpoczęły już „wędrówkę” w stronę gałęzi czerwonych olbrzymów, błękitni maruderzy wydają się jakby pozostawać w tyle za większością. Obowiązujące aktualnie teorie pochodzenia błękitnych maruderów (patrz „Urania-PA” 3/98, str. 121) opierają się na zjawisku zderzeń gwiazd. Ponieważ tego rodzaju obiektów jest w M 80 około dwa razy więcej niż w innych gromadach kulistych, również gęstość przestrzenna gwiazd w jej jądrze powinna być znaczna.

21 maja 1860 r. na kilka dni gromadę przyćmiła swym blaskiem nowa T Scorpii, odkryta w Berlinie przez Auwersa. W maksimum osiągnęła jasność 7 mag. (odpowiadałoby to wielkości absolutnej -8,5, ale niektórzy kwestionują jej przynależność do gromady), by miesiąc później osłabnąć do 10,5 mag. Pogson na początku roku 1864 poinformował o jej ponownym pojaśnieniu, jednak nikt nie potwierdził tego doniesienia.

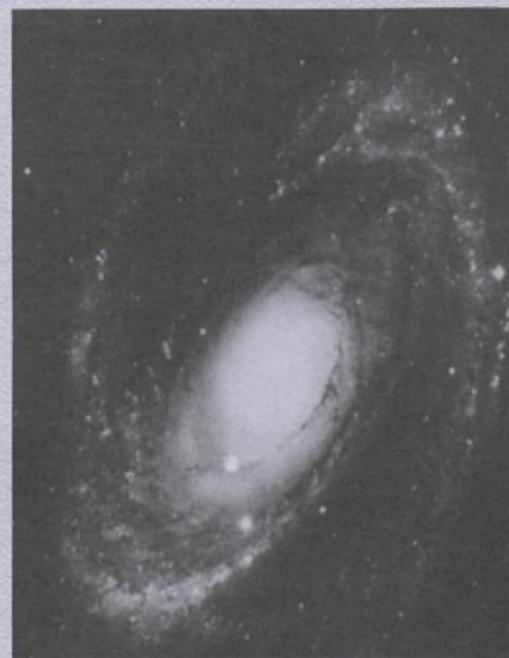
M 80 dość łatwo odnaleźć na niebie, leży bowiem prawie dokładnie w połowie odcinka łączącego dwie jasne gwiazdy: Graffias ( $\beta$  Sco) z Antaresem ( $\alpha$  Sco). To kolista mgiełka o obserwowanych rozmiarach kątowych 3–5'. Tylko duże teleskopy dają szansę rozdzielenia jej na gwiazdy. Za to nawet w mniejszych instrumentach, ale o dużej światłosile, podziwić będziemy mogli w okolicy M 80 (zwłaszcza na wschód i na południe) liczne jasne i ciemne obłoki materii międzygwiazdowej.

## M 81 (NGC 3031) w Wielkiej Niedźwiedzicy

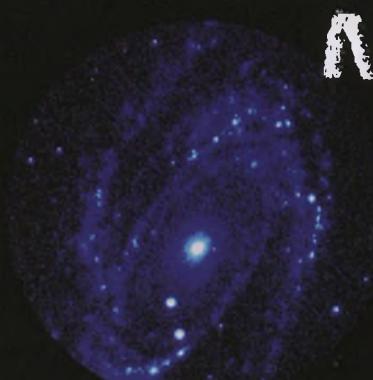
Rektascensja	09 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> ,6
Deklinacja	+69°04'
Odległość	12 000 000 l.sw.
Jasność obserwowana	6,9 mag
Rozmiary kątowe	26' × 14'

To jeden z wdzięczniejszych obiektów do obserwacji, również dla miłośników wyposażonych choćby w niewielkie instrumenty, w dodatku widoczny na niebie przez okrągły rok! Brian Skiff z Obserwatorium Lowella doniósł nawet o dostrzeżeniu M 81 gołym okiem w wyjątkowo korzystnych warunkach atmosferycznych i jest co najmniej czwartym obserwatorem, który tego dokonał.

W sylwestrowy wieczór 1774 r. Johann Elert Bode odkrył „za jednym zamachem” M 81 i M 82, odległe o mniej



# M 81



ultrafiolet



zakres widzialny



filtr czerwony

# M 83

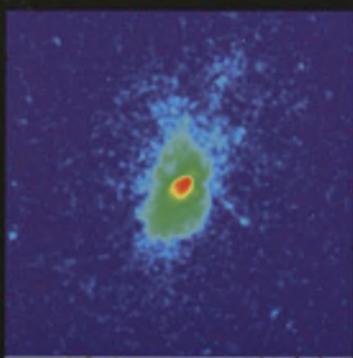


Obraz centralnego obszaru galaktyki M 83 uzyskany w marcu 1999 r. przy pomocy teleskopu VLT ANTU (FORS 1). Zastosowano kombinację filtrów B (429 nm, ekspozycja 10 min., barwa niebieska), R (657 nm, ekspozycja 3 min, barwa zielona) oraz I (768 nm, ekspozycja 3 min, barwa czerwona). Pole widzenia to niespełna 7', seeing o wartości 0'',8.



Fot. FOCAS, Subaru Telescope, NAOJ. Filtry: B (450 nm, barwa niebieska), V (550 nm, barwa zielona) i H $\alpha$  (650 nm, barwa czerwona).

M81 i  
(Newt...)



promieniowanie X (ROSAT)

ultrafiolet (ASTRO-1 UIT)

zakres widzialny (NOAO)

Fot. NASA, ESA, R. de Grijs (Institute of Astronomy, Cambridge, UK).

Instrument: WFPC2; filtry: B (428 nm, ekspozycja 4250 s), G (520 nm, ekspozycja 2800 s) i R (820 nm, ekspozycja 2200 s).



M82

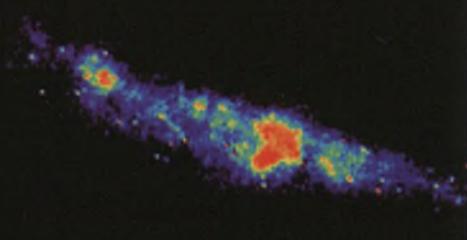
M81 i M82 sfotografowane przez M. Świętnickiego  
(Newton 205/907 – ognisko główne, eksp. 20 min)



zakres widzialny (ASTRO-1)



podczerwień (SAO)



zakres radiowy (MERLIN & VLA)

# Galeria Uranii

Zimowy gwiazdozbiór Oriona powoli opuszcza nasze nocne niebo. Michał Kałużny, którego prezentujemy obszerniej na str. III okładki, sfotografował ten gwiazdozbiór aparatem Rolleiflex 6003 Pro z obiektywem Zeiss Planar 80/2.8 (czas 15 min, przesłona 2.8, negatyw Fuji Superia 400, prowadzenie ręczne na teleskopie Uniwersał nr 13). Na zdjęciu (przy lewej krawędzi) widoczna jest również mgławica Rozeta w Jednorożcu.



Drugie zdjęcie to słynny Miecz Oriona z mgławicą M 42. Wykonał je Mariusz Świętnicki ze Źródła 28 listopada 2000 roku (Newton 205/907, film Konica VX 400, ekspozycja 18 min). Niżej, wykonane tej samej nocy, zdjęcie Mgławicy Koński Łeb (jak wyżej, eksp. 40 min).



19:56

20:18

20:30

20:42

Grzegorz Czepiczek interesuje się astronomią od roku 1988 (miał wtedy 13 lat). Pierwsze swoje lunetki budował ze zwykłych szkieł okularowych. Później zakupił teleskop produkcji byłego ZSRR o średnicy 60 mm i wykonał do niego mikrometr własnego projektu. W III Konkursie Astronomicznym „Wiedzy i Życia” otrzymał za to główną nagrodę: teleskop Cassegraina (obecnie optyka Newtona 250/1200 mm). W roku 1997 zaczął projektować swoje obserwatorium, którego budowę skończył (z pomocą rodziny) rok później (zdjęcia obok). Podstawa obserwatorium została złożona z 15 płyt ogrodzeniowych ustawionych w kształcie wielokąta foremnego. Kopuła ma średnicę około 2,8 metra. Teleskop jest obecnie przystosowany do robienia zdjęć. Za jego pomocą zostały wykonane, prezentowane wyżej, zdjęcia styczniowego zaćmienia Księżyca (film Fujicolor 400, czasy ekspozycji 1/125 s i 3 sekundy w przypadku ostatniego zdjęcia).



więcej  $\frac{3}{4}$  stopnia. Pierre Mechain niezależnie dostrzegł obie „mgławice” w sierpniu 1779 r. i doniósł o tym Messierowi, który — po zmierzeniu pozycji 9 lutego 1781 r. — umieścił je w swoim katalogu.

M 81, nazywana galaktyką Bodego, jest fizycznie powiązana ze swoją sąsiadką M 82 oraz kilkoma innymi galaktykami (patrz tabelka), niekoniecznie zresztą słabszymi — NGC 2403 jest bowiem nawet nieco jaśniejsza od M 82 (to jeden z najjaśniejszych obiektów północnej półkuli nieba wśród nie odkrytych przez Messiera — dokonał tego pod koniec XVIII w. William Herschel). Z pozostałych warto wspomnieć o NGC 3077, zaliczanej początkowo do galaktyk Seyferta („Urania-PA” 2/2001); radiowe obserwacje wykazują jej ścisły związek z M 81.

Choć zbliżenie M 81 z M 82, do którego doszło kilka-

dziesiąt mln lat temu, odcisnęło swe piętno głównie na tej ostatniej, nie pozostało bez wpływu na masywniejszą M 81. Przede wszystkim uwydatniona jest jej spiralna struktura, a w obszarze centralnym zwracają uwagę wyraźne ciemne pasma. Odległość między jądrami M 81 i M 82 to wciąż zaledwie 150 tys. l.s.w.

Na podstawie obserwacji 32 cefeid w M 81 Wendy Freedman ze współpracownikami wyznaczyła odległość galaktyki (ApJ 427 z 1994 r., str. 628), jeszcze przed rozpoczęciem regularnych tego typu badań teleskopem kosmicznym. 28 marca 1993 r. hiszpański miłośnik astronomii Francisco Garcia Diaz odkrył w M 81 supernową typu II (znaną jako 1993 J) o jasności 10,5 mag. Pozostałość po jej wybuchu śledzono regularnie przy pomocy sieci radioteleskopów VLBI.

Oznaczenie	Rektascensja $\alpha$ [h:m]	Deklinacja $\delta$ [ $^{\circ}$ : ']	Typ morfolog.	Jasność V [mag.]	Rozmiary kątowe [ $'$ ]	Prędkość rad. [km/s]
NGC 2366	7:28,9	+69:13	Ir+	10,91	7,3 $\times$ 3,5	252
NGC 2403	7:36,9	+65:36	Sc	8,39	17,8 $\times$ 11,0	259
M81 dw A	8:18,7	+71:12				262
Holmberg II	8:18,9	+70:43	Ir+	10,75	7,6 $\times$ 6,2	305
UGC 4459	8:34,1	+66:10	Ir+	14,38	1,7 $\times$ 1,3	144
Holmberg I	9:40,5	+71:11	Ir+	12,94	3,5 $\times$ 3,0	287
NGC 2976	9:47,3	+67:55	Scp	10,15	4,9 $\times$ 2,5	175
M 81	9:55,6	+69:04	Sb	6,93	25,7 $\times$ 14,1	95
M 82	9:55,8	+69:41	pec	8,41	11,2 $\times$ 4,6	388
NGC 3077	10:03,3	+68:44	E2p	9,85	4,6 $\times$ 3,6	148
M81 dw B	10:05,5	+70:22	Ir+	14,94p	1,2 $\times$ 0,9	479
IC 2574	10:28,4	+68:25	S+	10,56	12,3 $\times$ 5,9	185

## M 82 (NGC 3034) w Wielkiej Niedźwiedzicy

Rektascensja	09 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> ,8
Deklinacja	+69°41'
Odgległość	12 000 000 l.s.w.
Jasność obserwowana	8,4 mag
Rozmiary kątowe	11' $\times$ 5'

Bode opisał M 82 jako *obiekt bardzo blady o wydłużonym kształcie*. William Parsons, Trzeci Lord Rosse, jako pierwszy zaobserwował ciemne pasma pyłu w centralnej części mgławicy. Edwin Hubble, tworząc swój system klasyfikacji galaktyk, miał z M 82 pewne problemy, wydzielając — kto wie, czy nie specjalnie dla niej — wśród niregularnych typu II. Dość wyraźnie ukształtowany dysk wydaje się nosić ślady eksplozji, jest to widoczne zwłaszcza na zdjęciach wykonanych przy użyciu filtra H $\alpha$  (patrz np. zdjęcie z Subaru na rozkładówce). Obserwacje radiowe i podczerwone przyniosły kolejne niespodzianki. M 82 okazała się najsilniejszym w Wielkiej Niedźwiedzicy ra-

dioźródłem (Ursa Major A albo 3C 231), zaś w zakresie podczerwonym jest najjaśniejszą galaktyką na całym niebie!

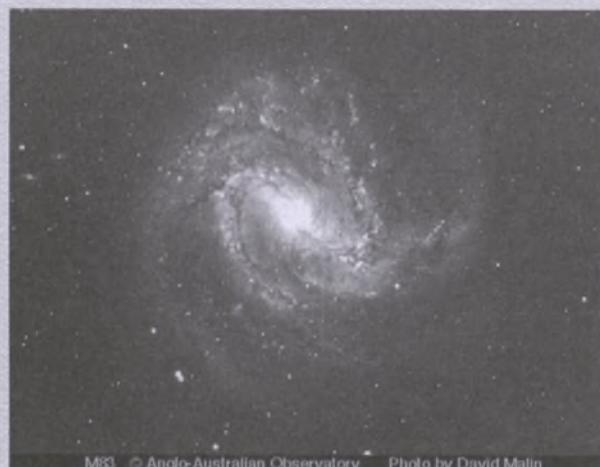
Na podstawie badań w różnych zakresach widma oszczędzono, że wybuchi gwiazd supernowych powinny w niej zachodzić średnio raz na kilka lat. Niestety, ogromne ilości pyłu przesłaniają nam te efektowne kosmiczne fajerwerki. Tak więc to nie galaktyka jako całość eksluje (co sugerowano w latach 60-tych), ale jej niezwykły obraz kształtuje wyrzucane w zjawiskach supernowych strumienie cząstek i gazu. Skąd jednak ta wzmożona fala wybuchów supernowych? Przy tak silnym promieniowaniu podczerwonym mamy niewątpliwie do czynienia ze zjawiskiem gwiazdotwórczej eksplozji (ang. *starburst*). Bardzo masywne gwiazdy, które w ciągu pojedynczych milionów lat wypalają całe zapasy swego jądrowego paliwa i wieńczą ewolucję jako supernowe, są z tym zjawiskiem nierozerwalnie związane. Paradoksalnie więc, gdy obserwujemy w dużej ilości kończące swój żywot masywne gwiazdy, możemy być pewni, że w niedalekiej przeszłości, kilka-kilkanaście mln lat temu, rozpoczęła się faza gwałtownych narodzin gwiazd, która w wielu przypadkach

wciąż jeszcze ma miejsce. Dzięki ogromnym teleskopom zaglądającym w odległe zakątki Wszechświata, gdy był on jeszcze znacznie młodszy, znamy już całą klasę galaktyk wybuchowo rodzących gwiazdy; ich najbliższą przedstawicielką jest M 82. Pozostaje pytanie: dlaczego właśnie ona? Jak wspomnieliśmy, w niedalekiej przeszłości doszło do jej zbliżenia z masywną towarzyszką M 81. Siły towarzyszące temu spotkaniu zapoczątkowały gwałtowną fragmentację i kolaps obłoków materii pyłowo-gazowej w galaktyce M 82. Rozpoczęła się faza aktywności gwiazdotwórczej, która trwa do dziś.



## M 83 (NGC 5236) w Hydrze

Rektascensja	13 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> ,0
Deklinacja	-29°52'
Odległość	15 000 000 l.św.
Jasność obserwowana	7,6 mag
Rozmiary kątowe	11' × 10'



M83 © Anglo-Australian Observatory Photo by David Malin

Pamiętacie Państwo M 51, galaktykę Wir? („Urania-PA” 3/2000, str. 121). M 83 nazywamy niekiedy Południowym Wirem. Odkrył ją Abbe Nicholas Louis de la Caille podczas pobytu na Przylądku Dobrej Nadziei w latach 1751-52. Jej strukturę dostrzegł po raz pierwszy William Lansell, opisując ją jako *spiralę z trzema ramionami*. Według G. de Vaucouleusa M 83 jest typu pośredniego między galaktykami spiralnymi i spiralnymi z poprzeczką. Wyraźnie zarysowana jest struktura ramion z licznymi mgławicami emisyjnymi i refleksyjnymi.

Galaktyka ta oddala się od nas z prędkością 337 km/s. Zwraca uwagę dość poważna rozbieżność w ocenie jej dystansu: od 10 do 25 mln l.św. M 83 tworzy niewielką grupę z dwiema osobliwymi galaktykami z konstelacji Centaura: słynną radiogalaktyką Centaur A (NGC 5128) oraz NGC 5253. Jest to ta spośród galaktyk katalogu Messiera, w której zaobserwowano do tej pory rekordową liczbę sześciu supernowych (do niedawna była rekordistką wśród wszystkich galaktyk, ostatnio dorównała jej pod tym względem NGC 6946). Kolejno były to: 1923A (14 mag.), 1945B (odkryta dopiero w 1990 r. na archiwalnych fotografiach; 14,2 mag.), 1950B (14,5 mag.), 1957D (15,0 mag.), 1968L (odkryta przez miłośnika astronomii z Płd. Afryki, 11-12 mag.), 1983N (12,5 mag.). (kr)

## INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2001 (6 zeszytów) kosztuje 36 zł (zagraniczna 50 zł). Cena pojedynczego zeszytu 7,50 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne  
BIG Bank Gdańsk S.A. o/Toruń  
Nr 11601612-6347-132

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii” i „Uranii-PA” udziela:

Karolina Wojtkowska  
Centrum Astronomii UMK  
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)  
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08





## Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA

Zarząd Główny i Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zapraszają na Pierwszy Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA „OSOP 2001”.

Obóz odbędzie się w dniach **20-29 lipca 2001** na Polanie Kudłacze w Beskidzie Makowskim ok. 50 km od Krakowa. Celem obozu jest nauczenie wszystkich chętnych podstaw obserwacji nieba.

W planie obozu znajduje się szkolenie w zakresie:

- orientowania się na niebie
- podstaw określania czasu i współrzędnych w astronomii
- podstaw optyki astronomicznej
- obserwacji Słońca
- obserwacji Księżyca, planet, planetoid oraz komet
- obserwacji gwiazd zmiennych
- obserwacji meteorów
- obserwacji obiektów mgławicowych
- obserwacji zjawisk zakryciowych

Przewidziane są zarówno dzienne zajęcia teoretyczne, jak też obserwacje nocne. Instruktorami będą doświadczeni obserwatorzy, członkowie PTMA. Ponadto planuje się przeprowadzenie wycieczek krajoznawczych do miejsc związanych z astronomią.

Przewidywany koszt obozu to około 200 zł. Kwota ta obejmuje:

- nocleg w schronisku
- transport z Krakowa (cena transportu zależy od ilości uczestników)
- ubezpieczenie

Wyżywienie każdy uczestnik Obozu zapewnia we własnym zakresie. Można skorzystać ze stołówki schroniska, co jednak podnosi koszty. Istnieje także możliwość skorzystania z pola namiotowego.

Organizatorzy Obozu zapewniają zaopatrzenie w wystarczającą ilość teleskopów, jednakże małe widziane jest posiadanie własnego sprzętu obserwacyjnego.

Warunkiem uczestnictwa w obozie jest:

- Członkostwo PTMA. Osoby nie należące do PTMA muszą się wcześniej zapisać.
- Ukończone 18 lat. Osoby w wieku 16-18 lat muszą przedstawić pisemną zgodę rodziców. Osoby w wieku poniżej 16 lat mogą brać udział w Obozie wyłącznie wraz z pełnoletnim opiekunem.

Ilość miejsc ograniczona! Listę uczestników zatwierdzi Zarząd Oddziału Krakowskiego PTMA, a osoby zakwalifikowane zostaną powiadomione. Ostatecznym terminem przyjmowania zgłoszeń jest 30 czerwca br. Osoby zakwalifikowane muszą wpłacić podaną kwotę w terminie do tygodnia od chwili otrzymania potwierdzenia.

Wszyscy zainteresowani proszeni są o kontakt z kierownikiem Obozu, drem Sławomirem Stachniewiczem (e-mail: stachnie@alf.ifj.edu.pl) lub z dyżurnymi członkami Oddziału Krakowskiego: tel. (012) 422-38-92 w każdą środę w godz. 12-14, czwartek w godz. 16-18 lub w piątek w godz. 11<sup>30</sup>-13<sup>30</sup>.

## Styczniowe zaćmienie Księżyca raz jeszcze

Nasz stałego czytelnika, Tadeusza Karamuckiego, po przeczytaniu relacji z wyprawy na styczniowe zaćmienie (zamieszczonej w poprzednim zeszycie „Uranii-PA”) postanowił przysłać nam swoje zdjęcia ukazujące wyjście Księżyca z cienia Ziemi. Jemu również kaprys pogody dały się we znaki — fazy wchodzenia w cień w ogóle nie było widać w Szczecinie, gdzie mieszka. Zaćmienie całkowite dostrzegalne było tylko przez krótkie chwile, w przerwach między chmurami. Dopiero faza wyjścia z cienia dała możli-

wość wykonania kilku fotografii, pomimo szybko przemieszczających się chmur. Trzy z nich prezentujemy na zamieszczonym obok montażu. Do ich wykonania posłużył reflektor 150/900 firmy „Uniwersał” (Film Fujicolor Superia 400, czasy naświetlania 1/60 – 1/30 s).

Na następne całkowite zaćmienie Księżyca musimy poczekać do 2003 roku, kiedy to wystąpią dwa takie zjawiska: 16 maja i w nocy z 8 na 9 listopada. W tym roku czeka nas jeszcze częściowe zaćmienie 5 lipca.



## XVII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne w Grudziądzku, 29-31 marca 2001 r.

**S**łoneczną, ale wietrzną aurą powitał w tym roku Grudziądz uczestników kolejnego finału konkursowych zmagań na najlepszą prezentację referatu o tematyce astronomiczno-astronautycznej. Wzmożonej krzataniu gospodarzy i gości tej imprezy towarzyszyła tym razem wyjątkowo wysoka aktywność Słońca — liczba Wolfa przekraczała 300, a jedną z grup plam bez trudu można było dostrzec gołym okiem. Na ekranie przytwierdzonym do 15-cm teleskopu pod kopułą obserwatorium prezentowała się bardzo okazale.

Już od 1985 r. uczniowie szkół średnich z całej Polski spotykają się pod koniec marca w grudziądzkim planetarium. To jednak zaledwie połowa historii imprezy, której korzenie sięgają lat 60-tych. Pomiędzy 1969 a 1974 r. odbywały się bowiem w Grudziądzku międzynarodowe seminaria astronomiczne i astronautyczne, których organizatorem był Jerzy Szwarc (na wzór podobnych spotkań prowadzonych przez Adama Giedrysa ze Szczecinka w tamtejszym

oddziale PTMA). Z kolei w okresie 1975-84 odbyło się 10 seminariów międzynarodowych dla Polski północnej. Uczestnikiem czterech ostatnich spotkań tej serii był niżej podpisany.

Grudziądzkie seminarium jest ukoronowaniem prowadzonej w sezonie jesienno-zimowym kampanii informacyjno-eliminacyjnej w poszczególnych województwach. Siłę napędową tej akcji stanowią zaledwie dwie osoby: Małgorzata Śróbka-Kubiak z Grudziądzkiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego oraz Kazimierz Schilling z Olsztyńskiego Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego (ich wspólną platformę działań stanowi Komisja Porozumiewawcza Planetariów Polskich przy Zarządzie Głównym PTMA). Choć do współpracy na tym etapie zapraszane są Kuratoria Oświaty i Ośrodki Metodyczne, ciężar zorganizowania i przeprowadzenia wojewódzkich seminariów niejednokrotnie spoczywa na poszczególnych szkołach i od szeregu lat związanych z tą imprezą nauczycielach.

Przedsięwzięcie to nie miało jedynie racji bytu bez twórczego zaangażowania ze strony samej młodzieży. W tym roku szkolnym około tysiąca uczniów napisało referat na wybrany przez siebie temat. Na podstawie piśmiennych opracowań poszczególne komisje dokonały wyboru 150 prac, które ich autorzy wygłaszały na forum wojewódzkich seminariów. Po ich wysłuchaniu jury kwalifikowało z reguły dwie najciekawsze prezentacje do grudziądzkiego finału. W ten sposób wyłoniono 29 referatów z 14 województw.

Uczestnicy seminarium, którzy dochali w przeddzień rozpoczęcia właściwych sesji, zostali od razu miło przywitani przez gospodarzy seansem w planetarium oraz obserwacjami prawdziwego, rozgwieździonego nieba. A wieczorny nieboskłon prezentował się niezwykle malowniczo — z wąskim sierpem Księżyca oraz Jowiszem i Saturnem pomiędzy Hiadami a Plejadami. Aż szkoda było się rozstawać w taką noc — ale cóż, by się dobrze zaprezentować, należało odpowiednio wypocząć.

Dwudniowe seminarium wypełniły prezentacje pozielone formalnie na trzy, a mniej formalnie na kilka sesji, poświęconych m.in. obserwacjom nieba, Układowi Słonecznemu, gwiazdom i Wszechświatowi. Podczas otwarcia swoimi refleksjami o roli seminarium w życiu młodego człowieka podzielił się 5-krotny laureat OMSA Robert Szaj, przekazując też pozdrowienia od pp. premiera Jęzera Buzka i ministra Edukacji Narodowej Edmunda Witbroda. Wykład



Tradycyjne już wspólne zdjęcie organizatorów i uczestników Seminarium na tarasie grudziądzkiego planetarium. Fot. G. Szukay

inauguracyjny na temat „Astronomia na przełomie wieków” wygłosił prof. Andrzej Woszczyk.

Referatom przysłuchiwało się jury w składzie: dr Kazimierz Schilling — przewodniczący, dr Jadwiga Biała, dr Henryk Brancewicz, prof. Robert Głębocki, dr Krzysztof Rochowicz, prof. Konrad Rudnicki i prof. Andrzej Woszczyk. Jurorzy reprezentowali Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii (była to zaiste godna reprezentacja, z prezesami obu towarzystw włącznie). Zadaniem komisji była ocena wystąpień pod kątem merytorycznej wartości i poprawności referatu, jego wartości dydaktycznej i sposobu prezentacji oraz reakcji na pytania i uwagi zgłoszone w dyskusji.

Zakwalifikowane do finału prezentacje to mniej więcej w połowie prace oparte na własnych obserwacjach bądź samodzielnie przygotowanych pokazach komputerowych, a w drugiej połowie opracowania literatury na dany temat. Niewątpliwie cechą charakterystyczną tych pierwszych jest zaangażowanie emocjonalne autora w prezentowane treści, pomimo nawet niekiedy mało wymiernych rezultatów. Niezwykle ważna jest jednak satysfakcja z samodzielnego wykonanej obserwacji oraz możliwość podzielenia się własnymi doświadczeniami z rówieśnikami i zachęcenia ich do podobnych prób. Prace teoretyczne coraz częściej bywają bogato ilustrowane, a autorzy coraz bardziej świadomi tego, że aby poruszyć publiczność, warto wykazać humor i teatralną inwencję.

Jurorzy nie tylko stymulowali dyskusję, ale też na bieżąco dzielili się swoimi uwagami i komentarzami dotyczącymi prezentowanych zagadnień. Podsumowując referaty o tematyce meteorowo-meteorytowej, dr Jadwiga Biała zwróciła uwagę na fakt, że jest to dla nas niezwykle cenne źródło informacji o kosmicznej materii, z której powstał cały nasz Układ Słoneczny bądź też o poszczególnych jego ciałach — informacji, która niemalże sama trafia w nasze ręce. Ponadto nawet przez skromnie wyposażonych miłośników astronomii mogą być prowadzone wartościowe obserwacje me-

orów. Niżej podpisany zachęcał do dalszego poznawania nieba i jego tajemnic, w szczególności przybliżając ideę maratonu Messiera — czyli swoistego „polowania” na mgławicowe obiekty z katalogu XVIII-wiecznego astronoma w ciągu jednej nocy. Prof. Robert Głębocki porównał pracę współczesnego astronoma do pracy detektywa, prowadzącego pełne niespodzianek śledztwo. Z kolei prof. Konrad Rudnicki wyraził zadowolenie z faktu, że wszystkie „kosmologiczne” referaty mieszczą się w głównym nurcie współczesnych teorii, gdyż aby móc zabłyśnieć na nowym polu badań, należy niezwykle starannie opanować podwaliny dotychczasowej wiedzy.

Po przedstawieniu referatów organizatorzy i jurorzy spotkali się z przed-

netarium i wycieczkę po Grudziądzku, jurorzy zebrały się w celu przedyskutowania i ocenienia przedstawionych wystąpień. Każdy członek komisji konkursowej, niezależnie od pozostałych, ocenił poszczególne referaty w skali od 1 do 10 punktów. O końcowej klasyfikacji zadecydowała suma uzyskanych ocen. Przy siedmiu ocenach, najniższą uzyskaną notą mogło być więc 7 punktów (ale takiego referatu tym razem nie było), zaś najwyższą — 70 (tej maksymalnej noty również nie przyznano). Jury postanowiło wyróżnić prezentacje, które w ocenie komisji zebrały ponad 50 punktów. Końcowa klasyfikacja czółówki wygląda następująco:

I miejsce (68 punktów) — Aleksandra Łubnicka z Włodawy (woj. lubelskie): „*Fale grawitacyjne i próby ich wykrycia*”;

II miejsce (66 punktów) ex aequo — Marcin Dobrowolski z Kołobrzegu: „*Jak zważyłem Jowisza*” i Grzegorz Skóra z Milanowa (woj. lubelskie): „*Pulsary*”;

III miejsce (60 punktów) ex aequo — Wojciech Bojanowski z Rybnika: „*Ciemna materia*” i Aleksander Sądowski z Włocławka: „*Galaktyki aktywne*”;

IV miejsce (57 punktów) — Paweł Rapkiewicz z Kwidzyna: „*Aktywne jądra galaktyk*”;

V miejsce (56 punktów) — Paweł Maksym z Łodzi: „*Obserwacje zjawisk zakryciowych*”;

VI miejsce (52 punkty) — Maciej Markowski z Elbląga: „*Amatorskie obserwacje meteorów w służbie nauki*”;

VII miejsce (50 punktów) — Michał Hołda z Siemianowic Śląskich: „*Astrofotografia*”.

Podczas uroczystości zakończenia seminarium (już w sobotę) laureaci zostali nagrodzeni aparatem fotograficznym, lornetkami, kalkulatorami, meteorytami, atlasami nieba i pięknymi albumami. Wszyscy uczestnicy uzyskali pamiątkowe dyplomy, nagrody książkowe, plakaty z zaćmienią Słońca oraz broszury Zespołu Szkół Technicznych, w którym mieści się grudziądzkie planetarium i obserwatorium,

*Dokończenie na str. 142*



Zdobywczyni pierwszego miejsca — Aleksandra Łubnicka. Fot. G. Szukay



# Pierwszy Toruński Festiwal Nauki i Sztuki

W dniach od 16 do 19 lutego 2001 r. miał miejsce w Grodzie Kopernika pierwszy Toruński Festiwal Nauki i Sztuki. Jego organizatorami byli: Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Urząd Miasta Torunia i Towarzystwo Naukowe w Toruniu. Prace przygotowawcze koordynowało toruńskie Centrum Kultury „Dwór Artusa” z Panią Dyrektorem mgr Marią Madyda na czele. Reprezentujący w Komitecie Organizacyjnym Festiwalu Uniwersytet, prorektor UMK profesor Czesław Łapicz, tak charakteryzował, na konferencji prasowej obwieszczającej tę imprezę, główne idee festiwalu:

*„Podejmując inicjatywę zorganizowania w Toruniu oryginalnej i ambitnej imprezy, jaką z pewnością jest I Toruński Festiwal Nauki i Kultury, władze Uczelni chciły stworzyć szansę aktywnej, dynamicznej i atrakcyjnej promocji Uniwersytetu, akademickiego środowiska oraz naszego miasta. Dlatego nieprzypadkowo wybraliśmy termin Festiwalu: zakładaliśmy bowiem, że dzień urodzin patrona naszego Uniwersytetu i obchodzone w tym dniu Święto Uczelni, a także jubileusz 55-lecia UMK będą naturalnym zwieńczeniem bogatego i różnorodnego programu.”*

*Festiwal powstał w partnerstwie finansowym i organizacyjnym z Władzami Torunia. Z naszej strony chcemy zadeklować go mieszkańcom Torunia, miasta Kopernika, w którym Uniwersytet przez wiele lat w harmonijnej symbiozie funkcjonuje i dynamicznie się rozwija. Jesteśmy przekonani, że dzięki bezinteresownemu zaangażowaniu wielu ludzi nauki i sztuki oraz praktycznie całej bazy uniwersyteckiej, proponujemy program wartościowy merytorycznie i bogaty poznawczo. Nadając naszej wspólnej inicjatywie numer pierwszy, wyrażamy nadzieję, że w przyszłości będą organizowane kolejne festiwale, choć może zmienić się ich program, formula, zasięg i termin.”*

\* Wg relacji „Głosu Uczelnii” nr 2(180) Luty 2001 r. str. 3

A Członek Zarządu Miasta Torunia Grzegorz Potarzyński dodał: „Festiwal jest świadectwem aktywnej współpracy pomiędzy samorządem miejskim i toruńskim uniwersytetem. Wspieramy tę niezwykłą imprezę, bo doceniamy wagę spotkań naukowców i artystów z mieszkańcami Torunia, z których mogą zrodzić się cenne znajomości i przyjaźnie mistrzów i uczniów. W czasach konkurowania polskich uczelni między sobą, festiwal ma także bardzo praktyczny cel. Chcemy, by młodzi ludzie wybierający kierunki swoich studiów byli przekonani, że wybór Uniwersytetu Mikołaja Kopernika jest najlepszą z możliwych decyzji.”

Program festiwalu był bardzo bogaty. Składał się z przeszło 100 imprez w postaci spotkań, prezentacji, wykładów, różnorodnych pokazów, wycieczek, wystaw, konkursów itp. Została opublikowana specjalna bezpłatna broszura zawierająca pełny wykaz wszystkich imprez wraz z wyjaśniającymi ich treść komentarzami. Program festiwalu został też zamieszczony na stronach internetowych Uniwersytetu i Urzędu Miasta Torunia oraz na różnorodnych plakatach na słupach ogłoszeniowych w mieście. Obok prawie wszystkich dziedzin nauki i sztuki uprawianych na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika i obecnych na Festiwalu, odbywały się też imprezy interdyscyplinarne. Do tej kategorii należały tzw. dyskusje panele, w czasie których, wobec prawie 300-osobowego audytorium w sali wielkiej w Dworze Artusa swe zdanie lub nawet wizje na określony temat prezentowali przedstawiciele różnych dyscyplin naukowych. Oto przykładowe tematy takich dyskusji: „Sztuczny mózg — przyszłość sztucznej inteligencji”, „Rzekomy czy autentyczny koniec nauki”, „Człowiek — szansa czy zagrożenie dla Ziemi”. Były też z wykładami specjalni zaproszeni goście, m.in. prof. Karl Dedecjusz, znakomity tłumacz literatury polskiej i twórca Instytutu Polskiego w Darmstadt, dr h.c. UMK i prof. Magdalena

Fikus, genetyk z PAN w Warszawie. Zorganizowano specjalne wystawy i koncerty. Wśród uczestników imprez festiwalowych rozlosowano wiele nagród, w tym np. uczniowie mogli wygrać komputer dla swej szkoły.

Astronomia obecna była na festiwalu w wykładach, demonstracjach pracy astronomów, pokazach nieba, wycieczkach do Obserwatorium w Piwnicach i seansach planetaryjnych.

Wykłady wygłosili (w porządku chronologicznym):

- prof. Andrzej Woszczyk — „Współczesny Wszechświat”
- prof. Jacek Krełowski — „Ośrodek międzygwiazdowy — fabryka chemiczna”
- prof. Andrzej Maciejewski — „Planety wokół innych słońc”
- prof. Andrzej Kus — „Wszechświat na falach radiowych”
- dr Andrzej Niedzielski — „Astrofizyka satelitarna”
- prof. Bronisław Rudak — „Gwiazdy neutronowe — perły Kosmosu”

Każdego festiwalowego dnia odbywały się dzienne i wieczorne wycieczki do Obserwatorium w Piwnicach. W ciągu dnia astronomowie demonstrowali radiowe i optyczne instrumenty obserwacyjne, a wieczorem pokazywali różne ciała niebieskie przez teleskopy. Prawdziwe obserwacje na 15 m i 32 m radioteleskopie wraz z pogadankami „Jak odbieramy fale radiowe z Kosmosu” i „Pogoda kosmiczna” (nawiązując do radiowej aktywności Słońca i innych aktualnych obserwacji) zademonstrowali radioastronomowie: dr Andrzej Marecki, dr inż Jerzy Usowicz, mgr Bartosz Dąbrowski, mgr inż Janusz Mazurek, mgr Jacek Niezgoda, mgr Eugeniusz Pazderski i mgr Radomił Zajączkowski. O pracy astronomów też opowiadali i po niebie teleskopami oprowadzali: dr hab. Andrzej Strobel, dr Maciej Mikołajewski, mgr Stanisław Krawczyk, mgr Piotr Wąż i mgr Bogdan Wikierski. W czasie tych 4 dni festiwalowych Obserwatorium odwie-



dziło przeszło 1000 osób. Potrzebne na wyjazd do Piwnic bezpłatnymi autobusami „karty wstępu” zostały wykorzystane już pierwszego dnia Festiwalu. Oprócz astronomów „uniwersyteckich” bardzo aktywni byli astronomowie — pracownicy toruńskiego Planetarium im. Władysława Dziewulskiego, głównie mgr Jerzy Rafalski. Urządzili plenerowy pokaz planet przez teleskop, plenerowy pokaz-instruktaż „Jak zbudować zegar słoneczny?”, pokaz-wykład-wystawę „Kosmiczne skarby — meteoryty wokół nas” oraz wykład-pokaz „Kosmici w Internecie, czyli jak poszukiwać pozaziemskich cywilizacji w domu?“.

Zainteresowanie publiczności wszystkimi imprezami Festiwalu, a w szczególności imprezami astronomicznymi, przeszło najśmieszać oczekiwania organizatorów. Na przykład na wykładach astronomicznych w sali wykładowej Planetarium Toruńskiego mieszczącej normalnie 120 osób, bywało z reguły 150–200 zainteresowanych.

Obok Uniwersytetu, Urzędu Miasta i Towarzystwa Naukowego koszty Festiwalu wspierali: BIG Bank Gdańsk, Ministerstwo Edukacji Narodowej, Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego oraz samorząd Studentki UMK.

Od wielu dziesiątków lat, z okazji rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika odbywają się w Toruniu wieczornice, akademie i uroczyste zebrania. Tradycja ta została zapoczątkowana już w roku 1875. Powstałe wtedy, w czasie zaborów, polskie „Towarzystwo Naukowe w Toruniu”, postanowiło zbierać się co roku na plenarnym zgromadzeniu w dzień rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika, manifestując w ten sposób swą polskość i przywiązanie do postaci Wielkiego Torunianina i Polaka. I to postanowienie jest respektowane przez 125 lat istnienia Towarzystwa do dzisiaj (z krótkimi przerwami na okresy zawieruch wojennych). Po odzyskaniu niepodległości (w Toruniu dopiero w 1920 r.) znaczącym impusem do odnowy szczególnego kultu Kopernika w Toruniu była wielka patriotyczna manifestacja pod pomnikiem Kopernika i pierwszy w historii zjazd astronomów polskich zorganizowane w 450 rocznicę urodzin Kopernika 19 lutego 1923 roku. Rok później, w istniejącym od roku 1568 Gimnazjum Toruńskim, zawiązało się Kółko Astronomiczne, którego celem było prowadzenie obserwacji astronomicznych oraz poznawanie postaci i dzieła Twórcy nowoczesnej astronomii. Z inicjatywy tego Kółka i jego opiekunów Gimnazjum wystąpiło do

władz oświatowych RP o nadanie mu imienia Mikołaja Kopernika i to miało uzyskało w roku 1928. Od tego czasu odbywają się w tej szkole uroczyste Akademie Kopernikowskie. Po II wojnie światowej, tradycja Akademii Kopernikowskich w Gimnazjum Kopernika została wznowiona w roku 1947, a od chwili powstania w Toruniu Oddziału Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii w 1952 roku, akademie kopernikowskie wyszły na forum ogólnomiejskie i przybrały bardziej uroczystą formę. Później do urządzania wieczornic kopernikowskich włączyły się Kuratorium i Inspektorat Oświaty, Wydział Kultury Miejskiej Rady Narodowej, Książnica Miejska i Muzeum Okręgowe. Od szeregu lat dzień urodzin Kopernika obchodzi jako swoje święto Uniwersytet Mikołaja Kopernika. W tym dniu na UMK odbywają się uroczyste promocje doktorskie i wręczanie dyplomów doktora habilitowanego, jest uroczysty wykład i specjalnie przygotowany koncert. Tak więc na długo przed Festiwalem Nauki i Sztuki w Toruniu odbywał się istny festiwal kopernikowski z szeregiem interesujących wykładów, koncertów i wystaw. Nowy Festiwal wpisuje się znakomicie w dotychczasową toruńską tradycję kopernikowską.

(aw)

[www.um.torun.pl/festiwal](http://www.um.torun.pl/festiwal)

festiwal@um.torun.pl



toruński  
festiwal  
nauki  
i sztuki

# Ubezpieczenia sprzętu i ludzi w Kosmosie

„SPACE ACTIVITY AND RELEVANT INSURANCE IMPLICATIONS. THE HUMAN FACTOR IN SPACE”

11. Międzynarodowa Konferencja Kosmiczna (Rzym, 15–16 marca 2001 roku)

W dniach 15–16 marca 2001 roku odbyła się w Rzymie jedenasta międzynarodowa konferencja kosmiczna poświęcona związkom ubezpieczeń z aktywnością w kosmosie oraz na temat powiązanych z tym aspektami technicznymi, naukowymi, prawnymi i finansowymi. Na poprzedniej konferencji (Florence, 1999) często podnoszono kwestie związane z dużą liczbą szkód w roku 1998 oraz z wprowadzeniem obostrzeń w amerykańskim prawodawstwie (ITAR) — dotyczące przekazywania informacji związanych z technologią kosmiczną poza Stany Zjednoczone (utrudnia to zawieranie umów ubezpieczenia — szczególnie ocenę ryzyka). W tym roku głównymi tematami też były słabe wyniki ubezpieczycieli w roku 2000 oraz przejawiał się wątek związany z planowanym sprowadzeniem na Ziemię Stacji Kosmicznej Mir i jej ubezpieczeniem od odpowiedzialności cywilnej za szkody na Ziemi na sumę 200 mln USD (składka wyniosła ok. 1 mln USD).

Assicurazioni Generali — jedna z pierwszych firm ubezpieczeniowych, która wprowadziła ubezpieczenia kosmiczne oraz odgrywa obecnie znaczącą rolę w tym sektorze, organizuje tę konferencję co dwa lata, już od roku 1979. Przez te wszystkie lata konferencja bardzo urosła i stała się ważnym wydarzeniem dla branży kosmicznej. W tym roku znowu został pobity rekord liczby uczestników. W konferencji wzięło udział ponad 500 osób z 32 państw, które reprezentowały główne światowe agencje kosmiczne oraz uznane przedsiębiorstwa z sektora kosmicznego — producentów rakiet, satelitów, firmy telekomunikacyjne, prawne, instytucje finansowe — w tym zakłady ubezpieczeń i brokerów.

Konferencję otworzył prezydent Assicurazioni Generali — Anfonso Desiata. Na wstępnie odczytał on list premiera Włoch — Giuliano Amato, w którym została zwrócona uwaga na rolę ubezpieczeń w rozwoju technologii kosmicznej. W słowie wstępny prezydent De-

sata podkreślił, że badania kosmiczne pociągają coraz to większe inwestycje. O ich wielkości niech świadczy fakt, że w najbliższych 20 latach tylko na nawigację satelitarną szacowane są wydatki rzędu 240 mld EURO. Przy tak wielkich zaangażowanych kapitałach sektor ubezpieczeniowy musi zapewnić (przynajmniej częściowo) ochronę tych inwestycji. Na zakończenie prezydent Desiata wyraził nadzieję, że ten nadzwyczajny rozwój ubezpieczeń kosmicznych osiągnięty zostanie z pełnym poszanowaniem dla zasad uczciwej konkurencji i zarządzania finansami.

Następnie głos zabrał podsekretarz w Ministerstwie Badań Naukowych Włoch — Antonio Cuffaro, który najpierw podkreślił rolę włoskiego ubezpieczyciela — Generali — w międzynarodowym rynku ubezpieczeń. Zwrócił także uwagę na zaangażowanie rządu włoskiego w rozwój badań kosmicznych. Po przez Włoską Agencję Kosmiczną w ciągu 3 lat zostanie wydanych 700 mln euro na projekty VEGA, Galileo i na budowę Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.

Prof. Giovani Manghetti, prezes ISVAP (włoski organ nadzoru ubezpieczeniowego), w swym wystąpieniu skupił się na trzech sprawach: (1) wykorzystaniu stacji kosmicznych do badań medycznych — szczególnie genetycznych modyfikacji w zerowej grawitacji; (2) ryzyku odpowiedzialności cywilnej za szkody — także za pozostawione w kosmosie odpadki (tzw. kosmiczne śmieci); (3) finansowaniu projektów kosmicznych. Zaleca on również ścisłą współpracę między naukowcami, projektantami, konstruktorami, użytkownikami, sponsorami, bankami i ubezpieczycielami w celu zrównoważonego rozwoju sektora.

Reprezentujący Departament Energi i Transportu Unii Europejskiej Paul Flament przedstawił projekt Galileo — globalny system nawigacji satelitarnej. Jest to odpowiedź Europy na istniejący amerykański system GPS (Global Positioning System). Zadecydowały o tym ar-

gumenty natury politycznej, społecznej, technicznej i ekonomicznej. System składający się z 30 satelitów krążących po średnich orbitach ma być uruchomiony w latach 2004–5. Jego wdrożenie ma pochłonąć ok. 3 mld euro, a roczne utrzymanie 200 mln.

Jako ostatni słowo wstępne wygłosił Benito Pagnanelli z Generali Global w Londynie.

Na początku przedstawił program konferencji i wskazał najważniejsze problemy, które miały być omówione w jej późniejszej części. Następnie opisał kilka faktów i liczb, które dotyczyły nie najlepszych wyników rynku ubezpieczeń kosmicznych w roku 2000. Zebrało 950 mln dolarów składki, ale wypłacono ponad 1,1 mld odszkodowań.

Dalsza część konferencji została podzielona na 6 paneli (ubezpieczeniowy, prawno-finansowy, operatorów rakiet, operatorów satelitów, producentów satelitów oraz agencji kosmicznych) i 3 prezentacje specjalne.

W panelu ubezpieczeniowym wygłosili referaty 10 osób ze znaczących firm (Generali, Hiscox, Swiss Re, Marsh Space Projects, i in.), a przewodniczył mu Jim Bannister z Londynu. Na początku zaprezentowany został nowy zespół specjalistów z Generali, którzy zajmują się kompleksową analizą projektów kosmicznych i ich ubezpieczeniem. Poruszono wiele bieżących problemów. Zwrócono uwagę, że długoterminowe polisy (5-letnie) nie są korzystne dla ubezpieczycieli, gdyż są zawierane parę lat przed startem satelity i nie uwzględniają zmieniającej się awaryjności. Proponowano, aby w trakcie trwania umowy można dostosować składkę do rzeczywistej szkodowości danej technologii. Zauważono, że nowe technologie są coraz bardziej zawodne, co wynika z napiętych harmonogramów i czynienia oszczędności kosztem testów. Utrudnia to bardzo ocenę ryzyka i powoduje wzrost szkodowości w ostatnich latach. Żadna inna dziedzina ubezpieczeń nie była obciążana tak wysoką stopą awaryjności (liczba szkód do liczby wystrze-

lonych satelitów) — 11–15% w ostatnich 20 latach. Należy się zastanowić, czy nowe niesprawdzone technologie powinny być ubezpieczane, a jeśli tak, to na jakich warunkach (znacznie ostrzejszych). Zmusiłoby to producentów do lepszego sprawdzania swojego sprzętu — a nie, tak jak obecnie, przyciągania odpowiedzialności za wadliwy produkt na ubezpieczycieli. Za bardzo dobrą jakość ochrony ubezpieczeniowej należy się wysoka cena.

Ponadto poruszoно m.in. takie zagadnienia, jak: zbyt duża koasekuracja (za wielu ubezpieczycieli jest zaangażowanych w dany projekt), utrudniona ocena ryzyka ze względu na wprowadzenie modyfikacji w amerykańskim prawodawstwie (ITAR) oraz nowe rodzaje usterek, zagrożenie ze strony „pogody” kosmicznej (rosnąca aktywność Słońca), możliwość braku pojemności ubezpieczeniowej dla pokrycia zbiorowych startów satelitów (w jednej rakietce).

Panelowi prawno-finansowemu przewodniczył Rudolph Pino z Nowego Jorku. Podczas obrad omawiano m.in. zagadnienia związane z materiałami wyproducedowanymi w kosmosie. Nie jest problemem ich sprowadzenie, ale pojawiają się wątpliwości co do ich ... opodatkowania. Już kosmonauci powracający z misji Apollo 11 byli pytani przez celnika w Honolulu, co przywieźli (350 kg kamieni i pyłu księżycowego) oraz skąd przyjechali i przez jakie państwa przejeżdżali. Na pewno te kwestie wymagają regulacji prawnych. Ponadto zwrócono uwagę na kwestie dotyczące pozyskiwania funduszy na nowe projekty oraz przedstawiono oczekiwania ze strony instytucji finansujących badania kosmiczne (gł. banki) wobec ubezpieczeń.

Czwartkowe obrady zamknął panel operatorów rakiet. Przewodniczył mu Harold Caplan z Londynu, a wystąpili przedstawiciele najważniejszych firm specjalizujących się w dostarczaniu satelitów na orbitę. W kolejnych wystąpieniach referenci przedstawiali dotychczasowe osiągnięcia ich firm oraz przyszłe projekty. Zwrócono również uwagę na postępy w pracach nad rakietami wielokrotnego użytku.

Piątkowe obrady zaczęły się od panelu producentów satelitów. Zwrócono uwagę na wyzwania, jakie stoją przed

przemysłem kosmicznym. Producenci sprzętu twierdzili, że mimo najlepszych chęci nie są w stanie przewidzieć wszystkich „niespodzianek” czyniących w nieprzyjaznym środowisku kosmicznym. Przyznali jednak, że ze względu na ograniczone budżety projektów rezygnuje się z niektórych testów.

Następnie wystąpili operatorzy satelitów. Zauważali, że to oni i tak ponoszą wszystkie koszty, gdyż są na końcu „łańcuszka”. Ciekawy projekt przedstawił F. Judge z Assuresat. Za ok. 3 lata chcą umieścić 3 satelity zastępcze o dużej pojemności i wielorakich możliwościach na orbicie geostacjonarnej. W przypadku usterki satelity, opóźnienia przy startie bądź nieudanego startu, będzie można użytkować satelitę zastępcę.



czego (który zostanie szybko przemieszczony na wyznaczoną pozycję na orbicie), dzięki czemu operator uniknie strat. Przewidywana roczna składka ma wynosić ok. 4 mln dolarów, co jest stosunkowo niskim kosztem w porównaniu z 40 mln dolarów, jakie operator musiałby wyłożyć na roczne utrzymanie własnego satelity zastępczego (tutaj koszt rozkładany się na wielu operatorów). System satelitów zastępczych ma być uzupełnieniem ubezpieczenia, co zapewni pełną ochronę operatora: aktywa, przyszłe przychody, utrzymanie klienta oraz przynajmniej częściowo zapobiegnie spadkowi kursu akcji operatora (na wieść o awarii satelity giełdy reagują dosyć nerwowo). Zainteresowanie tym projektem wyraziło już wielu operatorów satelitów.

W ostatnim panelu — agencji kosmicznych — wystąpili przedstawiciele ESA (Europejska Agencja Kosmiczna) oraz NASA. Wypowiadali się na temat realizowanych projektów, a w szczególności budowy Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Zwróciły uwagę, że z powodu wykorzystania w przeszłości Stacji w celach komercyjnych, niezbędne będzie wypracowanie dla niej ochrony ubezpieczeniowej — szczególnie w zakresie OC użytkowników. O ile dla ESA nie będzie to nowe doświadczenie, gdyż od dawna ubezpiecza ona swoje projekty (ostatnio nawet satelity naukowe), to NASA do tej pory ryzyka raczej nie transferowała.

Oprócz wystąpień panelowych odbyły się 3 specjalne prezentacje. Pierwsza z nich dotyczyła zastosowań nowej generacji miniaturowych satelitów. W drugiej pokazano możliwości ponownego wykorzystania „utracyjnych” satelitów. Jest to istotna sprawa dla ubezpieczycieli, gdyż jeśli uda się znaleźć nowe zastosowanie dla uszkodzonego bądź znajdującego się na niewłaściwej orbicie satelity, istnieje nadzieję na odzyskanie sporej części (a nawet całej sumy) wypłaconego odszkodowania. Ostatnia specjalna prezentacja dotyczyła ryzyka mikrobiologicznego w misjach kosmicznych. Na podstawie badań rosyjskich naukowców okazało się, że w Stacji Kosmicznej Mir odnaleziono 234 rodzaje mikroorganizmów: 108 gatunków bakterii i 126 gatunków grzybów. Niesie to za sobą ryzyko medyczne (choroba załogi) oraz ryzyko techniczne (bezpośrednia lub pośrednia biodegradacja używanych komponentów, wadliwe działanie sprzętu, itp.). Drobne uszkodzenia spowodowane przez mikroflorę pojawiały się na częściach aluminiowych, tytanowych i gumowych, mimo że co 2 tygodnie Stację sprzątano i dezynfekowano.

Podsumowując, należy uznać Konferencję za bardzo udaną. Poruszoно wiele interesujących i ważnych kwestii. W sumie wystąpiło blisko 40 osób. Jedynym mankamentem był bardzo napięty program, który spowodował, iż za brak czasu na dyskusję, a niektóre kwestie na pewno wymagały szerszego omówienia.

**Piotr Manikowski**



## Jaki jest wiek powierzchni Io?

Powszechnie stosowaną metodą datowania wieku powierzchni ciał Układu Słonecznego jest ocena ich fizjonomii. Mówiąc w skrócie, im więcej kraterów uderzeniowych „szpeci” ich oblicze, tym jest ono starsze. W przypadku niespokojnego satelity galileuszowego — Io — ta metoda całkowicie zawodzi. Wulkaniczny temperament tego satelity jest zbyt wielki — nie doszukano się ani jednego krateru, który by tam ocalał.

Chociaż standardowa metoda za- wiodła, nie musimy jednak rozkładać bezradnie rąk, jak zapewnia Dennis Matson z Jet Propulsion Laboratory

w Pasadenie (USA). Wystarczy pod lupa wziąć temperaturę powierzchni Io i na podstawie analizy tejże, datować jej wiek.

Wyliczenia bazujące na całkowitym przepływie ciepła na Io wskazują na to, że praktycznie wszystkie utwory powierzchniowe — nawet te najstarsze — są pozostałościami po niedawnych wypływach lawy. I to na tyle świezych, że nie zdążyły jeszcze do końca ostygnąć. Właśnie tu mamy wskazówki odnośnie wieku: im chłodniejsza powierzchnia Io, tym starsza.

Przykładowo, jeden z tamtejszych wulkanów produkuje w ciągu sekundy

około 100 metrów sześciennych lawy. Żeby to sobie łatwiej uzmysłowić, wystarczy powiedzieć, że taka ilość lawy mogłaby przepełnić co minutę dwa baseny pływackie o rozmiarach olimpijskich! Znajomość tempa erupcji jest niezwykle istotna dla zrozumienia procesów odbywających się pod i nad powierzchnią każdego z wulkanów, poznania źródeł lawy i tempa jej stygnięcia wraz z upływem czasu. Podczerwone pomiary wykonane przez sondę Galileo, w połączeniu z modelami teoretycznymi, pozwalają oszacować grubość wypływających strumieni lawy na jakieś 1–2 metry. (mag)

## Nowość wśród aktywnych galaktyk wczesnego Wszechświata?

**N**a cztery dni przed nastaniem nowego roku australijscy astronomowie podali do publicznej wiadomości, iż przy użyciu australijskiego teleskopu należącego do CSIRO (Narrabi, Australia) oraz Kosmicznego Teleskopu Hubble'a (HST) udało im się znaleźć dowody na to, że najwcześniejsze gwiazdy we Wszechświecie mogą być znacznie starsze niż do tej pory uważano.

Teleskop Hubble'a przeprowadził pierwszy „głęboki” przegląd nieba północnego w roku 1993. Zarejestrował światło odległych galaktyk istniejących, kiedy Wszechświat liczył sobie 10% obecnego wieku. W roku 1998 oczy teleskopu zostały zwrócone na wycinek nieba południowego, zwany „głębokim polem południowym” (ang. *Hubble Deep Field South*). Dokładne położenie tego fragmentu nieba zostało wyznaczone wspólnie na podstawie obserwacji przeprowadzonych przy użyciu teleskopu anglo-australijskiego oraz najbardziej zaawansowanego radioteleskopu na półkuli południowej — CSIRO's Australia Telescope (AT)\*.

HST wraz z AT przebadaly ze szczególnymi wyznaczony wycinek nieba. Uwagę astronomów zwróciła pewna galaktyka, która na zdjęciach z teleskopu Hubble'a wygląda jedynie jak czerwona kropka. Obserwacje radiowe wykazały, że owa „kropka”, nazwana *źródłem c* (ang. source c), jest w rzeczywistości niezwykłym obiektem. Jej odległość oceniona na 5 do 11 miliardów lat świetlnych.

Profesor Ray Norris, nadzorujący projekt obserwacyjny teleskopu AT, twierdzi, że zdjęcie galaktyki samo w sobie nie jest niczym nadzwyczajnym, jako że jest to obiekt bardzo słaby w zakresie optycznym, lecz galaktyka ta stanowi skrajny przykład klasy obiektów niezwykle jasnych na falach radiowych.

Kiedy spoglądamy daleko w głąb historii naszego Wszechświata, widzimy galaktyki, które już nie istnieją. Ponieważ światło przebywa dany dystans w skończonym czasie, „bardzo daleko” w przestrzeni znaczy to samo, co „dawno temu”. Australijscy astronomowie przypuszczają, że w okresie kiedy Wszechświat był jeszcze młody, ówczesne galaktyki stanowiły kipiące życiem źródło narodzin milionów nowych gwiazd. Wydaje się, że były one tysiące razy aktywniejszymi kolebkami gwiazd od takich samych galaktyk obserwowanych dzisiaj.

Obserwacje radioteleskopu CSIRO odkryły źródło, które może być kluczem do zrozumienia problemu, jak galaktyki zaczęły się formować — uważa dr Bob Williams, były dyrektor Space Telescope Science Institute. Lecz na razie prace w tym kierunku stanęły w miejscu. Profesor Norris twierdzi, że niestety nawet największy teleskop świata — VLT — nie jest w stanie zebrać wystarczająco dużo światła w celu wyznaczenia dokładnego dystansu do nowo odkrytej galaktyki. Musimy poczekać do czasu, kiedy to z desek kreślarskich będą plany konstrukcji teleskopów o średnicy zwierciadła 30 metrów lub większych.

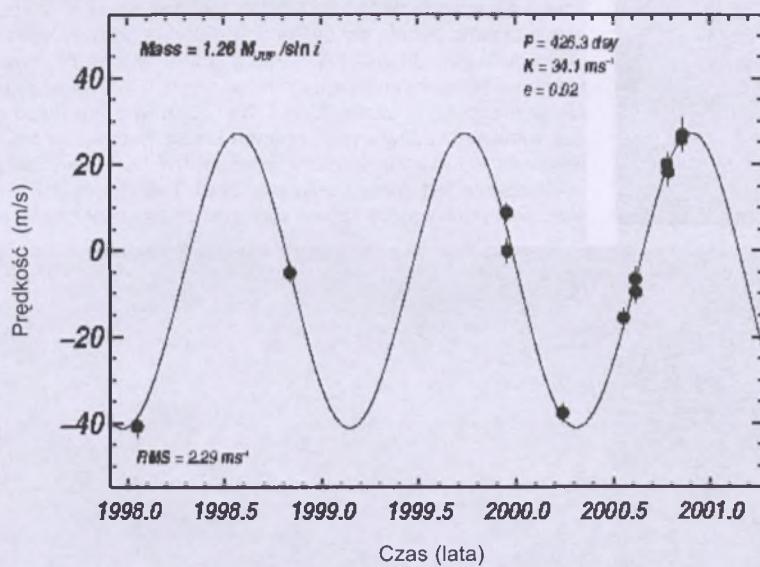
Takim pierwszym ma się stać California Extremely Large Telescope, który być może zostanie zbudowany w ciągu kilku następnych lat. Astronomowie mają również nadzieję na bliskie już stworzenie „megakolektora”, gigantycznego radioteleskopu o powierzchni jednego kilometra kwadratowego. Zaawansowane prace nad jego budową już trwają w Australii. Taki radioteleskop będzie zdolny do detekcji galaktyk jak źródło c na dużych odległościach. Móglby odpowiedzieć nam na pytanie, jak wiele takich obiektów znajdowało się we wczesnym Wszechświecie.

Paweł Lachowicz

\*AT to zespół kilku największych radioteleskopów administrowanych przez Australijską Organizację do spraw Badań Naukowych pracujących w systemie syntezy apertury



## Życie wokół Epsilon Reticuli?



## Aktywne życie komety Hale'a-Boppa

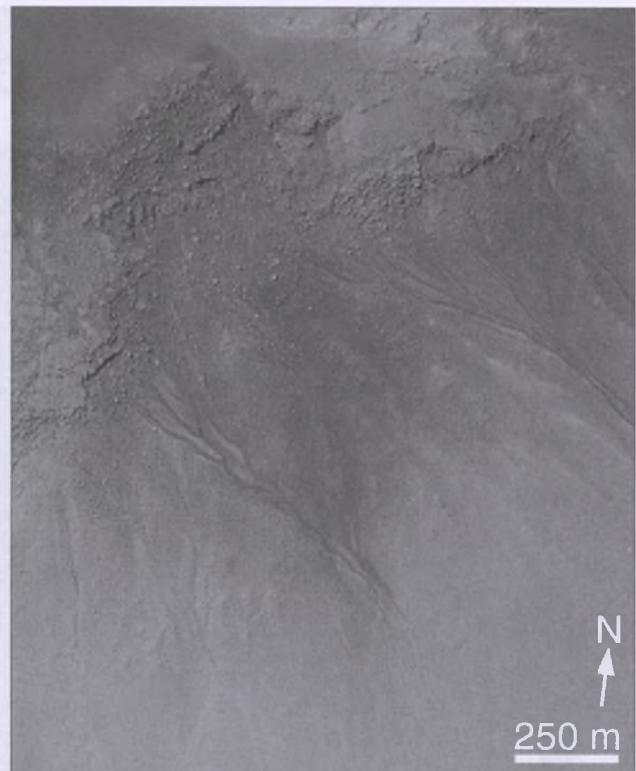
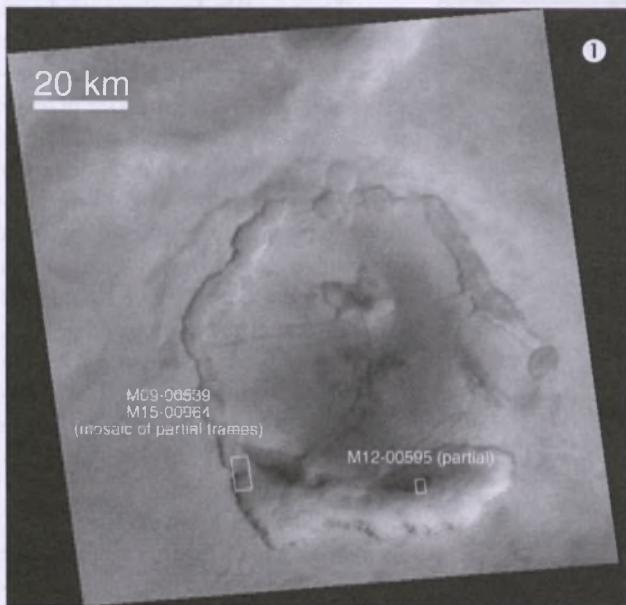
Naukowców wciąż zadziwia aktywność komety C/1995 O1, czyli Hale'a-Boppa. Bedąc raczej daleko od Słońca, niemal 2 miliardy kilometrów (13 j. a.), a więc pomiędzy orbitami Saturna i Urana, świeci na południowym niebie z jasnością 14,5 magnitudo. Najnowsze zdjęcia wykonane w obserwatorium La Silla w Chile na przełomie lutego i marca, pokazują wyrzucany przez kometę gaz i pył, tworzący jasny, zakrzywiony dżet. A do tego potężną komę, której średnica jest szacowana na

prawie 2 miliony kilometrów.

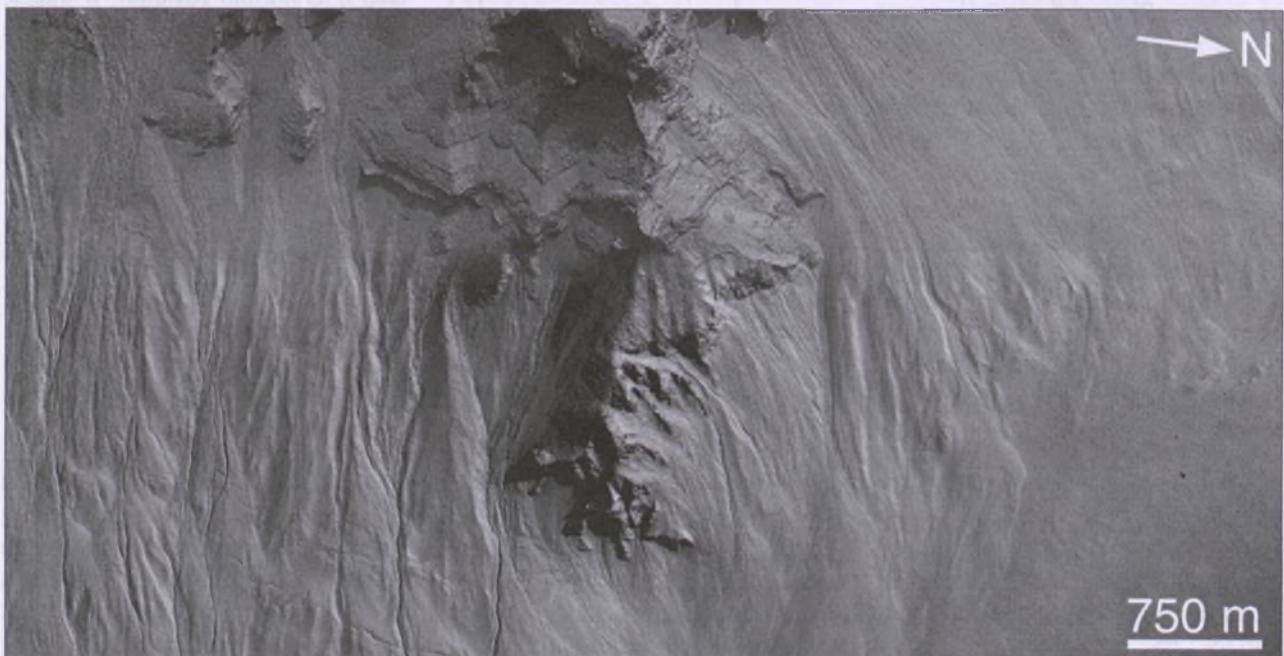
Mimo iż kometa ucieka od nas z prędkością jednego miliona kilometrów dziennie, astronomowie mają nadzieję, że będzie ona wdzięcznym obiektem do obserwacji jeszcze przez kilka najbliższych dziesięcioleci. (mag)

## Jeszcze jeden rzut oka na Marsa

**O**zdobą nieba w najbliższych tygodniach będzie z pewnością Mars — najjaśniejszy obiekt na nocnym firmamencie (nie licząc Księżyca oraz, bliskich Słońcu, Jowisza i Wenus). W dniu przesilenia letniego znajdzie się w minimalnej odległości od Ziemi (67 mln km), co umożliwia obserwacje pewnych szczegółów na jego powierzchni przy pomocy teleskopów. Na zachętę publikujemy jeszcze kilka zbliżeń Czerwonej Planety, uzyskanych ostatnio przez sondę *Mars Global Surveyor*. Z końcem stycznia br. dobiegła końca pierwsza faza tej misji — fotograficzny przegląd powierzchni w ciągu całego marsjańskiego roku. Przez przynajmniej kolejny rok (ziemski) kierownictwo misji ma nadzieję powiększyć zasoby archiwum o jeszcze bardziej szczegółowe zbliżenia wybranych miejsc. (kr)

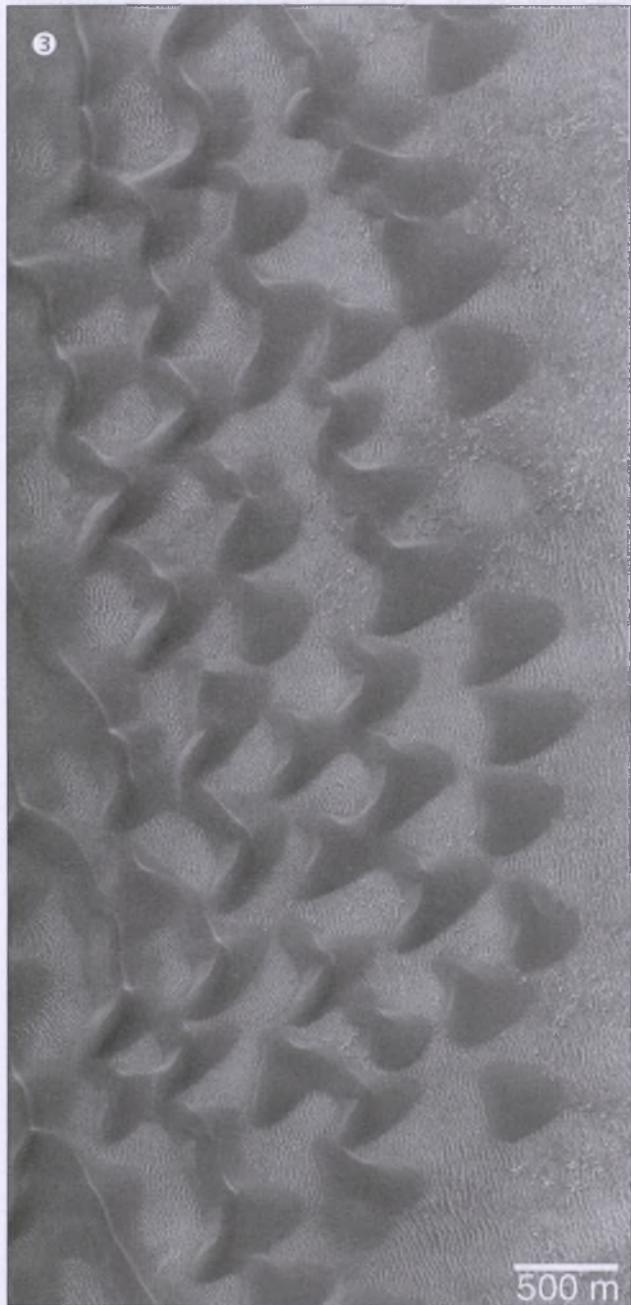


❶ Jedną z niejasności w próbach odtwarzania marsjańskiej przeszłości ilustrują zdjęcia dwóch fragmentów krateru w centralnej części Noachis Terra ( $47^{\circ}$ S,  $355^{\circ}$ W). Na pierwszym zakształcanie stoków wydają się być odpowiedzialne procesy osuwania i spływania (por. „Urania-PA” 5/2000), a wiek tych struktur wydaje się stosunkowo młody (kontrast widocznych tu form wskazuje, że nie są one pokryte warstwą pyłu). Na drugim widzimy nieco wyższe warstwy osadów wypełniających krater. Spomiędzy osuwisk wyłaniają się skaliste formacje bardziej trwałego materiału (ich pochodzenie jest póki co enigmatyczne). Tym razem gruba warstwa pyłu pokrywająca kanały sugeruje ich zaawansowany wiek.

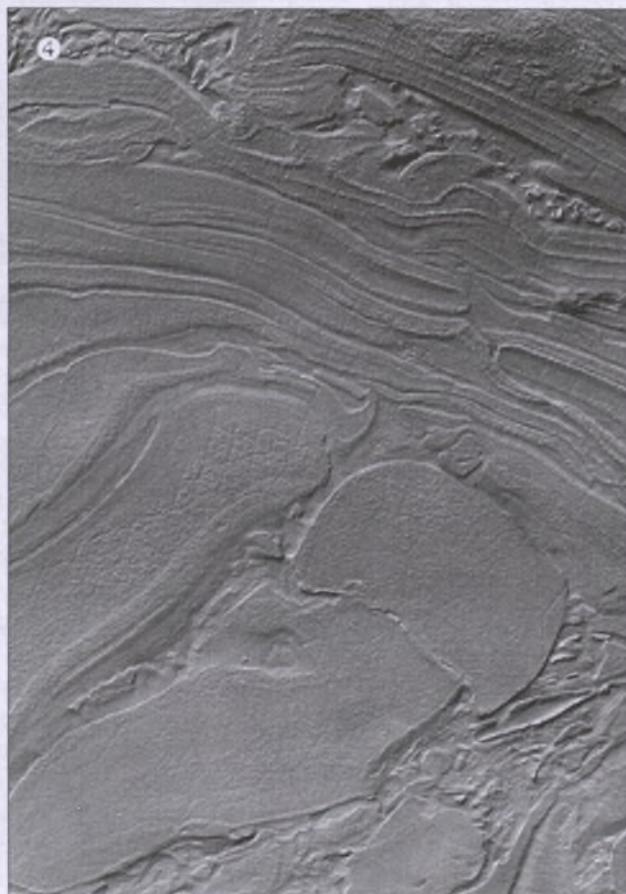


❷ Fragment okolic bieguna południowego ( $86^{\circ}\text{S}$ ,  $74^{\circ}\text{W}$ ) w okresie wczesnej wiosny. Krajobraz nazwany żartobliwie „serem szwajcarskim” (koliste struktury są faktycznie „dziurami” o głębokości ok. 4 m) zawdzięcza swą formę najprawdopodobniej procesom zamarzania dwutlenku węgla i/lub wody. Zdjęcie obejmuje obszar o rozmiarach 3 na 9 km z rozdzielcością 7 m na piksel.

❸ Ten z kolejnych obszarów, położony wewnątrz 170-km średnicy krateru Proctora ( $48^{\circ}\text{S}$ ,  $330^{\circ}\text{W}$ ) nazwano „żebami rekina”. To fragment powierzchni obfitujący w wydmy — niesymetryczne, gdyż rzeźbione wiatrem wiejącym głównie ze wschodu. Warto zwrócić uwagę na jeszcze subtelniejsze „zmarszczki” pokrywające cały teren pomiędzy wydmami.



❹ Północno-zachodnia część równiny Hellas ( $40^{\circ}\text{S}$ ,  $307^{\circ}\text{W}$ ). Geneza tych form na powierzchni Czerwonej Planety pozostaje zagadką. Na pierwszy rzut oka mogą być one wynikiem procesów osadowych, gdyż cały obszar wydaje się być pokryty stosunkowo cienką, równomierną warstwą bliżej nie zidentyfikowanego materiału. Zdjęcie obejmuje fragment powierzchni o rozmiarach 3 na 4 km.



# ROZALIA SZAFRANIEC 1910 – 2001

W dniu 1 marca 2001 roku po tygodniowej chorobie zmarła w Krakowie w wieku 91 lat doktor Rozalia Szafraniec — emerytowany adiunkt Uniwersytetu Jagiellońskiego, astronom i matematyk, członek Miedzynarodowej Unii Astronomicznej, wybitna obserwatorka i badacz gwiazd zmiennych zaćmieniowych, dla kolegów i przyjaciół Pani Róża, człowiek wielkich zalet ducha i charakteru. Przez ostatnie 655 dni przysługiwał Jej zaszczytny tytuł Nestora astronomów polskich.

W dniu 3 marca 2001 r. spoczęła w rodzinnej ziemi.

Rozalia Szafraniec urodziła się w Siekiernie w pobliżu Kielc w dniu 28 lutego 1910 r. Ojciec Jej zmarł, gdy miała zaledwie 3 lata. Przez całe dzieciństwo i młodość podziwiała i zapamiętała matkę w nadludzkim niemal wysiłku pokonującą samotnie trud prowadzenia pięciohektarowego gospodarstwa i wychowywania siedmiorga dzieci — czterech synów i trzech córek. Spośród tej gromadki jeden z braci Rozalki, a później Ona sama — uzyskali wyższe wykształcenie.

Dzięki parze życzliwych letników, zainteresowanych wyjątkowo miłą i inteligentną dziewczynką, wysoko ocenianą także przez nauczycieli, mogła Rozalka rozpocząć i ukończyć naukę w Państwowym Gimnazjum im. bł. Kingi w Kielcach. W 1929 r. była pierwszą w historii maturystką z Siekierni. Bezpośrednio potem podjęła studia matematyki na Uniwersytecie Warszawskim, u prof. W. Sierpińskiego i ukończyła je, uzyskując magisterium w 1934 r.

Wkrótce po otrzymaniu dyplomu los zetknął Ją z profesorem Tadeuszem Banachiewiczem, który poszukiwał wówczas kandydata na asystenta-obserwatora do Stacji Obserwatorium

Astronomicznego UJ na górze Lubomir (912 m n.p.m.) w pobliżu Myślenic. Rozalia Szafraniec przyjęła tę funkcję tylko na rok, gdyż planowała poświęcić się raczej pracy nauczycielskiej. Realizując swój plan, ukończyła w Warszawie w roku szkolnym 1935/36 jednoroczny kurs nauczycielski w Studium Pedagogicznym prof. Nawroczyńskiego i odbyła praktykę w prywatnym Gimnazjum p. Gepnerówny, po czym od dnia 1 września 1936 r. została nauczycielką matematyki w Państwowym Gimnazjum i Liceum w Mysłowicach, skąd dokładnie 3 lata później powróciła piechotą do Siekierni, gdzie działała, uczyła i wal-

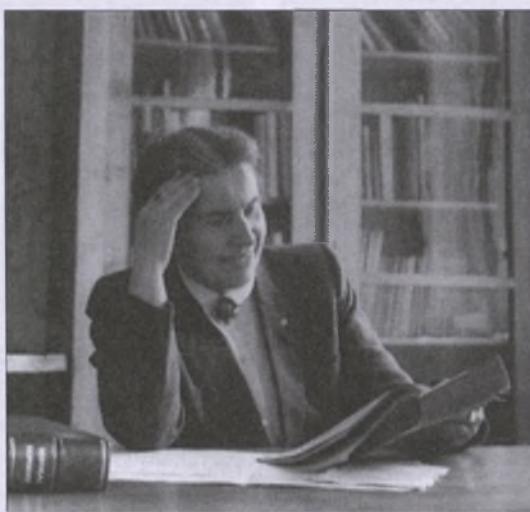
w lipcu 1943 r., na 7 tygodni przed zaplanowanym ślubem.

Ten trudny i bohaterowski okres życia Pani Róży upamiętniają: Krzyż Armii Krajowej, przyznany Jej w Londynie w 1979 r. i Honorowa Odznaka Żołnierza Armii Krajowej Korpusu „Jodła”, datowana na Jasnej Górze w 1981 r.

Bezpośrednio po wojnie uczyła przez kilka miesięcy matematyki w Gimnazjum w Bodzentynie, a następnie przez 2 lata (1945–1947) — w Państwowym Gimnazjum i Liceum im. bł. Kingi w Kielcach, gdzie kiedyś zdawała maturę.

We wrześniu 1947 r. przeniosła się do Krakowa i podjęła ponownie — po dwunastoletniej przerwie — pracę w Obserwatorium Astronomicznym UJ. Już 2 lata później zasłużyła w oczach wstrzemięźliwego w pochwałach profesora T. Banachiewicza na komplement „to dzielna obserwatorka”. Doktorat filozofii uzyskała w UJ w 1950 r. Pracowała wtedy również jako nauczycielka matematyki w III (ówczesne; dziś II) Państwowym Liceum i Gimnazjum im. króla Jana Sobieskiego w Krakowie. Od stycznia 1951 r. aż do przejścia na emeryturę w 1973 r. pozostała w Obserwatorium na stanowisku adiunkta.

W latach powojennych w Krakowie otrzymała nowy — wdzięczny pseudonim — *Rosa Volans* — nadany Jej przez niezapomnianego profesora Michała Kamieńskiego, który potrafił celnie zamykać, w dwóch najwyżej słowach, charakterystyki adeptów astronomii. W przypadku Pani Róży uzasadnieniem „przydomka” był pewne Jej status szybowniczki, uzyskany na trzech kursach: A, B, C w latach 1938/39; w Jej *Książce lotów* zanotowane są też loty treningowe w 1947 r. Nie można poza tym wykluczyć jako drugiej motywacji



Dr Róża Szafraniec w swojej pracowni w czerwcu 1956 roku

czyła w podziemiu przez cały okres okupacji.

Od stycznia 1942 r. brała udział w akcjach ZWZ, później AK, będąc komendantem gminy Bodzentyn w Wojskowej Służbie Kobiet; używała pseudonimów „Ażur” i „Żór”, związanych dość wyraźnie ze zmodyfikowanym imieniem, nadanym Jej przez przyjaciół. Oficjalnie legitymowała się podczas okupacji stanowiskiem gminnej agronomki, co niejeden raz okazywało się zbawienne. Ciężkim ciosem, który przeżyła w tym czasie, była śmierć narzeczonego, spalonego żywem przy pacyfikacji wsi Michniów,



Profesora Jej pasji podrózowania, zarówno na międzynarodowe kongresy i konferencje naukowe, jak i w ramach prywatnych eskapad turystycznych. Zwiedziła wiele krajów, o czym pisze w swoich *Okruchach wspomnień*, którym nadała dodatkowo podtytuł: *Miedzy Niebem a Ziemią* — zamierając zresztą przekazać je Bibliotece Jagiellońskiej.

Główną domeną działalności naukowej Rozalii Szafraniec były obserwacje wizualne gwiazd zmieniowych i ich opracowania. W latach sześćdziesiątych została nawet światową rekordzistką ze swymi prawie 50 tysiącami tego rodzaju obserwacji; oprócz nich prowadziła także obserwacje fotoelektryczne. Przy tej pracy odkryła dwie nowe gwiazdy zmienne. Wykonywała fotograficzne obserwacje pozycyjne komet i planetoid; fotografowała także Księżyc, by z pomiarów długości cieni jego gór wyznaczać parametry libracji; nie zaniedbywała nawet obserwacji zakryć gwiazd przez Księżyca, których ma na swym koncie prawie 400. W latach

1957–1966 obserwowała skrupulatnie przeloty SSZ, sporadycznie notowała także przeloty meteorów i zorze polarne. Z tytułu wieloletniego nadawania radiowych sygnałów czasu otrzymała Honorową Odznakę Komitetu d/s Radia i Telewizji z okazji jubileuszu tej instytucji w 1970 r. Przypomnijmy też, iż długo pełniła absorbowującą obowiązki redaktora technicznego *Postępów Astronomii*.

Imponowała wszystkim wytrwałością i sumiennością w pracy. Zapewne tak Ją uformowała twarda szkoła życia już w dzieciństwie. Nawet w okresie poważnego odmrożenia twarzy w okolicach oczodołów — od lodowatego okularu lunety — nie rezygnowała z obserwacji, wykonawszy sobie w tym celu na drutach specjalną „terrorystyczną” kominiarkę, z otwarami jedynie na oczy.

W archiwum Obserwatorium Pani Róża zdeponowała 18 dzienników obserwacyjnych, stanowiących plon trudu 26 lat i opublikowała drukiem 72 prace naukowe. Od 1952 r. była członkiem IAU, gdzie działała przez wiele lat w Komisji nr 42, koordynującej międzynarodową współpracę w zakresie badań gwiazd zmieniowych.

Od ponad 10 lat pojawiają się w biuletynach naukowych komunikaty o obserwacjach gwiazd zmieniowych, wykonywanych w **R. Szafraniec Observatory, Metzerlegen, Switzerland**; Obserwatorium to znajduje się w pobliżu Stacji Obserwacyjnej Uniwersytetu w Bazylei. Dr Roger Diethelm — zapytany przez Panią Różę, dlaczego nazwał Jej imieniem swoje prywatne obserwatorium — podał w odpowiedzi (11.06.1994 r.) aż dwa powody: „po pierwsze każdy, kto pracuje w dziedzinie gwiazd podwójnych zmieniowych, jest świadom znamienia Pani jakościowo

wyśmienitych i pozbawionych przerw obserwacji minimów. Wykonując ten sam rodzaj „brudnej roboty” (jak zwykle ją nazywać, gdyż nikt wykonujący tę ważną pracę nie ma szans, by dzięki niej stać się sławnym za swego życia), doceniam szczególnie to, że Pani prowadziła obserwacje w trudnych okresach czasu, kiedy to żaden inny obserwator nie byłby w stanie wykonać tej samej pracy. Wiąże się to zresztą zapewne i z drugim powodem, a mianowicie tym, że chciałem upamiętnić Panią jako jedną z kilku kobiet, które wywarły swoje piękno na astronomii europejskiej XX wieku” (łłm. J.M.).

Trudniej jednak bywa prorokowi wśród bliskich. Wieloletnia służba dydaktyczna Pani Róży została wprawdzie uhonorowana przepisowo Złotym Krzyżem Zasługi, a potem Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, ale — jak to bywa z weteranami — oprócz orderów, krzyży i medali ci najofiarniejsi bywają naznaczeni także bliznami. Taką „blizną” Pani Róży — uczciwej, odważnej i prostolinijnej weredyczki — było niezatwierdzenie habilitacji uzyskanej przez Nią w wyniku kolokwium odbytego podczas posiedzenia Rady Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UJ dnia 25 kwietnia 1963 roku; inną — stała się odmowa zgody na wyjazd Pani Róży do USA, gdy Uniwersytet w Filadelfii zaprosił Ją na jeden semestr w charakterze *visiting professor*. Oba te urazy pochodzą zresztą od jednego i tego samego człowieka, którego powinno się tu objąć, jako nieżyjącego, zwyczajowym immunitem, choć zdajemy sobie sprawę z tego, że historia przestrzegająca rygorystycznie normy *de mortuis nil nisi bene* stałaby się rychło ogólną hagiografią.

Smutne te fakty dowodzą, iż ta sama *Alma Mater* miewa dzieci różnego formatu. Format, jaki reprezentowała sobą Zmarła, pozwolił Jej jednak na wybaczenie winowajcy i na potraktowanie jego czynów w kategorii zaledwie przykrości, a nie krzywd.

W blasku tego przebaczenia *Rosa Volans* przekroczyła zapewne Bramy Niebios. Cześć Jej Pamięci!

Jan Mietelski



Dr Róża Szafraniec w czasie przemówienia na tysięcznym Zebraniu Naukowym Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w dniu 25 października 1996 roku.

## Całkiem luźno o gęstości

Często się mówi, że Wszechświat to ogromne i bogate laboratorium, w którym znajdziemy zarówno leciutkie cząstki elementarne, jak i masywne czarne dziury, chłodne obłoki molekularne i supergorące wnętrza gwiazd, obszary prawie puste i bardzo gęste. A co znaczy gęste?

Zwykle podając gęstość ma się na myśli stosunek całkowitej masy obiektu do całkowitej objętości, innymi słowy przeważnie jest to tzw. gęstość średnia. Słowo „średnia” odgrywa tu bardzo ważną rolę — załączona tabela 1 pozwala, np. porównać gęstości poszczególnych warstw Słońca (dawniej uzyskiwane tylko z teoretycznych modeli gwiazd, a obecnie potwierdzone dzięki badaniom astrosejsmologicznym) ze średnią. Widać wyraźnie, jak bardzo potrzebne jest pamiętanie o tym, że „uśredniamy” przytaczane dane — wszak „prawdziwe” czy raczej lokalne gęstości w Słońcu — w zależności od tego, gdzie je mierzamy — różnią się o kilkanaście rzędów wielkości.

Dzieje się tak dlatego, że gęstość zależy od temperatury ośrodka (chyleba że jest tak duża, iż materia ulega degeneracji) i od ciśnienia. W gwiazdach temperatury centralnych części są tak wysokie, a zatem ciśnienia promieniowania tak duże, że gęstość centralna maleje wraz ze wzrostem masy gwiazdy (patrz tabela 2). Po prostu w całkowitym ciśnieniu dominuje ciśnienie promieniowania (które rośnie jak czwarta potęga temperatury).

Warto tu dodać, że nawet w samym centrum Słońca gęstość (około

$1,5 \times 10^5 \text{ kg/m}^3$ ) jest znacznie mniejsza niż średnia gęstość gwiazdy neutronowej (około  $10^{18} \text{ kg/m}^3$ ).

Gęstość zależy też oczywiście od składu chemicznego materii. W starej jak świat zagadce pytano: „Co waży więcej — kilo waty czy kilo żelaza?”. Nim pytany zdolał się zorientować, że wata ma tylko mniejszą gęstość niż żelazo — często padała błędna odpowiedź. Wpływ budulca na gęstość widać przy porównaniu gęstości planet — tabela 3.

Dla porównania w tabeli 4 zamieszczono są gęstości „budulców” dobrze znanych na Ziemi.

Jak łatwo zauważyc, planety ziemiopodobne mają większe średnie gęstości niż planety jowisze — wynika to z ewolucji Układu Słonecznego.

Około 5 mld lat

temu ogromny obłok materii zapadał się ku swemu środkowi. Szybko rozgrzewał się w centrum i tam właśnie powstawało Słońce. Materia obłoku, składająca się głównie z gazu, ale wzbogacona w pyły (bo Słońce nie jest gwiazdą pierwszej generacji, tworzyło się z materii już wcześniej przetworzonej przez gwiazdy) musiała być bardzo dobrze wymieszana, tzn. obłok był bardzo jednorodny (to wiemy z prawie takiego samego składu izotopowego różnych ciał Układu). Jeśli na początku obłok ten choć śladowo się obracał — przy kurczeniu się wirował coraz szybciej, rozkręcał się i spłaszczał, powstawał dysk materii. Peryferie dysku oczywiście stygły — zatem z gazowej fazy obłoku wydzielali się — pozostając stale w równowadze z otoczeniem — kolejno różne związki chemiczne, następowała akumulacja stałych drobin. W niższych temperaturach, na obrzeżach dysku tworzyły się lody wody  $\text{H}_2\text{O}$ , amoniu  $\text{NH}_3$  i metanu  $\text{CH}_4$ , bliżej — krze-

miany, siarczany, węglany, jeszcze bliżej Słońca — oliwiny, pirokseny i plagioklasy (czyli składowe skał granitowych i bazaltowych). Z nich tworzyły się planetozymale, które stawały się coraz większe, bo zbierały masę z obłoku (najpierw elektrostatycznie, potem grawitacyjnie) jak tocząca się po śniegu kula. Co więcej — zderzając się nie tylko rosły, ale jednocześnie następuło w nich samych różnicowanie struktury. W rozgrzanej zderzenio-

TABELA 1

### Gęstości różnych warstw Słońca ( $\text{kg/m}^3$ )

korona	$10^{-11} - 10^{-4}$
chromosfera	$8 \times 10^{-5} - 10^{-11}$
fotosfera	$8 \times 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-4}$
warstwa konwektywna	$4 \times 10^{-4} - 30$
warstwa promienista	30 – 20 000
jądro	20 000 – 153 000
gęstość centralna	153 000
(w prasłońcu)	85 000
średnia gęstość	1408

wo materii to, co się mogło stopić — ulegało stopieniu, a następnie elementy najczęściej, np. żelazo, spływały ku centrum prasoplanety. Na takie żelazne jądro spływały ciężkie skały, nad nimi tworzyła się warstwa skał lżejszych. Te najlżejsze, które wypływały ku powierzchni — dość szybko zastygały w skorupie. Tak właśnie powstawały planety ziemiopodobne.

Planety odległe powstawały wcześniej (bo temperatura w oddalonych częściach dysku była niższa), miały szansę wyłapać na swe powierzchnie wiejący od prasłońca silny wiatr słoneczny (tzn. głównie wodór i hel) — dlatego mają znacznie mniejsze średnie gęstości. Widać więc, że z grubszego daje się zrozumieć genezę rozmaitych gęstości planet. Odwołując się do ewolucji Układu, mniej więcej rozumiemy też genezę niskich gęstości księżyców (np. nasz Książyc „stracił” część swego żelaznego jądra przy zderzeniu z prziemią w momencie powstawania, a wokół planet odległych

TABELA 2

### Orientacyjne gęstości centralne gwiazd ciągu głównego

Masa/masa Słońca	$\text{kg/m}^3$
1,78	$7 \times 10^4$
4,47	$2 \times 10^4$
6	$1,4 \times 10^4$
10	$7,8 \times 10^3$
15	$5,1 \times 10^3$

istniały bogate w parę wodną („uwięzioną grawitacyjnie”) dyski satelitarne, gdzie następowała kondensacja materii w lodowe księżyce...).

Dla kompletu przytoczymy jeszcze tabelkę gęstości spotykanych w przestrzeni kosmicznej (tab. 5). Rzeczą jasna, znając liczbę cząstek w  $\text{m}^3$ , można policzyć gęstość w  $\text{kg/m}^3$  pamiętając, że masa atomu wodoru  $1,6737 \times 10^{-27}$  kg. Stąd wiadomo np., że w każdym metrze sześciennym powietrza znajduje się kilka razy  $10^{19}$  cząstek, a w materii międzygwiazdowej mamy średnio  $10^{-21}$   $\text{kg/m}^3$ .

Można jednak o gęstości myśleć także w innej kategorii, a mianowicie jak często rozmieszczone są obiekty, jak daleko znajduje się (średnio) jeden od drugiego.

Jak podano w „Uranii” 2/2000, średnia odległość między N obiektami w objętości V wynosi:

$$d = \sqrt[3]{\frac{V}{N}}$$

Zatem, np. skoro w wywołującej Leonidy strudze materii po kometie 55P/Tempel-Tuttle (patrz „Urania” 2/2000) Arkadiusz Olech podał, że  $N = 5400 \pm 1200$  w sześcianie o boku 1000 km, to sąsiadujące cząstki oddalone są średnio od siebie o 53,5 km do 61,9 km. A same meteoroidy są małe — to warto pamiętać! Pomiędzy obłokami międzygwiazdowymi atomy napotykamy co około 2 cm!

Policzmy teraz, jaka jest gęstość gwiazd w Galaktyce. Przyjmując, że Galaktyka jest kulą o promieniu 15 kps, która zawiera 200 mld gwiazd mamy:

$$d = \sqrt[3]{\frac{\frac{4}{3}\pi(15 \text{ kpc})^3}{200 \cdot 10^9}} = 4,13 \text{ pc}$$

Około 150 mld gwiazd znajduje się w jądrze Galaktyki — elipsoidzie obrotowej o półosiach  $a=2$  kpc na  $b=c=5$  kpc, której  $V=4/3\pi abc$  stąd

$$d = \sqrt[3]{\frac{\frac{4}{3}\pi(2 \cdot 5 \cdot 5) \text{ kpc}^3}{150 \cdot 10^9}} = 3,11 \text{ pc}$$

Jakkolwiek liczyć — w stosunku do swych rozmiarów (max. 100 promieni Słońca czyli  $7 \times 10^7$  km) — gwiazdy rozmieszczone są rzadko.

Bardzo rzadko „upakowane” są też planety. Najmniejsza odległość między nimi to około 0,3 j.a. (Merkury-Wenus lub Wenus-Ziemia), czyli rzędu 45 mln km. Tymczasem promienie planet mają od ponad 1000 do 71 tys. kilometrów.

Gęściej są rozmieszczone galaktyki. Przeciętnie co kilka średnich rozmiarów galaktyk (powiedzmy po kilkadziesiąt kpc średnicy) znajduje się galaktyka następna. Gdyby to sobie wyobrazić przestrzennie — gromady galaktyk można porównać do piętrowego parkingu. Parking niech

będzie gromadą, a rozmiar średniego samochodu (czyli każde miejsce parkigowe) niech ma rozmiar średniej galaktyki. „Parkują” i motocykle, i maluchy, i duże samochody. Ale zwykle każdy następny pojazd jest od sąsiada oddalony o kilka miejsc pustych.

A jak wygląda sytuacja „gęstości” w świecie atomów? W atomie Bohra promień orbity elektronu równa się

TABELA 3

**Gęstości planet i drobnych ciał Układu Słonecznego ( $\text{kg/m}^3$ )**

Merkury	5430
Wenus	5250
Ziemia	5520
Książyc	3340
Mars	3950
Fobos	2000
Deimos	1700
planetoidy	1200–3400
Jowisz	1330
Io	3570
Europa	2970
Ganimedes	1940
Kallisto	1860
Saturn	690
Mimas	1170
Enceladus	1240
Tetyda	1260
Tytan	1880
Uran	1290
Miranda	1150
Ariel	1560
Umbriel	1520
Tytania	1700
Oberon	1640
Neptun	1640
Tryton	2070
Pluton	2030
Charon	2000

TABELA 4

Gęstości mierzone na Ziemi	$\text{kg/m}^3$
najlepsza „próżnia”	0,0000000001
powietrze	1,185
woda	1000
węgiel	1400
krzem	2238
żelazo	7880
złoto	19280

TABELA 5

**Gęstości w przestrzeni kosmicznej**

	cząstek/ $\text{m}^3$
materia międzyplanetarna koło Ziemi	$5 \times 10^6$
materia międzygwiazdowa w obłokach	$10^{12}$
między obłokami	$0,1 \times 10^5$
materia międzygalaktyczna	<1

$5,29 \times 10^{-11}$  m, a promień nukleonu  $1,5 \times 10^{-15}$  m, promień największych jąder atomowych  $10^{-14}$  m, a rozmiary atomów  $0,5-2 \times 10^{-9}$  m.

Reasumując, można zatem powiedzieć, że tak naprawdę we Wszechświecie — zarówno w skali makro, jak i mikro — najwięcej jest... pustki. I może dlatego te przytoczone rozwiązania o gęstości były aż tak luźne!

**Magda Kożuchowska**

**Literatura**

„Urania-Postępy Astronomii” 5 i 6/99; 2/2000

Astrofizyka układów planetarnych, Paweł Artymowicz, Wydawnictwo Naukowe PWN 1995

Gwiazdy i materia międzygwiazdowa, Marcin Kubiak, Wydawnictwo Naukowe PWN 1994

Słownik szkolny. Astronomia WSiP 1999

Tablice fizyczno-astronomiczne Wyd. Adamantan 1995

## Lipiec

### Słońce

W lipcu deklinacja Słońca z dnia na dzień maleje, w związku z czym dni są coraz krótsze. Dnia 4 lipca Ziemia znajdzie się w najdalszym od Słońca punkcie swojej orbity — w aphelium.

W Warszawie 1 lipca Słońce wschodzi o 2<sup>h</sup>19<sup>m</sup>, zachodzi o 19<sup>h</sup>00<sup>m</sup>, a 31 lipca wschodzi o 2<sup>h</sup>55<sup>m</sup>, zachodzi o 18<sup>h</sup>29<sup>m</sup>. W lipcu Słońce wstępuje w znak Lwa.

### Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> czasu UT)

Data 2001	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
VII 1	-2,68	2,88	348,53
3	-1,77	3,10	322,06
5	-0,86	3,32	295,59
7	0,05	3,53	269,11
9	0,95	3,74	242,64
11	1,85	3,94	216,18
13	2,75	4,14	189,71
15	3,64	4,34	163,24
17	4,52	4,53	136,78
19	5,40	4,71	110,31
21	6,26	4,89	83,85
23	7,12	5,07	57,39
25	7,97	5,24	30,94
27	8,80	5,40	4,48
29	9,62	5,56	338,02
VII 31	10,43	5,71	311,57

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B<sub>0</sub>, L<sub>0</sub> — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

27<sup>d</sup>08<sup>h</sup>08<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

### Książyc

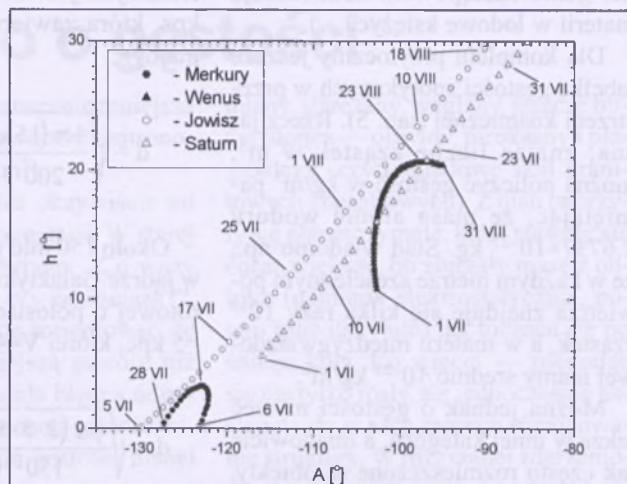
Bezksiążycowe noce będziemy mieli w drugiej połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia 5<sup>d</sup>15<sup>h</sup>04<sup>m</sup>, ostatnia kwadra 13<sup>d</sup>18<sup>h</sup>45<sup>m</sup>, nów 20<sup>d</sup>19<sup>h</sup>44<sup>m</sup> i pierwsza kwadra 27<sup>d</sup>10<sup>h</sup>08<sup>m</sup>. W apogeum Księżyca znajdzie się 9 lipca o 11<sup>h</sup>25<sup>m</sup>, a w perigeum 21 lipca o 20<sup>h</sup>45<sup>m</sup>.

W dniu 5 lipca wystąpi częściowe zaćmienie Księżyca, niewidoczne w Polsce.

### Planety i planetoidy

W drugiej połowie lipca, nad ranem można próbować obserwować Merkurego, jednak będzie to niezwykle trudne. W dniu 17 lipca na początku świtu cywilnego (Słońce 7° pod horyzontem, czyli około godzinę przed jego wschodem) planeta będzie świeciła z jasnością -0,4<sup>m</sup> na wysokość jedynie 3° nad północno-wschodnim horyzontem. Tak niskie położenie w praktyce uniemożliwi dostrzeżenie przez teleskop nawet fazy planety, wynoszącej wtedy 60%.

Także nad ranem można obserwować Wenus, wzno-

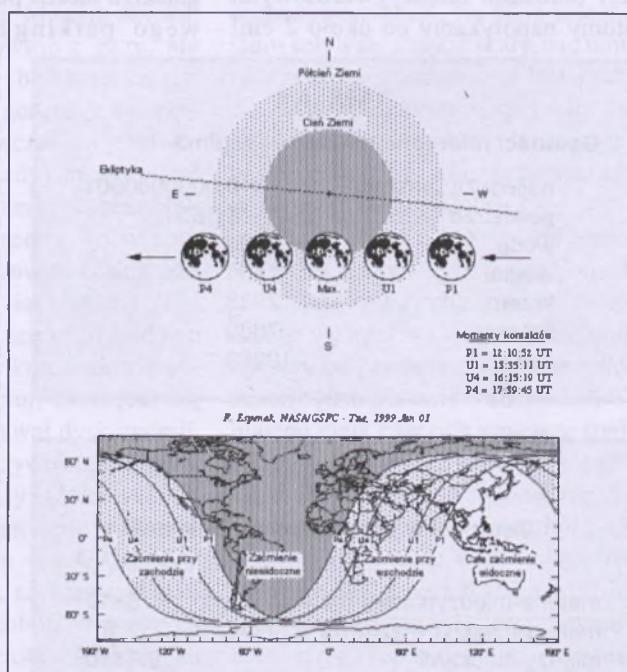


Rys. 1. Merkury, Wenus, Jowisz i Saturn nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w lipcu i sierpniu 2001 na początku świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca).

szając się bardzo powoli coraz wyżej nad wschodnim horyzontem. Wysokość planety na początku świtu cywilnego rośnie od 11° na początku lipca do 19° pod koniec miesiąca. W tym samym czasie średnica tarczy planety spada od 20" do 15" przy praktycznie stałej jasnościowej -4,1<sup>m</sup>.

Mars widoczny jest w pierwszej połowie nocy na granicy gwiazdozbiorów Skorpiona i Wężownika. W związku z oddalaniem się od czerwcowej opozycji jasność planety maleje od -2,2<sup>m</sup> do -1,5<sup>m</sup>, a średnica tarczy od 20,5" do 17". Teleskopowe obserwacje szczegółów powierzchniowych planety utrudniać będzie jej niskie położenie nad horyzontem.

W połowie lipca na porannym niebie pojawia się także Jowisz jako „gwiazda” -2<sup>m</sup>. Pod koniec miesiąca, na godzinę przed wschodem Słońca planeta wznosi się już na



Rys. 2. Częściowe zaćmienie Księżyca 5 lipca 2001. (wg. F. Espenak – NASA/GSFC)

wysokości  $16^\circ$  nad horyzontem, świecąc na granicy gwiazdozbiorów Byka i Bliźniąt. W odległości  $20^\circ$  na zachód od Jowisza także coraz wyżej nad wschodni horyzont wznosi się Saturn o jasności  $0^m$ . O ile z początkiem lipca na początku świtu cywilnego jego wysokość nad horyzontem wynosi zaledwie  $6^\circ$ , to pod koniec miesiąca wzrasta już do około  $30^\circ$ !

Uran i Neptun znajdują się w pobliżu opozycji i są widoczne całą noc  $16^\circ$  od siebie w gwiazdozbiorze Koziorożca.

W pierwszej połowie nocy można obserwować Plutona w gwiazdozbiorze Wężownika, jednak niezbędnie jest posiadanie teleskopu o średnicy obiektywu (zwierciadła) równej przynajmniej 15cm.

W lipcu możemy obserwować w pobliżu opozycji jasną planetoidę:

(1) Ceres, (jasność  $7,3^m$ ). 10 VII:  $19^h09,6^m$ ,  $-29^\circ37'$ ; 20 VII:  $19^h00,1^m$ ,  $-30^\circ15'$ ; 30 VII:  $18^h51,8^m$ ,  $-30^\circ42'$ .

### 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:  $\alpha = 22^\circ36'$ ,  $\delta = 0^\circ$  i  $-17^\circ$ . Warunki obserwacyjne w tym roku są raczej dobre w związku z Księżykiem w pobliżu pierwszej kwadry.

\* \* \*

3<sup>d</sup>06<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżykiem w odl.  $9^\circ$ .

3<sup>d</sup>10<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odl.  $6^\circ$ .

4<sup>d</sup>13<sup>h</sup>38<sup>m</sup> W swoim ruchu po orbicie wokółsłończej Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, w aphelium, w odl. 1,016642 j.a.

5<sup>d</sup>15<sup>h</sup> Częściowe zaćmienie Księżyca (faza maksymalna równa 0,50) widoczne we wschodniej Afryce, Azji, Australii, na Oceanie Indyjskim i Spokojnym.

7<sup>d</sup>14<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odl.  $3^\circ$ .

8<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odl.  $3^\circ$ .

9<sup>d</sup>17<sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości  $21^\circ$ .

12<sup>d</sup>02<sup>h</sup>19<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

13<sup>d</sup>01<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

13<sup>d</sup>02<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

13<sup>d</sup>09<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Jowiszem w odl.  $2^\circ$ .

15<sup>d</sup>08<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Saturnem w odl.  $0,7^\circ$ .

16<sup>d</sup>02<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.

17<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odl.  $0,6^\circ$ .

17<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odl.  $0,3^\circ$ .

19<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odl.  $0,2^\circ$ .

19<sup>d</sup>02<sup>h</sup>[15<sup>m</sup>] Krosno – 26<sup>m</sup> Szczecin] Zakrycie gwiazdy  $\eta$  Gem (3,2<sup>m</sup>) przez Księżyca, widoczne w całej Polsce.

19<sup>d</sup>06<sup>h</sup>[16<sup>m</sup>] Krosno – 25<sup>m</sup> Olsztyn] Zakrycie gwiazdy  $\mu$  Gem (3,2<sup>m</sup>) przez Księżyca, widoczne w całej Polsce.

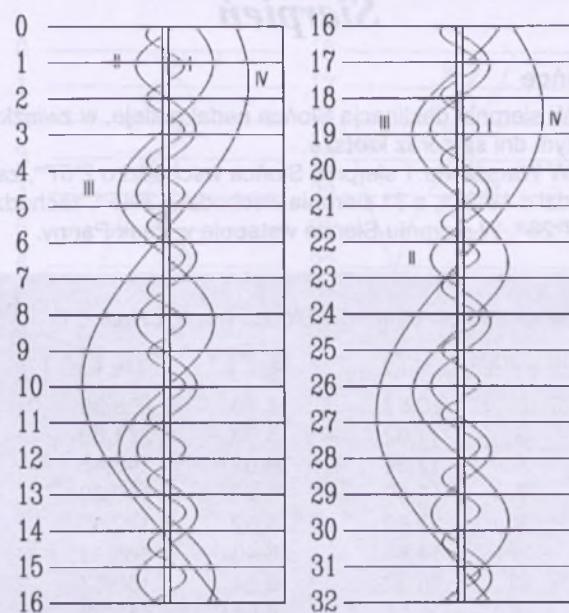
19<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odl.  $1^\circ$ .

19<sup>d</sup>23<sup>h</sup> Mars nieruchomy w rektascensji.

20<sup>d</sup>01<sup>h</sup>34<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

20<sup>d</sup>02<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

21<sup>d</sup>01<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.



Rys. 3. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lipcu 2001 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Calisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo.

22<sup>d</sup>18<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Słońce wstępnie w znak Lwa, jego długość ekiptyczna wynosi wtedy  $120^\circ$ .

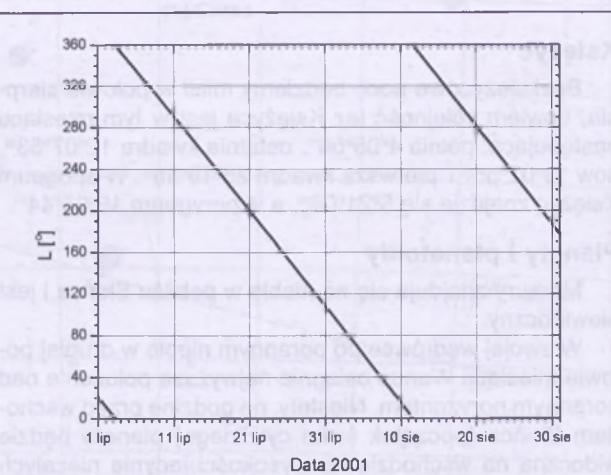
24<sup>d</sup>21<sup>h</sup>41<sup>m</sup> Gwiazda zmiana  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>)

28<sup>d</sup>20<sup>h</sup>47<sup>m</sup> Gwiazda zmiana  $\zeta$  Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>)

30<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżykiem w odl.  $9^\circ$ .

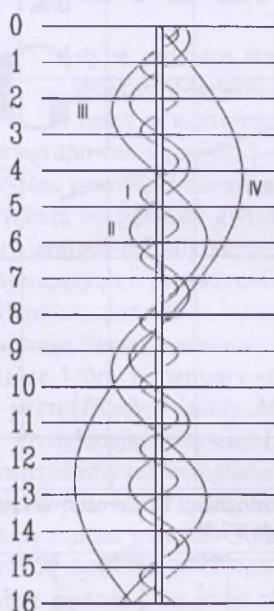
30<sup>d</sup>12<sup>h</sup> Neptun w opozycji ze Słońcem.

30<sup>d</sup>14<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odl.  $6^\circ$ .

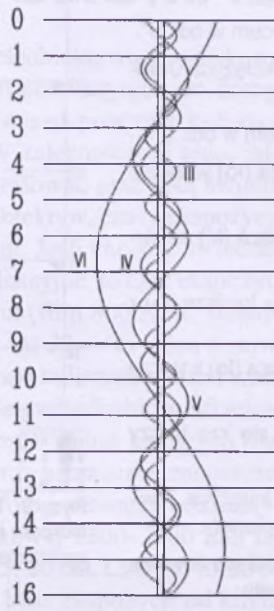
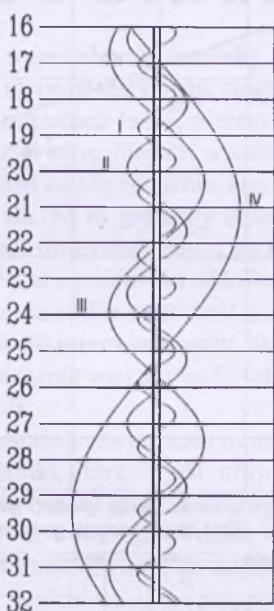


Rys. 4. Zmiany długości południka centralnego tarczy Marsa (L) o północy UT w lipcu i sierpniu 2001. Aby określić długość południka centralnego Marsa w danym momencie, należy pamiętać, że w ciągu godziny wzrasta ona o ok.  $15^\circ$  (wygląd tarczy Marsa przy danej wartości L pokazano w „Kalendarzu Astronomicznym” „Urania” 2/2001, str.95).





Rys. 5. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w sierpniu 2001 (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 sierpniu 2001 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

11<sup>h</sup>02<sup>m</sup>46<sup>s</sup> Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.

12<sup>h</sup>01<sup>m</sup>45<sup>s</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

12<sup>h</sup>02<sup>m</sup>40<sup>s</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

13<sup>h</sup>02<sup>m</sup>03<sup>s</sup> Książyc I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

14<sup>d</sup> Książyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

14<sup>h</sup>03<sup>m</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odł. 0,2°.

15<sup>h</sup>15<sup>m</sup> Uran w opozycji ze Słońcem.

15<sup>h</sup>20<sup>m</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odł. 0,4°.

16<sup>h</sup>13<sup>m</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odł. 2°.

17<sup>h</sup>01<sup>m</sup>42<sup>s</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.

19<sup>h</sup>01<sup>m</sup>26<sup>s</sup> Książyc II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.

19<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odł. 4°.

20<sup>h</sup>00<sup>m</sup>47<sup>s</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

21<sup>h</sup>00<sup>m</sup>21<sup>s</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

21<sup>h</sup>01<sup>m</sup>23<sup>s</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

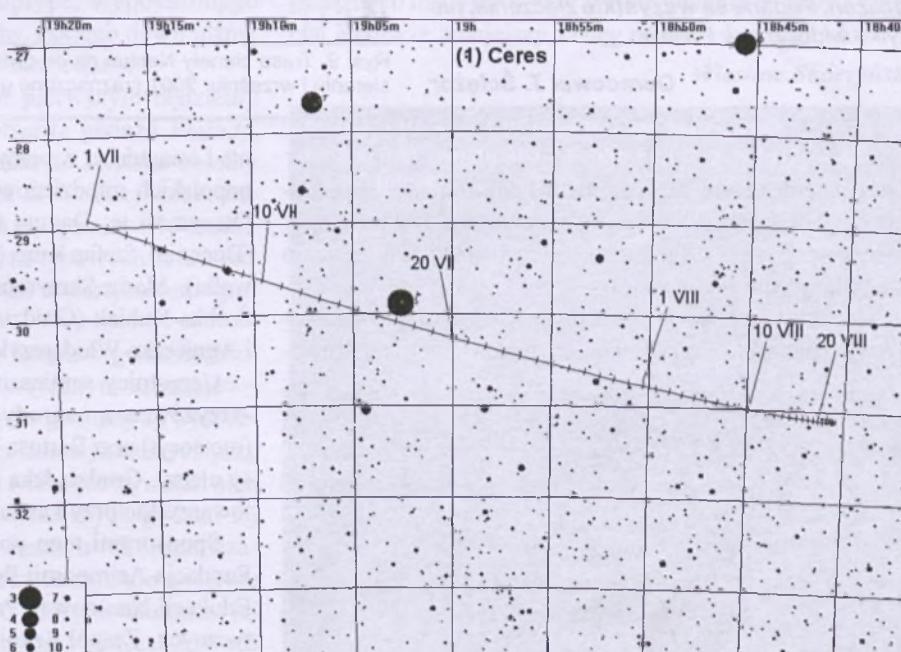
22<sup>d</sup> Książyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

22<sup>h</sup>00<sup>m</sup>49<sup>s</sup> Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.

23<sup>h</sup>01<sup>m</sup>25<sup>s</sup> Słońce wstępuje w znak Panny, jego długość eklipsyczna wynosi wtedy 150°.

25<sup>h</sup>03<sup>m</sup> Pluton nieruchomy w rektascensji.

25<sup>h</sup>22<sup>m</sup>25<sup>s</sup> Gwiazda zmienne zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.



Rys. 7. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Strzelca w lipcu i sierpniu 2001 (zaznaczone gwiazdy do 10,5<sup>m</sup>).

26<sup>d</sup>02<sup>h</sup>26<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

26<sup>d</sup>17<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżykiem w odł. 9°.

27<sup>d</sup>02<sup>h</sup>41<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

27<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżycem w odł. 5°.

28<sup>d</sup>00<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

28<sup>d</sup>01<sup>h</sup>07<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

28<sup>d</sup>02<sup>h</sup>15<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

28<sup>d</sup>03<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

29<sup>d</sup>00<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Księżyce I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

29<sup>d</sup>00<sup>h</sup>37<sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.

29<sup>d</sup>03<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.

30<sup>d</sup> Księżyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

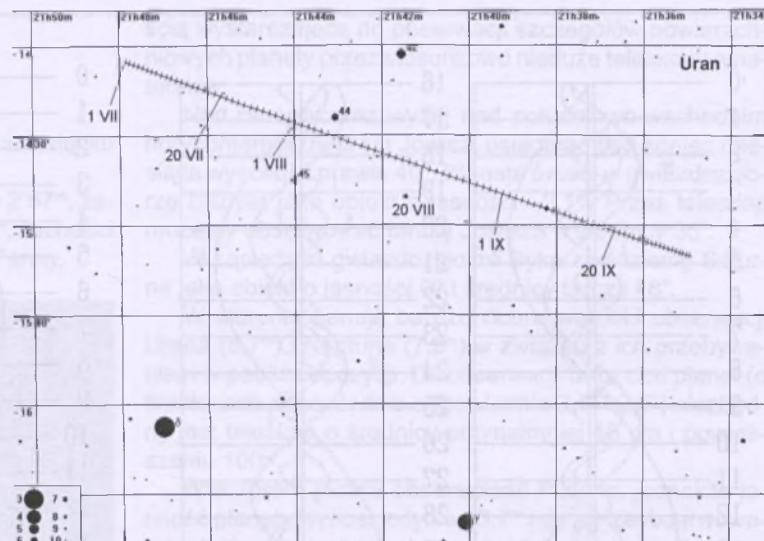
31<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżycem w odł. 3°.

**UWAGA:** *Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).*

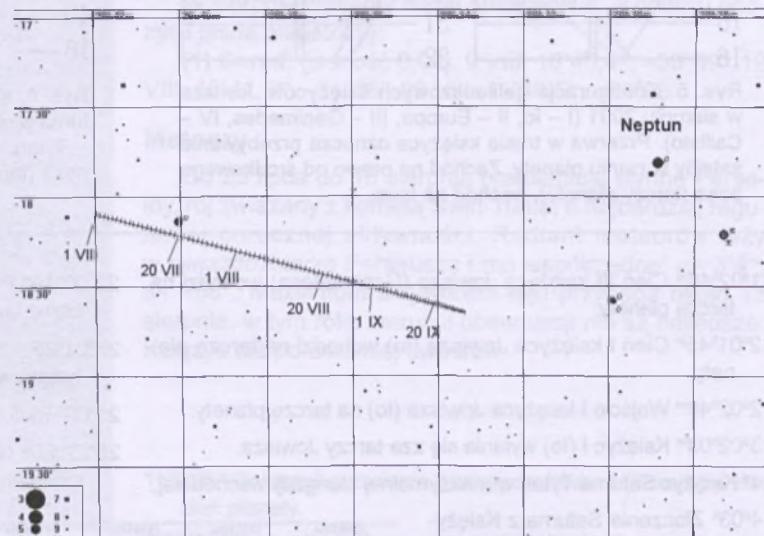
Aby otrzymać datę w obowiązującym w lipcu i sierpniu w Polsce "czasie letnim", należy dodać 2 godziny.

Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. Momenty wzajemnych złączeń planet podane są dla maksymalnych zbliżeń. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

**Opracował T. Ściążor**



Rys. 8. Trasa planety Uran na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu, sierpniu i wrześniu 2001 (zaznaczone gwiazdy do 10,5<sup>m</sup>).



Rys. 9. Trasa planety Neptun na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu, sierpniu i wrześniu 2001 (zaznaczone gwiazdy do 10,5<sup>m</sup>).

dokonanie ze str. 125.

wraz z serdecznym zaproszeniem Pani Dyrektor do wzięcia udziału w przyszłorocznym seminarium. Jest na to spora szansa, gdyż w gronie tegorocznych finalistów znalazło się tylko pięciu maturzystów.

Komisja konkursowa postanowiła również wręczyć zasłużonym nauczycielom i opiekunom dyplomy za zaangażowanie.

nie i osiągnięcia w pracy dydaktycznej z uczestnikami ogólnopolskich młodzieżowych seminariów astronomicznych. Otrzymali je: Danuta Gajda (Kwidzyn), Elżbieta Kielar (Bochnia), Stefan Kuna (Kołobrzeg), Teresa Łaskowska (Suwałki), Maria Skowrońska (Jelcz-Łaskowice), Małgorzata Śróbka-Kubiak (Grudziądz), Mirosław Trociuk (Włodawa) i Agnieszka Włodarczyk (Łódź).

Uczestnicy seminarium wzięli też udział w konkursie -krzyżówce, a nagrody wylosowali Aleksandra Łubnicka (meteoryt) oraz Bartosz Dąbrowski i Konrad Rudnicki (atlas-y nieba). Grudziązką imprezę zakończyło miłe spotkanie towarzyskie przy kawie.

Sponsoram tego pozytecznego przedsięwzięcia były: Fundacja Astronomii Polskiej, PTA, PTMA, Ministerstwo Edukacji Narodowej, Prezes Polskich Linii Elektromagnetycznych, Zespół Szkół Technicznych w Grudziądzu, Kujawsko-Pomorskiej i Pomorskiej Marszałkostwie, i inne instytucje.

**Krzysztof Rochowicz**

**ASTRO-BIT**  
Oprogramowanie i materiały astronomiczne

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

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



# FOTOGRAFOWANIE GROMAD GWIAZD

Gdy w pogodną noc, wyposażeni w lornetkę, będziemy obserwować różne obszary nieba, dostrzeżemy w niektórych miejscach luźne, nieregularne ugrupowania gwiazd — czyli takie miejsca, w których gęstość powierzchniowa gwiazd na sferze niebieskiej jest większa od gęstości gwiazd tła. Są to gromady otwarte, zawierające od kilkudziesięciu do około tysiąca gwiazd zajmujących w przestrzeni obszar o promieniu od kilku do kilkunastu parseków. Na nocnym niebie większość z nich zajmuje obszar o średnicy 10–20 minut kątowych, ale są i takie, których rozmiary są znacznie większe od Księżyca w pełni (*Hiady, Plejady, M 44*).

Przeglądając rozwiezione niebo za pomocą lornetki, dostrzeżemy także mgliste plamki, które — jeśli użyjemy teleskopu — „rozspiąć” się na tysiące gwiazd. Są to gromady kuliste gwiazd. Obiekty te wykazują wyraźną sferyczną symetrię oraz koncentrację gwiazd ku centrum, gdzie gęstość gwiazd na sferze niebieskiej (w przypadku niektórych obiektów) jest tak znaczna, iż tylko przy zastosowaniu bardzo dużych teleskopów udaje się wyodrębnić pojedyncze gwiazdy. Gromady kuliste zawierają około kilkuset tysięcy gwiazd rozłożonych w obszarze o promieniu 20–50 parseków. Rozmiary kątowe największych gromad kulistych porównywalne są z rozmiarami Księżyca w pełni (*w Cen, 47 Tuc, M 22, M 13*). Jednak zdecydowana większość gromad kulistych ma średnice nie przekraczające kilku–kilkunastu minut kątowych.

Ze względu na swoje rozmiary i jasność oba typy gromad gwiazd są częstym tematem zdjęć wykonywanych przez miłośników astronomii. Należy jednak podkreślić, iż fotografowanie gromad kulistych gwiazd wymaga użycia teleskopu o bardzo dobrej optyce, wyposażonego w precyzyjny napęd lub mikroruchy. Jakiego powinniśmy użyć teleskopu, filmu oraz czasu naświetlania?

Rozpatrzmy dwa przypadki: w pierwszym będziemy chcieli sfotografować gromadę otwartą gwiazd *Plekady*, a w drugim gromadę kulistą gwiazd *M 22*. Oba obiekty należą do największych (na sferze niebieskiej) przedstawicieli obu klas obiektów, a zatem będą stanowiły doskonały trening przed fotografowaniem typowych (znacznie mniejszych) przedstawicieli gromad otwartych oraz gromad kulistych gwiazd.

*Plekady* — to gromada otwarta, leżąca w gwiazdozbiorze Byka, o najbardziej charakterystycznym kształcie — przypominającym wóz. Najjaśniejsze gwiazdy są widoczne nieuzbrojonym okiem, a na zdjęciach wykonanych przy bardzo długich czasach ekspozycji widoczne są wokół nich mgławice refleksywne. Jasności najsłabszych gwiazd tej gromady wynoszą około 17 magnitudo, a ich liczba szacowana jest na około 250. Cała gromada zajmuje na sferze niebieskiej obszar o średnicy około 3 stopni, natomiast jej centralna, najbardziej charakterystyczna część  $1,5 \times 1,5$  stopnia. Zakładając, że właśnie ten centralny obszar chcemy sfotografować, będziemy potrzebować teleskopu bądź

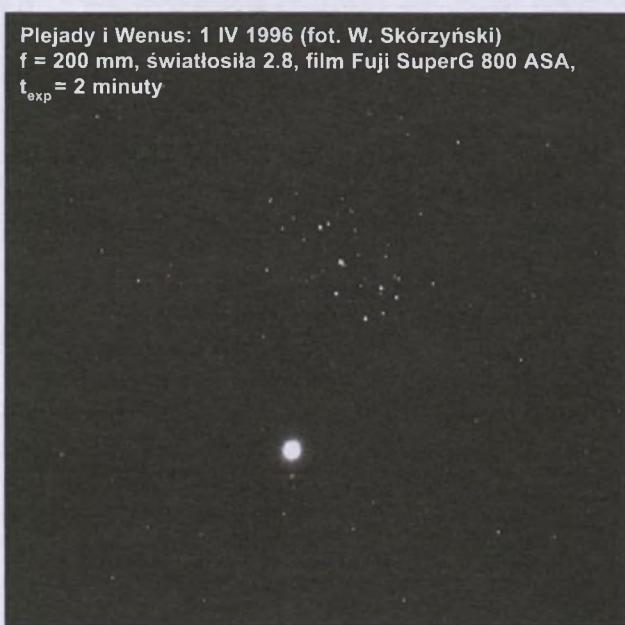
teleobiektywu o ogniskowej od 500 do 1000 mm. Czułość filmów użytych do fotografowania gromad otwartych gwiazd powinna być możliwie duża: 800–1600 ASA. W zależności od tego, jak słabe gwiazdy chcemy sfotografować oraz jaką światłość posiada nasz teleskop lub obiektyw, czasы ekspozycji mogą wynosić od 1 do 30 minut. Jeśli chcemy uwiecznić na kliszy także mgławice refleksywne, to czas ekspozycji powinien wynosić 45–60 minut (film 800 ASA, światłośila 5,6).

*M 22* — to jedna z największych i najjaśniejszych gromad kulistych gwiazd widoczna nieuzbrojonym okiem na tle gwiazdozbioru Strzelca. Gromada ta ma średnicę około 30 minut kątowych, jasność wynoszącą 5 magnitudo oraz nieznaczne zagęszczenie gwiazd ku centrum. Do jej sfotografowania będziemy potrzebować teleskopu o ogniskowej 1500–2000 mm oraz o możliwie dużej średnicy: 15–20 cm. Czułość filmu powinna wynosić 400–800 ASA, a czas ekspozycji od kilku do kilkunastu minut (w zależności od światłośli). Można także pokusić się o sfotografowanie *M 22* przy pomocy teleobiektywu o ogniskowej 500–1000 mm. Zdjęcie takie, wykonane na kliszy o czułości 100–200 ASA (małe ziarno), będziemy mogli później odpowiednio powiększyć — od kilku do kilkunastu razy. Czas ekspozycji w przypadku fotografowania większości gromad kulistych gwiazd, w zależności od czułości filmu oraz światłośli teleskopu, mogą wynosić od kilku do kilkudziesięciu minut.

Bardzo istotnym elementem fotografowania gromad gwiazd, zwłaszcza gromad kulistych, jest precyzyjne prowadzenie teleskopu. Przy tak znacznych ogniskowych każdy, nawet niewielki błąd spowoduje rozmarzanie obrazów gwiazd, co nie tylko niekorzystnie wpłynie na jakość zdjęcia, ale także zmniejszy zasięg nawet o 1 magnitudo!

Wiesław Skórzyński

**Plekady i Wenus: 1 IV 1996 (fot. W. Skórzyński)**  
 $f = 200$  mm, światłośila 2,8, film Fuji SuperG 800 ASA,  
 $t_{exp} = 2$  minuty



Rozwiązańiem krzyżówki z „Uranii-PA” nr 1/2001, poświęconej wielkim astronomom minionego tysiąclecia, była słynna łacińska sentencja „PER ASPERA AD ASTRA” (*Przez ciernie do gwiazd*). Nagrody książkowe przypadły tym razem panom: **Arielowi Majcherowi** z Torunia i **Bogusławowi Wronie** z Maszkienic. Gratulujemy. Książki prześlemy pocztą.

**POZIOMO:**

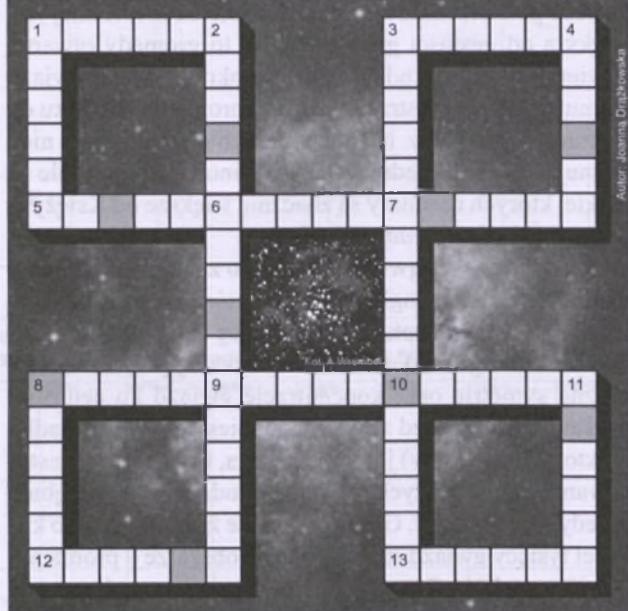
1. Jeden z księżyców Jowisza odkryty przez Nicholsona.
3. Najjaśniejsza gwiazda w gwiazdozbiorze Pegaza.
5. Gwiazda podwójna optycznie w Łabędziu.
6. Druga pod względem jasności widomej gwiazda w gwiazdozbiorze Andromedy.
7. Drobne lodowo-pyłowe ciało.
8. Gwiazdozbiór nieba południowego, w Polsce niewidoczny.
9. Księżyc Saturna z wielkim rowem.
10. Szósta planeta Układu Słonecznego.
12. Druga pod względem jasności widomej gwiazda w gwiazdozbiorze Wielkiego Psa.
13. Znajduje się w nim Achernar.

**PIONOWO:**

1. Najjaśniejsza gwiazda w gwiazdozbiorze Orła.
2. Najmniejszy galileuszowy księżyc Jowisza.
3. Najjaśniejsza gwiazda w gwiazdozbiorze Perseusza.
4. Księżyc Urana o średnicy 42 km.
6. Pierwsza współrzędna obiektu w układzie współrzędnych horyzontalnych.
7. Niepozorny gwiazdozbiór; w Polsce widoczny zimą.
8. Księżyc Urana o średnicy 30 km.
9. Mały gwiazdozbiór leżący na Drodze Mlecznej.
10. Księżyc Jowisza odkryty w 1914 r.
11. Planeta odkryta w 1846 roku.

**ROZETA (różyca) to:**

- 1) arch. okrągłe okno najczęściej zdobione maswerkem i witrażem, zwykle umieszczone w fasadzie nad portalem; typowe dla kościołów gotyckich;
- 3) astr. NGC 2237-9, rozległa mgławica gazowa pobudzana do świecenia przez grupę gwiazd z gwiazdozbioru Jednoróża;
- 2) szt. plast. motyw ornamentalny o układzie koncentrycznym, w kształcie stylizowanego, rozwiniętego kwiatu.

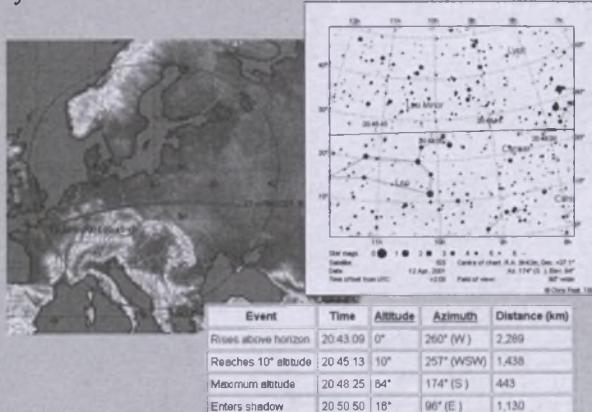


Autor: Joanna Drągiewska

Z liter w zaznaczonych kratkach należy ułożyć słowo — łacińską nazwę gwiazdozbioru — które jest rozwiązaniem krzyżówki. Na odpowiedzi czekamy do 15 czerwca br. Osoby, które nie są prenumeratorem „Uranii”, aby wziąć udział w losowaniu nagród książkowych, powinny nakleić na kartkę z rozwiązaniem kupon konkursowy. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania pocztą elektroniczną.

## Ciekawe strony internetowe...

Dzisiaj spróbujmy spojrzeć na obiekty znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie Ziemi — na sztuczne satelity Ziemi.



Przykład mapy pokazującej obszar widzialności Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) z terenu Europy Centralnej w określonym dniu oraz mapy ukazującej trajektorię ISS na niebo i tabeli zawierającej dane odnośnie charakterystycznych położen stacji dla wybranej miejscowości.

Pod adresem <http://www.heavens-above.com/> znajdziemy bieżące informacje o położeniu najjaśniejszych spośród nich. Trzeba zacząć od zdefiniowania własnego położenia na powierzchni Ziemi. Można to zrobić, wpisując współrzędne miejsca obserwacji, ale można też wybrać daną miejscowości, korzystając z liczącej powyżej 2 milionów wpisów, bazy współrzędnych geograficznych. Jak się okazuje, zawiera ona również informacje o wielu małych miejscowościach w Polsce. Tak uzbrojeni możemy zażyczyć sobie przedstawienia spisu obiektów (np. jaśniejszych od 3,5 wielkości gwiazdowych widocznych w danym dniu nad interesującym nas miejscem). Wybierając pojedynczy obiekt z listy, otrzymujemy mapy nieba z naniemioną na nie trasą obiektu, jak i z szeregiem użytecznych dla obserwatora informacji. Serwer może dostarczyć wielu innych informacji, dotyczą one np. położień stacji kosmicznych opuszczających Układ Słoneczny czy położeń najjaśniejszych planetoid (wraz z odpowiednimi mapkami). Stroną opiekuje się Chris Peat. (rs)

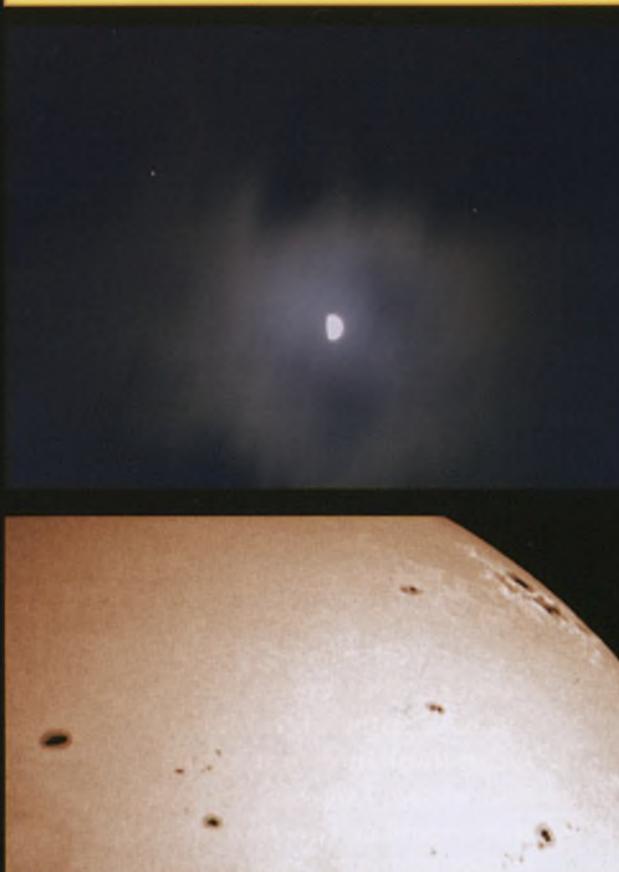
Aparaty cyfrowe stają się coraz tańsze a ich parametry coraz lepsze. Czytelnicy pytają w listach do redakcji, czy nadają się one do astrofotografii. Odpowiedzią niech będą zamieszczone tutaj zdjęcia autorstwa Michała Kałużnego z Leszna. Od jakiegoś czasu jest on posiadaczem teleskopu Cassegraina firmy Uniwersał (model nr 13). Posiada on wyciąg 1 1/4", co pozwala na stosowanie okularów i akcesoriów do astrofotografii oferowanych przez różnych producentów. Galerię zdjęć wykonanych tym teleskopem w projekcji okularowej za pomocą aparatu Olympus Camedia C2020Z oraz własnoręcznie dorobionej przystawki można oglądać na stronie internetowej: [www.photo-pp.art.pl/astro/](http://www.photo-pp.art.pl/astro/). Tu przedstawujemy kilka wybranych zdjęć.

Po prawej: Księżyc w towarzystwie Jowisza i Saturna (2 lutego 2001). Sfotografowano aparatem Olympus Camedia E10, czas 15 sekund czułość 80 ISO

Niżej: zorza polarna sfotografowana 1 kwietnia br. w Lesznie tym samym aparatem (przesłona 2.0, czas 30 sekund, czułość 160 ISO)



## Galeria Uranii



AR9393 była największą plamą zarejestrowaną w czasie obecnego maksimum (stan na 3 kwietnia 2001). Jest ona bezpośrednio odpowiedzialna za zorzę przedstawioną po lewej). Tu widać ją na skraju tarczy Słońca. Zdjęcie aparatem cyfrowym z projekcji okularowej na kartkę papieru (Cassegrain 8"/3500 mm).

Dwa ostatnie zdjęcia są autorstwa Janusza Magdy z Trzęsówki. Do sfotografowania planet olbrzymów sprowokowała go ich ubiegłoroczną opozycja. Do wykonania zdjęć posłużył się, zbudowanym w dużej mierze samodzielnie, Newtonem 250/1500 mm (projekcja okularowa przy powiększeniu 150x, eksp. 1–1,5 s, film Fuji Real 100).

Powyższe zdjęcie przedstawia gwiazdozbiór Bliźniąt sfotografowany aparatem Nikon F801s z obiektywem 50/1,4. Ekspozycja 15 min, przesłona 2.8. Negatyw Fuji Press 800. Prowadzenie ręczne na teleskopie.

29.01.2001

13.02.2001

27.02.2001

13.03.2001

Zdjęcia zamieszczone niżej przedstawiają fazy Wenus, jakie mogliśmy oglądać na początku tego roku. Wykonano je w ognisku głównym aparatem Nikon F801s na filmach Fuji o czułościach 400 i 800 ASA).



### Maturzyści!

Zapraszamy Was na studia na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. To przepiękne średniodwieczne miasto i nowe Miasteczko Uniwersyteckie stanowią niezwykłe połączenie tradycji i współczesności. W kopernikowskim grodzie znajdziecie kompetentną i zyczliwą kadrę nauczycieli akademickich i znakomite warunki studiowania na 11 wydziałach.

Na Wydziale Fizyki i Astronomii będziecie mogli odbywać studia licencjackie i magisterskie w następujących kierunkach:

- fizyki doświadczalnej
- fizyki teoretycznej
- fizyki medycznej
- fizyki komputerowej
- mikro- i optoelektroniki
- technologii informatycznej
- miernictwa i sterowania komputerowego
- astronomii ze specjalnościami astrofizyki, radioastronomii i mechaniki nieba

oraz

- studia inżynierskie fizyki technicznej.

Wszystkie kierunki z silną podbudową informacyjno-komputerową, wykazaną na dyplomie jako specjalizacja.

Przyjdź, zobacz i zostań studentem Uniwersytetu Mikołaja Kopernika!

Nasz adres:

Wydział Fizyki i Astronomii  
ul. Grudziądzka 5/7  
87-100 Toruń  
tel. 0-56 611 32 49

w Internecie: <http://www.phys.uni.torun.pl>



# Urania

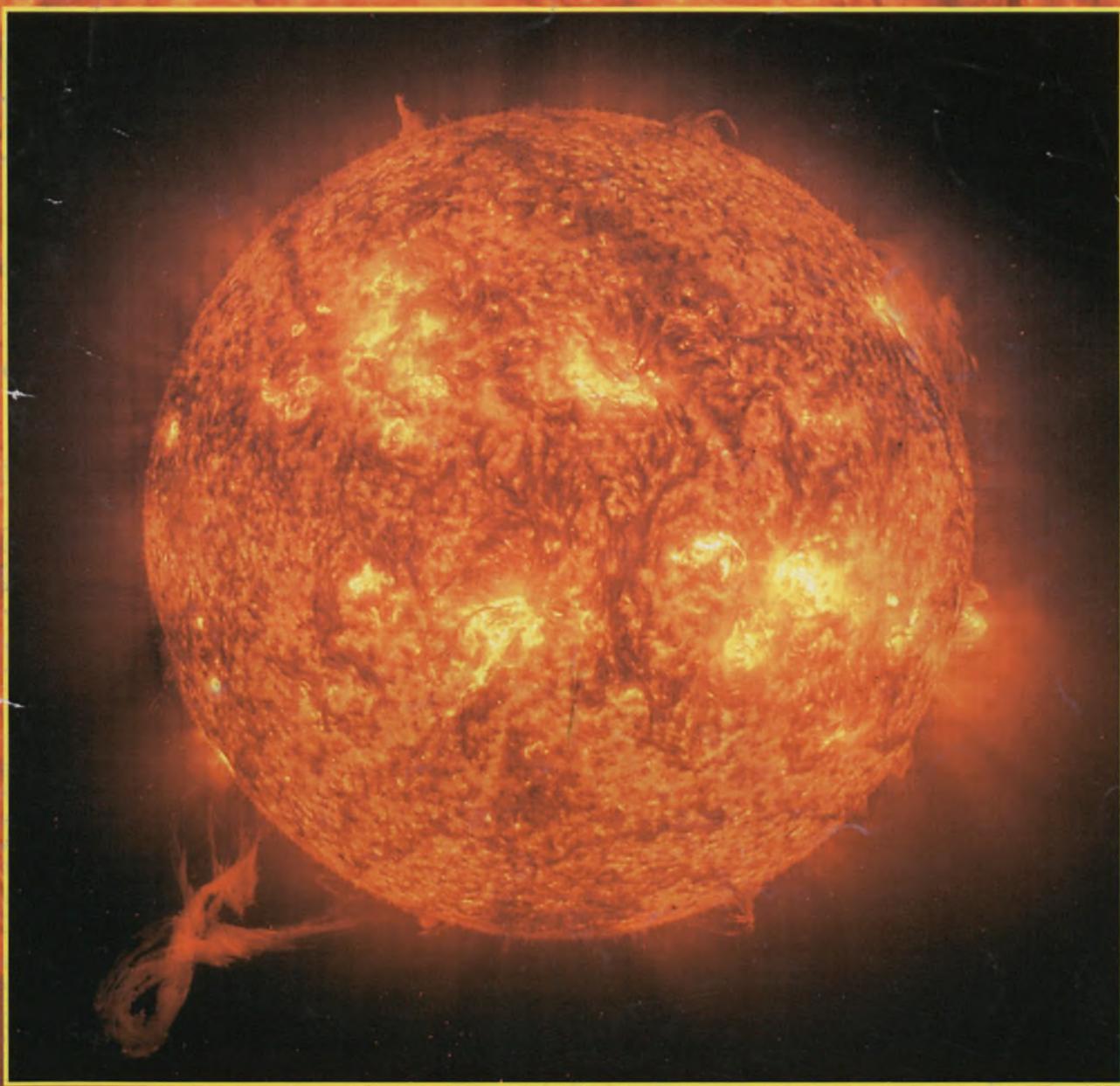
4/2001 (694)

POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXII

lipiec—sierpień

- Wybuchy blasku komet
- Słoneczne szpilki
- Jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym?
- XLIV Olimpiada Astronomiczna



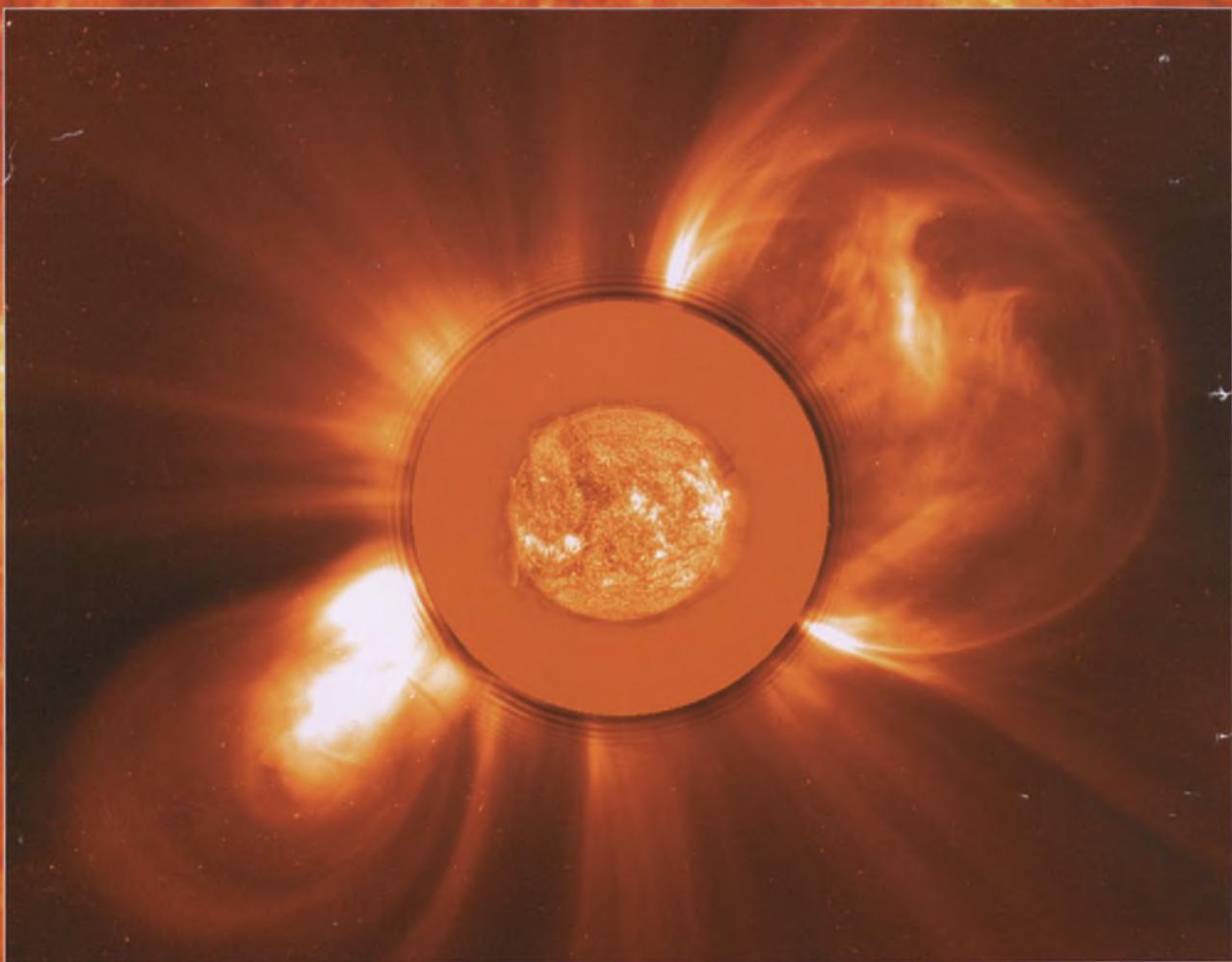
# Słońce wciąż aktywne



Grupa plam pokazana na zdjęciu należy do największych jakie obserwowano w obecnym 23 cyklu aktywności słonecznej. Zajmują one tu obszar ponad 13 krotnej powierzchni Ziemi. Zdjęcie wykonano

30 marca 2001 roku. Wspomniana grupa plam była źródłem licznych rozbiasków, w tym największego jaki obserwowano od 25 lat, który zarejestrowano 2 kwietnia 2001 r. Zdjęcie wykonano przez sondę SOHO.

Źródłem powstawania plam słonecznych jest lokalne, bardzo silne pole magnetyczne. Plamy obserwujemy jako ciemniejsze obszary, dlatego że temperatura jaka w niej panuje jest niższa w porównaniu z otaczającą je fotosferą.



Kombinowane zdjęcie, powstałe z fotografii wykonanych przez dwa różne instrumenty znajdujące się na pokładzie sondy SOHO.

Zdjęcie w środku wykonano w dalekim ultrafiolecie. Prezentuje ono obraz górnej chromosfery w której panuje temperatura 60 000 K. Jasne struktury to obszary o wyższej temperaturze.

Czerwone kółko to tarcza koronografu, który pozwolił na zarejestrowanie symetrycznego wyrzutu materii koronalnej ze Słońca w świetle widzialnym. Oba zdjęcia wykonano 8 listopada 2000 r.

# Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Słońce w ostatnich miesiącach było bardzo aktywne. Nic w tym dziwnego, bo przecież przeżywamy okres maksimum jego aktywności. Wielokrotnie publikowaliśmy piękne zdjęcia zór polarnych, wykonane przez naszych czytelników i korespondentów, które są właśnie świadectwem stanu naszej dziennej gwiazdy. Bieżący zeszyt nawiązuje do tych zjawisk. Przynosi informacje o nowym przejawie radiowej aktywności Słońca — o tzw. „szpilkach słonecznych”, o aktywności Słońca na niewidocznej z Ziemi jego stronie i o jubileuszu 50 lat amatorskich obserwacji aktywności słonecznej w Polsce. Szpilki słoneczne są przedmiotem przygotowywanej przez Bartosza Dąbrowskiego (kiedyś przewodniczącego Sekcji Obserwatorów Słońca PTMA) rozprawy doktorskiej i właśnie On pisze o tych zjawiskach. 21 czerwca 2001 r. przypadnie pierwsze całkowite zaćmienie Słońca w tym tysiącleciu. Trzeba odbyć daleką podróż do Afryki, aby cieszyć się urokami tego zjawiska. Wielu naszych Czytelników jednak tam się wybiera. Podzielcie się z nami, proszę, wszystkimi swoimi zdjęciami, rysunkami i innymi wrażeniami z tej ekspedycji! Zapewne nie będzie tyle materiału jak w roku 1999, kiedy opublikowaliśmy specjalny, zaćmieniowy, numer „Uranii”, ale będziemy się starali Wasze obserwacje udostępnić wszystkim naszym Czytelnikom.

Kontynuujemy rozpoczęty w poprzednim zeszycie opis poszukiwań planet pozasłonecznych. Andrzej Niedzielski koncentruje się na opisie metod poszukiwań tych planet. W następnym numerze przedstawimy pełną listę znanych dotychczas egzoplanet. W kilku poprzednich zeszytach zajmowaliśmy się kometami głównie dzięki aktywności członków Sekcji Obserwatorów Komet PTMA i kol. Tomasza Ściążora. I w tym zeszycie komety są obecne: Piotr Gronkowski z Rzeszowa przedstawia zagadnienie nagłych wzrostów jasności komety, czyli wybuchów ich blasku i analizuje przyczyny tych zjawisk.

Wiele miejsca poświęcamy „Astronomii w szkole”. Prezentujemy zwycięzców rozstrzygniętej niedawno XLIV Olimpiady Astronomicznej i rozwiązania niektórych zadań. Nasi Młodzi Czytelnicy i PT Nauczyciele znajdą tam również zadania i regulamin nowej edycji Olimpiady (już XLV) na rok szkolny 2001/2002. W tejże rubryce, znany nam Czytelnikom profesor Antoni Opolski z Wrocławia radzi jak niestandardowo można wykorzystać globus w praktyce nauczycielskiej. Natomiast w wydarzeniach krajowych odnotowujemy zaczątek obserwatorium astronomicznego w Uniwersytecie Opolskim i przygotowujący się Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego we wrześniu br. w Krakowie. Program tego Zjazdu zapowiada się interesująco. Studenci starszych lat astronomii i zaawansowani miłośnicy astronomii też będą miłymi na nim gośćmi — wszyscy zainteresowani powinni skontaktować się z Lokalnym Komitetem Organizacyjnym Zjazdu w Krakowie!

W „Galerii mgławic Messiera” przypadła kolej na gromadę galaktyk Virgo (M84–M91). Bardzo bogata to gromada, toteż i więcej miejsca musieliśmy jej poświęcić. Przy okazji tak wielkiej ilości omawianych galaktyk w „Poradniku Obserwatora” Wiesław Skórzyński radzi, jak fotografować galaktyki. Natomiast Jerzy Speil zastanawia się, czy czasem nie następuje już zmierzch wizualnych obserwacji gwiazd zmiennych.

„Kalendarz astronomiczny” opisuje już wrześniowe i październikowe niebo i zjawiska, jakie będziemy mogli obserwować w końcu lata i na początku jesieni bieżącego roku.

Rozpoczyna się okres wakacji. Warto w tym czasie zwrócić uwagę na piękno otaczającego nas świata. Ogłaszamy konkurs na najlepsze zdjęcia „nieba” pierwszego roku nowego tysiąclecia! Róbcie zdjęcia nieba i przesyłajcie je nam — najlepsze nagrodzimy!

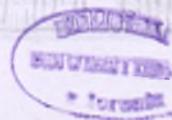
Życzę Państwu przyjemnej lektury i pięknego lata

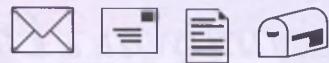
Andrzej Woszczyk

Toruń, w czerwcu 2001 r.



*Andrzej Woszczyk*





### Bałkotu ciąg dalszy

A więc mamy nową „nakonową” nazwę na brak ciężaru występujący w czasie bezwładnego lotu w przestrzeni kosmicznej (zresztą nie tylko w przestrzeni kosmicznej!). Obecnie nazywa się on „efektywnym brakiem ciążenia”... Usłyszałem to w jednym z quizów telewizyjnych („nagroda” — bagatela — milion złotych!). Padło pytanie: „Jak nazywamy efektywny brak ciążenia (!) w czasie lotu kosmicznego”. (Słowa bezwładnego nie użyto!).

Myślę, że należy zareagować, zanim to sformułowanie stanie się nowym, „obowiązującym”, terminem „naukowym”.

Zabawne, że polska terminologia w tej dziedzinie została stworzona w XIX stuleciu i wystellarzyły tylko znać (naucza się jej w szkole średniej) i poprawnie używać. Niestety — jak widać — są z tym ogromne trudności...

Nie chodzi tu oczywiście by-najmniej „tylko” o słowa. Nie byłoby to (być może) jeszcze najważniejsze. Chodzi tu o zupełnie niezrozumienie istoty zjawisk fizycznych, które się „wyjaśnia”(!) laikom. Takie „wyjaśnianie” to skandal...

(Swoją drogą to ciekawe, kto układa pytania dla takich „quizów” i gdzie się nauczył takich bredni?).

**Andrzej Marks**  
Warszawa

\*\*\*

Szanowny Panie Profesorze,  
Zachęcony dopiskiem redakcyjnym do listu zamieszczonego w numerze 2/01 „Uranii”, pozwalam sobie zabrać głos w poruszonej tam sprawie dotyczącej nazewnictwa. Otóż problem wydaje mi się niezmiernie istotny, a mnie osobiste szalenie denerwujący. Długo lata studiów a później pracy w szeroko pojętej fizyce i astronomii nauczyły mnie (wbity do głowy), że paradygmatem tych nauk jest teoria z cechowaniem. Inaczej mówiąc, wielkości zależne od cechowania są niefizyczne, a zastanawianie się nad nimi jest bzdurą świadczącej o zwyczajnym nieuctwie. Zwykle mówiąc o cechowaniu, mamy na myśli cechowanie lokalne występujące w teorii pola, np. w elektrodynamice lub cechowanie globalne, czyli takie, któremu podlega np. energia w mechanice Newtona. Jednak w rzeczywistości cechowanie to pojęcie znacznie ogólniejsze. Niezależność mechaniki od

transformacji punktowych to też rodzaj cechowania. Jeszcze prymitywniejszym cechowaniem (w sensie bardziej oczywistym!) jest niezależność opisu przyrody od wyboru układu jednostek. I w końcu u samej podstawy tej piramidy cechowania jest niezależność od języka. Nawet strach pomyśleć, co by było, gdyby rzeczywistość zależała od języka, w jakim się o niej opowiada. Wtedy np. po angielsku musielibyśmy mówić o silnikach parowych a po niemiecku o kolejnictwie. I konsekwentnie w Niemczech można by było jeździć pociągiem, a w Anglii byłyby parowozy. Oczywiście oznaczałoby, że ani tu, ani tu kolejy by nie powstały, bo w jednym kraju nie byłoby torów i wagonów a w drugim parowozów.

Powózyszy przykład jest oczywiście absurdalny, ale chyba dobrze oddaje istotę rzeczy — przyroda czy, jak to się często żargonowo mówi, fizyka, nie zależy od nazewnictwa. W istocie, przekonanie o istotnym znaczeniu słów jest charakterystyczne dla magii. Wynika z tego oczywiście, że dyskusje na temat „prawidłowego nazewnictwa” nie mają z punktu widzenia nauk przyrodniczych najmniejszego sensu a dyskusje przy założeniu, że w ogóle mogą istnieć jakieś jedynie słusze nazwy, jednoznacznie ustawa dyskutantów w szeregach magów.

Niestety, spotykam się z tymi dyskusjami często, zwłaszcza w wykonaniu nauczycieli fizyki. Oznacza to oczywiście, że ludzie ci pod nazwą „fizyka” (i astronomii) nauczają pewnej gałęzi magii, która z naukami o tych samych nazwach ma nieszerowe (mam nadzieję) przecięcie. To ostatnie (tzn. nauczanie magii) wydaje mi się jedną z poważniejszych przyczyn obserwowanego kryzysu odbioru nauk przyrodniczych w szerszych kręgach społecznych. Tym samym w naszym (przyrodników) najlepiej pojętym interesie jest przeciwstawianie się takiemu stawianiu sprawy. Inaczej mówiąc, wprawdzie nazewnictwo nie ma większego znaczenia, to dyskusja na jego temat generuje bardzo niekorzystne tendencje i sprzyja rozwojowi różnego rodzaju bzdur typu magii i astrologii.

Na koniec, muszę jeszcze raz podkreślić, co chciałem w powyższych zdaniach powiedzieć (a czego powiedzieć nie chciałem, a co, jak sądzę, niektórzy będą skłonni wyczytać).

### Tu może być reklama Twojej Firma!

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!**

**Kupię  
Sprzedam  
Zamienię  
Nawiążę kontakt...**

**Kupię archiwum (sprzed 1960 roku) numery URANII. Henryk Bors, ul. Maławskiego 5/65, 02-641 Warszawa, tel. 0-604-879-117 lub 0-22-767-68-06**

**Sprzedam** oprogramowanie astronomiczne na PC, tel. (0-604) 335-326, e-mail: substyk@poczta.fm, www.astrocd.w.interia.pl

**Sposób na spędzenie wakacji** pod kątem astronomii — ASTROLATO 2001 Sopotnia Wielka. Zaprasza Beskidzki Klub Astronomiczny "POLARIS". Szczegóły na stronie www.us.z.pl oraz pod e-mailem polaris@inetia.pl

**Nawiążę kontakt** z miłośnikami astronomii. Piotr Wirgus, Gdańsk 990/6, 84-300 Lębork

*W tej rubryce zamieszczamy bezpłatnie ogłoszenia naszych Czytelników (do 250 znaków).*

Cechowania są niezbędne do sensownej konstrukcji opisu przyrody i zawsze w jakimś cechowaniu musimy pracować. Stąd zawsze istnieje konieczność użycia jakiejś nomenklatury. I prawda jest, że w pewnych systemach pojęciowych opis konkretnych zjawisk jest łatwiejszy niż w innych. Często właśnie dobór zgrabnego pojęcia, odpowiednio dobrany układ współrzędnych czy właściwy aparat matematyczny, będący w końcu tylko językiem, umożliwia rozwiązanie problemu. Ale to tylko narzędzia i należy je dobierać odpowiednio do postawionego problemu. Zastanawianie się nad tym doborem jest nie tylko uzasadnione, ale wręcz stanowi podstawę działania naukowca. Z magią (religia, doktrynismem, nazwa jest sprawą do „wykalibrowania”) mamy do czynienia wówczas, gdy nazwy zaczynają dominować i mniej ważne jest zjawisko, mechanizm czy własności obiektu od jego właściwej, jedynie słuszej nazwy (aparatu matematycznego lub innego narzędzia). Niestety, większość (nawet chyba wszystkie) dyskusji „nazewnictw” ma taki doktrynierski charakter.

**Jerzy Kuczyński**  
Chorzów

\*\*\*

Szanowni Państwo,  
[...] jak to można dowiedzieć się z literatury, średnicę Syriusa B szacuje się na wyraźnie mniejszą od Ziemi. W numerze 1/94 „Vademecum miłośnika astronomii” została zamieszczona fotografia Syriusa A i B, na której widać, że Syriusz B jest tylko około 7 razy mniejszy od A. Czym to jest spowodowane?

**Roman Hohlfeld**  
Nowe Czaple, woj. lubuskie

**Red.** Syriusz A jest gwiazdą typu A1V, więc jego rozmiary są zbliżone lub nieco większe od rozmiarów Słońca. Syriusz B jest bielą karłem. Jego masa jest zbliżona do masy Słońca, ale jego rozmiary są mniejsze od rozmiarów Ziemi. Znalezienie rzeczywistych rozmiarów obiektu gwiazdowego, patrząc jedynie na reprodukowane zdjęcie, jest nie tylko trudne, ale po prostu niemożliwe. Widziane z Ziemi praktycznie wszystkie gwiazdy są punktami, a na to, jakie pole zajmują na fotografii, wpływa wiele czynników, związanych głównie z atmosferą ziemską i procesem fotograficznym, najczęściej niezależnych od liniovych rozmiarów gwiazd.

# Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

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

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstało 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, 611 34 50  
fax. (0-56) 62 19 381

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

**Adres WWW:**  
<http://urania.camk.edu.pl>

**Druk:**  
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**  
Karolina Wojtkowska, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 14  
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2001 kosztuje 36 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 7,50 zł.

**Polskie Towarzystwo Astronomiczne**  
Zarząd Główny – Sekretariat  
ul. Bartyska 18, 00-716 Warszawa  
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: hania@camk.edu.pl  
WWW: [www.camk.edu.pl/ppta](http://www.camk.edu.pl/ppta)

**Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii**  
Zarząd Główny  
ul. św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl  
WWW: [oa.uj.edu.pl/~ptma](http://oa.uj.edu.pl/~ptma)

Numer zamknięto w czerwcu roku 2001

\* 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

### 148 Wybuchy blasku komet

Piotr Gronkowski

Krótkotrwale i nieoczekiwane wyjaśnienia komet, czyli tzw. wybuchy blasku, są ciągle zjawiskami tajemniczymi. Czy jest to efekt zderzenia się komety z jakimś innym obiektem kosmicznym (meteorem, planetką?), wybuchem jądra, polimeryzacją głównego składnika jądra — wodorocjanku? Czy może jeszcze coś innego? Autor analizuje tu główne koncepcje starające się wyjaśniać ten problem.

### 152 Słoneczne szpilki

Bartosz P. Dąbrowski

Nowoczesna technika stosowana w radioastronomii pozwala nam na coraz lepsze poznanie Słońca. Obecnie możemy badać struktury o rozmiarach zaledwie kilkudziesięciu kilometrów. O ich obecności świadczą słoneczne szpilki obserwowane na falach radiowych.

### 156 Jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym?

**cz.II Metody poszukiwań**

Andrzej Niedzielski

Po omówieniu, w poprzednim zeszycie „Uranii”, dróg odkrywania planet Układu Słonecznego i głównych przesłanek istnienia planet wokół innych gwiazd, w niniejszym artykule Autor prezentuje cały arsenał współczesnych technik, które są lub będą stosowane do odkrywania pozasłonecznych układów planetarnych.

**w kolorze:** Słońce wciąż aktywne (okł. II); Obrazy Słońca wykonane przez sondę SOHO (wkł. I)

163 **rozmaistości:** Aktywność niewidocznej z Ziemi strony Słońca (163); „Twarz Marsjanina” AD 2001 (164)

165 **galeria Mgławic Messiera:** Gromada galaktyk Virgo (M 84 – M91)

170 **poradnik obserwatora:** Fotografowanie galaktyk

171 **w kraju:** 50 lat amatorskich obserwacji Słońca w Polsce (171); Dar dla Uniwersytetu Opolskiego (172); XLIV Olimpiada Astronomiczna w roku szkolnym 2000/2001 (174) Dane statystyczne XLIV Olimpiady Astronomicznej (175)

176 **astronomia w szkole:** Zadania XLIV Olimpiady Astronomicznej (176); XLV Olimpiada Astronomiczna 2001/2002 (181); Ćwiczenia z globusem zorientowanym (182)

184 **P.T. Miłośnicy Astronomii obserwują:** Czyżby zmierzch obserwacji wizualnych?

186 **kalendarz astronomiczny 2001:** wrzesień – październik

192 **relaks z Uranią:** zamiast krzyżówki

192 **ciekawe strony internetowe**

**Galeria Uranii:** wschody i zachody

## NA OKŁADCE

### Pierwsza strona

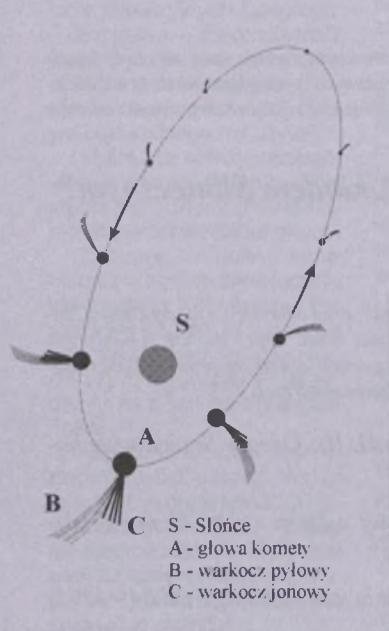
Zdjęcie Słońca wykonane w dalekim ultrafiolecie przez sondę SOHO, 18 stycznia 2000 r.

### Ostatnia strona

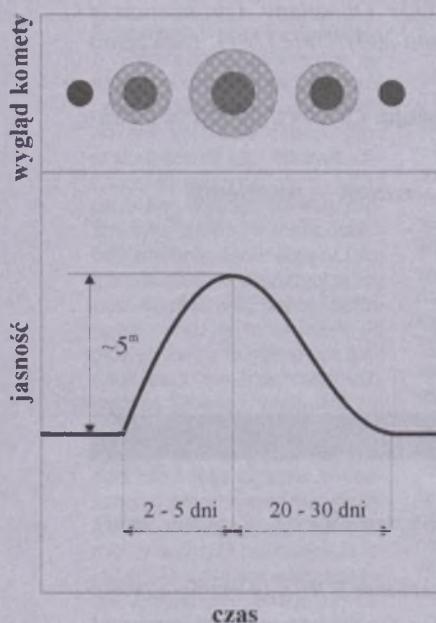
Zdjęcie Słońca wykonane w dalekim ultrafiolecie przez sondę SOHO, 14 września 1999 r.

Oba zdjęcia przedstawiają obrazy górnej chromosfery, w której panuje temperatura 60 000 K. Jasne struktury to obszary o wyższej temperaturze. Ogromne protuberancje, obserwowane na brzegu, są chmurami względnie chłodnego gazu zawieszonego w koronie.

# Wybuchy blasku komet



Zmiana wyglądu komety w zależności od odległości od Słońca.



Przebieg wybuchu blasku komety. U góry rysunku pokazany jest wygląd głowy komety w kolejnych fazach wybuchu.

## Wstęp

Komety od niepamiętnych czasów fascynowały zarówno zawodowych astronomów, jak i przeciętnych zjadaczy chleba. Zjawiały się niespodziewanie na niebie, świecąc czasami tak silnie, że bladły przy nich Księżyc i planety. Zdarzało się także, że rozпадały się, nieomal na oczach obserwatorów, na mniejsze części, jak to miało miejsce chociażby ze słynną kometą Bieli w 1846 roku. Komety zachowują się w sposób trudny do przewidzenia, czego najlepszym potwierdzeniem są nagłe wybuchy ich blasku. W strukturze komety wyróżnia się zasadniczo trzy składowe: jądro, otoczkę gazowo-pyłową oraz warkocze (zwane również ogonami): jonowy i pyłowy. Jądro komety jest trwałą strukturą będącą nośnikiem materiału kometarnego, krążącą wokół Słońca po orbicie, która jest jedną ze stożkowych. Jest to bryła lodowo-śniegowa o nieregularnym kształcie i wymiarach rzędu kilku do kilkudziesięciu kilometrów, składająca się głównie z lodu wodnego oraz w znacznie mniejszym stopniu lodów takich substancji jak tlenek i dwutlenek węgla oraz śladowych ilości  $H_2CO$ ,  $CH_3OH$ ,  $H_2S$ ,  $HCN$ ,  $CH_4$ . Jądro komety zawiera także wmróżone w nie pyły, okruchy i bryły skalne. W odpowiednio dalekich odległościach heliocentrycznych kometa jest tylko zimnym, lodowym, nie przejawiającym aktywności jądem. Podczas zbliżania się do Słońca materia kometarna zaczyna parować bezpośrednio ze stanu stałego w kolejności zgodnej z temperaturami parowania (z najważniejszych substancji odpowiedzialnych za sublimację komety najpierw CO, później  $CO_2$ ,

a na końcu  $H_2O$ ). Molekuły sublimujących substancji unoszą ze sobą pyły kometarne i okruchy lodów, tworząc wokół jądra otoczki, czyli specyficzne halo gazowo-pyłowe. Otoczka wraz z jądrem tworzą głowę komety. Pyły o dostatecznie dużych wymiarach nie mogą być uniesione w atmosferę komety, ponieważ wywierane na nie parcie sublimujących lodów jest mniejsze niż grawitacja jądra komety. W ten sposób na powierzchni jądra pozostają stosunkowo duże cząstki, które wraz z innymi słabo lotnymi substancjami tworzą swego rodzaju płaszcz okrywający jądro. Płaszcz ten wykazuje strukturę porowatą i dlatego nie ogranicza całkowicie sublimacji materiału kometarnego zmuszonego teraz do parowania z warstw podpowierzchniowych jądra. Jak wykazały misje hallejowskie, jedynie kilka procent powierzchni jądra wykazuje pełną aktywność sublimacyjną, tzn. drobny ułamek powierzchni jądra stanowią warstwy odkryte, bogate w sublimujące bezpośrednio lody. Powstałe dzięki sublimacji kometarne halo odbija światło słoneczne i sprawia, że kometa staje się widoczna nawet okiem nieuzbrojonym.

## Morfologia wybuchu

Absolutną wielkość gwiazdową  $H$  komety określa się według następującej formuły:

$$H = m - 5 \log \Delta - 2,5 n \log r,$$

gdzie  $m$ ,  $\Delta$ ,  $r$  oznaczają odpowiednio: widomą wielkość gwiazдовą komety, odległość kometa-Ziemia, kometa-Słońce, a  $n$  jest parametrem fotometrycznym wyznaczanym metodami rachunku wyrównawczego z analizy

zmian blasku. Parametr ten (pomijając przypadki skrajne) przybiera dla różnych komet wartości z przedziału <2, 6>. Powszechnie znany jest fakt, że pojedyncze obserwacje jasności komety mogą wykazywać odchylenia od wartości określonej powyższym równaniem. Odchylenia z małymi amplitudami, mniejszymi niż  $1^m$ , trwające najczęściej kilka godzin, określane są w literaturze jako wariacje blasku komety. Natomiast odchylenia z amplitudami przekraczającymi  $1^m$ , trwające dłużej, nawet do kilkudziesięciu dni, określane są jako wybuchi blasku komet. Są one jednym z najbardziej spektakularnych zjawisk związanych z ich ewolucją. Gwałtowne zmiany jasności zaobserwowano między innymi u tak znanych komet, jak Ikeya-Seki (1965 VIII), P/Schwassmann-Wachmann 1 (1925 II) czy P/Halley (1986 III).

Widmo komety składa się zasadniczo z dwóch składowych: ciągłej — odbiciowej i emisyjnej. Składowa ciągła powstaje wskutek odbicia i rozpraszania światła słonecznego przez cząsteczki pyłów i lodów znajdujących się w głowie komety, a druga — emisyjna, produkowana jest przez atomy i molekuły zawarte w głowie i warkoczu komety. Relacja pomiędzy obiema składowymi zależy bardzo mocno od odległości heliocentrycznej komety. W odpowiednio dużych odległościach kometa tylko odbija i rozprasza światło słoneczne. W czasie zbliżania się komety do Słońca pojawia się składowa emisyjna, której zwiększenie zwiększa się coraz bardziej w trakcie zmniejszania się odległości heliocentrycznej komety. Obserwacje prowadzą do wniosku, że w dużych odległościach, powyżej 4 AU, komety, poza nielicznymi wyjątkami, nie przejawiają wybuchowej aktywności. Do tych wyjątków należy przede wszystkim wspomniana już kometa P/SW 1. Posiada ona prawie kołową orbitę usytuowaną pomiędzy Jowiszem i Saturnem. Jej odległość od Słońca zmienia się od 5,5 AU do 7,5 AU w czasie szesnastoletniego okresu orbitalnego. Na podstawie wieloletnich obserwacji stwierdzono u niej średnio 1–2 wybuchi w ciągu roku. Normalnie w „nieaktywnej fazie” kometa ma wygląd rozmytej tarczy, w której czasami można dostrzec cen-

### Ramka 1

Prawdopodobieństwo przypadkowej kolizji komety oddalającej się od Słońca z małą planetoidą może być oszacowane w oparciu o następującą formułę:

$$p = \frac{\sigma}{4\pi a_p^2}$$

gdzie  $\sigma = \pi(R_n + R_a)^2$  oznacza przekrój czynny na zderzenie układu dwóch ciał kometa–planetoida,  $R_n$  jest średnim promieniem jądra komety,  $R_a$  — promieniem asteroidy. Powyższa formula obowiązuje wtedy, gdy każda przestrzenna orientacja orbit kolidujących ciał jest jednakowo prawdopodobna, orbita komety jest bardzo wydłużoną elipsą a orbita planetoidy okręgiem (o promieniu  $a_p$ ). Ponieważ bryłę jądra komety Halleya można uważać w przybliżeniu za trojosiową elipsoidę o wymiarach  $8 \times 8,2 \times 16$  km, więc  $R_n = \sqrt[3]{4} \times 4,1 \times 8$  km  $\approx 5$  km. Gdy  $R_a \ll R_n$  i  $a_p = 14,3$  AU prawdopodobieństwo zderzenia przyjmuje wartość  $p \approx 1,4 \times 10^{-18}$ .

tralne zgęszczenie. Widoczna jasność komety wynosi  $18-19^m$ . Zmiany jasności spowodowane jedynie zmianami odległości komety od Słońca i Ziemi powinny być rzędu  $1^m$ . Jednakże obserwacje wykazują, że jej jasność ulega dużym wahaniom o amplitudzie znacznie większej niż wynikałoby to z przytoczonego wzoru. Wybuch blasku komety rozpoczyna się nagłym powstaniem, w okresie czasu od kilku godzin do kilku dni, gwiazdopodobnego, jasnego jądra, przy jednoczesnym wzroście jasności komety o kilka (średnio 2–5, czasami nawet 9) wielkości gwiazdowych. Jądro rozszerza się z prędkością rzędu 100–400 m/s, przechodząc w tarczę planetarną, a następnie w swego rodzaju halo kometary o malejącej na zewnątrz jasności powierzchniowej. Promień centralnego zgęszczenia może osiągnąć wielkość 300 000 km [4]. Widmo komety przypomina bardzo widmo słoneczne, tzn. jest odbitym i rozproszonym światłem słonecznym; czasami obserwuje się emisyjne widmo CO+. Po pewnym czasie blask komety słabnie i jej wygląd wraca do stanu pierwotnego. Wybuchy innych komet mają zasadniczo przebieg podobny. Wielokrotnie próbowało wyjaśnić genezę zjawiska w oparciu o różne mechanizmy, lecz dotychczas nie udało się skonstruować ogólnego modelu, który generalnie tłumaczyć byłby wybuchi blasku komet. Dodatkowy kłopot sprawia fakt, że zjawisko czasami występuje w sytuacjach z poziomu najmniej spodziewanych. Takie mu nieoczekiwane wybuchi uległy słynna kometa Halleya w lutym 1991 roku, gdy oddalając się od centrum naszego układu planetarnego,

znajdowała się w odległości heliocentrycznej 14,3 AU! Na jej przykładzie prześledzimy najczęściej proponowane mechanizmy tłumaczące zjawisko wybuchów blasku komet.

### Jakie mogą być przyczyny wybuchów?

Hughes [5] zaproponował zderzeniową genezę wybucha komety Halleya. Według jego obliczeń zderzenie jądra komety z dużym meteoroidem czy raczej planetoidą o średnicy 2,6–57 metrów nie spowodowałoby totalnej destrukcji jądra komety, lecz utworzyłoby krater na jego powierzchni, wznosząc do atmosfery komety duże ilości pyłu. Utworzenie krateru odsłoniłoby warstwy podpowierzchniowe jądra, bogate w aktywne sublimacyjnie lody. W ostateczności sugerowany impakt mógłby ilościowo wyjaśniać wydzielone w czasie wybucha ilości pyłu oraz ich energię kinetyczną. Drugi mechanizm [6] wyjaśniający wybuch oparty jest na hipotezie oddziaływania jądra komety z wiatrem słonecznym. W grudniu 1990 i styczniu 1991 obserwowane były silne strumienie wiatru słonecznego i właśnie 12 lutego 1991 fala uderzeniowa związana z jednym z nich mogła, dosiągając powierzchnię jądra komety, spowodować jej rozkruszenie. Mechanizm ten wzbogaciłby atmosferę komety w pył, a jednocześnie odsłonięcie głębszych warstw prowadziłoby również do wzrostu jasności komety. Obie hipotezy mają jednak słabe punkty [9]. Hipotezę kolizyjną trudno zaakceptować co najmniej z dwóch powodów. Pierwszy to bardzo małe prawdopodobieństwo takiego zderzenia, szacowane na  $\approx 10^{-18}$

(ramka 1). Co prawda nasza wiedza o gęstości przestrzennej drobnych ciał, takich jak meteoroidy lub asteoroidy w regionie wybuchu komety Halleya, jest pełna niejasności, niemniej jednak ciała Układu Słonecznego manifestują bardzo silną tendencję do grupowania się w pobliżu eklipytyki, a kometa Halleya z powodu inklinacji orbity  $162^\circ$  w momencie wybuchu była oddalona o 4,3 AU od płaszczyzny eklipytyki. Stąd wynika tak małe prawdopodobieństwo zdarzenia (ramka 1).

Przeciwko tej hipotezie świadczy chyba również w miarę regularny eliptyczny kształt komety pyłowej komety. Jeśli faktycznie kolizja byłaby przyczyną zjawiska, to należałoby oczekiwac wyrzutów materii z powstałego krateru na powierzchni jądra i spowodowanej tym asymetrii w głowie komety.

Również druga hipoteza jest trudna do przyjęcia z kilku powodów. Jeśli rzeczywiście fala uderzeniowa związana z wiatrem słonecznym była przyczyną wybuchu, trudno pogodzić to z faktem, że gdy w 1986 roku kometa przechodziła przez swoje peryhelium, obserwowanym silnym emisjom wiatru słonecznego nie towarzyszyło gwałtowne zwiększenie blasku komety. Gęstość energii w fali uderzeniowej

jest mniejsza niż gęstość energii w elektromagnetycznym promieniowaniu słonecznym i również trudno wytlumaczyć fakt, że nie odnotowano wybuchów, gdy kometa, będąc bardzo bliska Słońca, była poddana silnej ekspozycji jego promieniowania. Trzecią, jak się wydaje znacznie bardziej realną niż poprzednie, jest hipoteza związana z przejściem fazowym wodnego lodu amorficznego w krystaliczny. Warto przypomnieć, że wodny lód kometarny może występować w dwóch odmianach: amorficznej i krystalicznej kubicznej (w warunkach ziemskich lód wodny występuje w postaci krystalicznej heksagonalnej). Komety były formowane w tak niskiej temperaturze i ciśnieniu, że wydaje się wielce prawdopodobnym, iż pierwotnym ich budulcem był lód amorficzny. W miarę zbliżania się komety do Słońca jej temperatura wzrasta i lód amorficzny może przechodzić w kubiczny. Reakcja staje się efektywna w temperaturze około 140 K. Symulacje komputerowe prowadzą do wniosku, że gdy kometa podąża z Obłoku Oorta w kierunku Słońca, takiej transformacji po raz pierwszy ulega warstwa przypowierzchniowa jądra o grubości kilku metrów. Ma to miejsce, gdy kometa znajduje się w odległości heliocentrycznej około 5 AU. Ze względu na

strukturę jądra komety transformacji ulegają tylko relatywnie cienkie warstwy jądra. Później, po przejściu komety przez peryhelium, przemiana fazowa może mieć również miejsce w większych, niż za pierwszym razem, odległościach heliocentrycznych komety. Hipoteza transformacji lodu amorficznego wydaje się być atrakcyjna, jednak jej słabą stroną, (przynajmniej w odniesieniu do wybuchu komety Halleya) jest fakt, że w odległości heliocentrycznej 14,3 AU powierzchnia komety miała dość niską temperaturę powierzchni, szacowaną na około 70 K. Tak więc „czysta” transformacja lodu wodnego jest również problematyczną przyczyną wybuchu komety Halleya.

Model wybuchu komety w dużych odległościach heliocentrycznych [3] można zbudować w oparciu o dwa fakty:

a) w kometach stwierdzono istnienie wodorocjanku HCN,

b) sublimacja komety w dużych odległościach heliocentrycznych jest kontrolowana głównie przez CO lub  $\text{CO}_2$ .

Cząsteczki HCN, absorbując spontanicznie ultrafioletowe fotony promieniowania słonecznego, mogą ulegać polimeryzacji. Reakcja ta jest silnie egzotermiczna. Można łatwo obliczyć, że doprowadzi ona do takiego wzrostu temperatury pewnych obszarów jądra, że możliwe będzie „włączenie się” transformacji lodu. Ponieważ gęstości dwóch faz lodu: amorficznego i kubicznego są różne, więc przejście fazowe prowadzi do powstawania naprzędź w warstwach ulegających przemianie, powodujących ich mechaniczną destrukcję do pyłów i granul lodu. Powstałe cząstki są odrzucone przez jądro na wskutek wzmożonej sublimacji odkrytych przez destrukcję warstw podpowierzchniowych bogatych w tlenek i dwutlenek węgla. W ostateczności mechanizmy te prowadzą łącznie do gwałtownego wzrostu powierzchni odbijającej światło słoneczne i tym samym do wzrostu blasku komety. Wzrost jasności komety (ramka 2) jak i prędkości ekspansji otoczki obliczone w oparciu o powyższy model są zgodne z obserwacjami.

Tak więc „zapalnikiem” wybuchu blasku komety byłaby polimeryzacja

## Ramka 2

Wzrost jasności  $\Delta m$  komety w dużych odległościach heliocentrycznych podaje poniższy wzór:

$$\Delta m = -2,5 \log \frac{A_n S_n + A_d S_d(t_2) + A_d S_e}{A_n S_n + A_d S_d(t_1)}$$

gdzie  $A_n$  i  $A_d$  oznaczają albedo jądra i pyłu kometarnego,  $S_n$  — przekrój jądra,  $S_d(t)$  — łączny przekrój ziaren pyłu i okruchów lodu,  $S_e$  jest analogicznym przekrojem dodatkowej ilości materii kometarnej wyrzuconej do otoczki komety na skutek termodestrukcji. Wielkości  $S_d(t)$  i  $S_e$  są następującymi funkcjami parametrów określającymi warunki fizyczne przy powierzchni komety:

$$S_d(t_i) = \frac{3\eta(t_i)\chi S_n Z \mu m_0 R_h(t_i) \int_{a_{min}}^{a_{max}} f(a) a^2 da}{\rho_d v_g \int_{a_{min}}^{a_{max}} f(a) a^3 da}$$

$$S_e = \frac{3M_e \int_{a_{min}}^{a_{max}} f(a) a^2 da}{4\rho_d \int_{a_{min}}^{a_{max}} f(a) a^3 da}$$

W równaniach tych  $\eta(t_i)$  ( $i=1,2$ ) oznacza ułamek powierzchni jądra aktywny sublimacyjnie,  $Z$  — tempo sublimacji,  $\mu$  — masę cząsteczkową sublimujących lodów,  $m_0$  — jednostkę masy atomowej,  $R_h(t_i)$  — promień halo komety,  $\rho_d$  — gęstość pyłu,  $v_g$  — prędkość molekuł sublimujących lodów,  $M_e$  — masę odrzuconej w czasie wybuchu materii kometarnej,  $f(a)$  jest funkcją rozkładu względem promienia i odrzuconych pyłów i granul lodu. Wskaźniki  $i = 1$  oraz  $i = 2$  odnoszą się odpowiednio do fazy nieaktywnej i aktywnej komety.

wodorocjanku HCN a głównym źródłem wyzwołonej energii przejście fazowe lodu wodnego.

Co prawda nie można pominąć milczeniem faktu, że prawdopodobnie w czasie wybuchu kometa Halleya była poddana działaniu szybkich niewielkich częstek wiatru słonecznego. Być może miało to pewien wpływ na amplitudę zmiany jej blasku. Dobrze znany jest fakt, że częsteczki pyłu w głowie komety [2] oraz powierzchnia jej jądra [7] mogą pod wpływem wiatru słonecznego uzyskiwać ładunek elektryczny. Ze względu na bardzo małą wytrzymałość na rozerwanie materiału kometarnego prowadzi to do mechanicznej destrukcji granul na mniejsze części oraz do zdmuchiwania pyłu z powierzchni komety pod wpływem oddziaływań elektrostatycznych. Ten mechanizm również mógł zwiększyć blask komety.

W bliższych odległościach heliocentrycznych za wybuchy blasku komet prawdopodobnie odpowiedzialna jest termodestrukcja obszarów przypowierzchniowych jądra. Bilans energetyczny jądra komety wyznacza równowaga pomiędzy energią zaabsorbowaną a oddaną przez warstwy powierzchniowe jądra komety (ramka 3).

Gdy kometa dostatecznie zbliży się do Słońca, ciepło docierające do powierzchni komety przenoszone jest do jej wnętrza, wyzwalając również parowanie lodów w dziurach i jamach struktury porowej jądra. Dziury i jamy z uwięzionymi w nich parami substancji lotnych otoczone są mniej lotnymi zamrożonymi składnikami jądra komety. Substancje lotne, parując w sposób ciągły do wnętrza obszarów zamkniętych, mogą wytworzyć w nich ciśnienie przewyższające znacznie wytrzymałość płaszcza komety. Dochodzi wtedy do gwałtownego uwolnienia nagromadzonych wewnętrz komety substancji lotnych w postaci gwałtownych wyrzutów gazów i pyłów. Mniejsze ilościowo wyrzuty mogą być niezauważalne lub prowadzić co najwyżej do wariacji blasku komety, natomiast sporadyczne wyrzuty bardzo dużych ilości materii są obserwowane jako wybuchy jasności. Ciepło słoneczne przenikające do wnętrza komety może również indukować opisane już wcześniej

### Ramka 3.

Bilans energetyczny jądra komety wyraża równanie:

$$\frac{F_{\odot} e^{-r}(1 - A_n) \cos(\theta)}{r^2} = \varepsilon \sigma [T_n(\theta)]^4 + \frac{\dot{Z}L(T_n)}{N_0} + \kappa \frac{dT_n}{dR} \Big|_{R_n}$$

Lewa strona równania przedstawia energię pochłoniętą przez kometę, zaś prawa energię wypromienowaną, wykorzystaną na sublimację oraz przeniesioną do wnętrza komety. W równaniu tym  $F_{\odot}$  oznacza stałą słoneczną,  $r$  — odległość heliocentryczną komety wyrażoną w jednostkach astronomicznych,  $\theta$  — kąt padania promieni słonecznych na powierzchnię jądra,  $\sigma$  — stałą Stefan-Boltzmanna,  $\varepsilon$  — współczynnik emisji,  $T_n$  — temperaturę powierzchni,  $L(T_n)$  — ciepło sublimacji,  $N_0$  — liczbę Avogadro,  $\kappa$  — przewodność cieplną materii kometarnej.

przejście fazowe lodu wodnego, czemu prawdopodobnie towarzyszy wydzielanie zamrożonego weń tlenku węgla. Prowadzi to również do destrukcji powierzchni komety i skoku jej jasności. W ten właśnie sposób można wyjaśnić aktywność komety P/SW 1 [1]. Jądro komety może zawierać również inkluze jednorodnych brył lodowych, np. CO lub CO<sub>2</sub>. Inkluze te pod wpływem fali ciepła słonecznego docierającego do nich z powierzchni jądra zmieniają swoją objętość. Rozszerzalność termiczna inkluzy jest różna od rozszerzalności otaczających je sąsiednich obszarów jądra komety. Dlatego też mechanizm ten prowadzi do naprzężen i destrukcji obszarów otaczających inkluze [8] zakończonych wyrzutem gazów i okruchów lodowych do atmosfery komety, czego efektem jest obserwowane jej pojaśnienie.

### Zakończenie

Wybuchy komet — krótkotrwałe, nieoczekiwane znaczne skoki blasku są ciągle zjawiskiem tajemniczym i pełnym zagadek. Stały się one obiektem zainteresowań jeszcze w latach dwudziestych, kiedy to w 1927 roku została odkryta kometa P/SW 1 właśnie w czasie jednego ze swoich wybuchów. Trudność w wyjaśnieniu genezy tego fenomenu natury głównie leży w tym, iż do dzisiaj nie znamy dokładnie wszystkich warunków i zjawisk fizyko-chemicznych zachodzących w kometach. Z drugiej strony ewolucja komety jest wypadkową tak wielu procesów, że skromnym zdaniem piszącego te słowa wydaje się być realnym, iż wybuchy blasku komet mają prawdopodobnie co najmniej kilka różnych przyczyn. Komety prze-

jawiają zbyt skomplikowaną naturę, aby można ich zachowanie ująć w proste matematyczne algorytmy. Jak powiadają astronomowie: „Komety zachowują się jak koty; mają ogony i chodzą swoimi ścieżkami”.

### Literatura

- [1] Enzian A., Cabot H., Klinger J., 1996, A 2 1/2 D thermodynamic model of cometary nuclei. I. Application to the activity of comet 29P/Schwassmann-Wachmann 1, *Astron. & Astrophys.*, 319, 995.
- [2] Boehnhardt H., Fechtig H., 1987, Electrostatic charging and fragmentation of dust near P/Giacobini-Zinner and P/Halley, *Astron. & Astrophys.*, 187, 824.
- [3] Gronkowski, P., Smela, J., 1998, The cometary outbursts at large heliocentric distances, *Astron. & Astrophys.*, 338, 764.
- [4] Hughes D.W., 1990, Cometary Outburst: A review, *Q.Jl.R.astr.Soc.*, 31, 69.
- [5] Hughes D.W., Comet Halley's outburst, 1991, *Mon.Not.Roy.Astron.Soc.*, 251, 26.
- [6] Intrilligator D.S., Dreyer M., 1991, A kick from the solar wind as the cause of comet Halley's February 1991 flare, *Nature*, 353, 407.
- [7] Mendis D.A., Hill J.R., Houpis H.L.F., Whipple, Jr. E.C., 1981, On the electrostatic charging of the cometary nucleus, *Astrophysical Journal*, 249, 787.
- [8] Tauber F., Kührt E., 1987, Thermal Stresses in Cometary Nuclei, *Icarus*, 69, 83.
- [9] Weissman P., 1991, Why did Halley hiccup?, *Nature*, 353, 793.

Piotr Gronkowski jest pracownikiem Instytutu Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Rzeszowie. Jego zainteresowania naukowe dotyczą małych ciał Układu Słonecznego a szczególnie aktywności wybuchowej komet.

# Słoneczne szpilki

**S**łońce towarzyszy nam każdego dnia. Ogrzewa nas i świeci. Już od stuleci próbujemy odpowiedzieć sobie na pytanie „dlaczego”. Odpowiedź nie była prosta. Dopiero lata szczegółowych badań, prowadzonych w całym zakresie widma elektromagnetycznego, zbliżają nas, jak się wydaje, do prawidłowych odpowiedzi.

Od czasów II wojny światowej wiemy, że Słońce możemy oglądać (słuchać?) na falach radiowych. W lutym 1942 r. obsługa jednej z angielskich stacji radiolokacyjnych zaobserwowała niezwykłe, szumowe sygnały, które z początku przyjęła za działanie wroga, mające na celu zakłócenie funkcjonowania stacji. Fizyk J. Stanley Hey wkrótce odkrywa, że zakłóceń nie powodują Niemcy, lecz pochodzą one ze Słońca. I tak się zaczęła słoneczna radioastronomia.

Od blisko 60 lat obserwacje radiowe Słońca pełnią bardzo ważną rolę w poznawaniu procesów fizycznych zachodzących w jego atmosferze, a zwłaszcza w jej chromosferze i koronie.

## Atmosfera Słońca

Słoneczną atmosferę dzielimy na trzy warstwy.

**Fotosfera** — najgłębsza warstwa atmosfery słonecznej o grubości 100 km i temperaturze ok. 6000 K. Właśnie ona stanowi „powierzchnię” Słońca w widzialnym zakresie widma promieniowania elektromagnetycznego.

**Chromosfera** — warstwa atmosfery Słońca pomiędzy chłodną fotosferą a gorącą koroną, o temperaturze zawartej w granicach 4400 K do 100 000 K.

Rozciąga się do wysokości 10 000 km. Objawia się nam w czasie całkowitych zaćmień Słońca jako cieniutka, kolorowa warstewka, tuż pod koroną słoneczną.

**Korona** — najbardziej zewnętrzna warstwa atmosfery Słońca przechodząca płynnie w ośrodek międzyplanetarny. Rozmiary korony osiągają 55 do 120 promieni Słońca. Jej temperatura mierzona jest w milionach kelwinów.

Wysokie temperatury, jakie panują w słonecznej atmosferze, a zwłaszcza w chromosferze i koronie, sprawiają, że materia, z której jest ona zbudowana, pełna jest wolnych elektronów, protonów i zjonizowanych atomów. Słowem, materia ta tworzy plazmę. Gęstość elektronów i innych cząsteczek elementarnych w zewnętrznych obszarach atmosfery Słońca maleje wraz z wysokością.

Plazma słoneczna drga i to jest źródłem jej promieniowania radiowego. Częstotliwość, z jaką drga plazma (tzw. częstotliwość plazmowa), zależy od gęstości elektronów. Im wyższa jest gęstość elektronów, tym wyższa jest częstotliwość plazmowa. Z tego wynika, że promieniowanie o różnych częstotliwościach dochodzi do nas z różnych warstw atmosfery Słońca. Fale centymetrowe i decymetrowe powstają w chromosferze, a metrowe w koronie.

Obraz Słońca, oglądany na różnych długościach fal radiowych pokazano na rysunku 1.

Aktywność słoneczna bardzo silnie odbija się na radiowym zachowaniu zewnętrznych warstw atmosfery Słoń-

ca. Na różnych długościach fal, w widmie radiowym Słońca obserwujemy cały szereg zjawisk związanych z rozbłyskami. Ogólnie podzielić je można na wybuby II, III i IV typu.

### Wąskopasmowe szpilki

Wąskopasmowe szpilki (ang. narrowband spikes) należą do najkrótszych wybuchów, jakie obserwujemy w widmie radiowym Słońca. Tym mianem określać będziemy nagłe, impulsowe wybuby o bardzo krótkim czasie trwania ( $\leq 0,1$  s) i wąskim paśmie widma radiowego ( $\leq 20$  MHz).

Wąskopasmowe szpilki odkryto na początku lat sześćdziesiątych, na częstotliwości około 300 MHz. Zwróciły one wówczas uwagę niewielu obserwatorów. Sytuacja zmieniła się, kiedy Dröge (1977) i Slottje (1978) odkrywają je na częstotliwości 1,4 i 2,8 GHz. Szpilki możemy obserwować w zakresie od 0,3 do 8 GHz. Krótki czas trwania i wąskopasmowy charakter szpilek sugerują małe rozmiary źródła (do 50 km) promieniowania radiowego, a więc wysoką temperaturę jasnościową (aż do  $10^{15}$  K). Stąd tylko spójne promieniowanie może wyjaśnić emisję. Niestety, żaden z proponowanych mechanizmów promieniowania nie jest szeroko akceptowany.

Ze względu na częstotliwości, na jakich pojawiają się szpilki, możemy podzielić je na dwie grupy:

(i) szpilki występujące w zakresie deycymetrowym (aż do 8 GHz) tworzą grupy liczące do  $10^4$  szpilek, dalej zwane dm-λ. Szpilki dm-λ pojawiają

się podczas impulsowej fazy rozbłysku i związane są z emisją twardego promieniowania rentgenowskiego (HXR — hard X-ray).

(ii) szpilki występujące w wąskim zakresie częstotliwości od około 200 do 400 MHz, dalej zwane m-λ. „Metrowe szpilki” są ściśle związane z wybubami III typu, występującymi na falach metrowych. Jednak tylko 30% wybub III

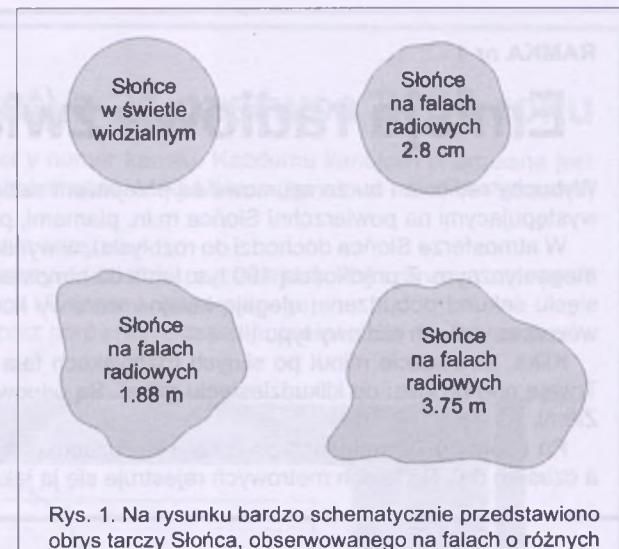
typu na falach metrowych związanych jest z m-λ szpilkami. W porównaniu do szpilek występujących na wysokich częstotliwościach, m-λ szpilki występują znacznie częściej.

### Charakterystyka obserwacyjna szpilek

- Średni czas trwania pojedynczej szpilki jest znacznie krótszy niż czas trwania wybubu III typu. Wyniki dla różnych częstotliwości zebrane w Tabeli 1.

- Güdel i Benz w 1990 roku przeprowadzili szczegółowe badania profilu czasowego szpilek. Ma on stosunkowo prosty charakter. Po szybkim wzroście zwykle następuje wykładniczy zanik, który rozpoczyna się zaraz po osiągnięciu przez szpilkę wartości maksymalnej.

Wykładniczy zanik obecny w profilu szpilki wskazuje na istnienie jakiegoś mechanizmu tłumiące-



Rys. 1. Na rysunku bardzo schematycznie przedstawiono obrys tarczy Słońca, obserwowanego na falach o różnych długościach. Im dłuższa fala, na jakiej obserwujemy Słońce, tym większą tarczę słoneczną „widzimy”.

Rysunek zaczerpnięto: R. Kippenhahn *Na tropie tajemnic Słońca*, wyd. Prószyński i S-ka, 1997.

go. Czas tłumienia wykładniczego pojedynczej szpilki w zależności od częstotliwości możemy opisać następującym równaniem:

$$\tau(\nu) = 0,0165 (\nu/661)^{-1,06 \pm 0,06} \text{ s}$$

gdzie częstotliwość  $\nu$  wyrażona jest w MHz.

Obserwacje zdają się potwierdzać teorię, że wykładniczy zanik obecny w profilu szpilek spowodowany jest tłumieniem powstały na skutek zderzeń elektron-proton (Güdel & Benz, 1990).

### Obserwacje

Od lutego 2000 roku w Obserwatorium Centrum Astronomicznego UMK w Piwnicach koło Torunia zajmujemy się badaniem Słońca na częstotliwości 1400 MHz. Obserwacje radiowe Słońca na tej częstotliwości prowadzone są przy użyciu radioteleskopu o średnicy czaszy 15 m (Rysunek 2). Celem ich jest poszukiwanie krótkoczasowych zjawisk — właśnie do tej kategorii należą szpilki.



Rys. 2. Radioteleskop o średnicy czaszy 15 metrów.  
Foto: B. Dąbrowski & S. Rokita].

Tabela 1

Autorzy	Częstotliwość	Czas trwania szpilki
Dröge, 1967; Benz i in., 1982	250 MHz	50–100 ms
Dröge, 1967	460 MHz	10–50 ms
Wang & Xie, 1999	1420 MHz	2–30 ms
Wang & Xie, 1999	2840 MHz	10–70 ms

## Emisja radiowa związana z rozbłyskami

Wybuchy radio i burze szumowe są przejawem radiowej aktywności Słońca. Są one związane ze zjawiskami występującymi na powierzchni Słońca m.in. plamami, pochodniami czy rozbłyskami słonecznymi.

W atmosferze Słońca dochodzi do rozbłysku, w wyniku tego następuje uwolnienie energii zgromadzonej w polu magnetycznym. Z prędkością 100 tys. km/s do atmosfery wystrzeliwane są wiązki elektronów. W ciągu kilkudziesięciu sekund pobudzeniu ulegają kolejne warstwy korony i generowane są coraz dłuższe fale. Obserwujemy wówczas wybuch radiowy typu III.

Kilkanaście minut po silnych rozbłyskach fala uderzeniowa powoduje powstawanie wybuchów II typu. Trwają one od kilku do kilkudziesięciu minut. Są odpowiedzialne za powstawanie zór i burz magnetycznych na Ziemi.

Po około 20–30 minutach po rozbłysku rozpoczyna się ciągła emisja promieniowania, trwająca kilka godzin, a czasem dni. Na falach metrowych rejestruje się ją jako burze szumowe. Są to wybuchy IV typu.

Do rejestracji zjawisk radiowej aktywności Słońca wykorzystujemy tzw. maszynę pulsarową PSPM II Obserwatorium Toruńskiego, która jest szybkim 64-kanałowym spektrografenem. Szerokość pojedynczego kanału wynosi 3 MHz, a częstotliwość próbkowania 80  $\mu$ s. W przypadku obserwacji Słońca szerokość obserwowanego pasma wynosi 138 MHz (1490–1352 MHz), co odpowiada 46 kanałom. Obserwacje szpylek wykonywane z tak dużą rozdzielczością czasową (80  $\mu$ s) należą do jedynych w świecie. Stwarza to nam nowe możliwości badania wąskopasmowych szpylek. Jak dotąd nikomu nie udało się dostrzec drobnych struktur nałożo-

nich na profil szpilki, głównie ze względu na brak obserwacji wykonywanych z tak dużą rozdzielczością czasową.

Szczegółowe badania szpylek z pewnością przyczynią się do lepszego zrozumienia mechanizmów promieniowania radiowego Słońca, a tym samym samego Słońca. Obserwacje te są tym cenniejsze, gdyż prowadzone są w okolicach maksimum 23 cyklu aktywności słonecznej.

Zebrany materiał obserwacyjny obejmuje około 40 interesujących zjawisk zawierających szpilki, które aktualnie są szczegółowo analizowane. Uzyskane wyniki będą przedmiotem rozprawy doktorskiej autora.

### Polecana literatura:

- Bastian, T.S. i. in., 1998, ARA&A, 36, 131  
 Benz, A.O., 1986, Solar Phys. 104, 99  
 Güdel, M. & Benz, A.O., 1990, A&A, 231, 202  
 R. Kippenhahn, *Na tropie tajemnic Słońca*, wyd. Prószyński i S-ka, 1997  
 Wang, M. & Xie, R.X., 1999, Solar Phys., 185, 351

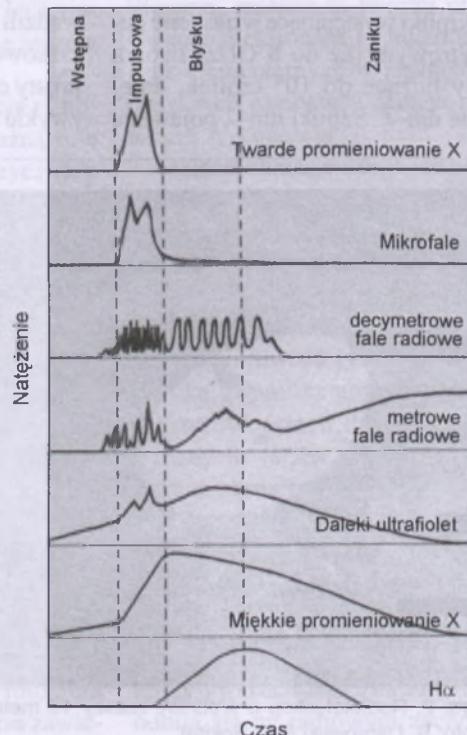
**Bartosz Dąbrowski** jest doktorantem Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Jego pasją są obserwacje Słońca.

## Rozbłyski

W chromosferze, ponad obszarami aktywnymi o skomplikowanej strukturze pola magnetycznego mogą powstawać rozbłyski, będące źródłem krótkotrwałego intensywnego pojaśnienia na wszystkich długościach fal. Rozbłyskom słonecznym towarzyszy wyrzucanie w przestrzeń międzyplanetarną szybkich strumieni elektronów i protonów, co powoduje na Ziemi powstawanie zór i burz magnetycznych.

Maksimum natężenia rozbłysku na różnych długościach fal nie występuje w tym samym czasie. Ogólny schemat ewolucji rozbłysku pokazano na rysunku.

Schemat ewolucji rozbłysku na różnych długościach fal. Kolejne jego fazy oznaczono na górze wykresu. W przypadku silnych rozbłysków faza wstępna (ang. preflare) trwa dziesięć minut, faza impulsowa (ang. impulsive) minutę, faza błysku (ang. flash) pięć minut a faza zaniku (ang. decay) godzinę.  
 Rysunek zaczerpnięto z: Arnold O. Benz Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics, Institute of Physics, Bristol 2529-2534 (2001)



RAMKA nr 3

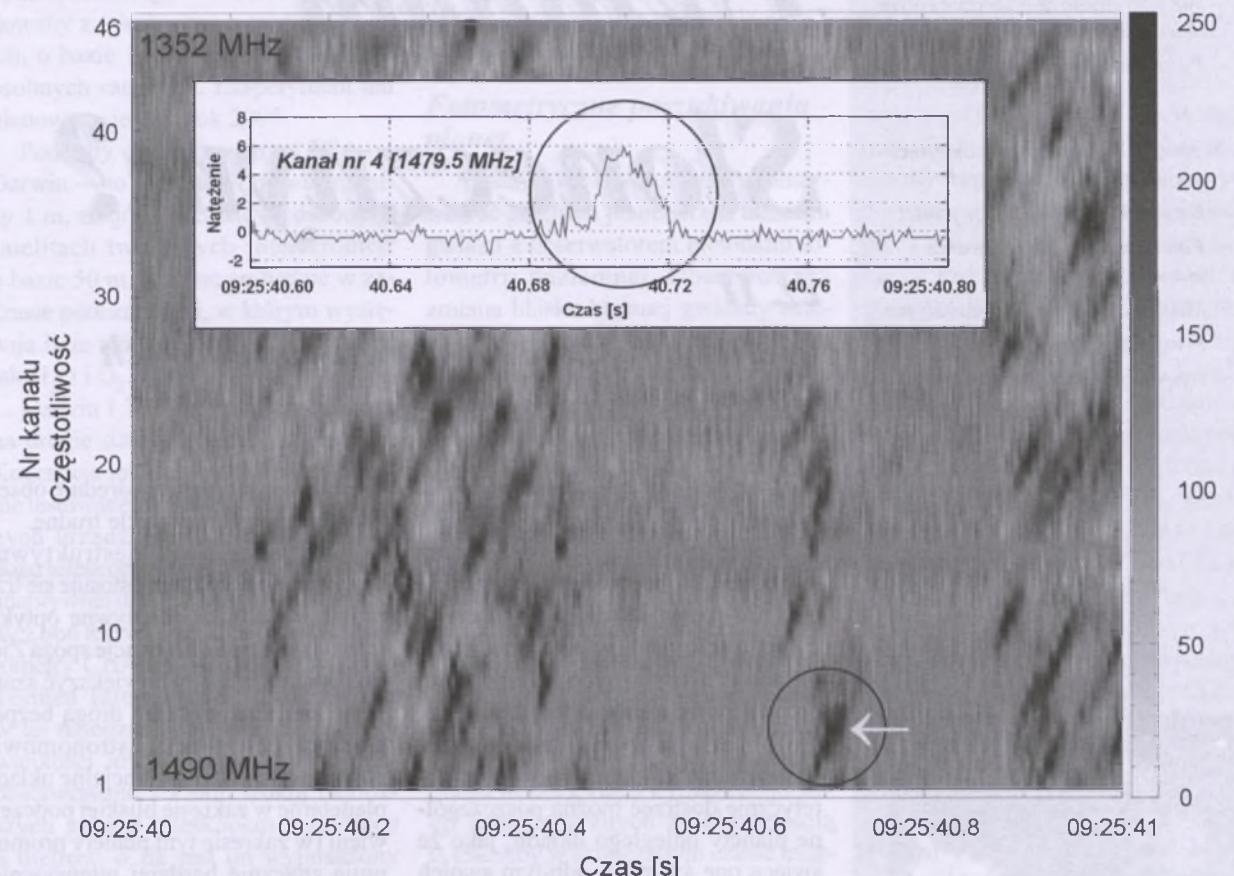
## Obserwacja szpilek (fragment) z 21 czerwca 2000 roku

Na osi x zaznaczono czas wyrażony w sekundach, na osi y numer kanału. Każdemu kanałowi przypisana jest odpowiednia częstotliwość. Kanałowi nr 1 odpowiada częstotliwość 1490 MHz, a kanałowi nr 46 (ostatniemu) częstotliwość 1352 MHz.

Stupek po prawej stronie prezentowanego widma to skala natężeń.

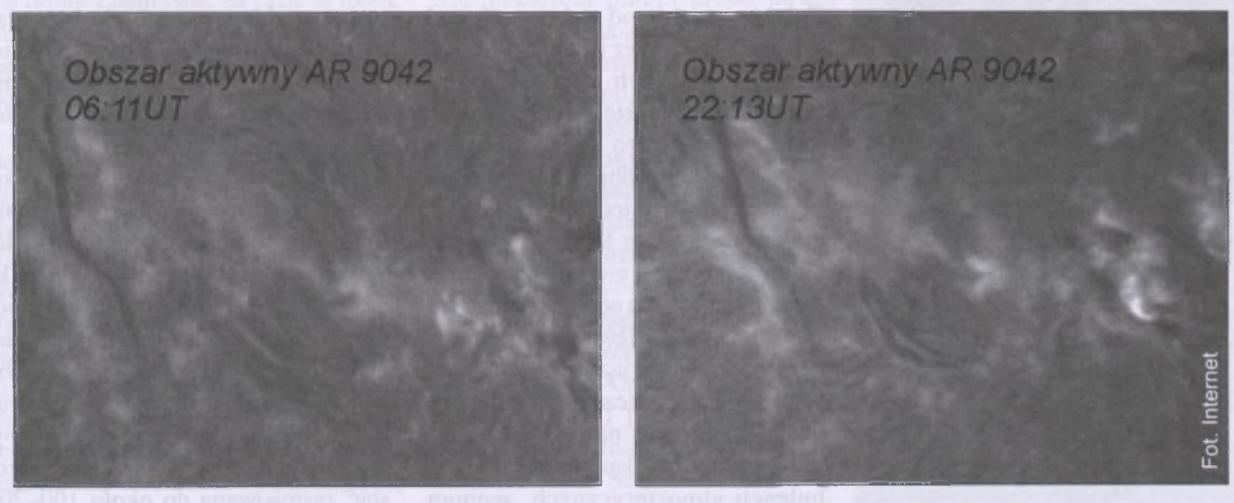
Strzałka wskazuje kanał czwarty, który został wyrysowany oddzielnie na „wklejce”. Pokazano na nim profil szpilki, oznaczony kółkiem. Zmiany przedstawiono w funkcji UT (czasu uniwersalnego).

Identyfikacji źródła powstawania szpilek dokonujemy przez porównanie czasu pojawienia się szpilek z czasem wystąpienia rozbłysku.



Prezentowanemu tu zjawisku szpilek towarzyszył rozbłysk w zakresie promieniowania X, obserwowany przez satelitę GOES-8. Rozbłysk nastąpił w obszarze aktywnym AR 9042. Zdjęcia tego obszaru wykonane w  $H\alpha$  pokazano niżej.

Zdjęcie po lewej wykonano 21 czerwca 2000 w Learmnth (Australia) o godzinie 06:11 UT, a zdjęcie po prawej w Holloman (Nowy Meksyk) o 22:13 UT.



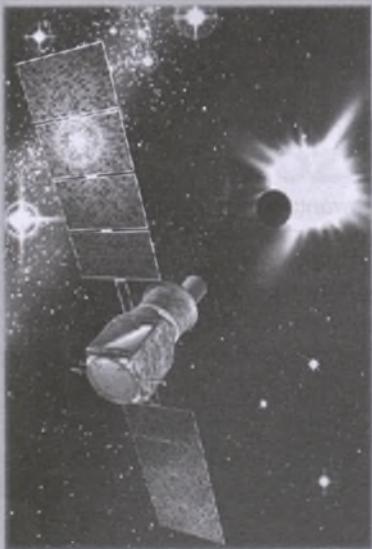
Część I (patrz U-PA 3/01 str. 116)

- Jak odkrywano niewidoczne gołym okiem planety Układu Słonecznego
- Pozasłoneczne układy planetarne

Część II

Metody poszukiwań pozasłonecznych układów planetarnych

- Bezpośrednie obserwacje planet
- Fotometryczne poszukiwania planet
- Mikrosoczewkowanie grawitacyjne
- Perturbacje dynamiczne
- Dyspersyjny interferometr optyczny



Rys. 1. COROT na orbicie — wizja artysty.

# Jak znaleźć planetę poza Układem Słonecznym?

## cz. II

### Metody poszukiwań pozasłonecznych układów planetarnych

#### Bezpośrednie obserwacje planet

Wobec znacznego rozwoju technik astrofizyki obserwacyjnej istnieje obecnie szereg możliwości obserwacyjnego odkrywania pozasłonecznych układów planetarnych. Najbardziej oczywistym sposobem jest stwierdzenie istnienia takiego układu poprzez dostrzeżenie go przez teleskop. Teoretycznie dostrzec można poszczególne planety odległego układu, jako że świecą one światłem odbitym swoich gwiazd. Ilość odbitego przez planetę światła pochodzącego od gwiazdy zależy wprost od kwadratu wielkości planety i odwrotnie od jej kwadratu odległości od gwiazdy centralnej układu. Zależy ona także od efektywności odbijania światła przez jej atmosferę bądź powierzchnię, czyli albedo. Ilość odbitego przez planetę światła gwiazdy jest niestety bardzo mała. W naszym układzie światło odbite od Jowisza stanowi na przykład jedynie  $10^{-9}$  światła emitowanego przez Słońce. Co gorsza, emitowane przez ewentualną planetę światło stanowi dla odległego obserwatora obraz, który zlewa się z dyfrakcyjnym obrazem gwiazdy, otrzymanym w teleskopie kosmicznym albo, w przypadku teleskopów naziemnych, z tarczą gwiazdy uzyskaną w wyniku turbulencji atmosferycznych, seeingu.

W praktyce zatem bezpośrednie obserwacje planet są niezwykle trudne.

Aby zniwelować destruktywny wpływ atmosfery Ziemi, stosuje się trzy możliwe techniki: adaptywną optykę, interferometrię i obserwacje spoza Ziemi. Dodatkowo, aby powiększyć szanse na znalezienie planet drogą bezpośrednią obserwacji, astronomowie głównie obserwują potencjalne układy planetarne w zakresie bliskiej podczerwieni (w zakresie tym planety promieniuają znacznie bardziej intensywnie, zaś gwiazdy stosunkowo słabo).

Adatywna optyka nie tylko pozwala uzyskiwać zdolność rozdzielczą zbliżoną do ograniczonej dyfrakcją, ale dodatkowo daje możliwość destruktywnego składania fal tak, by obraz gwiazdy zerwać, a nie wzmacnić. Technika ta wydaje się szczególnie atrakcyjna dla dużych naziemnych teleskopów jak Keck.

Najbardziej obiecujące wydaje się jednak zastosowanie obserwacji satelitarnych, w tym interferometrii destrukcyjnej w podczerwieni. Technika destrukcyjnej interferometrii w podczerwieni spoza Ziemi, czyli takie składanie obrazu interferencyjnego, by wygasić światło gwiazdy i obserwować tylko pobliską jej planetę, mogłaby, według współczesnych szacunków, zastać zastosowaną do około 100–200

układów w odległości do 15–20 pc od Słońca. Dlatego też NASA planuje na rok 2010 misję TPF (Terrestrial Planet Finder) — zespół kosmicznych teleskopów działających jako interferometry o bazach 75–1000 metrów. Rozpoczęcie ona funkcjonowanie dopiero po wstępnej selekcji celów, jaką przeprowadzi inna misja kosmiczna — SIM, o której piszę dalej. Testem koncepcji, na jakiej oparty będzie TPF, ma być Space Technology-3 — instrument zbudowany z teleskopów o średnicach 12 cm, o bazie 1 km, umieszczonych na osobnych satelitach. Eksperyment ten planowany jest na rok 2005.

Podobny do TPF program ESA — Darwin — to 4–6 teleskopów o średnicy 1 m, znajdujących się na osobnych satelitach tworzących interferometr o bazie 50 m. Działać on będzie w zakresie podczerwieni, w którym występują linie molekuł ważnych dla życia, jak  $H_2O$  i  $O_3$ .

Darwin i TPF są jednak projektami na drugie dziesięciolecie XXI wieku. Koncepcje interferometryczne są obecnie testowane na istniejących i budowanych urządzeniach naziemnych, jak duże teleskopy wyposażone w systemy adaptywnej optyki, interferometr złożony z obu teleskopów Keck bądź interferometry CHARA, IOTA, czy Palomar Testbed Interferometer. Możliwości w tej dziedzinie są ogromne. Planety wielkości Jowisza mogą być bowiem obserwowane z Ziemi wokół najbliższych gwiazd teleskopem o średnicy 3 metrów, o ile jest on wyposażony w dobry system adaptywnej optyki. Podobny teleskop naziemny o średnicy 30 metrów pozwoliłby na poszukiwanie planet wielkości Ziemi wokół najbliższych 100 gwiazd. Interferometria spoza orbity Ziemi daje, na razie w teorii, możliwość uzyskania obrazów powierzchni planet na orbitach gwiazd oddalonych do 10 pc.

Warto w tym miejscu zauważyć, że teoretycznie możliwe jest zbudowanie urządzenia interferometrycznego, które pozwoliłoby na uzyskanie obrazu planety wielkości Ziemi, znajdującej się w odległości 10 pc. Aby uzyskać obraz takiej planety w rozdzielcości 10 na 10 elementów, należałoby użyć sieci 15–25 teleskopów kosmicznych o średnicach 10 m każdy, oddalonych od siebie o 200 km. Dla uzyskania rozdzielcości  $100 \times 100$  trzeba by posłużyć się

już 150–200 teleskopami oddalonymi o 2000 km. Czas, w którym można by taki obraz uzyskać, jest jednak bardzo długi: jedna ekspozycja musiałaby trwać 10 lat! Przez cały ten czas teleskopy musiałyby pozostać w stałej odległości między sobą z dokładnością porównywalną z długością fali świetlnej, na której prowadzone byłyby obserwacje. Łatwo się domyślić, że koszt funkcjonowania takiego teleskopu byłby astronomiczny, dlatego nie należy się spodziewać budowy urządzeń w takiej skali w najbliższych latach.

### Fotometryczne poszukiwania planet

Stosunkowo łatwo można zaobserwować przejście planet przed tarczami gwiazd a obserwatorem metodami fotometrii naziemnej. Obserwowana zmiana blasku badanej gwiazdy zależy od kwadratu stosunku promieni planety i gwiazdy i jest rzędu 2% albo 0,02 magnitudo dla przejścia Jowisza przed tarczą Słońca (oczywiście dla obserwatora znajdującego się poza orbitą Jowisza). Przejście Ziemi przed tarczą Słońca dałoby jednak znacznie mniejsze obserwowane zmiany blasku, bo tylko rzędu 0,005 % magnitudo. W przypadku naszego Układu Słonecznego czas przejścia planet przed tarczą Słońca jest dość długotrwały, rzędu 12 godzin dla Ziemi i 25 godzin dla Jowisza. Efektywne poszukiwanie tym sposobem planet wokół gwiazd wymaga obserwacji fotometrycznych z dokładnością 0,1%. Aby w skończonym czasie można było oczekiwąć efektów takich poszukiwań, trzeba wziąć pod uwagę fakt, że ilość układów planetarnych o płaszczyznach usytuowanych w taki sposób, by obserwator z Ziemi mógł obserwować przejście planet przed tarczą gwiazdy, jest znikoma. Dlatego należy obserwować ogromne ilości gwiazd. Badania tego typu, prowadzone przez Charbonneau teleskopem o średnicy 10 cm wyposażonym w kamerę CCD zaowocowały obserwacją (znanej) planety przy gwiazdzie HD 209458. Sukces projektu Charboneau, opartego o tak mały instrument, był bardzo silną zachętą dla istniejących programów polegających na przeglądzie fotometrycznym nieba, jak ASAS (All-Sky Automated Survey) prowadzący stałe obserwacje 10 milionów gwiazd czy ASP (Arizona Search for Planets),

gdzie wykorzystując teleskopy o średnicach 20 cm monitoruje się dziesiątki tysięcy gwiazd.

Nieco zniechęcające jest natomiast niepowodzenie ponad ośmiodniowych ciągłych obserwacji fotometrycznych starej gromady kulistej 47 Tuc z pokładu HST. Obserwacje te nie ujawniły ani jednego przejścia planety przed tarczą żadnej z 34 000 monitorowanych gwiazd. Wieloosobowy zespół pod kierownictwem R.L. Gillianda spodziewał się dostrzec nie mniej niż 17 planet.

Badania fotometryczne wielu gwiazd w poszukiwaniu przejść prowadzone też będą z pokładu satelitów. ESA planuje misję Eddington. W jej ramach teleskop o powierzchni zbierającej 1 m<sup>2</sup> o polu widzenia 6 stopni wraz z CCD będzie przez 2–3 lata zajmował się sejsmologią gwiazd, a przez kolejne 2–3 lata poszukiwał będzie przejść planet na tle tarcz gwiazd, monitorując 700 000 gwiazd w 20 polach. Planowana dokładność fotometrii to  $10^{-6}$ . Spodziewamy się, że misja ta zaowocuje odkryciem planet wokół 50 gwiazd. Podobna jest misja NASA — Kepler to teleskop o średnicy 1 m, o polu widzenia 12 stopni, który będzie monitorował 80 000 gwiazd, jaśniejszych niż 14 mag. z dokładnością  $10^{-5}$ . Spodziewane rezultaty to 480 planet typu ziemskiego i wiele planet większych. Francuska misja COROT to mały teleskop o średnicy 27 cm, budowany głównie dla badania oscylacji gwiazd. Będzie on jednak poszukiwał też przejść planet, monitorując 50 000 gwiazd. Planowane są też podobne misje duńskie MONS i kanadyjska MOST.

### Mikrosoczewkowanie grawitacyjne

Jak wiemy (U-PA 1/2000), światło pochodzące od dalekiego obiektu może być po drodze do obserwatora odchylane od prostoliniowej trajektorii przez oddziaływanie grawitacyjne obiektów znajdujących się po drodze. Zjawisko takie, soczewkowanie grawitacyjne, znane jest od lat w przypadku obiektów kosmologicznych jak odległe galaktyki. Pojęcie to wprowadził Paczyński dla określenia zjawiska soczewkowania grawitacyjnego, które może być obserwowane jako zmiana natężenia obrazu utworzonego przez dowolną liczbę mikroobrazów o pojedynczych rozmiarach, nie rozdzielonych przez obserwatora. Okazuje się, że możliwe jest za-

stosowanie tego zjawiska do wykrywania pozasłonecznych układów planetarnych. Zazwyczaj soczewka grawitacyjna składająca się z gwiazdy powoduje pojaśnienie ogniskowanego, bardzo dalekiego obiektu, trwające od kilku godzin do kilkudziesięciu dni. Jeśli nasza gwiazda – soczewka posiada dodatkowo planetę, to charakterystyczne pojaśnienie, poza zwykłym rozkładem w czasie, ukaże nam także dodatkowy pik trwający od kilku godzin do kilku dni. Zjawisko to jest obserwowane fotometrycznie. Możliwe są także w przyszłości pomiary astrometryczne mikrosoczewkowania grawitacyjnego, gdyż istnienie planety wokół gwiazdy powoduje zmianę pozycji obserwowanego obiektu o wielkość rzędu 10 milisekund łuku w trakcie zjawiska. Mikrosoczewkowanie grawitacyjne jest jedynym sposobem detekcji układów planetarnych, niezależnym od odległości układu od Ziemi. Co więcej, w metodzie tej tak naprawdę nie widzimy wcale gwiazdy i planety, a jedynie ich wpływ na ogniskowane światło, czyli jej czułość w ogóle nie zależy od jasności gwiazdy i obiegającej jej planety. Oczywiście metoda ta jest niezwykle mało efektywna ze względu na złożone warunki, jakie towarzyszą tworzeniu mikrosoczewek grawitacyjnych. Warto w tym miejscu przypomnieć, że prowadzone od lat ogromne masowe fotometryczne obserwacje w ramach programów poświęconych soczewkowaniu grawitacyjnemu, polegające na stałym monitorowaniu milionów gwiazd, zakończyły zaledwie kilkoma setkami obserwacji mikrosoczewkowania. Łatwość detekcji planety tą metodą zależy od jej wielkości i rozmiarów orbity. Możliwa jest nawet detekcja układów planetarnych poza Galaktyką! Metoda ta ma

jednak jedną podstawową wadę: planeta odkryta w wyniku mikrosoczewkowania grawitacyjnego nie będzie już nigdy obserwowana ponownie.

### Perturbacje dynamiczne

Najefektywniejsze sposoby detekcji planet w układach pozasłonecznych bazują na dynamicznych perturbacjach, jakie istnienie i ruch planet powoduje u ich słońca. Perturbacje te mogą przejawiać się na różne sposoby, a do ich obserwacji możemy zastosować różne techniki. Przede wszystkim zauważmy, że fakt istnienia planety na orbicie wokół gwiazdy, jej słońca, powoduje przesunięcie środka ciężkości takiego układu z centrum gwiazdy poza nie. W efekcie ruch w układzie odbywa się nie wokół słońca, lecz wokół punktu będącego środkiem masy. Punkt ten jest oddalony od centrum gwiazdy tym bardziej, im bardziej masywna jest planeta. Tak więc ruch planety okrążającej środek masy układu planetarnego powoduje ruch gwiazdy wokół tego punktu. To odbicie ruchu planety w postaci ruchu gwiazdy centralnej, słońca, jest zjawiskiem, jakie obserwują astronomowie.

### 1. Chronometraż pulsarów

Historycznie pierwszą techniką badania dynamicznych perturbacji gwiazdy centralnej celem analizy składników układu planetarnego, która zaowocowała konkretnymi wynikami, była analiza przesunięć w czasie impulsów radiowych wysyłanych przez pulsary. Taką właśnie techniką A. Wolszczan odkrył w 1992 pierwszy pozasłoneczny układ planetarny wokół pulsara PRS B1257+12. Dziś wiemy, że układ ten składa się z czterech planet.

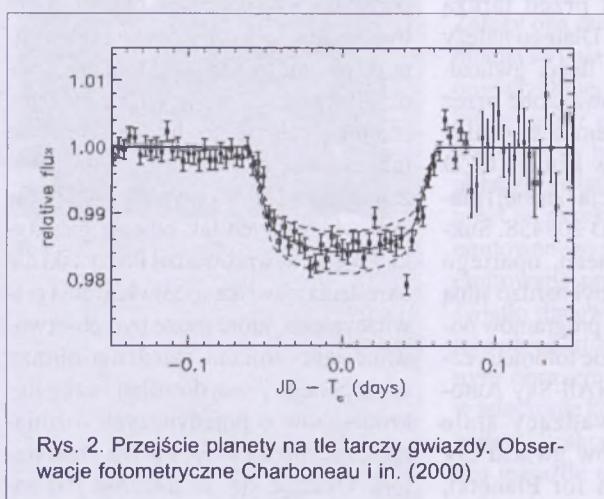
Skąd biorą się obserwowane zapóźnienia w pojawianiu się impulsów radiowych pulsara? Jak już wiemy, ruch planety wokół gwiazdy powoduje, że gwiazda porusza się także wokół centrum masy układu. Taki ruch gwiazdy po elipsie powoduje z punktu widzenia obserwatora ziemskiego bardzo nieznaczne

przybliżanie i oddalanie się gwiazdy w czasie równym okresowi obiegu planety wokół gwiazdy. Ruch gwiazdy do i od obserwatora powoduje przesunięcie Dopplerowskie emitowanego przez pulsara impulsu. Wielkość zapóźnienia czasowego wyrażonego w milisekundach ( $1\text{ms} = 10^{-3}\text{ s}$ ) jest proporcjonalna do masy w jednostkach masy Ziemi oraz do pierwiastka trzeciego stopnia z kwadratu okresu obiegu planety wyrażonego w latach.

Chronometraż pulsarów jest bez wątpienia najbardziej precyzyjną obecnie techniką analizy układów planetarnych. Zapóźnienia czasowe rzędu 1 s pozwalają analizować ruch planet wielkości Jowisza, zapóźnienia milisekundowe – planety wielkości Ziemi. Mierzone rutynowo zapóźnienia mikrosekundowe pozwalają natomiast śledzić ruch asteroid wokół pulsara. W chwili obecnej każda inna technika detekcji planet jest bardzo odległa od takiej dokładności.

### 2. Zmiana pozycji – astrometria

Gwiazda okrążana przez planetę porusza się na niebie po elipsie o półosi, której wielkość kątowa zależy od stosunku mas planety i jej słońca oraz od stosunku wielkiej półosi (orbity) do odległości od obserwatora. Wielkości kątowe takich elips nie są duże. Słońce obserwowane z odległości 10 pc porusza się pod wpływem oddziaływanego grawitacyjnego Jowisza jedynie o 1000 mikrosekund łuku ( $\mu\text{as}$ ) albo 1 milisekundę łuku (mas) w ciągu 12 lat, a pod wpływem Ziemi jeszcze mniej, bo jedynie o 0,6  $\mu\text{as}$  (0,0006 mas) rocznie. Przypomnijmy, że oko ludzkie potrafi rozróżnić obiekty odległe kątowo o jedną minutę łuku, a teleskopy funkcjonujące na powierzchni Ziemi osiągają kątowe zdolności rozdzielcze nieco lepsze niż 1 sekunda łuku. Milisekunda łuku (mas), czyli  $10^{-3}$  sekundy łuku, to rozmiary kątowe człowieka na Księżycu, widzianego z Ziemi. Mikrosekunda łuku ( $\mu\text{as}$ ), czyli  $10^{-6}$  sekundy łuku, to rozmiar kątowy żrenicy tego astronauty! Obserwacje takich małych przesunięć kątowych wymagają zastosowania bardzo wyrafinowanych interferometrycznych technik astrometrii w zakresie widzialnym i bliskiej podczerwieni. Wysiłek ten jednak może się opłacić, bowiem obserwacje astrometryczne prowadzą do uzyskania informacji o małych planetach nieskażone geometrią układu.



Rys. 2. Przejście planety na tle tarczy gwiazdy. Obserwacje fotometryczne Charbneau i in. (2000)

du, jak to ma miejsce w przypadku innych technik. Można zatem za ich pomocą uzyskać absolutne wielkości orbit i mas planet, jeśli znamy odległości do badanego układu planetarnego oraz masę gwiazdy centralnej. Obserwacje interferometryczne o dokładnościach rzędu mikrosekundy łuku w powiązaniu z obserwacjami spektroskopowymi dają możliwość analizy układów planetarnych z planetami mniejszymi od Jowisza w odległości od około 50–200 pc. Takie też badania są obecnie przygotowywane.

Techniki interferometryczne, znane i stosowane od lat w dziedzinie radiowej, od pewnego czasu implementowane są z powodzeniem w zakresie widma widzialnego. Oczywistym problemem z tym związanym jest dokładność mechaniczna takich urządzeń, która musi być rzędu długości fali świetlnej, na jakiej prowadzone są obserwacje. Aby obserwować gwiazdy, obserwacje interferometryczne muszą być prowadzone w zakresie promienowania, jakiego gwiazdy produkują najczęściej, czyli w zakresie widzialnym. Powoduje to, że interferometry stosowane do tego typu badań muszą być zbudowane tysiące razy dokładniej niż interferometry radiowe. Tym niemniej pierwsze sukcesy tej techniki w obserwacjach naziemnych spowodowały wzrost zainteresowania się nią. Pomary za pomocą Palomar Testbed Interferometer — interferometru składającego się z teleskopów o średnicach zwierciadeł 0,5 metra, oddalonych o 110 metrów i działających w podczerwieni pozwoliły osiągnąć poziom dokładności rzędu dziesięciu mikrosekund łuku ( $10 \mu\text{as}$ ) w obserwacjach pozycyjnych w małym polu rozmiarów rzędu 20 sekund łuku. Obserwacje tego typu będzie prowadzić w przyszłości interferometr złożony z obu teleskopów Kecka i towarzyszących im mniejszych instrumentów. Interferometr Kecka, złożony z dwóch teleskopów o średnicach 10 metrów i oddalonych od siebie o 85 metrów, wykonał pierwsze obserwacje 12 marca br., jednak dalsze testy potrwają jeszcze kilka miesięcy. Podobne obserwacje będzie też wykonywał interferometr złożony z czterech teleskopów VLT o średnicach 8,2 metra, budowanych przez ESO. Niestety, nawet te skomplikowane urządzenia mają ograniczone możliwości i nie pozwa-

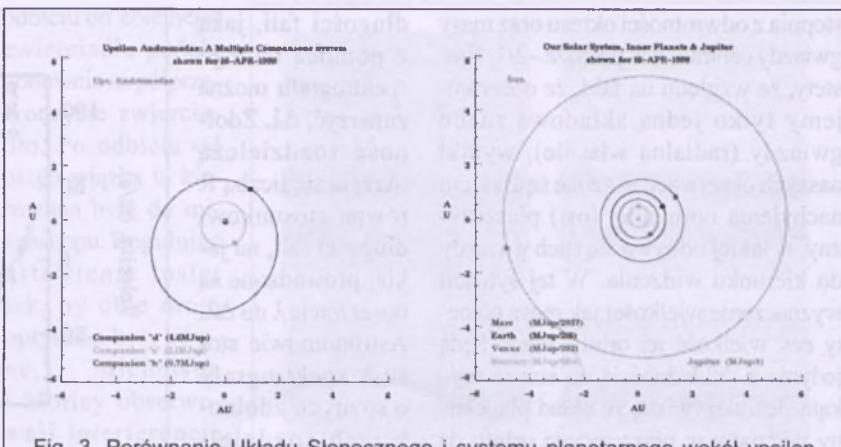


Fig. 3. Porównanie Układu Słonecznego i systemu planetarnego wokół ypsilon Andromede.

lały na poszukiwanie planet typu ziemskiego.

Aby prowadzić obserwacje astrometryczne o dokładności lepszej niż  $10 \mu\text{as}$ , należy posłużyć się interferometrami funkcjonującymi poza atmosferą Ziemi. Pierwszym tego typu satelitą był Hipparcos, który zmierzył pozycje 120 000 gwiazd z dokładnością  $1 \mu\text{as}$  (patrz „Urania-PA” 6/99, str. 254). Dokładność taka, jak już wiemy, nie jest wystarczająca do masowych poszukiwań planet. Kolejnymi teleskopami kosmicznymi, posługującymi się interferometrią w bliskiej podczerwieni będą SIM (NASA) i GAIA (ESA) (patrz „Urania-PA” 2/2000, str. 52 i 56).

Bezpośrednim następcą Hipparcosa będzie właśnie misja Gaia, której celem jest uzyskanie pozycji i odległości miliiarda gwiazd do 20 wielkości gwiazdowej. Satelita ten funkcjonował będzie około 5 lat. Jego start planowany jest na rok 2007. Głównym celem tej misji będzie badanie Galaktyki poprzez określenie odległości do gwiazd i tworzenie mapy trójwymiarowej. Jednak przy spodziewanej dokładności astrometrycznej rzędu  $1 \mu\text{as}$  Gaia będzie też źródłem informacji o planetach. Spodziewane jest, że każdego dnia w ciągu jej działania Gaia przyniesie nam wieści o 30 nowych gwiazdach z planetami o masach rzędu masy Jowisza i okresach obiegu 1–10 lat.

SIM (Space Interferometry Mission) to inny satelita interferometryczny planowany na rok 2009. Interferometr o bazie 10 metrów złożony będzie z teleskopów o średnicy 0,3 metra, funkcjonujących w zakresie widzialnym. Będzie on funkcjonował przez około 10 lat i w tym czasie prowadzone będą z jego pokładu obserwacje interferometryczne

o niespotykanej dotąd dokładności  $1 \mu\text{as}$ . SIM, poza przeglądem nieba w celu pomiaru odległości do gwiazd, będzie badał wybrane gwiazdy pod kątem poszukiwania układów planetarnych. Wobec niezwykłej dokładności tego narzędzia możliwe będzie zbadanie kilkudziesięciu pobliskich (do 10 pc) gwiazd w poszukiwaniu planet wielkości Ziemi. Obserwacje te będą wykonywane z maksymalną dokładnością  $1 \mu\text{as}$ . Nieco dalsze gwiazdy, do około 25 pc, obserwowane będą z mniejszą dokładnością  $4 \mu\text{as}$ , co pozwoli na poszukiwanie i analizę układów planetarnych złożonych z planet wielkości Jowisza. Takich układów wybranych do obserwacji z pokładu satelity SIM będzie kilka tysięcy. Aby tego typu obserwacje mogły być prowadzone przez satelity astronomiczne efektywnie, potrzebne są oczywiście wieloletnie przygotowania mające na celu między innymi wybór gwiazd będących celem SIM-a oraz wstępna analizę ich układów planetarnych.

### 3. Analiza prędkości radialnych

Najbardziej efektywną metodą poszukiwania planet jest, jak dotąd, analiza zmian prędkości radialnych gwiazd, wokół których one krążą. Obserwowana jest w ten sposób składowa radialna (w kierunku do i od obserwatora) ruchu gwiazdy wokół centrum masy układu wymuszonego przez ruch planety. Prędkości radialne gwiazd mierzmy na podstawie analizy ich widm. Obserwowane tam linie widmowe w wyniku ruchu gwiazdy zmieniają swe położenie, długość fali, zgodnie z prawem Dopplera. Wielkość tego przesunięcia jest proporcjonalna do radialnej składowej prędkości gwiazdy. Prędkość ta z kolei zależy od masy planety, pierwiastka trzeciego

stopnia z odwrotnością okresu oraz masy gwiazdy centralnej w potędze  $-2/3$ . Niestety, ze względu na fakt, że obserwujemy tylko jedną składową ruchu gwiazdy (radialną właśnie), wyniki naszych obserwacji skażone są efektem nachylenia normalnej (osi) płaszczyzny, w jakiej odbywa się ruch gwiazdy do kierunku widzenia. W tej sytuacji wyznaczenie wielkości jak masa planety czy wielkość jej orbity znane będą jedynie z dokładnością do sinusa tego kąta. Jest oczywiste, że układ planetarny widziany w płaszczyźnie orbity daje nam rzeczywiste wielkości amplitudy prędkości radialnych i masy planety, gdyż  $\sin 90^\circ = 1$ . Ten sam układ obserwowany „z góry” nie da nam jednak żadnej informacji o ewentualnej planecie, gdyż  $\sin 0^\circ = 0$  i nie będziemy widzieć zmian prędkości radialnych. Tak więc same obserwacje spektroskopowe bez dodatkowej informacji o nachyleniu płaszczyzny orbity planety nie dają pełnych danych o planecie, a jedynie ich dolną granicę.

Jak duże są wahania prędkości radialnych w przypadku naszego Układu Słonecznego? Ruch Jowisza wokół Słońca daje w ciągu 12 lat amplitudę 12,5 m/s, Saturna — 3 m/s w ciągu 30 lat. Ruch Ziemi powoduje już znacznie mniejsze zmiany prędkości radialnej Słońca, bo jedynie 0,1 m/s w ciągu roku. Jak astronomowie mierzą takie prędkości?

Zadanie nie jest łatwe i to z dwóch powodów. Po pierwsze, metoda pomiaru tak małych zmian prędkości jest niezwykła, a po drugie, aby właściwie pomierzone prędkości zinterpretować, trzeba wziąć pod uwagę wiele efektów, które zaburzają wyniki pomiarów. Orbitalny (roczny) ruch Ziemi wokół Słońca powoduje bowiem zmiany znacznie większe niż te, które chcemy obserwować (30 km/s). Podobnie jest z ruchem wirowym (dobowym) Ziemi wokół osi (ok. 1000 m/s). Istotny wpływ na obserwowane zmiany prędkości radialnych gwiazd ma odbicie ruchu Księżyca wokół Ziemi i innych planet Układu Słonecznego wokół Słońca.

Wróćmy do pomiarów zmian prędkości radialnych z obserwacji spektroskopowych. Aby móc mierzyć bardzo małe przesunięcia linii widmowych w widmach gwiazd, astronomowie stosują spektrografy o bardzo dużych zdolnościach rozdzielczych. Zdolność rozdzielcza to najmniejsza różnica

długości fali, jaką z pomocą danego spektrogrału można zmierzyć,  $\Delta\lambda$ . Zdolność rozdzielczą określa się liczbą  $R$  równą stosunkowi długości fali, na jakiej prowadzone są obserwacje  $\lambda$  do  $\Delta\lambda$ . Astronomowie stosują spektrografy o różnych zdolnościach rozdzielczych: od małych  $R \leq 1000$  poprzez średnie  $R \leq 10\,000$ , do dużych i bardzo dużych,  $R=120\,000$

i więcej. Typowe spektrografy stosowane do pomiarów prędkości radialnych gwiazd w poszukiwaniach planet posiadają zdolności rozdzielcze rzędu  $R=60\,000$ . Spektrograf taki, funkcjonując w zakresie widzialnym  $\lambda \approx 600$  nm, rozdziela w widmie szczególne oddalone o 0,01 nm. Przesunięcie takie, zgodnie z prawem Dopplera, odpowiada prędkości radialnej 5 km/s. Aby móc skutecznie poszukiwać planet wielkości Jowisza wokół gwiazd wielkości Słońca, trzeba potrafić wyznaczać prędkości radialne kilkaset razy dokładniej niż wynika to z samej konstrukcji spektrografu! Aby dosiągnąć tak wysokiej dokładności, astronomowie stosują niezwykłe techniki. Widmo gwiazdy jest rejestrowane równocześnie z widmem substancji dającej znane charakterystyczne widmo tak, by kalibracja długości fali była maksymalnie dokładna. Dodatkowo prędkość radialna wyznaczana jest na podstawie analizy przesunięć setek linii w pojedynczym widmie. W rezultacie uzyskuje się obecnie przy sporym nakładzie pracy dokładności do 3 m/s. Pozwala to na obserwacje planet odpowiadających naszemu Saturnowi.

Czy jest możliwe uzyskanie obecnie stosowanymi technikami lepszej dokładności wyzna-

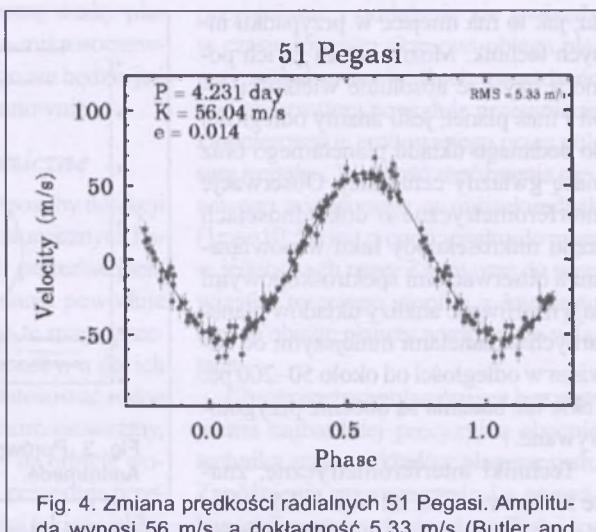


Fig. 4. Zmiana prędkości radialnych 51 Pegasi. Amplituda wynosi 56 m/s, a dokładność 5,33 m/s (Butler and Marcy).

czeń zmian prędkości radialnych gwiazd? Czy jest do pomyślenia obserwacja obecnymi spektrografami planet typu ziemskiego? Wydaje się, że nie. Zauważmy, że spektrograf o rozdzielczości  $R=60\,000$  działający w zakresie widzialnym,  $\lambda \approx 600$  nm, obserwuje linie widmowe o typowej szerokości 5 km/s. Nasze pomiary z dokładnością rzędu 3 m/s oznaczają, że określamy zmiany pozycji centrum profilu takiej linii o około 1/1500 jej szerokości. W typowej sytuacji, gdy widmo rejestrowane jest na matrycy CCD, cała linia rejestrowana jest w kilku pikselach. Tak więc aby zmierzyć dokładnie prędkość radialną, musimy znaleźć centrum obserwowanego profilu linii widmowej za pomocą dopasowania funkcji matematycznej. Jaka jednak jest ta funkcja? Problem właśnie na tym polega, że kształtu tej funkcji dokładnie nie znamy. Jest to bowiem złożenie profilu linii widmowej emitowa-

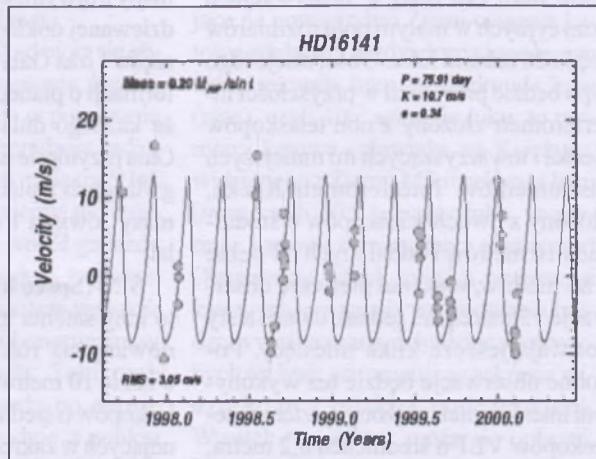


Fig. 5. Zmiana prędkości radialnych HD 16141. Tutaj amplituda wynosi już tylko 10,7 m/s, a dokładność sięga 3 m/s (Marcy et al.).

nej przez gwiazdę z profilem instrumentalnym spektrogrału. Niestety, nawet jeżeli możemy założyć, że profil linii gwiazdowej jest stały w czasie i jedynie jego pozycja się zmienia, to założenia takiego nie możemy zrobić w przypadku profilu instrumentalnego. Ten bowiem jest zmienny w czasie w sposób, którego nie można przewidzieć. Aby uzyskać tak wysokie rozdzielczości jak nasze  $R=60\,000$ , astronomowie posługują się siatkami dyfrakcyjnymi o bardzo gęstych rysach. Liczba rys na milimetrze, parametr, od którego zależy zdolność rozdzielcza siatki, często sięga 1000 i więcej. Aby spektrograf dawał wysokie rozdzielczości, siatki te muszą być dodatkowo bardzo duże i w efekcie widmo gwiazdy tworzy się jako złożenie obrazu dyfrakcyjnego, powstającego na setkach tysięcy linii. Trudna do uniknięcia zmiana charakterystyki widmowej takiej siatki, na przykład w wyniku zanieczyszczenia niektórych rys, odbija się na kształcie obserwowanej linii widmowej, a co za tym idzie, na dokładności pomiaru prędkości radialnej.

Czy można temu zaradzić i obserwować zmiany prędkości radialnych z dokładnością lepszą niż 3 m/s? Wydaje się, że tak. Należy jednak zbudować spektrograf nowego typu.

### Dypsersyjny interferometr optyczny

Największy problem w pomiarach prędkości radialnych gwiazd za pomocą spektrogrału siatkowego to nieznany kształt profilu instrumentalnego. Problem ten można usunąć, stosując spektrograf zupełnie innej konstrukcji. Aby go jednak opisać, trzeba na chwilę wrócić do przełomu XIX i XX stulecia.

Pionierem zastosowań interferometrii w astronomii był urodzony w Strzelnie koło Inowrocławia Albert Abraham Michelson. Oryginalny interferometr Michelsona i Morleya z 1887 składał się z półprzepuszczystego zwierciadła ustawionego pod kątem  $45^\circ$  do padającej wiązki światła. Połowa padającego na nie światła po odbiciu kierowana była do drugiego zwierciadła, a po odbiciu od niego i ponownym przejściu przez zwierciadło półprzepuszczyste wpadała do mikroskopu. Druga połowa zaś po przejściu przez zwierciadło półprzepuszczyste poruszała się dalej w kierunku prostopadłym do pierwszej wiązki i po

odbiciu od kolejnego zwierciadła padała ponownie na półprzepuszczyste zwierciadło. Po odbiciu od niego wiązka ta kierowana była do mikroskopu. Regulując ustawienie luster tak, by obie drogi optyczne były równe, Michelson i Morley obserwali interferencję obu wiązek w poszukiwaniu wpływu eteru na prędkość światła. Jak wiemy, doświadczenie to nie udało się, dowodząc braku eteru.

W roku 1919 Michelson po raz pierwszy zastosował zmodyfikowany przez siebie interferometr do pomiaru średnic gwiazd. Po zainstalowaniu małych zwierciadeł o regulowanej odległości przed teleskopem, Michelson obserwował interferometryczny obraz zmieniający się w zależności od odległości zwierciadeł. Takim sposobem udało się mu zmierzyć średnice kątowe kilku gwiazd.

Urządzenie to znalazło także zastosowanie jako przyrząd służący do rejestracji widma. Interferometr Michelsona może bowiem także być zastosowany jako spektrograf o bardzo wysokiej rozdzielczości. Wystarczy, że regulując za pomocą ruchu jednego ze zwierciadeł różnicę dróg między wiązkami światła, uzyskamy obraz interferencyjny. Obraz taki jest transformatą Fouriera z widma padającego światła. Mimo możliwości uzyskania bardzo wysokiej rozdzielczości, spektrograf tego typu nie znalazł szerokiego zastosowania w astrofizyce obserwacyjnej, gdyż szeroki zakres długości fal obserwowanego źródła powoduje wzajemne wygaszanie się prążków interferencyjnych, a co za tym idzie, utratę zawartej w widmie informacji.

Interferometr Michelsona można jednak wykorzystać do budowy zupełnie

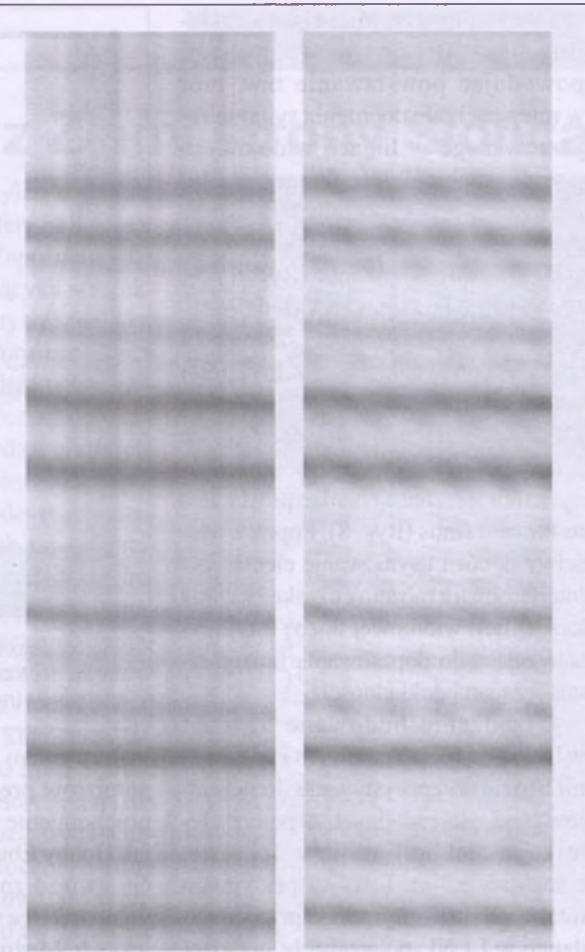


Fig. 6. Symulacja widma obserwowanego dyspersyjnym interferometrem optycznym (T. Sołtysiński).

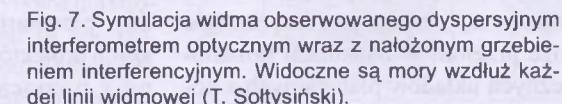


Fig. 7. Symulacja widma obserwowanego dyspersyjnym interferometrem optycznym wraz z nałożonym grzebienniem interferencyjnym. Widoczne są mory wzduż każdej linii widmowej (T. Sołtysiński).

nowego urządzenia: dyspersyjnego interferometru optycznego. Urządzenie takie, budowane obecnie przez Jiana Ge z Uniwersytetu Stanowego Pensylwanii przy udziale polskich astronomów, składa się z interferometru Michelsona o stałej różnicy dróg optycznych i spektrogrału siatkowego o średniej rozdzielczości  $R=5000$ . Interferometr Michelsona o stałej różnicy dróg optycznych daje na wyjściu obraz interferencyjny, składający się z prążków o stałej separacji. Obraz interferencyjny zrzutowany zostaje następnie na szczelinę spektrogrału, gdzie światło jest rozszczepiane na tyle, by rozdzielić linie widmowe. Zastosowany tu spektrograf jest jedynie średniej dyspersji, gdyż jego rolą nie jest uzyskanie rozdzielczości dającej możliwość pomiaru prędkości radialnych. Na detektorze, kamerze CCD, umieszczonej na wyjściu spektrogrału powstaje skomplikowany obraz, na którym prążki interferencyjne powstałe

w interferometrze Michelsona nakładają się na linie widmowe gwiazdy, powodując powstawanie tzw. mor w miejscach wzmacnienia sygnału rejestrowanego w liniach widmowych przez „grzebień” interferencyjny. Informacja o prędkości radialnej gwiazdy zawarta jest właśnie w pozycji (fazie) obserwowanych mor (Rys. 6 i 7). Porównanie fazy mor w widmie badanej gwiazdy z fazą mor uzyskanych na widmie porównania pozwala bardzo dokładnie mierzyć prędkość radialną gwiazdy. Dzieje się tak dlatego, że funkcja opisująca kształt obserwowanych mor jest znana i bardzo prosta. Jest to funkcja sinus (Rys. 8). Poprzez właściwy dobór i usytuowanie elementów interferometru możemy uzyskać wzdłuż każdej linii widmowej liczbę mor, wystarczającą do dopasowania funkcji sinus z żadaną dokładnością.

Urządzenie budowane obecnie w Uniwersytecie Stanowym Pensylwanii będzie wykorzystywane do pomiarów prędkości radialnych za pomocą teleskopu Hobby Eberly w Teksasie, o średnicy 9,2 m. Testy dyspersyjnego interferometru optycznego przeprowadzone w LLNL pokazały, że urządzenie to może mierzyć prędkości radialne z dokładnością lepszą niż 1 m/s. Oznacza to, że z jego pomocą nastąpić może przełom w badaniach pozasłonecznych układów planetarnych z powierzchni Ziemi. Dostępne obserwacjom staną się planety wielkości Ziemi.

### Zakończenie

Dyspersyjny interferometr optyczny wydaje się być niezwykle obiecującym

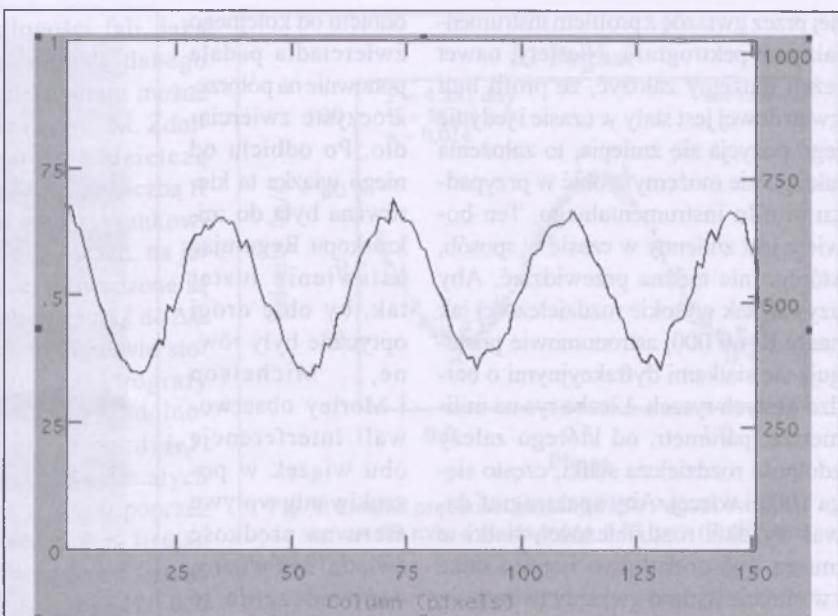


Fig. 8. Przebieg mory wzdłuż profilu linii widmowej. Sinusoidalny charakter jest łatwo dostrzegalny. Celem wyznaczenia prędkości gwiazdy należy zmierzyć fazę sinusoidy (mory).

instrumentem do bardzo precyzyjnych pomiarów prędkości radialnych. Jego uruchomienie na teleskopie tak dużym jak Hobby Eberly pozwoli na obserwacje gwiazd znacznie słabszych niż to miało miejsce w dotychczasowych projektach. Można się zatem spodziewać, że z jego pomocą odkrytych zostanie wiele nowych pozasłonecznych układów planetarnych. Jednym z pierwszych projektów, jakie będą realizowane z pomocą tego nowatorskiego urządzenia i teleskopu Hobby Eberly, będzie przygotowywanie listy obiektów dla misji astrometrycznej Space Interferometry Mission, a co za tym idzie, dla misji Terrestrial Planet Finder.

W przyszłości planowane jest posze-

rzenie zakresu poszukiwań planet poprzez instalację bliźniaczego instrumentu na będącym obecnie w budowie teleskopie SALT, w którym astronomowie polscy mają udział w wysokości 10% czasu obserwacyjnego (patrz „Urania-PA” 1/99, str. 10). Obserwacje prędkości radialnych gwiazd z niespotykana dotąd precyją dodatkowo pozwolą także na badania efektów dynamicznych w ich atmosferach.

*Dr Andrzej Niedzielski jest adiunktem Centrum Astronomii UMK w Toruniu. Zamierza poszukiwać pozaziemskich planet przy pomocy spektrografów teleskopu SALT.*

## INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2001 (6 zeszytów) kosztuje 36 zł (zagraniczna 50 zł). Cena pojedynczego zeszytu 7,50 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne

BIG Bank Gdańsk S.A. o/Toruń

Nr 11601612-6347-132

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii” i „Uranii-PA” udziela:

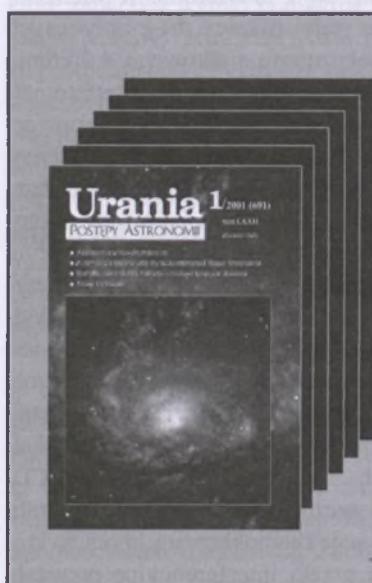
Karolina Wojtkowska

Centrum Astronomii UMK

ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)

tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08



# Aktywność niewidocznej z Ziemi strony Słońca

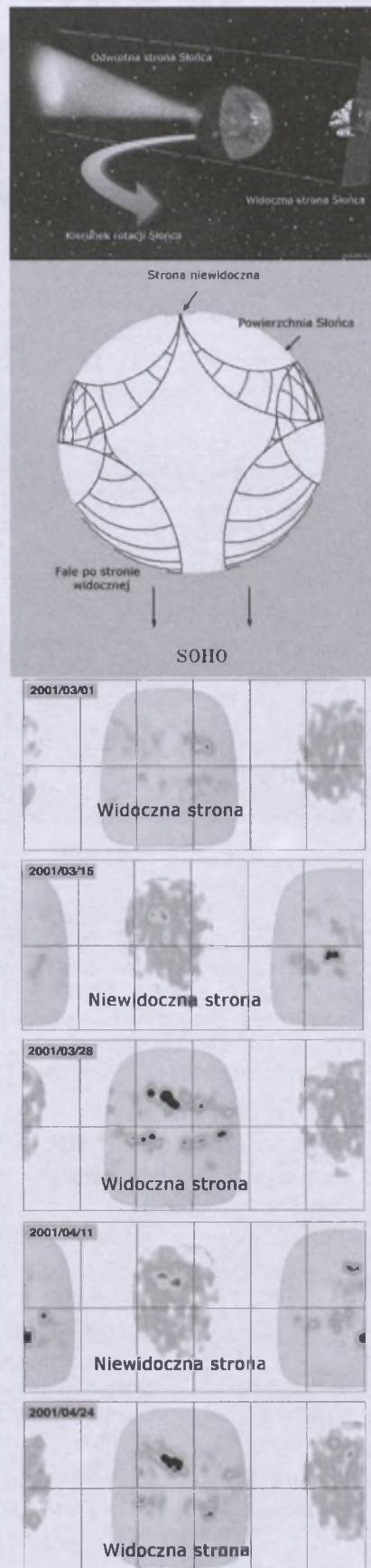
**J**uż w późnych latach siedemdziesiątych można było obserwować z pokładu sond międzyplanetarnych promieniowanie radioowe Słońca, generowane przez wiązki elektronów wysypane z niewidocznej strony naszej dziennej gwiazdy. W wyniku ruchu wzdłuż linii sił słonecznego pola magnetycznego (mających w wietrze słonecznym kształt spirali Archimedesa) jak i wzrostu w miarę oddalania się od Słońca pozornych rozmiarów źródeł (m.in. wskutek rozproszeń fal radiowych w koronie oraz wietrze słonecznym) promieniujący obszar wyłaniał się spoza tarczy słonecznej i stawał się widoczny dla obserwatora znajdującego się po przeciwniej stronie.

Zupełnie nowe możliwości pojawiły się z chwilą wystrzelenia misji SOHO. Jeden z instrumentów na jej pokładzie (SWAN — Solar Wind Anisotropies) pozwala na obserwację słonecznego promieniowania ultrafioletowego (emitowanego w świetle linii Lyman  $\alpha$ ) rozproszonego przez międzyplanetarny neutralny wodór. Jeśli na niewidocznej dla nas stronie Słońca pojawi się obszar aktywny, wysypane w jego obrębie promieniowanie ultrafioletowe jak snop latarni morskiej rozświetli znajdujący się przed nim ośrodek. Na górnym rysunku widać schemat sytuacji, o której mowa. Oznacza to, że o istnieniu aktywnego obszaru na niewidocznej stronie Słońca można dowiedzieć się na kilka dni przed jego pojawiением się po stronie widocznej. Trudniej jest określić jego położenie na niewidocznej stronie Słońca. Znalazła się jednak na to rada właśnie w ramach tej samej misji SOHO. Michelson Doppler Imager (MDI) pozwala na badanie propagacji fal dźwiękowych rozchodzących się we wnętrzu Słońca. Okazało się, że można wykorzystać fakt wzrostu prędkości fal przekształcających przez obszar aktywny (w tym wypadku plamę słoneczną) dla oceny jego położenia. Analiza danych MDI pochodzących z wielu punktów obserwowanych na widocznej części Słońca pozwoliła na odtworzenie obrazu plam po niewidocznej stronie — używa się w tym celu techniki stosowane do analizy hologramów. Wykorzystywają-

na jest informacja nie tylko o okresie drgań elementów atmosfery Słońca, ale również i o ich fazie. Zapóźnienia fal dźwiękowych pochodzących od „aktywnych” i „nieaktywnych” rejonów niewidocznej dla nas atmosfery Słońca powodują zmianę fazy drgań obserwowanych po stronie widocznej z Ziemi. Analizując dane pochodzące z wielu punktów widocznej strony Słońca (potrzebny jest do tego model rozchodzenia się fal dźwiękowych we wnętrzu Słońca — znamy go z innych badań heliosejsmologicznych), zespół MDI znalazł położenia plam słonecznych na niewidocznej stronie Słońca. Teoretyczne podstawy użytej do analizy danych MDI metody znane były od kilkunastu lat. Trzeba było czekać aż do misji SOHO, aby jakość danych była dostateczna dla jej użycia. Środkowy przedstawia schemat „oswietlenia” widocznej strony Słońca przez fale dźwiękowe pochodzące z punktu znajdującego się na stronie niewidocznej. Na najniższym rysunku widać wyniki analizy danych dla strony niewidocznej i obrazy uzyskane dla strony widocznej w odstępie 14 dni, tzn. mniej więcej co pół obrotu Słońca (jak wiadomo, prędkość rotacji atmosfery słonecznej zależy od szerokości heliograficznej). Widać wyraźnie, że można „zobaczyć” jedynie fragment niewidocznej strony Słońca. Po siedmiu dniach plama pojawi się na brzegu tarczy słonecznej, a po upływie kolejnego tygodnia będzie już na środku tarczy.

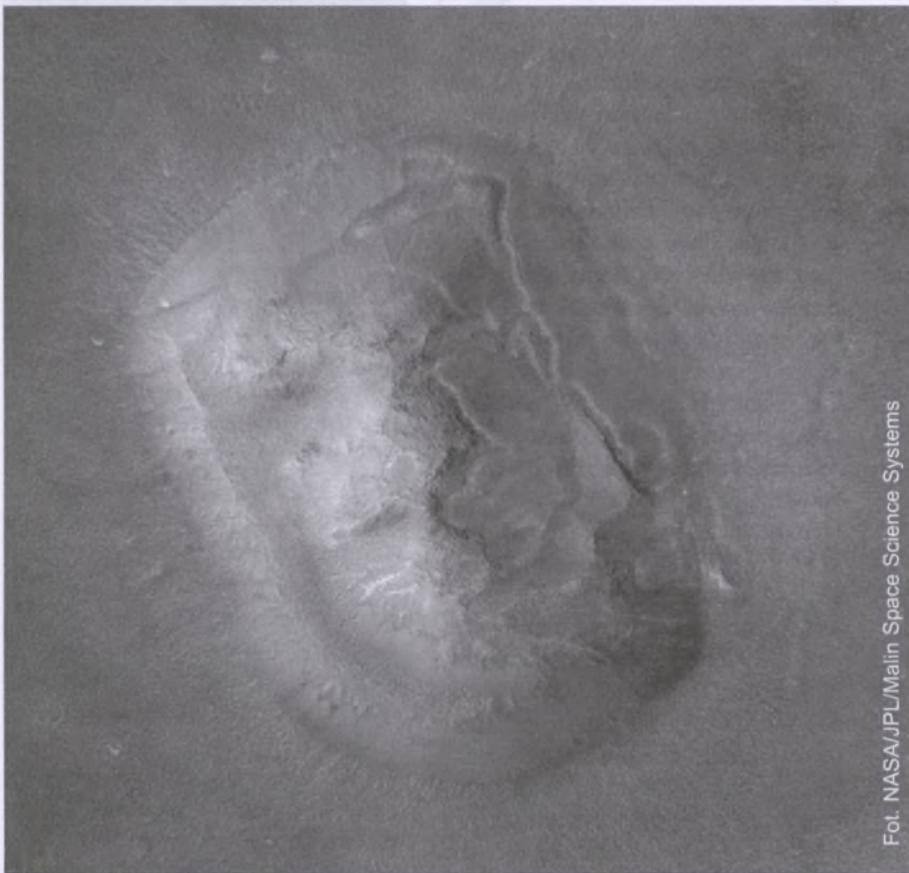
Obydwie wspomniane techniki uzupełniają się wzajemnie — na podstawie natężenia rozproszonego promieniowania ultrafioletowego można ocenić stopień aktywności niewidocznego obszaru, analiza danych MDI pozwala na zlokalizowanie wspomnianych obszarów, jeszcze zanim je zobaczymy na tarczy słonecznej. Co najważniejsze, obydwie metody pozwalają na przewidywanie aktywności słonecznej z wyprzedzeniem kilkudniowym. Może to mieć znaczenie dla wzrostu pewności przewidywań aktywności słonecznej — prognozy pogody kosmicznej staną się bardziej pewne.

R.S.



Rysunki — materiały NASA i ESA.

# „Twarz Marsjanina” AD 2001



Fot. NASA/JPL/Malin Space Science Systems

**S**łynna „twarz na Marsie” wciąż stanowi pożywkę dla twórców powieści i filmów fantastycznonaukowych. Jednym z ostatnich przykładów może być film „Misja na Marsa”. My jednak od fantastycznej jakości zdjęcia dostarczane nam przez kamery krążącej wokół Marsa stacji Mars Global Surveyor. Wcześniejszego zdjęcia tego interesującego tworu marsologicznego prezentowaliśmy w „Uranii-PA” nr 4/1998, ale nie były one aż tak szczegółowe jak to, które wykonano w kwietniu tego roku. Zdjęcie ukazuje obszar o powierzchni  $3,6 \times 3,6$  km i ukazuje szczegóły o rozmiarach 2 m. Wiele innych nowych zdjęć powierzchni Marsa można znaleźć w Internecie na stronie [http://www.msss.com/mars\\_images/moc/index.html](http://www.msss.com/mars_images/moc/index.html) — m.in. fragment „twarz” do oglądania przez stereoskopowe okulary! (jd)

## XXX Zjazd PTA

Prezes i Zarząd Główny PTA mają zaszczyt zaprosić na Jubileuszowy XXX Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, który odbędzie się w Krakowie–Przegorzałach w terminie 10–13 września 2001, ( Przegorzały, Instytut Polonijny UJ, ul. Jodłowa 13, 30-252 Kraków).

Ramowy program Zjazdu:

10 IX poniedziałek, o godz. 15.00 — otwarcie XXX Zjazdu.

11 IX wtorek, sesje referatowe, a o godz. 16.30 Walne Zebranie PTA.

12 IX środa, sesje referatowe i sesje plakatowe.

13 IX czwartek, wycieczka całodzienna kończąca Zjazd: „Zegary słoneczne w Polsce południowej”.

Wykładowcami w sesjach referatowych będą: prof. prof. M. Abramowicz, J. Gil, R. Juszkiewicz, J. Kałużny, T. Kwiatkowski, G. Madejski, B. Paczyński, M. Tomczak, R. Wielebiński, a dwie specjalne sesje poprowadzą: J.M. Kreiner (dydaktyczna) i A. Kus (instrumentalna).

LKO dzięki współpracy z Telekomunikacją Polską S.A. przewiduje transmisje telemedialne wybranych referatów do: Torunia, Warszawy, Zielonej Góry, Lublina i Poznania.

Oprócz wyboru nowych władz Towarzystwa na lata 2001–2003, w trakcie Walnego Zebrania będziemy głosować nad zmianami w Statucie i regulaminach PTA, do czego potrzebne jest quorum. Dlatego zwracamy się z gorącym apelem o udział w Zjeździe wszystkich członków Towarzystwa. Studenci starszych lat astronomii i zaawansowani miłośnicy astronomii też będą miłymi gośćmi.

Skład Lokalnego Komitetu Organizacyjnego XXX Zjazdu PTA: Marek Urbanik — przewodniczący, Michał Ostrowski — zastępca, Jerzy M. Kreiner, Jerzy Machalski, Józef Masłowski, Krzysztof Chyży, Katarzyna Otmianowska-Mazur, Maria Kurpińska-Winiarska, Lucyna Chołda, Marta Sieprawska-Winkiel, Adam Michalec — sekretarz PTA.

Adres LKO: Obserwatorium Astronomiczne UJ, ul. Orla 171, 30-244 Kraków, e-mail: [pta@oa.uj.edu.pl](mailto:pta@oa.uj.edu.pl)

W sprawach pilnych prosimy kontaktować się bezpośrednio z Markiem Urbanikiem lub Michałem Ostrowskim.

Prezes PTA  
Andrzej Woszczyk

# Gromada galaktyk Virgo

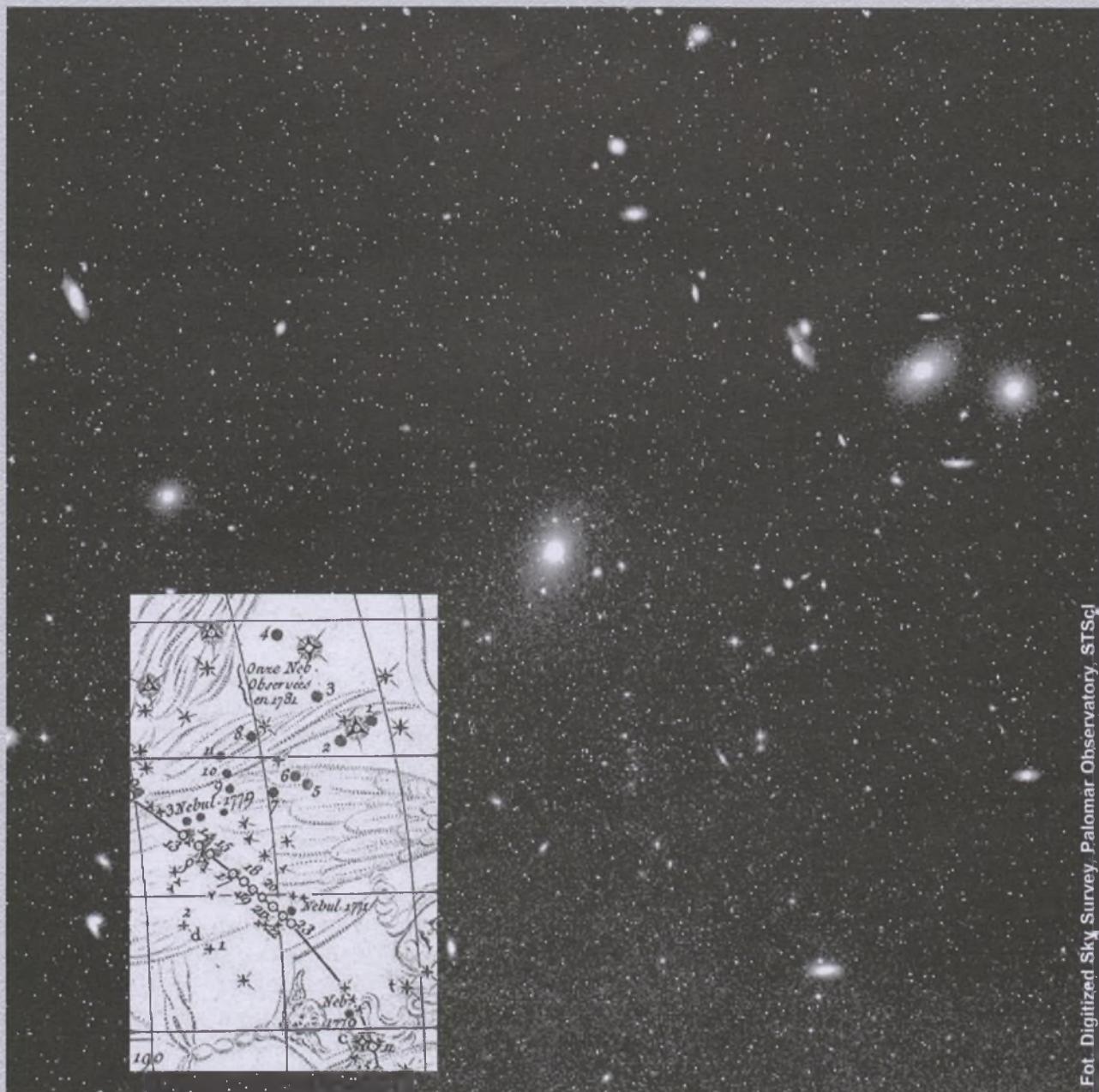


To olbrzymie zbiorowisko galaktyk jest najbliższą nam gromadą, w pewnym sensie nawet naszą gromadą, gdyż Droga Mleczna wraz z galaktykami Grupy Lokalnej pozostaje pod jej grawitacyjnym wpływem.

W roku 1781 Charles Messier zanotował: *Gwiazdozbiór Panny szczególnie obfituje w mgławice. W katalogu jest ich już 13 — pod numerami 49, 58, 59, 60, 61, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90 i 91. Mgławice te wydają się pozbawione gwiazd i są widoczne tylko w sprzyjających warunkach,*

w pobliżu górowania w południu. Większość wskazał mi Pierre Mechain. Na prezentowanym obok szkicu widzimy odpowiedni fragment mapy nieba z zaznaczonym torem komety 1779 roku. Później do katalogu Messiera dołączyły jeszcze 3 obiekty z tej „gromady mgławic” (98, 99 i 100).

Dziś liczbę galaktyk w gromadzie Virgo szacuje się na 2000. W zasadzie to tylko centralny obszar olbrzymiej supergromady — czyli zbiorowiska mniejszych struktur w rodzaju naszej Lokalnej Grupy Galaktyk. Olbrzymia



Fot. Digitized Sky Survey, Palomar Observatory, STScI

Oznaczenie NGC (M)	Rektascensja $\alpha$ [h:m]	Deklinacja $\delta$ [ $^{\circ}$ : ']	Typ morfolog.	Jasność V [mag.]	Rozmiary kątowe [']	Prędkość rad. [km/s]
4168	12:12,3	+13:12	E0	11,26	2,8 × 2,6	+2342
4192 (98)	12:13,8	+14:54	Sb I-II	10,13	9,5 × 3,2	-220
4216	12:15,9	+13:09	Sb II	9,98	8,3 × 2,2	+55
4254 (99)	12:18,8	+14:25	Sc I	9,84	5,4 × 4,8	+2324
4267	12:19,8	+12:48	E2	10,89	3,5 × 3,2	+1177
4293	12:21,2	+18:23	Sap	11,2p	6,0 × 3,0	+825
4303 (61)	12:21,9	+04:28	Sc I	9,67	6,0 × 5,5	+1483
4321 (100)	12:22,9	+15:49	Sc I	9,37	6,9 × 6,2	+1543
4365	12:24,5	+07:19	E2	10,5p	6,2 × 4,6	+1074
4371	12:24,9	+11:42	SBa	10,79	3,9 × 2,5	+898
4374 (84)	12:25,1	+12:53	S0	9,27	5,0 × 4,4	+854
4382 (85)	12:25,4	+18:11	S0	9,22	7,1 × 5,2	+718
4388	12:25,8	+12:40	Sb	11,05	5,1 × 1,4	+2535
4394	12:25,9	+18:13	SBb-	10,92	3,9 × 3,5	+717
4406 (86)	12:26,2	+12:57	S0	9,18	7,4 × 5,5	-419
4419	12:26,9	+15:03	Ep	11,13	3,4 × 1,3	-342
4429	12:27,4	+11:07	S0	10,16	5,5 × 2,6	+1029
4435	12:27,7	+13:05	Sap	10,92	3,0 × 1,9	+793
4438	12:27,8	+13:01	SBa	10,08	9,3 × 3,9	+182
4442	12:28,1	+09:48	E5p	10,48	4,6 × 1,9	+490
4450	12:28,5	+17:05	Sb	10,12	4,8 × 3,5	+1990
4459	12:29,0	+13:59	E2	10,40	3,8 × 2,8	+1039
4472 (49)	12:29,8	+08:00	E4	8,37	8,9 × 7,4	+817
4473	12:29,8	+13:26	E4	10,22	4,5 × 2,6	+2205
4477	12:30,0	+13:38	S(B)a	10,42	4,0 × 3,5	+1190
4486 (87)	12:30,8	+12:24	E1	8,62	7,2 × 6,8	+1180
4501 (88)	12:32,0	+14:25	Sb+ I	9,52	6,9 × 3,9	+1989
4526	12:34,0	+07:42	E7	9,64	7,2 × 2,3	+355
4535	12:34,3	+08:12	S(B)c	9,82	6,8 × 5,0	+1853
4548 (91)	12:35,4	+14:30	SBb	10,19	5,4 × 4,4	+403
4552 (89)	12:35,7	+12:33	E0	9,81	4,2 × 4,2	+165
4567	12:36,5	+11:15	Sc	11,32	3,0 × 2,1	+2121
4568	12:36,6	+11:14	Sc	10,80	4,6 × 2,1	+2168
4569 (90)	12:36,8	+13:10	Sb+	9,48	9,5 × 4,7	-383
4570	12:36,9	+07:15	S0	10,87	4,1 × 1,3	+1635
4571	12:36,9	+14:13	SBc	11,31	3,8 × 3,4	+282
4579 (58)	12:37,7	+11:49	Sb	9,78	5,4 × 4,4	+1730
4596	12:39,9	+10:11	SBa	10,48	3,9 × 2,8	+1939
4621 (59)	12:42,0	+11:39	E3	9,79	5,1 × 3,4	+341
4647	12:43,5	+11:35	Sc	11,38	3,0 × 2,5	+1286
4649 (60)	12:43,7	+11:33	E1	8,83	7,2 × 6,2	+1128
4651	12:43,7	+16:24	Scp II:	10,72	3,8 × 2,7	+742
4654	12:44,0	+13:08	Sc II	10,46	4,7 × 3,0	+970
4660	12:44,5	+11:11	E5	10,99	2,8 × 1,9	+944
4689	12:47,8	+13:46	Sb+ II:	10,93	4,0 × 3,5	+1715
4698	12:48,4	+08:29	Sb- II	10,66	4,3 × 2,5	+864
4710	12:49,6	+15:10	S0:	10,97	5,1 × 1,4	+1076
4754	12:52,3	+11:19	SB0	10,56	4,7 × 2,6	+1393
4762	12:52,9	+11:14	SB0	10,22	8,7 × 1,6	+878

masa gromady Virgo nie pozostaje bez wpływu na ruch należących do niej obiektów, nadając im prędkości przekraczające 1500 km/s (względem środka masy). Ponieważ sam środek gromady oddala się od nas z prędkością ok. 1100 km/s<sup>1</sup>, obserwowane prędkości radialne galaktyk gromady Virgo mieszczą się w przedziale od -517 km/s (IC 3258) do 2535 km/s (NGC 4388).

Na zdjęciu obok (obraz taki jak na sferze niebieskiej — nie odwrócony) widzimy centralną część gromady Virgo, z położoną w pobliżu jej fizycznego środka olbrzymią galaktyką eliptyczną M 87. Na zachodzie, tj. na prawo (powyżej środka fotografii), odnajdziemy parę M 84 — M 86 ( kolejność patrząc od brzegu), otoczoną kilkoma słabszymi galaktykami. Poniżej tej pary (jako trzeci wierzchołek prawie równobocznego trójkąta) — NGC 4388 i przypominająca gwiazdę NGC 4387 (wewnętrz w wspomnianego trójkąta). Ponad M 86 — NGC 4402, w dół i na lewo — słabsze NGC 4413 i NGC 4425. Widoczny w prawym górnym rogu zdjęcia charakterystyczny łuk kilku galaktyk to tzw. łańcuch Markariana. Rozpoczyna się od M 84 i M 86, prowadzi poprzez parę oddziałujących galaktyk NGC 4438 (niżej) i NGC 4435, następnie eliptyczną galaktykę NGC 4461 (12,4 magni-

tudo, z jeszcze słabszymi towarzyszkami), NGC 4473, NGC 4477 do NGC 4459.

Z kolei w dolnej części przy prawej krawędzi zdjęcia odnajdziemy spiralę z poprzeczką NGC 4371, a jeszcze niżej nieco jaśniejszą NGC 4429. Przy dolnej krawędzi zdjęcia w pobliżu środka (nieco na lewo) słabsza NGC 4503.

Na lewo od M 87 jasna galaktyka eliptyczna M 89, a pod nią NGC 4550. Na lewo i w górę od M 89 piękna spirala M 90. Niżej, na krawędzi zdjęcia, M 58, a pod nią na prawo NGC 4564 i (jeszcze niżej) para oddziałujących ze sobą galaktyk spiralnych NGC 4567 — NGC 4568 (zwana „bliźniętami syjamskimi”).

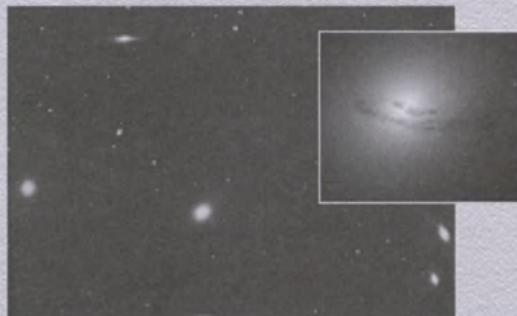
W sumie — prawie 30 galaktyk w polu o rozmiarach ok. 3 na 3 stopnie! Czytelnikom mającym dostęp do Internetu polecamy też interaktywne mapy gromady Virgo — pod adresami [www.limber.org/cruise.html](http://www.limber.org/cruise.html) oraz [hometown.aol.com/billferris/virgocluster.html](http://hometown.aol.com/billferris/virgocluster.html). W tabelce zestawione zostały według rosnącej rektascensji galaktyki jaśniejsze od ok. 11 magnitudo.

<sup>1</sup> To głównie efekt kosmologiczny — rezultat rozszerzania się Wszechświata; w rzeczywistości składowa ruchu własnego Lokalnej Grupy to jakieś 100-400 km/s w kierunku gromady Virgo.

## M 84 (NGC 4374) w Pannie

M 84 znajduje się w centralnym obszarze gromady Virgo (na zdjęciu przy lewej krawędzi). Przez dłuższy czas klasyfikowana była jako eliptyczna (E1), jednak obecnie uważa się, że jest to oglądana „z góry” galaktyka soczewkowa. Otacza ją układ gromad kulistych, nieco uboższy niż w przypadku M 87 (patrz niżej). W zakresie radiowym obserwuje się dwa dzety. Analiza spektroskopowa przeprowadzona w roku 1997 przy pomocy teleskopu Hubble'a ujawniła istnienie centralnego obiektu o masie ok. 300 mln mas Słońca i rozmiarach nie przekraczających 26 l.s.w.

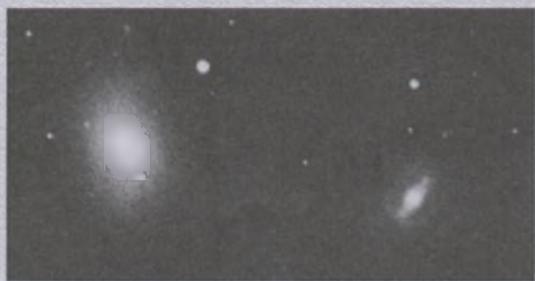
18 maja 1957 r. G. Romano odkrył w M 84 supernową (1957 B) o jasności 13 magnitudo. Kolejne dwie, tym razem tylko 14 wielkości gwiazdowej, rozbłysły w latach 1980 (SN 1980 I) i 1991 (SN 1991 bg).



Rektascensja	12 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> ,1
Deklinacja	+12°53'
Odległość	60 000 000 l.s.w.
Jasność obserwowana	9,1 mag
Rozmiary kątowe	5'

## M 85 (NGC 4382) w Warkoczu Bereniki

To najbardziej na północ wysunięta galaktyka gromady Virgo spośród skatalogowanych przez Messiera. Pod wieloma względami wydaje się bliźniaczką M 84. Jej liniowe rozmiary to ok. 125 tysięcy l.s.w. Na zdjęciu widzimy ją po lewej stronie. Po prawej, w odległości 8' na wschód, leży galaktyka z poprzeczką NGC 4394 (o jasności 11,2 mag.). Ponieważ prędkości obu galaktyk są bliskie 700 km/s, najprawdopodobniej stanowią one fizycznie powiązaną parę. Pod koniec roku 1960 w M 85 pojawiła się supernowa o jasności 11,7 mag. (SN 1960 R). Choć gwiazdka nieco na południe od jądra M 85 wygląda pod tym względem obiecująco, jest to przypadkowo w tym kierunku leżący obiekt z naszej Galaktyki.



Rektascensja	12 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> ,4
Deklinacja	+18°11'
Odległość	60 000 000 l.s.w.
Jasność obserwowana	9,1 mag
Rozmiary kątowe	7',1 × 5',2

## M 86 (NGC 4406) w Pannie

Rektascensja	12 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> ,2
Deklinacja	+12°57'
Odległość	60 000 000 l.św.
Jasność obserwowana	8,9 mag
Rozmiary kątowe	7',5 × 5',5



## M 87 (NGC 4486) w Pannie

Rektascensja	12 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> ,8
Deklinacja	+12°24'
Odległość	60 000 000 l.św.
Jasność obserwowana	8,6 mag
Rozmiary kątowe	7',0



Olbrzymia galaktyka eliptyczna, znana też jako radioźródło Virgo A — jeden z najbardziej spektakularnych obiektów na niebie. Rozmiarom kątowym 7' odpowiada średnica 120 tysięcy l.św. To niby mniej więcej tyle, co nasza Galaktyka, jednak dłuższe ekspozycje ukazują obiekt o rozmiarach przeszło pół stopnia (!), toteż jego całkowitą masę szacuje się na kilka bilionów mas Słońca. Jasność absolutna to -22 magnitudo.

Wciąż nie ma zupełnej zgodności co do typu morfologicznego tej galaktyki: niektórzy uważają ją za eliptyczną (E3), inni — soczewkową. Otacza ją układ gromad kulistych oraz bardzo niepozorna i słaba towarzyszka — karłowata galaktyka eliptyczna.

M 86 charakteryzuje największe przesunięcie ku fioletowi z wszystkich galaktyk w katalogu Messiera (więc naturalnie również wśród wszystkich obiektów tego katalogu) — zbliża się ona do nas z prędkością 419 km/s. Swego czasu pojawiły się nawet spekulacje, że jest to obiekt tła, nie należący do gromady Virgo; jednak w takim przypadku jeszcze trudniej byłoby wyjaśnić jej dużą prędkość w naszym kierunku. Związek z gromadą potwierdziły ostatecznie obserwacje radiowe materii mięgzygalaktycznej.

M 87 znana jest z dwóch charakterystycznych cech: potężnego układu otaczających ją gromad kulistych (ich liczebność szacuje się na kilkanaście tysięcy) oraz widocznego na zdjęciach o krótszym czasie ekspozycji dżetu — strumienia materii gazowej wyrzuconego z jądra galaktyki. Odkrył go H.D. Curtis z Obserwatorium Licka w roku 1918. Jego przestrzenne rozmiary szacuje się na kilka tysięcy l.św. Promieniowanie pochodzące z dżetu jest silnie spolaryzowane — ma charakter synchrotronowy, a sama jego struktura ujawnia turbulentne zawirowania. W 1966 r. H.C. Arp odkrył drugi, znacznie słabszy dżet, skierowany w stronę przeciwną.

Promieniowanie radiowe galaktyki M 87 odkryli w roku 1954 W. Baade i R. Minkowski. Dwa lata później J.E. Baldwin i F.G. Smith z Cambridge zaobserwowali też słabe radiowe halo. M 87 promieniuje intensywnie również w zakresie rentgenowskim. Prowadzone przy pomocy teleskopu kosmicznego badania ujawniły obecność szybko rotującego dysku akrecyjnego w pobliżu jądra. Masę obiektu centralnego (zawartą w obszarze o średnicy do 120 l.św.) szacuje się na 2–3 miliardy mas Słońca.

Jedyna supernowa zaobserwowana w M 87 zajaśniała blaskiem 11,5 magnitudo w lutym 1919 roku. Odkrył ją dopiero trzy lata później na kliszach I. Balanowski.

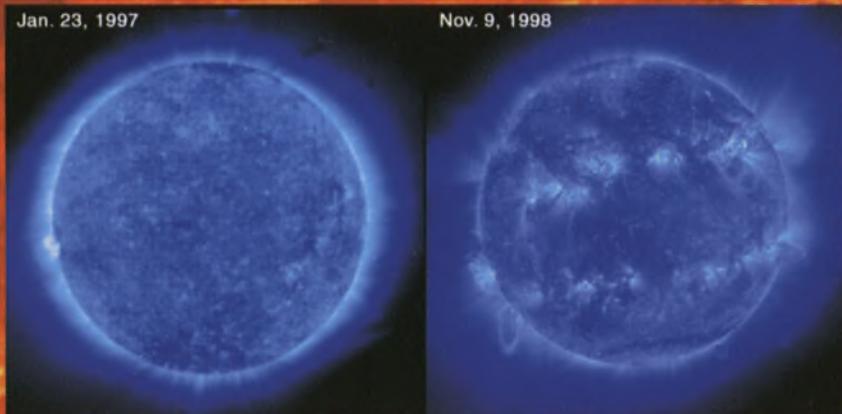
## M 88 (NGC 4501) w Warkoczu Bereniki

Rektascensja	12 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> ,0
Deklinacja	+14°25'
Odległość	60 000 000 l.św.
Jasność obserwowana	9,6 mag
Rozmiary kątowe	7' × 4'

Tę galaktykę charakteryzuje pięknie wykształcony system wielu ramion spiralnych. Nachyleniem dysku (ok. 30° do kierunku widzenia) przypomina nieco M 31, również jej liniowe rozmiary (130 tys. l.św.) są zbliżone. Charakteryzuje ją duża wartość prędkości radialnej — ok. 2000 km/s. 29 maja 1999 r. odkryto w M 88 supernowę typu Ia (SN 1999 c1) o jasności 16,4 magnitudo. Tydzień później, w maksimum blasku, przekroczyła 14 wielkość gwiazdową.

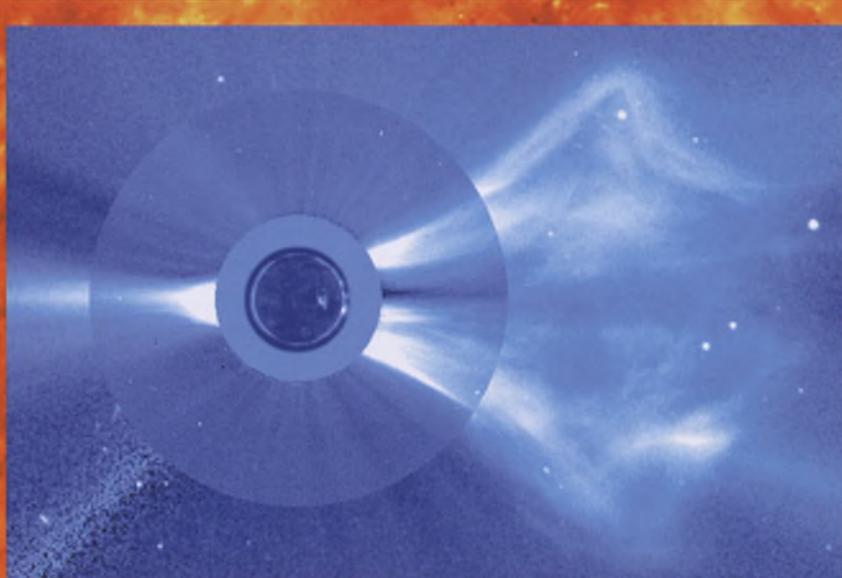


# Obrazy Słońca wykonane przez sondę SOHO



Porównanie dwóch zdjęć Słońca wykonanych w dalekim ultrafiolecie przez sondę SOHO.

Zdjęcia wykonane 23 stycznia 1997 r. (a) i 9 listopada 1998 (b) ilustrują znaczący wzrost poziomu aktywności Słońca.

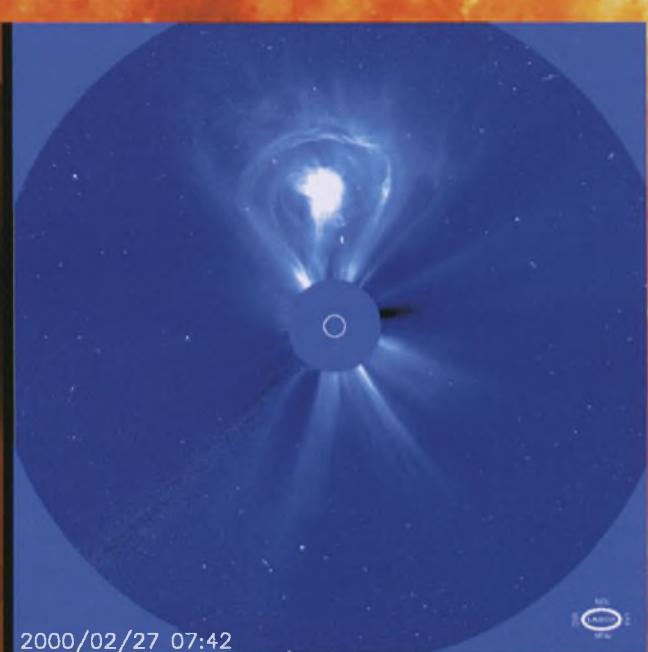


Wyrzut materii koronalnej zarejestrowany przez instrumenty umieszczone na satelicie SOHO.

Kombinowane zdjęcie, powstałe z fotografii wykonanych przez różne instrumenty znajdujące się na pokładzie sondy SOHO (koronografy oraz teleskop do obserwacji Słońca w dalekim ultrafiolecie — niebieskie zdjęcie Słońca w środku).



2000/02/27 01:54



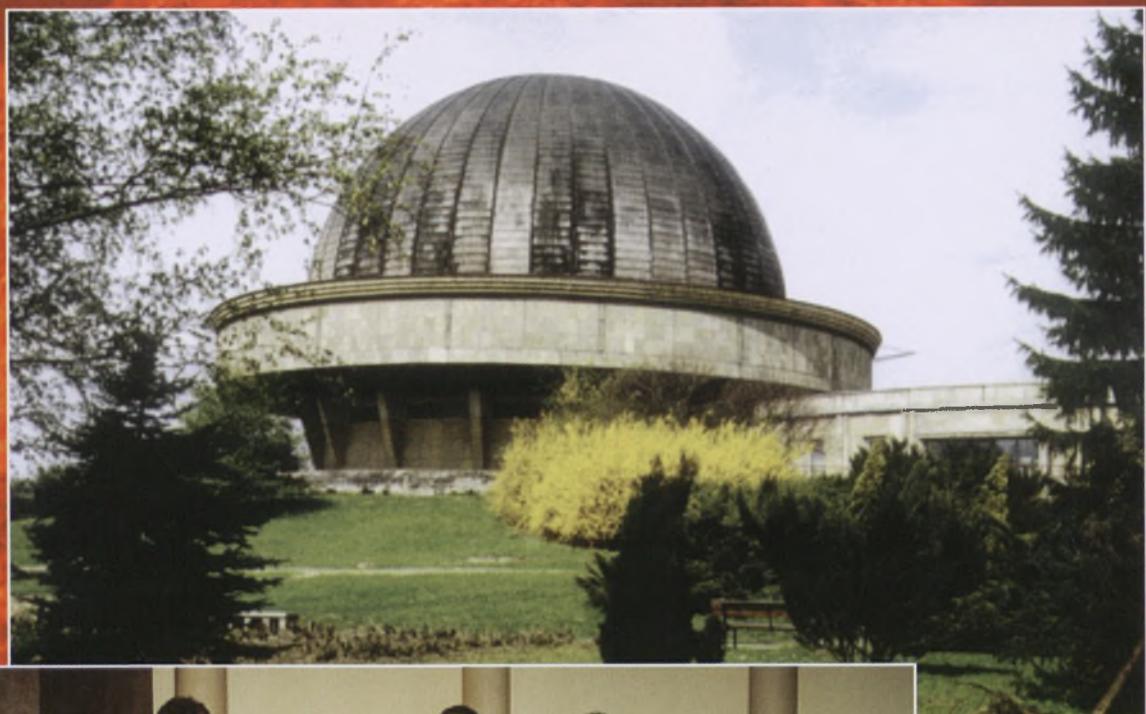
2000/02/27 07:42

Wyrzuty materii koronalnej zarejestrowany przez koronografy umieszczone na satelicie SOHO w dniu 27 lutego 2000 r. Koronograf umieszczony na sondzie SOHO wyposażony jest w tarczę, która blokuje bezpośrednie światło Słońca (biały okrąg), tak aby widać było jego atmosferę. Zdjęcie po lewej wykonano koronografem pozwalającym na oglądanie korony Słońca w zakresie od 2 do 6 promieni Słońca. To po prawej wykonano koronografem pozwalającym na oglądanie korony Słońca w zakresie od 3,7 do 32 promieni Słońca.



**Urania**  
POSTĘPY ASTRONOMII

Mgławica planetarna Mz3



**Planetarium Śląskie w Chorzowie — miejsce finałów Olimpiad Astronomicznych.**

**Laureaci XLIV Olimpiady Astronomicznej (od lewej stoją: Marek Misztal, Aleksander Sadowski, Krzysztof Nalewajko, Tomasz Tyranowski, Lech Łobodziński).**

**Uczestnicy Olimpiady w holu Planetarium.**





### M 89 (NGC 4552) w Pannie

Rektascensja	12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> ,7
Deklinacja	+12°33'
Odległość	60 000 000 l.s.w.
Jasność obserwowana	9,8 mag
Rozmiary kątowe	4'

To jedno z oryginalnych odkryć Messiera. Na pierwszy rzut oka sprawia wrażenie normalnej galaktyki typu E0. Klisze o podwyższonej czułości ukazały jednak rozległą otoczkę o rozmiarach przeszło 150 tys. l.s.w. Wykryto też przypominającą dżet strukturę, rozciągającą się na dystansie przeszło 100 tys. l.s.w. Niewykluczone, że obserwujemy proces rozrywania mniejszej galaktyki przez siły płynowe pochodzące od M 89.

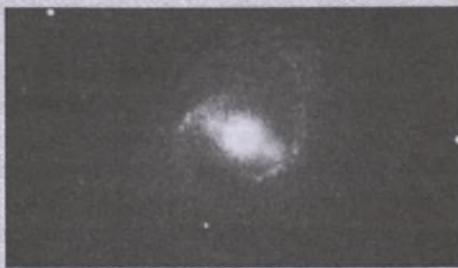
### M 90 (NGC 4569) w Pannie

Należy do największych galaktyk spiralnych w gromadzie Virgo. Mimo znaczących rozmiarów, jej masa wydaje się niewielka — sugeruje to, że mamy do czynienia z galaktyką o bardzo małej gęstości. Rzeczywiście, jej ciasno nawinięte i gładkie ramiona spiralne wydają się być jakby pozbawione gwiazd. Proces powstawania nowych słońca odbywa się raczej tylko wewnętrznej części dysku. Duża prędkość względem centrum gromady Virgo (prawie 1500 km/s) może świadczyć o ucieczce z gromady. Niektórzy twierdzą nawet, że jest to obiekt, który opuścił ją już dawno i znajduje się w znacznie mniejszej niż ona odległości.



Rektascensja	12 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> ,8
Deklinacja	+13°10'
Odległość	60 000 000 l.s.w.
Jasność obserwowana	9,5 mag
Rozmiary kątowe	9',5 × 4',5

### M 91 (NGC 4548) w Warkoczku Bereniki



Rektascensja	12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> ,4
Deklinacja	+14°30'
Odległość	60 000 000 l.s.w.
Jasność obserwowana	10,2 mag
Rozmiary kątowe	5',4 × 4',4

Odkryta najprawdopodobniej przez Messiera w roku 1781, a niezależnie zaobserwowana przez W. Herschela kilka lat później. Przez prawie dwa stulecia 91-szy obiekt z katalogu Messiera był obiektem zaginionym. Wydawało się, że mogła to być kometa, którą francuski astronom za-

liczył w poczet obiektów stałych, przypominających „gwiazdy z warkoczem”. Dopiero w roku 1969 miłośnik astronomii z Teksasu W.C. Williams zauważył, że gdy pozycję na niebie wyznaczamy od M 89, a nie (jak chciał Messier) od M 58, trafiamy na NGC 4548, czyli H II.120 z katalogu Herschela. Dziś przyjmuje się więc, że nieporozumienie wynikło z pomyłki w notatkach Messiera.

Przynależność M 91 do gromady Virgo potwierdziły niedawne wyznaczenia dystansu w oparciu o analizę jasności cefeid — Graham i inni uzyskali wartość  $52 \pm 6$  mln l.s.w. Pozorna rozbieżność z podawanym zwykle dystansem gromady Virgo (60 mln l.s.w.) wzięła się z założenia błędnej odległości Wielkiego Obłoku Magellana przy kalibracji — po pomiarach Hipparcosa zamiast 52 będziemy mieli bowiem 58 mln l.s.w. (co zgadza się z wynikami uzyskanymi dla innych galaktyk gromady Virgo, m.in. M 100).

Jest to trudny do dostrzeżenia obiekt dla słabiej wyposażonych obserwatorów. W zależności od warunków atmosferycznych może też przyjmować różny wygląd, co zauważył już John Herschel, opisując jego kształt raz jako „lekkie wydłużony, jaśniejszy w środku” bądź też jako „bardzo wydłużony”. Najwyraźniej w pierwszym przypadku obserwował on całą galaktykę z ramionami spiralnymi, a w drugim — tylko poprzeczkę. (kr)



# FOTOGRAFOWANIE GALAKTYK

**G**alaktyki nazywane „wyspami Wszechświata” są najodleglejszymi obiektami astronomicznymi, jakie miłośnicy nocnego nieba mogą dostrzec na swoich zdjęciach. Zdjęcia takie stanowią najcenniejsze „trofea” w kolekcji astrofotografii każdego fotografującego amatora astronomii. Galaktyki obserwowane były już w XVIII wieku przez Charlesa Messiera, jednak ich prawdziwa natura nie była wtedy znana i obiekty te nazywano mgławicami. Dopiero w 1924 roku E. Hubble poprzez określenie odległości do mgławicy M 31 stwierdził, że znajduje się ona daleko poza naszą Galaktyką i stanowi analogiczny układ gwiazd, gazu i pyłu. Na zdjęciach wykonywanych przez duże teleskopy wyraźnie widać różnorodność w wyglądzie galaktyk. Hubble podzielił galaktyki na trzy zasadnicze typy: eliptyczne, spiralne i nieregularne. Oczywiście zdjęcia galaktyk wykonane za pomocą amatorskich teleskopów będą zawierały mniejszą ilość szczegółów niż te wykonane za pomocą profesjonalnych teleskopów, jednak pozwolą (w przypadku galaktyk o największych rozmiarach kątowych) na określenie przynależności do jednego z trzech powyższych typów.

Pomimo ogromnych odległości, jakie dzielą galaktyki od Drogi Mlecznej, ich rozmiary kątowe na ziemskim niebie są imponujące (w przypadku najbliższych galaktyk należących do Lokalnej Grupy Galaktyk). Na przykład rozmiary kątowe galaktyki M 31 (około  $158' \times 50'$ ), leżącej w gwiazdozbiorze Andromedy, są kilkakrotnie większe niż rozmiary Księżyca w pełni. Tak duże rozmiary kątowe umożliwiają fotografowanie tej galaktyki już za pomocą obiektywu standardowego (ogniskowa: 50–58 mm). W przypadku użycia obiektywu o ogniskowej 58 mm zarejestrowany na kliszy obraz M 31 będzie miał rozmiary około  $2,6 \times 0,8$  mm i będzie wystarczająco duży aby na odbitkach formatu  $9 \times 13$  cm lub  $10 \times 15$  cm był widoczny charakterystyczny kształt M 31. Dużo lepsze wyniki uzyskamy, stosując teleobiektywy o ogniskowej 200–300 mm, dający na kliszy obraz M 31 o rozmiarach  $9,2 \times 2,9$  mm ( $F = 200$  mm) lub  $13,8 \times 4,4$  mm ( $F = 300$  mm).

Jednak fotografowanie większości galaktyk (oczywiście najjaśniejszych i największych) wymaga użycia obiektywu lub teleskopu o ogniskowej co najmniej 800–1000 mm oraz o możliwie dużej światłosile ( $F/D = 6–8$ ). Na ogół do fotografowania galaktyk używa się teleskopów o średnicach 20–30 cm i ogniskowych 1000–1500 mm. W tabeli poniżej zestawiono jasności, rozmiary kątowe na niebie oraz rozmiary obrazów na kliszy ( $F = 1000$  mm) dla 10 galaktyk o największych rozmiarach kątowych (widocznych z obszaru Polski).



M31, f 2.8/58 mm, Scotch 400 ASA, eksp. 3 min.

Fot. W. Skórzyński

Uzyskanie prawidłowo naświetlonego obrazu galaktyki na kliszy wymaga nie tylko odpowiedniego doboru ogniskowej, ale także odpowiedniego czasu ekspozycji. Poza galaktyką M 31, dla której czasy ekspozycji mogą wynosić 3–8 minut (w zależności od czułości filmu i światłosiły obiektywu), zdecydowana większość galaktyk wymaga użycia dużo dłuższych czasów ekspozycji: 30–90 minut (światłosiła 6–8, czułość filmu 400–1600 ASA). Tak długie czasy ekspozycji w połączeniu z dużymi ogniskowymi wymagają od obserwatora dużej dokładności w prowadzeniu teleskopu. Podczas wykonywania tak długich ekspozycji wskazane są kilkuminutowe przerwy (zasłaniamy obiektyw lub tubus teleskopu), zwłaszcza jeśli nasz teleskop nie ma mechanizmu zegarowego. Wiele teleskopów wyposażonych jest w mikroruchy o ograniczonym czasie działania, a zatem pamiętajmy, aby przed rozpoczęciem ekspozycji sprawdzić, czy mamy wystarczający „zapas” mikroruchów.

Do fotografowania galaktyk polecam filmy negatywowe zarówno kolorowe, jak i czarno-białe, jednak powinny one charakteryzować się wysoką czułością: 800–3200 ASA.

Wiesław Skórzyński

# 50 lat amatorskich obserwacji Słońca w Polsce

Każda z gwiazd...  
zawiedzie...  
zatrzymie...  
**N**ajbliższa nasza gwiazda — Słońce jest systematycznie obserwowana przez znaczną część społeczności astronomicznej. Z dobrym powodzeniem są prowadzone obserwacje obejmujące całe widmo fal elektromagnetycznych. Uzyskana z nich ogromna ilość informacji dotyczy zjawisk zachodzących w kolejnych warstwach atmosfery słonecznej. Pozwala to modelować zjawiska, ustalać związki zachodzące pomiędzy nimi, uściślić procesy fizyczne wywołujące te zjawiska.

Ta ogromna ilość obserwacji jest ciągle niewystarczająca, abyśmy mogli powiedzieć, że o Słońcu wiemy wszystko. Liczącym się wkładem do tego banku informacji są obserwacje wykonywane przez amatorów, polegające na zliczeniowych obserwacjach plam słonecznych.

Pierwsze obserwacje plam słonecznych w Polsce prowadzone były w latach 1614–1618 w Kaliszu przez o.o. Jezuitów. Sporadyczne obserwacje Słońca wykonywał Jan Heweliusz w Gdańsku. O prawdziwej systematyczności w ich wykonywaniu możemy powiedzieć dopiero na początku lat pięćdziesiątych dwudziestego stulecia. Wtedy to w czasopiśmie „URANIA” nr 7-8 z 1951 r. ukazał się artykuł prof. dra Jana Mergentalera z Uniwersytetu Wrocławskiego, w którym zaproponował czytelnikom śledzenie zjawisk na Słońcu.

Na apel odpowiedziało 7 osób, przesyłając wyniki swoich obserwacji, które po zbiorczym opracowaniu publikowano w „Uranii” oraz kwartalniku „Acta Geophysica Polonica”.

W celu większej konsolidacji działań w kwietniu 1974 r. zostało powołane Korespondencyjne Stowarzyszenie Obserwatorów Słońca, strukturalnie związane z Polskim Towarzystwem Miłośników Astronomii, przemianowane w lipcu tego samego roku na Centralną Sekcję Obserwatorów Słońca PTMA. Koordynatorem i motorem napędowym Sekcji został długoletni ob-

serwator Słońca, Wacław Szymbański z Dąbrowy Górnicy. Zaczęły ukazywać się comiesięczne „Komunikaty o stanie aktywności Słońca” najpierw pisane na maszynie a w późniejszym czasie w wersji drukowanej. Rozsyiano je do obserwatorów i instytucji zainteresowanych wynikami obserwacji. Publikowano w nich średnie dzienne i średnie miesięczne liczby Wolfa, nasilenie pochodni fotosferycznych, średnią miesięczną powierzchnię plam, współrzędne heliograficzne powstały plam.

Dzięki współpracy z placówkami uniwersyteckimi z Krakowa, Lublina i Torunia publikowano wyniki nasilenia radiopromieniowania Słońca na częstotliwościach: 810, 430, 220, 127 MHz.

Doniosłą rolę w pracach Towarzystwa odgrywało prywatne Słoneczne Obserwatorium Astronomiczne zbudowane przez Wacława Szymbańskiego w niewielkiej miejscowości pod Częstochową — Źarkach Letnisku. Tam organizowano część praktyczną dorocznych Zjazdów Obserwatorów Słońca. Połączone one były z Naukowymi Sesjami Astronomicznymi, które odbywały się w Pałacu Kultury Zagłębia w Dąbrowie Górnicy.

Ogromne wsparcie ze strony Dyrekcji Pałacu Kultury Zagłębia pozwoliło na organizację Sesji na bardzo wysokim poziomie naukowym, czego dobitnym przykładem może być obecność na nich takich prelegentów, jak prof. Wilhelmina Iwanowska z Uniwersytetu M. Kopernika w Toruniu, dr Longin Gładyzewski z UMCS w Lublinie, prof. Konrad Rudnicki z Uniwersytetu Jagiellońskiego, prof. Roman Janiczek z Politechniki Częstochowskiej i wielu innych.

Ta forma organizacyjna obowiązywała do sierpnia 1981 r., kiedy to istniejąca grupa podzieliła się na dwie oddzielne części.

W dniu 30 sierpnia odbyło się zebrań założycielskie, na którym uchwalono powstanie Towarzystwa Obserwatorów Słońca. Stowarzyszenie zostało zarejestrowane w Sądzie w Dąbrowie

Górnicy i otrzymało osobowość prawną. Przewodniczącym TOS został Wacław Szymbański. Druga część podzielonej grupy nadal teoretycznie istniała pod tym samym szyldem.

Dzięki dalszemu wsparciu Pałacu Kultury Zagłębia w Dąbrowie Górnicy i ogromnemu zaangażowaniu przewodniczącego, Wacława Szymbańskiego, Towarzystwo Obserwatorów Słońca rozwinęło swoją działalność, skupiając około 40 członków z kraju i z zagranicy. Wyniki swoich obserwacji przesyłały obserwatorzy z USA, Wielkiej Brytanii, Niemiec.

Wyniki trafiały do organizacji o podobnym charakterze działalności w Niemczech, Belgii, USA.

Materiały z coroczych sesji astronomicznych publikowano we własnym wydawnictwie pod nazwą: „Aktywność słoneczna”. W 1991 roku, po śmierci założyciela i koordynatora TOS, Wacława Szymbańskiego, zostaje wybrany nowy Zarząd Towarzystwa, którego przewodniczącym zostaje Piotr Urbański z Żychliny (woj. łódzkie).

Trudny okres przemian początku lat dziewięćdziesiątych nie ominął również TOS. Brak funduszy zmusił Zarząd do ograniczenia zasięgu działalności Towarzystwa, jak i większej dyscypliny wśród samych obserwatorów.

Chcąc dorównać poziomowi obserwacji do wymagań światowych, musiano zmienić sposób sprawozdawczości, stawiając przede wszystkim na ich jasność.

Spowodowało to drastyczny spadek ilości obserwatorów, którzy zrażani wysokim stopniem trudności przestali przesyłać swoje wyniki. Wprowadzona komputeryzacja bardzo pomogła w opracowywaniu wyników, a przesyłanie informacji za pomocą poczty elektronicznej przyspieszyło komunikację.

Otwarcie na świat poprzez utworzenie własnej witryny internetowej Towarzystwa przysporzyło nowych obserwatorów i współpracowników z Nowej

dokończenie na str. 173.

## Dar dla Uniwersytetu Opolskiego

**W**dniu 13 lutego 2001 roku w Audytorium Księcia Jana Dobrego, mieszczącym się w gmachu głównym Uniwersytetu Opolskiego, odbyła się uroczystość przekazania daru Fundacji Alexandra von Humboldta — teleskopu Meade LX-200 12" z kamerą CCD SBIG ST-7E — Instytutowi Fizyki Uniwersytetu Opolskiego.

W uroczystości wzięli udział przedstawiciele Urzędu Miasta Opola i miast Opolszczyzny, kierownictwa Politechniki Opolskiej, Kuratorium, Niemieckiego Towarzystwa Oświatowego i Związku Mniejszości w Polsce, byłych stypendystów Fundacji Humboldta, kierownictwa Uniwersytetu Opolskiego — Rektorów, Dziekanów, Dyrektorów Instytutów oraz profesorów Uniwersytetu i Politechniki, a także szerokiej rzeszy pozostałych pracowników i młodzieży.

Rektor Uniwersytetu Opolskiego, prof. dr hab. Stanisław Nicieja, w powitalnym słowie zauważył, że tutejsza uczelnia — beneficjent fundacji — wpisuje się tym samym w poczet kontynuatorów wielowiekowej już tradycji europejskich uniwersytetów, których dzisiejsza potęga naukowa ma swoje korzenie w geście darczyńców.

Teleskop przekazał Pan Rolf Papenberg, konsul Republiki Federalnej Niemiec w Opolu. Jak zauważył: „Ten dar, to potwierdzenie, że współpraca polsko-niemiecka rozwija się na niwie naukowej, a urządzenie umacnia miejsce Opola na naukowej mapie świata.” Podobne przesłanie głosiło wystawione na centralnym miejscu — obok głównego bohatera, teleskopu — świadectwo daru ze strony Fundacji Alexandra von Humboldta: „Tym darem Fundacja pragnie wnieść swój własny wkład w postęp nauki i edukacji oraz w rozwój międzynarodowej współpracy na tych polach.” Fundacja przekazuje teleskop na ręce profesora dr hab. Józefa Musielaka, Prorektora Uniwersytetu, byłego stypendysty Fundacji, a zarazem osoby o największych w jej przekonaniu zasługach do odbioru tego daru. Głównym opiniodawcą i orędzi-

nikiem na rzecz daru ze strony RFN był Prof. H. J. Kunze z Uniwersytetu w Bochum, a środki na zakup teleskopu przekazało Ministerstwo Spraw Zagranicznych Niemiec.

Pan konsul Rolf Papenberg dokonał symbolicznego uruchomienia teleskopu, wysyłając mu pilotem polecenie skierowania się na planetę Wenus. W tym czasie (uroczystość odbywała się w godzinach późnoodpołudniowych) Wenus znajdowała się w blasku Słońca po wschodniej stronie nieba, a więc była niewidoczna; teleskop jednak wykonał wyznaczone zadanie.

Swój udział w uroczystościach zapowiedział prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, prof. dr hab. Andrzej Woszczyk, którego jednak zamiar uczestniczenia „w tak ważnym — jak to określił w przesłanym telegramie — akcie narodzin nowego obserwatorium!” pokrzyżowała ostra grypa. Uczestnikom uroczystości życzył „miłych chwil i ... pogodnego nieba”. Za dar podziękował Dyrektor Instytutu Fizyki, prof. dr hab. Tadeusz Górecki, a potem zostały wygłoszone dwa referaty popularnonaukowe.

Prof. dr hab. Bolesław Grabowski w wykładzie pt. „U granic Wszechświata — zwiad oczami wielkich teleskopów” mówił o rozwoju możliwości obserwacyjnych nieba, od pierwszej lunetki Galileusza o średnicy ledwie 5 cm, do współczesnych dziesięciometrowych gigantów i projektowanego ogromnego teleskopu o średnicy 100 metrów. Mgr Andrzej Czaiński w wystąpieniu „Małe jest piękne — małe teleskopy” omówił możliwości ufundowanego teleskopu i zaprezentował jego działanie.

Na dar Fundacji Humboldta składa się teleskop Schmidta-Cassegraina amerykańskiej firmy MEADE, o średnicy 12 cali (ok. 30 cm), światłosile 1/10 i montażu LX-200 oraz kamera CCD SBIG ST-7E. Teleskopy serii LX-200 są teleskopami o montażu widłowym, ustawianymi horyzontalnie lub równikowo i sterowanymi poprzez silniki krokowe w dwóch współrzędnych: rektascensji i deklinacji. Sterowanie te-

leskopem można realizować pilotem, będącym w istocie małym komputerem z kilkunastoma przyciskami i wyświetlaczem alfanumerycznym. Można w ten sposób sterować teleskopem za pomocą kurSORów, ustawiać czas, datę, współrzędne geograficzne itp. Teleskop można w sposób szybki (6 stopni na sekundę) ustawić na dowolne współrzędne równikowe lub też na 64359 obiektów typu gwiazdy i mgławice oraz, oczywiście, na wszystkie planety oraz Księżyc i Słońce. Teleskop wspomaga automatyczne ustawianie osi godzinnej równolegle do osi rotacji Ziemi, jak również automatycznie uwzględnia jej złe ustawienie. Parametry poprawek są znane po dwóch kolejnych ustawieniach teleskopu w kierunku na gwiazdę referencyjną. Wszystkie rozkazy wydawane za pomocą pilota można również zrealizować za pomocą komputera. Teleskop można połączyć z komputerem za pomocą standardowego kabla telefonicznego zakończonego od strony komputera złączem DB-15 lub DB-25 i podłączonego do portu szeregowego. Po połączeniu z teleskopem np. za pomocą programu typu terminal, można napisać rozkaz na klawiaturze i wcisnąć Enter; teleskop wykona polecenie i odpowie potwierdzeniem wykonania rozkazu lub inną informacją. Rozkaz to zwykły tekst ograniczony znakami dwukropka „.:” i hasha „#”. Np. polecenie „:LM 0051#” („Locate Messier”) — wybierze galaktykę M51; polecenie „:MS#” (M — „Move” S — „Slew”) — skieruje na nią teleskop. Zbiór rozkazów sterowania teleskopem i sposób przekazywania rozkazów przez pilota jest w tej chwili swoistym standardem. Duża część programów astronomicznych typu domowe planetarium, np. SkyMap, potrafi sterować takim teleskopem. Teleskop Meade LX 200 ma również inną użyteczną funkcję: otóż istnieje możliwość korygowania jego ruchu za pomocą kamery CCD, która obserwując jakąś gwiazdę, będącą w polu widzenia, wysyła teleskopowi rozkazy poprawienia pozycji. Dzięki temu można wyeliminować np. błędy w ustawieniu montażu, itp.

Kamera SBIG ST-7E składa się z dwóch detektorów CCD o rozdzielczościach  $192 \times 165$  pikseli i  $765 \times 510$  pikseli.. Mniejszy detektor służy do celów korekcyjnych — kamera może przesuwać w trakcie naświetlania obraz roboczy (większego detektora) w pamięci i w ten sposób niwelować drobne i szybkie zmiany położenia teleskopu (spowodowane, np. wiatrem lub wibracjami). Kamera jest chłodzona za pomocą układu Peltiera oraz pompy wodnej. Zarejestrowany obraz może być przesyłany do komputera (poprzez drukarkowy kabel równoległy) w całości lub też wybranymi fragmentami, dzięki czemu można zminimalizować czas potrzebny na transfer obrazu (zastosowanie to ma miejsce głównie w fotometrii). Do kamery CCD załączony został program do jej sterowania i do obróbki otrzymanych obrazów. Biblioteki do różnych języków programowania oraz przykładowe programy źródłowe są na stronie producenta [www.sbig.com](http://www.sbig.com). Istnieje kilka programów astronomicznych, które mogą jednocześnie sterować teleskopem i wykonywać zdjęcia. Umożliwiają one m.in. wykonywanie skryptów, które mogą sterować jednocześnie teleskopem i kamerą w czasie obserwacji. Jako pierwszy testowany będzie darmowy program Iris autorstwa Christiana Buila (<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>) oraz program AudeLa i ASTP (<http://www.astrosurf.com/buil/astp/astp.htm>). Dzięki temu ostatniemu będzie można sterować teleskopem i kamerą CCD za pomocą skryptów Tcl/Tk. Dzięki temu możliwe będzie m.in. udostępnianie w celach dydaktycznych teleskopu przez Internet.



Firma SBIG w swojej ofercie posiada przyrząd do automatycznej zmiany filtrów (CFW-8) oraz spektrograf (SGS). Tych urządzeń Uniwersytet Opolski na razie nie posiada, ale — jak zapewnił Dyrektor Instytutu Fizyki, prof. Górecki — teleskop zostanie w nie wkrótce „dozbrojony”. Dzięki filtrom będzie można dokonywać pomiarów fotometrycznych oraz rejestrować zdjęcia w kolorze. Spektrograf pozwoli rejestrować widma gwiazd i galaktyk. Jest on wyposażony w dwie siatki dyfrakcyjne (o rozdzielczościach 600 oraz 150 linii na mm) oraz dwie szczeliny (o szerokościach: 18 i 72 mikrometry). Zmieniając siatki i szczeliny, można otrzymać widma o odwrotnościach dyspersji: 4,3 i 1,07 angstroma/piksel i rozdzielczościach 2,4, 10 i 38 angstromów. Odpowiada to zaawansowanym naukowo potrzebom dydaktyki i dolnej granicy badań naukowych. Zakres rejestrowanego widma to 750 i 3200 angstromów. Ten drugi przypadek od-

powiada pasmu równemu połowie szerokości całego widma widzialnego. Środek zakresu można regulować za pomocą mikrometru. Spektrograf może pracować praktycznie w całym zakresie widzialnym 3800–7000 Å. Zestaw może mierzyć przesunięcia dopplerowskie z dokładnością do 6 km/sek. Rejestracja widma bardzo słabej gwiazdy o jasności 9 magnitudo (stosunek sygnał/szum=10) zajmie około 15 minut.

Teleskop będzie służył głównie celom dydaktycznym, ale na zaawansowanym poziomie naukowym. Planowane obserwacje spektroskopowe to głównie obserwacje gwiazd zmiennych: obserwacje jednej gwiazdy w ciągu nocy (np. gwiazdy zmiennej zaćmieniowej) lub rejestracja widm dużej liczby gwiazd, np. gwiazd zmiennych długookresowych. Bez filtrów i spektrografu obserwacje będą dotyczyć szukania supernowych i wykonywania zdjęć planetoid.

*Andrzej Czajński*

dokonczenie ze str. 171.

Zelandii, Australii, Japonii, Boliwii, Norwegii. Dzięki przychylności Katedry Radioastronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu i Katedry Fizyki Uniwersytetu im. M. Curie-Skłodowskiej w Lublinie nadal publikujemy dane o radiopromieniowaniu Słońca na częstotliwości 127 i 220 MHz. Dzięki uprzejmości dra Pawła Rudawego mamy okazję podziwiać Słońce, wykonując obserwacje za pomocą koronogra-

fu. Znajduje się on w Obserwatorium Astronomicznym w Białkowie i stanowi własność Instytutu Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego.

Dzisiaj w Polsce działają dwie niezależne grupy zajmujące się miłośniczymi obserwacjami Słońca: Sekcja Obserwacji Słońca przy Polskim Towarzystwie Miłośników Astronomii oraz Towarzystwo Obserwatorów Słońca,

które w tym roku obchodzi jubileusz 20-lecia istnienia.

*Sol omnia regit*, Słońce Wszystkim Rządzi — te słowa Mikołaja Kopernika stały się dewizą członków Towarzystwa Obserwatorów Słońca. Fascynująca zagadka wpływu Słońca na życie na Ziemi ma swoich wiernych i oddanych pasjonatów.

*Przewodniczący TOS  
Piotr Urbański*

## XLIV OLIMPIADA ASTRONOMICZNA W ROKU SZKOLNYM 2000/2001

Obiegła końca XLIV Olimpiada Astronomiczna, a cenne nagrody w postaci teleskopów, bonów książkowych oraz wiele innych zostały rozdane podczas uroczystości zakończenia tej edycji olimpiady. Zadania pierwszej serii zawodów I stopnia najpierw zostały opublikowane na stronie internetowej organizatora olimpiady — Planetarium Śląskiego ([www.entropia.com.pl/planetarium](http://www.entropia.com.pl/planetarium)), a następnie we wrześniu dotarły do szkół w formie afisza wraz z informacjami regulaminowymi. W zawodach I stopnia należało rozwiązać jedno z trzech zadań obserwacyjnych i 6 z pozostałych 8 zadań. Po raz kolejny okazało się, że młodzi obserwatorzy chętnie obserwują niebo nie tylko dla samej przyjemności: wyciągają z tych obserwacji interesujące wnioski. Do zawodów I stopnia z 15 województw przystąpiło 108 uczestników reprezentujących 73 szkoły, a zatem odnotowano 8% wzrost liczby uczestników. Po ocenie nadesłanych zadań zawodów I stopnia (szkolnych), wyłoniono grupę 55 uczestników, która przystąpiła do zawodów II stopnia — okręgowych. Eliminacje te odbyły się 15.01.2001 r. w dwóch ośrodkach: w I Liceum Ogólnokształcącym im. Ziemi Kujawskiej we Włocławku dla uczestników z terenu Polski północnej i centralnej oraz w VIII Liceum Ogólnokształcącym im. Marii Skłodowskiej-Curie dla uczestników z Polski południowej.

Na tym poziomie zawodów uczniowie rozwiązywali cztery zadania w warunkach kontrolowanej samodzielności, mogli korzystać z własnej literatury i kalkulatorów. Po przeprowadzeniu eliminacji półfinałowych członkowie Komitetu Głównego Olimpiady Astronomicznej zdecydowali o dopuszczeniu do zawodów centralnych III stopnia, czyli finału 15 uczestników. Zawody finałowe odbywały się w Planetarium Śląskim w Chorzowie w dniach 1–4 marca 2001 r. W pierwszym dniu uczestnicy

zapoznali się z możliwościami aparatury projekcyjnej planetarium, która nie wszyscy przecież znali. Jedno z zadań dotyczyło sztucznego nieba planetarium, a przeprowadzone konsultacje wyrównały szanse. Eliminacje finałowe odbyły się w dwóch turach. W pierwszej uczestnicy mieli do rozwiązania trzy zadania teoretyczne. W drugiej turze należało rozwiązać również trzy zadania, w tym zadanie obserwacyjne i z tego powodu odbywała się ona w godzinach wieczornych. Niestety, złe warunki pogodowe w tym czasie uniemożliwiły przeprowadzenie zadania obserwacyjnego. Jak zwykle w podobnych sytuacjach, zastosowano przygotowane wcześniej na taką ewentualność zadanie praktyczne, ponadto w tej turze rozwiązywano zadanie pod sztucznym niebem planetarium. W sobotę 4.03. uczestnicy mogli już odetchnąć, biorąc udział w zwiedzaniu Planetarium Śląskiego i uczestnicząc w spektaklu laserowym Planetarium Milenium Show — nowej ofercie placówki. W tym samym czasie intensywnie pracowała Komisja oceniająca zadania. Uroczystość zakończenia XLIV Olimpiady Astronomicznej odbyła się w gmachu Planetarium Śląskiego w niedzielę 4 marca 2001 r. Przewodniczący Komitetu Głównego Olimpiady Astronomicznej prof. dr hab. Jerzy M. Kreiner podał następnie końcową klasyfikację:

I miejsce i tytuł laureata uzyskał **Krzysztof Nalewajko**, kl. III, Liceum Ogólnokształcące im. Jana Bożyńskiego w OSTRÓDZIE, II miejsce i tytuł laureata **Tomasz Tyranowski**, kl. III, V Liceum Ogólnokształcące im. Augusta Witkowskiego w KRAKOWIE, III miejsce i tytuł laureata ex aequo otrzymali: **Lech Łobodziński**, kl. IV, I Liceum Ogólnokształcące im. Antoniego Osuchowskiego w CIESZYNIE i **Aleksander Sadowski**, kl. III, I Liceum Ogólnokształcące im. Ziemi Kujawskiej we WŁOCŁAWKU, miejsce IV i tytuł laureata wywalczył **Marek**

**Misztal**, kl. III, II Liceum Ogólnokształcące w KOŃSKICH. Oprócz pięciu laureatów Komitet Główny Olimpiady Astronomicznej przyznał tytuł finalist, który otrzymał **Andrzej Jastrzębski**, kl. IV, II Liceum Ogólnokształcące im. Króla Jana III Sobieskiego w GRUDZIĄDZU.

Pozostali uczestnicy finału w kolejności alfabetycznej to: **Krzysztof Barczyński**, kl. II, Liceum Ogólnokształcące im. Bolesława Chrobrego — PSZCZYNA, **Damian Bogdanowicz**, kl. IV, Zespół Szkół Ogólnokształcących Nr 1 im. Stefana Żeromskiego — LĘBORK, **Bartosz Bosowiec**, kl. IV, I Liceum Ogólnokształcące im. Leona Kruczkowskiego — TYCHY, **Bartosz Fornal**, kl. II, I Liceum Ogólnokształcące im. Bartłomieja Nowodworskiego — KRAKÓW, **Piotr Gruszczyński**, kl. III, I Liceum Ogólnokształcące — TARNÓW, **Piotr Guzik**, kl. I, I Liceum Ogólnokształcące im. Mikołaja Kopernika — KROSNO, **Michał Michałowski**, kl. IV, VIII Liceum Ogólnokształcące im. Adama Mickiewicza — POZNAŃ, **Paweł Puterla**, kl. III, II Liceum Ogólnokształcące im. Mikołaja Kopernika — MIELEC, **Adam Rej**, kl. II, IV Liceum Ogólnokształcące im. Stanisława Staszica — SOSNOWIEC.

Organizatorzy stwierdzają w dalszym ciągu wzrost poziomu przygotowania uczestników do olimpiady. Olimpiadę finansowało Ministerstwo Edukacji Narodowej. Znaczącymi jej sponsorami byli również:

- Komitet Astronomii PAN,
- Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii,
- Planetarium Śląskie,
- Zakład Optyki Instrumentalnej „Uniwersał”.

Zachęcamy do wzięcia udziału w tegorocznej edycji już XLV Olimpiady Astronomicznej w roku szkolnym 2001/2002.

*Jacek Szczepanik*

# DANE STATYSTYCZNE

## XLIV OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ

**Zawody I stopnia — I etap:**

uczniowie gimnazjum	—	2	( 2%)
uczniów szkół technicznych	—	3	( 3%)
uczniowie liceów ogólnoksz.	—	103	(95%)
z tego:			
uczniów profilu mat.-fiz.	—	61	(56%)
uczniów klas maturalnych	—	26	(24%)

**Zawody II stopnia — II etap:**

uczniów szkół technicznych	—	2	( 4%)
uczniowie liceów ogólnoksz.	—	53	(96%)
z tego:			
uczniów profilu mat.-fiz.	—	31	(56%)
uczniów klas maturalnych	—	19	(34%)

**Zawody III stopnia — finał:**

uczniowie liceów ogólnoksz.	—	15	(100%)
z tego:			
uczniów profilu mat.-fiz.	—	13	(87%)
uczniów klas maturalnych	—	5	(33%)

*Zwycięzca XLIV Olimpiady Astronomicznej — Krzysztof Nalewajko — odbiera nagrodę z rąk przewodniczącego jury*

województwo	zawody I stopnia		zawody II stopnia		zawody III stopnia		laureaci	
	Uczn.	Szk.	Uczn.	Szk.	Uczn.	Szk.	Uczn.	Szk.
	L	Z	L	Z	L	Z	L	Z
POLSKA	108	73	55	43	15	15	5	5
dolnośląskie	10	-	4	-	3	-	-	-
kujawsko-pomorskie	14	2	7	2	10	2	5	2
lubelskie	9	-	7	-	2	-	-	-
lubuskie	2	-	2	-	1	-	-	-
łódzkie	2	-	2	-	1	-	-	-
małopolskie	9	-	5	-	6	-	3	-
mazowieckie	12	-	6	-	3	-	-	-
opolskie	3	-	3	-	1	-	-	-
podkarpackie	4	-	3	-	3	-	2	-
podlaskie	-	-	-	-	-	-	-	-
pomorskie	9	-	6	-	4	-	1	-
śląskie	14	-	10	-	7	-	6	-
świętokrzyskie	3	-	3	-	3	-	1	-
warmińsko-mazurskie	4	-	4	-	4	-	1	-
wielkopolskie	6	1	5	1	3	-	2	-
zachodniopomorskie	4	-	3	-	2	-	1	-

Objaśnienia do tabeli:

Uczn. — liczba uczniów,

Szk. — liczba szkół,

L — licea ogólnokształcące,

Z — szkoły zawodowe (technika, licea zawodowe, licea techniczne itp.)

# ZADANIA XLIV OLIMPIADY ASTRONOMICZNEJ

## ROK SZKOLNY 2000/2001

### ZAWODY I STOPNIA

**1.1.** Dochodzące do powierzchni Ziemi promieniowanie słoneczne wskutek zjawiska ekstynkcji ulega pochłanianiu i rozpraszaniu powodując, że Słońce świeci nieco słabiej. Zmianę jasności Słońca ( $\Delta m$ ) obserwowanego na wysokości  $h$  nad horyzontem można obliczyć z przybliżonego wzoru:

$$\Delta m = \frac{0,2}{\cos(90^\circ - h)}$$

Znajdź szerokość geograficzną, dla której w dniu równonocy w południe ilość padającego promieniowania słonecznego (na jednostkę powierzchni w jednostce czasu) jest równa promieniowaniu padającemu na powierzchnię Marsa w pobliżu równika, gdy Słońce świeci tam w zenicie. W atmosferze Marsa efekt ekstynkcji można pominąć.

**1.2.** W momencie gdy kometa była odległa o 0,6 AU od Słońca i 0,8 AU od Ziemi jej odsłoneczny warkocz osiągnął długość kątową  $2^\circ$ . Jaka była wtedy kątowa odległość komety od Słońca (elongacja) i liniowa długość jej warkocza? Załóż, że orbita Ziemi jest okręgiem.

**1.3.** W prostokątnym układzie współrzędnych, w którym na osi pionowej zaznaczamy godziny, a na osi poziomej datę, przedstaw wykresy:

- wschodu i zachodu Słońca,
- wschodu i zachodu Księżyca,
- wschodu i zachodu komety C/1999 S4 (LINEAR) w lipcu i sierpniu 2000 r. w Warszawie.

Omów warunki widoczności komety w tych dwóch miesiącach.

Dane dotyczące Słońca i Księżyca znajdź samodzielnie. Efemerydy komety podaje tabela:

data	$\alpha$ (2000)	$\delta$ (2000)
30.06.2000	02 <sup>h</sup> 34,41 <sup>m</sup>	+ 42° 53,2'
5.07.2000	02 49,68	+ 47 06,6
10.07.2000	03 20,66	+ 53 17,0
15.07.2000	04 41,52	+ 61 44,0
20.07.2000	08 16,06	+ 63 07,9
25.07.2000	11 01,01	+ 41 05,3
30.07.2000	11 56,45	+ 18 36,3
4.08.2000	12 18,82	+ 05 13,2
9.08.2000	12 29,65	- 02 31,4
14.08.2000	12 35,50	- 07 22,0
24.08.2000	12 41,20	- 13 02,6
3.09.2000	12 44,17	- 16 22,6

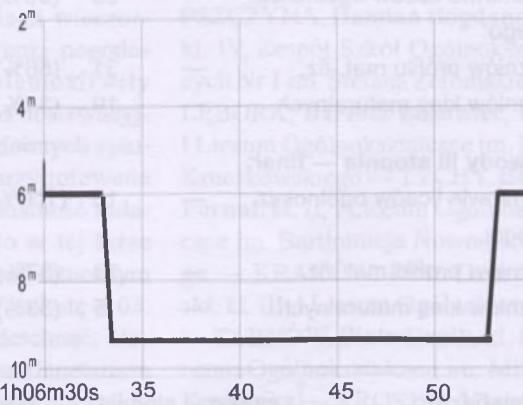
**1.4.** Wymień i zwięzle opisz wyniki badań planetoid, do których zbliżyły się sondy kosmiczne.

**1.5.** Dwóch obserwatorów znajdujących się na równiku w odległości 400 km mierzonej na powierzchni Ziemi obserwowało sztucznego satelitę. Satelita poruszał się z za-

chodu na wschód. Czas, jaki upływał od momentu przejścia przez zenit nad jednym obserwatorem a następnie nad drugim, wynosił 60 s. Zakładając kołową orbitę, oblicz, na jakiej wysokości nad Ziemią przelewywał satelita i jaka była jego prędkość względem obserwatorów.

**1.6.** Przedyskutuj, jak długo trwa dzień na terenie Polski w dniu przesilenia letniego. Taką samą analizę przeprowadź dla dnia przesilenia zimowego i dni równonocy.

**1.7.** Podczas obserwacji zakrycia gwiazdy przez pewną planetoidę znajdującą się w opozycji do Słońca otrzymano wykres zmian jasności pokazany na rysunku.



Jakie wnioski można wyciągnąć z przedstawionego wykresu? Wymień przyjmowane założenia.

**1.8.** Wyjaśnij termin ruchu wstecznego ciał w Układzie Planetarnym i podaj jego przykłady.

### ZADANIA OBSERWACYJNE

**1.0.1.** Zaprojektuj i wykonaj prosty przyrząd do pomiarów obserwowanej średnicy Księżyca. Wykonanym instrumentem dokonaj serii obserwacji w ciągu miesiąca i wyznacz, o ile zmieniała się zaobserwowana średnica Księżyca.

**1.0.2.** Przeprowadź obserwacje plam na Słońcu na obrazie wytworzonym przez teleskop na ekranie. Wyznacz średnią wartość liczby Wolfa z przeprowadzonych przez siebie obserwacji.

**Uwaga! Zachowaj szczególną ostrożność przy kierowaniu przyrządu na Słońce. Pamiętaj, że nie wolno patrzeć przez przyrząd bezpośrednio na Słońce, bo grozi to uszkodzeniem wzroku!**

**1.0.3.** Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można również nadsyłać opracowane wyniki innych własnych obserwacji prowadzonych w latach 1999, 2000, a w szczególności obserwacji pozycji, jasności i kształtu komety C/1999 S4 (LINEAR).

## ZAWODY II STOPNIA

**2.1.** Kometa Hale-Bopp jest kometą długookresową i ostatnio obserwowane jej zbliżenie do Słońca było prawdopodobnie pierwszym w jej historii. Stąd należy sądzić, że skład materii tej komety nie zmienił się istotnie od momentu jej powstania. Uważa się jednak, że powstała ona względnie blisko Słońca w wyniku zlepiania się mniejszych bryłek materii kometarnej, a dopiero później wywędrowała do Obłoku Oorta. Początkowy skład komety szczególnie dobrze powinna odzwierciedlać materia emitowana z jej jądra w pobliżu peryhelium, a właśnie wówczas stwierdzono dużą emisję argonu i bardzo niewielką neonu.

Wiedząc, że neon ulatuje w przestrzeń już przy temperaturze 25 K, a argon dopiero około 40 K, określ miejsce prawdopodobnego powstania komety. Dla uproszczenia załącz, że promień Słońca ( $R_s = 7 \times 10^5$  km) i jego temperatura ( $T_s = 5760$  K) były wówczas takie same jak obecnie.

**2.2.** Sonda NEAR-Shoemaker na pierwszej orbicie elipsycznej wokół Erosa miała prędkość 1,1 m/s w punkcie odległym o 366 km od środka masy planetoidy. Następnie sonda weszła na ciasniejszą orbitę o wielkiej półosi równej 50 km i o okresie obiegu 18 razy mniejszym niż na pierwszej orbicie.

Wyznacz masę Erosa i okres obiegu na pierwszej orbicie.

**2.3.** Wyobraź sobie, że oglądasz zachód Słońca w nietypowy sposób, poruszając się pionowo w górę w jednej z przeszklonych zewnętrznych wind wieżowca o wysokości 600 m, stojącego na równiku ziemskim. Dla uproszczenia dodatkowo załącz, że ma to miejsce w dniu równonocy.

Jak powinna zmieniać się prędkość windy, aby oglądany przez Ciebie obraz Słońca został niejako zamrożony, tzn. aby obserwowane położenie Słońca względem horyzontu nie zmieniało się. Czy są to prędkości technicznie realne?

**2.4.** Podczas jednego z zaćmień Księżyca wyznaczono następujące współrzędne środka tarczy Księżyca w dwóch różnych momentach:

moment	rektascensja	deklinacja	dług. eklipt.	szer. eklipt.
t	$\alpha$	$\delta$	$\lambda$	$\beta$
1. 19,42	7 <sup>h</sup> 20,5 <sup>m</sup>	+22°26'	108°33'	+0°17'
2. 21,59	7 <sup>h</sup> 26,8 <sup>m</sup>	+22°21'	110°00'	+0°25'

Określ współrzędne równikowe równonocne i współrzędne ekliptyczne węzła orbity Księżyca oraz moment przejścia Księżyca przez ten węzeł.

## ZAWODY III STOPNIA

**3.1.** W której z wymienionych sytuacji cień Księżyca podczas całkowitego zaćmienia Słońca, obserwowanego w południe z centrum Polski, mógłby osiągnąć największe rozmiary liniowe:

- a) Ziemia w peryhelium,
- b) równonoc wiosenna,
- c) przesilenie letnie,
- d) Ziemia w aphelium,

e) równonoc jesienią,

f) przesilenie zimowe.

Wyznacz te rozmiary.

Potrzebne dane znajdź samodzielnie.

*Wskazówka:* Długość  $\Delta$  stożka cienia podczas zaćmienia Słońca  $\Delta = 0,0025 d_{SK}$ , gdzie  $d_{SK}$  to odległość Słońce–Księżyca.

**3.2.** Prom kosmiczny Columbia ma masę 73,2 t. W lądowaniach promu można umieścić do 29,5 t ładunku. Prom wywozony jest na orbitę za pomocą 2 silników rakietowych na paliwo stałe i 3 silników rakietowych na paliwo ciekłe. Paliwo ciekłe (wodor i tlen o łącznej masie 721 t) znajduje się w dużym zbiorniku, odłączanym po wykorzystaniu. Masa pustego zbiornika wynosi 35 t. Każda z rakiet na paliwo stałe ma masę 90 t i zawiera po 500 t paliwa. Siła ciągu każdego z silników na paliwo stałe wynosi 12,9 MN. Silniki na paliwo ciekłe dysponują łącznym ciągiem o wartości 5 MN.

Przy starcie promu pracują wszystkie silniki. Po 123 s kończą pracę silniki stałopaliwowe, po czym są odrzucone. Silniki na paliwo ciekłe działają jeszcze przez następne 6 minut. Po zużyciu całego zapasu paliwa pusty już potężny zbiornik po ciekłym wodorze i tlenie jest również odrzucany.

Zakładając, że szybkość spalania paliwa stałego jak i ciekłego jest jednostajna w całym czasie pracy silników rakietowych, oblicz wartości przeciążeń odczuwanych przez załogę promu:

- a) w chwili startu całego zespołu,
- b) tuż przed końcem pracy silników na paliwo stałe,
- c) w chwilę po odrzuceniu pustych silników stałopaliwowych,
- d) pod koniec fazy startu, tj. gdy kończą pracę silniki główne na paliwo ciekłe.

Wyliczone wartości podaj w jednostkach przyspieszenia ziemskiego ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Czy rzeczywiście mogą podróżować promem kosmicznym „zwykli” ludzie? (a nie tylko wyselekcjonowani piloci myśliwców wojskowych — przeciętny, zdrowy człowiek jest w stanie wytrzymać przeciążenia nie większe niż ok. 4 g.)

*Wskazówka:* Kierunek lotu promu kosmicznego ulega zmianie:

- w punkcie a) siła ciągu działa pionowo w góre,
- w punkcie d) pod koniec pracy silników, siła działa poziomo (wymaga tego idea wprowadzenia statku kosmicznego na orbitę prawie kołową).
- w momentach b) i c) zakładamy, że cały zespół startowy pochylony jest pod kątem 45° do pionu.

**3.3.** Powszechnie kosmolodzy uważają, że Wszechświat się rozszerza, a głównym zadaniem kosmologii jest określenie sposobu tego rozszerzania. Zadanie to rozwiązuje podanie zależności czasowej czynnika skali  $R(t)$ , gdzie  $t$  jest tzw. czasem kosmicznym, czyli czasem w układzie współrzędnych, w którym średnia prędkość wielkoskalowych ru-

chów jest zerowa lub inaczej promieniowanie tła nie wyróżnia żadnego kierunku. Czynnik skali mówi, w jaki sposób zmieniają się odległości, jeżeli nie ma oddziaływania (np. dla obiektów zbyt odległych, by działały między nimi jakieś siły) — gdy w chwili  $t_1$  odległości między ciałami wynosiły  $R(t_1) \cdot l$ , to w chwili  $t_2$  będą wynosić  $R(t_2) \cdot l$ , gdzie  $l$  jest odlegością w chwili, gdy  $R(t)$  jest równe jeden. Tempo rozszerzania Wszechświata można więc zmierzyć, biorąc dwa takie ciała i mierząc wzrost odległości między nimi. Ponieważ pomiary wykonuje się we względnie niewielkich odległościach, można przyjąć, że dla wszystkich ciał ekspansja będzie taka sama będąc, po prostu, obecnym tematem ekspansji. Z matematycznego punktu widzenia taka niezależna od odległości wartość może być opisana pochodną czasową czynnika skali podzieloną przez czynnik skali, czyli:

$$H = \frac{dR(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)}.$$

Wielkość  $H$  nazywa się stałą Hubble'a i ma obecnie wartość około 70 km/s/Mpc, a udaje się ją zmierzyć, korzystając ze zjawiska przesunięcia ku czerwieni — długości fal świetlnych w wyniku biegu w ekspandującym wszechświecie ulegają przesunięciu opisanemu wzorem:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{R(t_w)}{R(t_e)} - 1,$$

gdzie indeksy  $w$  i  $e$  oznaczają odpowiednio chwilę obecną i moment emisji promieniowania. W trakcie ewolucji Wszechświata ulega zmianie wiele jego parametrów. Między innymi zmienia się również temperatura promieniowania tła, która obecnie jest niewielka i wynosi około 3 K. Związek temperatury promieniowania tła z czynnikiem skali jest bardzo prosty i ma postać:

$$R(t) \cdot T = \text{const.}$$

Powyższe wzory są dokładne i niezależne od modelu kosmologicznego.

Najprostszym a jednocześnie uważanym za dość realistyczny jest model Einsteina – de Sittera, w którym zmianę rozmiarów Wszechświata opisuje czynnik skali określony równaniem:

$$R(t) = A \cdot t^{\frac{1}{3}} \quad (*)$$

gdzie  $A$  jest stałą.

Zakładając poprawność modelu opisanego wzorem (\*) oblicz:

a. Jaką najmniejszą temperaturę mógł mieć gaz, z którego powstał Układ Słoneczny? Wiek Układu Słonecznego wynosi około czterech i pół miliarda lat.

b. Jaką najmniejszą temperaturę może mieć gaz w galaktykach o maksymalnym obecnie znanym przesunięciu ku czerwieni wynoszącym około sześciu? Ile procent obecnego wieku miał wówczas Wszechświat?

Ile lat temu powstało promieniowanie tła oraz ile razy rozszerzył się Wszechświat od tego czasu, jeżeli powstało ono w temperaturze 3000 K?

### 3.4. Na księżycu Jowisza Io wulkany wyrzucają materię

na dużą wysokość, sięgającą 300 km nad powierzchnię księżyca. Zakładając modelowo, że w trakcie erupcji materia ta w kominie wulkanu spełnia równanie Bernouliego

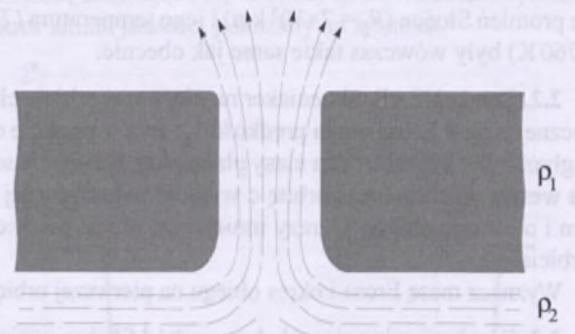
$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{const.},$$

gdzie  $p$  jest ciśnieniem,  $\rho$  — gęstością wyrzucanej materii,  $v$  — jej prędkością w kominie wulkanu,  $g$  — przyspieszeniem grawitacyjnym,  $h$  — wysokością nad ustaloną poziom.

Oszacuj, na jakiej głębokości pod powierzchnią księżyca znajdują się źródła wulkanizmu Io.

Wysokość stożka wulkanu można pominąć.

Przymij, że gęstość zewnętrznej warstwy księżyca wynosi  $\rho_1 = 2500 \text{ kg/m}^3$ , a gęstość wyrzucanej materii  $\rho_2$  jest dziesięciokrotnie mniejsza.



Spróbuj określić, jakie założenia upraszczające umożliwiają przyjęcie stusznosci równania Bernouliego. Czy przyjęte założenia powodują przecenienie czy niedocenienie głębokości kanału wulkanicznego?

**3.5. Aparatura planetarium odtworzy wygląd nieba z pewnego miejsca w Europie. Po krótkiej przerwie pokażemy niebo widoczne w tej samej chwili co poprzednio, ale z miejsca położonego na południku zerowym.**

Mając do dyspozycji atlas nieba oraz rocznik astronomiczny na 2001 rok:

1. Wyznacz z możliwie największą dokładnością współrzędne geograficzne miejsca obserwacji w obydwu przypadkach.

2. Wiedząc, że aparatura planetarium symuluje sytuację odpowiadającą pewnej dacie 2001 roku, określ ją z możliwie największą dokładnością.

3. Określ porę odtwarzanej nocy.

4. Oceń współrzędne horyzontalne widocznych na niebie planet w pierwszej z demonstrowanych sytuacji.

5. Określ współrzędne równikowe równonocne widocznego na niebie mgławicowego obiektu nie będącego obiektem z Katalogu Messiera.

W rozwiązaniu podaj wszystkie wyniki swoich obserwacji nieba i pełne uzasadnienie odpowiedzi.

**3.6. Oblicz z dokładnością do jednej minuty moment zaznaku środka tarczy Księżyca w dniu 3 marca 2001 roku w Rzymie  $\phi_R = 41^\circ 54' \text{ (N)}$ ,  $\lambda_R = 12^\circ 29' \text{ (E)}$ .**

Oceń wpływ paralaksy oraz refrakcji na moment zaznaku.

## Szkice rozwiązań

### ZADANIE 2.1.

Zadanie powstało z inspiracji literaturowej (Science 288 str. 2121), a głównym celem dydaktycznym, jaki przyświecał jego autorowi, było wskazanie uczestnikowi Olimpiady jednego ze sposobów umożliwiających poprzez pomiary współczesnych własności ciał Układu Słonecznego określenie warunków, w jakich powstały. W celu dostosowania poziomu trudności zadania do możliwości uczestników zdecydowano się na znaczne uproszczenia polegające na zignorowaniu zarówno ekstynkcji w pierwotnej mgławicy, jak i innej niż obecnie jasności młodego Słońca. Inne elementy zadania, takie jak energia promienista emitowana przez ciała o znanej temperaturze oraz równowaga termodynamiczna ciał ogrzewanych przez gwiazdę, wydawały się dobrze znane uczestnikom, jako że ta tematyka wielokrotnie już gościła w Olimpiadzie i nie sprawiała dotychczas uczestnikom problemów. W sumie więc zadanie wydawało się dość łatwe i nie spodziewano się większych trudności z jego rozwiązaniem. A rozwiązanie to mogło przebiegać następująco.

W odległości  $r$  od Słońca bryłka (sferyczna) materii o promieniu  $a$  otrzymuje od Słońca energię

$$E = \pi a^2 \frac{\sigma R_s^2 T_s^4}{r^2}$$

gdzie  $\sigma$ ,  $R_s$ ,  $T_s$  są odpowiednio stała Stefana, promień Słońca i jego temperatura. W powyższym wzorze stosunek  $(R_s/r)^2$  wynika oczywiście ze zmniejszania się strumienia emitowanej energii wraz ze wzrostem odległości od Słońca.

Bryłka materii promieniuje całą powierzchnią, a otrzymuje energię tylko proporcjonalnie do swego przekroju. Tym samym warunek równowagi termicznej dla sferycznej bryłki ma postać

$$4\pi\sigma a^2 T^4 = \pi a^2 \frac{\sigma R_s^2 T_s^4}{r^2} \quad (*)$$

Z tego warunku można obliczyć temperaturę bryłki materii znajdującej się w odległości  $r$  od Słońca. W miejscu, gdzie powstała kometa, temperatura musiała być mniejsza od temperatury ulatniania się argonu (indeks A) a większa od temperatury emisji neonu (indeks N). Tym samym zgodnie z warunkami zadania kometa powstała obszarze określonym odległościami

$$r_A = \frac{T_s^2 R_s}{2T_A^2}, \quad r_N = \frac{T_s^2 R_s}{2T_N^2},$$

w obszarze między 48 a 120 AU od Słońca.

Jak widać, zadanie z punktu widzenia techniki rachunkowej nie powinno sprawić trudności dobrze przygotowanemu olimpijczykowi i dlatego wydawało się, że będzie dość łatwe. Ze względu na częste powtarzanie się w Olimpiadzie tematyki związanej z równowagą termodynamiczną i prawem Stefana-Boltzmanna zrezygnowano z kierowania uwagi uczestnika w stronę tych zagadnień uważając, że założenie o stosownalności przybliżenia ciała doskonale czarnego

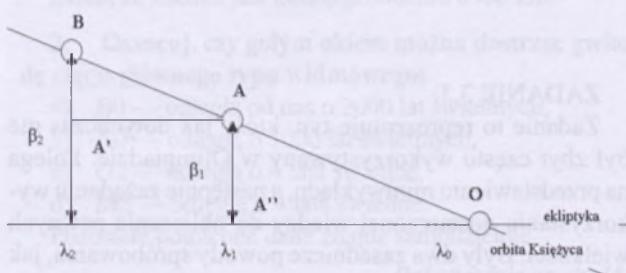
uczestnik bez problemu sam wykona. Zadanie, niespodziewanie, okazało się jednak dość trudne. Około dwudziestu procent uczestników Olimpiady w ogóle nie podjęło próby rozwiązania, a znaczna część tych, którzy taką próbę podjęli, nie wykroczyła poza elementarne rozważania. Tylko jeden uczestnik rozwiązał zadanie bezbłędnie. Większość rozwiązań wykazywała mniej lub bardziej poważne usterki merytoryczne. Część uczestników nie potrafiła skojarzyć związku temperatury z odległością. Inni nie potrafili prawidłowo zapisać warunków równowagi termodynamicznej. Zaledwie kilku uczestników zauważało problem kąta emisji — znakomita większość spośród tych, którzy poprawnie postawili problem, nie zauważało, że emisja promieniowania następuje w pełny kąt bryłowy, a ogrzewanie następuje jedynie przez powierzchnię przekroju (czwórka we wzorze (\*)). Tym samym zadanie znakomicie wypełniło swą rolę selekcyjną. Rozwiązania ocenione jako pozytywne (zaliczone), a uzyskujące różne punktacje różniły się wyraźnie i to istotnymi merytorycznie elementami.

W sumie efekty, jakie przyniosło omawiane zadanie, trochę zdziwiły organizatorów. Zadanie wydawało się trochę schematyczne i niezbyt odbiegające od standardu. W rzeczywistości okazało się, że uczestnicy ocenili je jako „ciekawe”, co oznacza, że sprawiło pewne trudności typu pojęciowego, co prawdopodobnie zaowocowało w większości przypadków ograniczeniem wysiłku na dopracowanie szczegółów (powierzchnia emisji) — gdy uczestnik zrozumiał, w jaki sposób uzyskać rozwiązanie, nie przejmował się drugorzędnymi problemami. Warto dodać, do pewnego stopnia słusznie, bo lepiej zaliczyć zadanie z niższą punktacją niż nie zaliczyć wcale, a i z punktu widzenia organizatora Olimpiady zadanie, którego poszczególne rozwiązania różnią się tylko drugorzędnymi szczegółami, jest bezwartościowe.

Jerzy Kuczyński

### ZADANIE 2.4.

Zadanie to wydawać by się mogło, iż jest stosunkowo proste. Jednak okazało się, że sprawiło uczestnikom nie mało kłopotu. Mając podane współrzędne równikowe równonocne i współrzędne ekliptyczne w dwóch momentach należy wyznaczyć współrzędne węzła i moment przejścia Księżyca przez węzeł. Dla tak małych kątów bez szkody dla ścisłości rozważań można dokonać przybliżenia, że odbywa się to na płaszczyźnie. Nie trzeba stosować geometrii sferycznej. Węzeł jest punktem przecięcia rzutu orbity Księżyca na sferę niebieską z ekliptyką. W rozwiązaniu pomoże nam rysunek.



gdzie: **A** — położenie Księżyca w momencie 1, **B** — położenie Księżyca w momencie 2, **O** — węzeł,  $\lambda_1$  i  $\lambda_2$  — długości ekiptyczne Księżyca w odpowiednich momentach,  $\beta_1$  i  $\beta_2$  — szerokości ekiptyczne Księżyca w odpowiednich momentach.

Z podobieństwa trójkątów  $\Delta A'AB \equiv \Delta A''OA$  otrzymujemy:

$$\frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_1} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_0}$$

stąd długość ekiptyczna węzła  $\lambda_0 = 105^\circ 28'$ , zaś szerokość ekiptyczna węzła oczywiście  $\beta_0 = 0^\circ$ . Podobnie z zależności:

$$\frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$$

obliczymy czas przejścia Księżyca przez węzeł  $t_0 = 14^h 51^m$ .

Następnie tworzymy podobny trójkąt, ale ze współrzędnymi równikowymi, tzn. równik — orbita Księżyca, zaznaczając współrzędne równikowe równonocne  $\alpha$  oraz  $\delta$  — rektascensja i dekinacja. Następne zależności to:

$$\frac{t_2 - t_1}{t_1 - t_0} = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_0 - \delta_1} \text{ oraz } \frac{\delta_0 - \delta_1}{\delta_1 - \delta_2} = \frac{\alpha_0 - \alpha_1}{\alpha_1 - \alpha_2},$$

z nich otrzymujemy ostatecznie współrzędne równikowe równonocne węzła  $\alpha_0 = 7^\circ 07^m$  i  $\beta_0 = 22^\circ 37'$ . Oczywiście znak dekinacji jest dodatni. Ostatecznie otrzymane wyniki są następujące:

długość ekiptyczna węzła wynosi  $\lambda_0 = 105^\circ 28'$ ,

szerokość ekiptyczna węzła wynosi  $\beta_0 = 0^\circ$ ,

rektascensja  $\alpha_0 = 7^\circ 07^m$ ,

dekinacja  $\beta_0 = 22^\circ 37'$ ,

moment przejścia Księżyca przez węzeł to  $t_0 = 14^h 51^m$ .

Ci z uczestników zawodów drugiego stopnia, którzy zrozumieli zadanie, rozwiązały je w miarę poprawnie, jednak blisko 24% osób w ogóle nie podjęło próby rozwiązania. Były próby ocenione na najniższą ocenę. Po poprawnym postawieniu (astronomicznym) problemu, jak Czytelnicy mogli zauważyc, reszta to w zasadzie arytmetyka. Największy problem, jaki sprawią tegorocznego zadania, to umiejętność oceny, czy należy korzystać z (trudnej i ponadprogramowej w szkołach) geometrii sferycznej czy można pewne zagadnienia przybliżyć płaszczyzną.

Jacek Szczepanik

### ZADANIE 3.3.

Zadanie to reprezentuje typ, który jak dotychczas nie był zbyt często wykorzystywany w Olimpiadzie. Polega na przedstawieniu miniwykładu, a następnie zażądaniu wykorzystania dostarczonej wiedzy do obliczenia pewnych wielkości. Były dwa zasadnicze powody spróbowania, jak

zareagują uczestnicy Olimpiady na taki rodzaj problemu. Pierwszym z nich była chęć sprawdzenia, jak sprawnie olimpijczycy przyswajają wiedzę i czy potrafią rozwiązywać problemy w nowym, nieznanym im dotychczas obszarze astronomii. Drugim powodem była chęć wprowadzenia do Olimpiady ważnej, a w praktyce nie istniejącej w dostępnej uczniom literaturze, tematyki dotyczącej Wszechświata poza obszarem stosowności prawa Hubble'a. Ponieważ zarówno tematyka, jak i rodzaj zadania nie pojawiają się w olimpiadzie zbyt często, zadanie, mimo że zakwalifikowane jako finałowe, było względnie łatwe i wymagało jedynie konsekwentnego wykorzystania podanych wzorów. Kluczowym elementem zadania było obliczenie wieku Wszechświata w podanym modelu. Otóż, korzystając z podanej definicji stałej Hubble'a i jej również podanej, współczesnej wartości, otrzymujemy

$$H_w = \frac{2}{3t_w}$$

gdzie indeks „w” oznacza chwilę obecną. Tym samym czas istnienia Wszechświata

$$t_w = \frac{2}{3H}$$

Mając tę wartość, pozostałe żądane wartości można łatwo wyliczyć. Np. w punkcie „a”:

czas kosmiczny dla momentu powstania Układu Słonecznego wynosi

$$t_w - 4,5 \cdot 10^9 \text{ y} = t_u$$

co umożliwia obliczenie stosunku czynników skali obecnie i w momencie powstania Układu Słonecznego, następnie korzystając z wzoru na związek temperatury i czynnika skali uzyskujemy

$$t_w^{\frac{2}{3}} \cdot T_w = t_u^{\frac{2}{3}} \cdot T_u \Rightarrow T_u = \left( \frac{t_w}{t_u} \right)^{\frac{2}{3}} T_w$$

W punkcie „b” z wzoru na „z” natychmiast otrzymujemy stosunek rozmiarów równy 7 i stąd obliczamy: temperatura Wszechświata w momencie, gdy widzimy wspomniane odległe galaktyki, wynosi około 20 K. Obliczenia dotyczące czasu wykonujemy w sposób analogiczny do tych w punkcie „a” — znając wiek Wszechświata i przesunięcie ku czerwieni obliczamy czas emisji światła z wzoru na przesunięcie ku czerwieni. Punkt „c” zadania stanowi powtórzenie tych samych obliczeń co w punktach „a” i „b”, tylko że dana jest temperatura — obliczyć należy stosunek rozmiarów i moment w jakim to nastąpiło. Jak widać zadanie miało raczej szkolny charakter, a powtarzanie tych samych obliczeń miało w dużej mierze sens czysto dydaktyczny, czyli utrwalenie lekcji. Ze względu na „szkolny” charakter zadania spodziewano się raczej dobrych wyników i w zasadzie przewidywanie się potwierdziło. Uczestnicy sprawnie przyswoili wiedzę i dość skutecznie potrafili z niej skorzystać — 60% uczestników fi-

nału zadanie zaliczyło. Inna rzecz, że niektórzy dość słabo. Znaczną część uczestników uznawała tzw. czas Hubble'a równy  $(H_w)^{-1}$  za wiek Wszechświata. Często zdarzającym się „grzechem” było wzięcie wieku Wszechświata „z kapiszusa”. To ostatnie założenie zasady oceniający uznawali za niezaliczenie zadania.

W sumie należy uznać eksperyment z tym typem zadania za udany. Uczestnicy całkiem nieźle sobie z nim poradzili, być może nabywając pewną wiedzę o warunkach panujących we wcześniejszych etapach historii Wszech-

świata (temperatura w momencie powstawania Układu Słonecznego rzędu 4–5 K, ok. 20 K przy  $z = 6$ , ok. tysiąca razy mniejsze rozmiary w epoce rekombinacji). Zadanie spełniło również swoją rolę selekcyjną — 40% uczestników finału nie poradziło sobie z jego rozwiązaniem, a wśród tych, którzy zadanie rozwiązali, znaleźli się zarówno tacy, którzy rozwiązali je bezbłędnie jak i ci, którzy je zaledwie zaliczyli.

*Jerzy Kuczyński*

## XLV OLIMPIADA ASTRONOMICZNA ROK SZKOLNY 2001/2002

### 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 15 października 2001 r., rozwiązania 3 zadań, dowolnie wybranych przez uczestnika spośród zestawu zawierającego 4 zadania.

4. Uczniowie, którzy przysłają rozwiązania zadań pierwszej serii, otrzymają do końca października bieżącego roku tematy drugiej serii zadań.

5. Rozwiązanie zadania obserwacyjnego należy przesłać wraz z rozwiązaniami zadań drugiej serii zawodów I stopnia do 19 listopada br. Decyduje data stempla pocztowego. Nadesłanie rozwiązania zadania obserwacyjnego jest warunkiem koniecznym dalszego udziału w olimpiadzie.

6. W przypadku nadsyłania rozwiązań większej liczby zadań z danego zestawu, do klasyfikacji zaliczane będą rozwiązania ocenione najwyższej (po trzy zadania z każdej serii i jedno zadanie obserwacyjne).

7. 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 5. Decyduje data stempla pocztowego.

8. Rozwiązania zadań powinny być krótkie i zwięzłe, ale z wystarczającym uzasadnieniem. W przypadku poleceńia samodzielnego wyszukania danych, należy podać ich źródło. Jako dane traktuje się również podręcznikowe stałe astronomiczne i fizyczne.

9. Rozwiązanie każdego zadania należy napisać na odzielnym 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 uro-

dzenia, pełną nazwę szkoły, jej adres, klasę i jej profil oraz adres prywatny (z kodami pocztowymi).

10. O uprawnieniach laureatów i finalistów decydują senaty wyższych uczelni. Wśród nagród są 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); H. Chrupała, J. Kreiner, M. Szczepański *Zadania z astronomii z rozwiązaniami*; J.M. Kreiner *Astronomia z astrofizyką*; D.H. Levy *NIEBO — Poradnik użytkownika*; J. Mietelski *Astronomia w geografii*; E. Rybka *Astronomia ogólna; Słownik szkolny — Astronomia — praca zbiorowa; atlas nieba; obrotowa mapa nieba*; czasopisma: *Delta, Fizyka w Szkole, Świat Nauki, Urania — Postępy Astronomii, Wiedza i Życie*.

### PIERWSZA SERIA ZADAŃ

1. Załogowy statek kosmiczny został wprowadzony na kołową orbitę wokół Ziemi w odległości  $h = 500$  km od jej powierzchni. Następnie zwiększo wartość chwilowego wektora prędkości, wprowadzając statek na orbitę eliptyczną. Stwierdzono, że w aparacie fotograficznym o ogniskowej  $f = 24$  mm obraz Ziemi w największym oddaleniu statku od Ziemi mieści się dokładnie na klatce filmowej o wymiarach  $a = 36$  mm,  $b = 24$  mm.

Przedstaw na schematycznym rysunku wzajemne usytuowanie obydwu orbit. Jaki mimośród miała nowa orbita statku? Jak zmienił się okres obiegu statku w porównaniu z okresem obiegu na pierwszej orbicie? Jakie były minimalne i maksymalne odległości statku od powierzchni Ziemi na drugiej orbicie?

Załóż, że Ziemia jest kulą o promieniu 6400 km.

2. **Oszacuj, czy gołym okiem można dostrzec gwiazdę ciągu głównego typu widmowego:**

- B0 — odległą od nas o 2000 lat świetlnych,
- A0 — odległą o 1000 lat świetlnych,
- G2 — odległą o 4 lata świetlne,
- M5 — odległą o 4 lata świetlne.

Pozostałe potrzebne dane znajdź samodzielnie.

*Dokończenie na str. 183.*

# Ćwiczenia z globusem zorientowanym

**G**lobus geograficzny, model kuli ziemskiej, jest zorientowany jak Ziemia, jeżeli kierunki między punktami na Ziemi są równoległe do kierunków między obrazami tych punktów na globusie. Takiej orientacji globusa możemy dokonać następująco:

1. Oś obrotu globusa należy skierować na północ i nachylić do poziomu pod kątem równym szerokości geograficznej miejscowości, w której prowadzamy orientację, a więc np. w Warszawie pod kątem  $\phi = 52^\circ,2$ . Globusy są zwykle produkowane tak, że ich osie nachylone są do podstawy pod kątem  $66^\circ,6$ , ponieważ tak jest nachylona oś obrotu Ziemi do płaszczyzny ekliptyki.

Dlatego dla naszych ćwiczeń trzeba zmniejszyć ten kąt, w Warszawie o  $\alpha = 66^\circ,6 - 52^\circ,2 = 14^\circ,4$ . W tym celu można globus umocować na dodatkowej podstawce w postaci klinu o kącie  $\alpha = 14^\circ,4$  (rysunek). W ten sposób uzyskujemy równoległość osi globusa do osi obrotu Ziemi.

2. Nie zmieniając ustalonego kierunku osi, obrotem samej kuli globusa doprowadzamy ją do pozycji, w której punkt oznaczający Warszawę na globusie znajdzie się w najwyższym punkcie. Wtedy kierunek od tego punktu do środka globusa pokrywa się z kierunkiem pionu z Warszawy do środka Ziemi. W ten sposób kula globusa uzyskała taką orientację przestrzenną jak kula ziemska.

Orientowania globusa dla przeprowadzenia ćwiczeń należy dokonać w miejscu oświetlonym promieniami słonecznymi. Wtedy kula globusa i kula ziemska są jednakowo oświetlone. Możemy więc na globusie pokażć zjawiska, które równocześnie występują na Ziemi:

Połowa kuli jest oświetlona — tam jest dzień, połowa ciemna — tam jest noc. Na środku półkuli oświetlonej jest punkt podsłoneczny, nad którym Słońce znajduje się w zenicie. Punkt podsłoneczny ma szerokość geograficzną równą aktualnej deklinacji Słońca. Ponieważ Słońce przesuwa się na za-

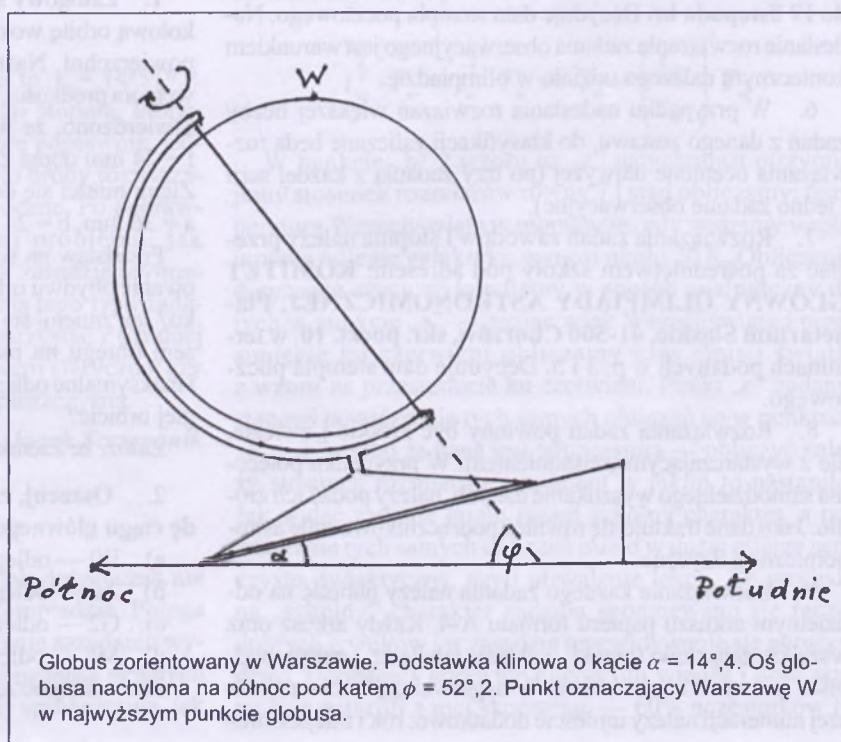
chód, więc wraz z nim przesuwa się punkt podsłoneczny i granice półkuli oświetlonej. Na zachodzie, w coraz dalszych obszarach, staje się jasno — tam następuje wschód Słońca. Odpowiednio na wschodzie następuje zachód Słońca.

Dla dokładniejszego pokazania aktualnego oświetlenia różnych rejonów Ziemi należy sporządzić model elementów układu horyzontalnego w postaci krążka ze sztywnego, białego papieru o średnicy kilku centymetrów, zaopatrzonego w uchwyt. Przez środek krążka rysujemy dwie prostopadłe do siebie linie, na których oznaczamy odpowiednio strony świata: północ Pn, wschód W, południe Pd i zachód Z. Również przez środek krążka, prostopadłe do jego płaszczyzny, przebijamy szpilkę od spodu do góry. Krążek, przyłożony stycznie do kuli globusa zorientowanego tak, by południk na nim był skierowany zgodnie z południkiem na globusie, jest również zorientowany. Płaszczyzna krążka jest równoległa do poziomej płaszczyzny horyzontu w punkcie Ziemi, którego obrazem jest punkt styczności krążka z globusem. Szpilka, prostopadła do płaszczyzny

krążka, jest równoległa do pionu w tym punkcie. Dlatego kierunek i długość cienia szpilki na krążku umożliwia ocenę azymutu i wysokości Słońca w tej chwili, w wybranym punkcie Ziemi. W ten sposób stwierdzimy, że w punkcie podsłonecznym szpilka nie rzuca cienia, ponieważ wysokość Słońca wynosi  $90^\circ$ . Na północ od punktu podsłonecznego cień szpilki pada w stronę północną, a na południe od niego cień jest skierowany na południe, czyli Słońce oświetla ściany północne.

Aby odtworzyć dzienne zmiany oświetlenia Ziemi w tym dniu, należy obracać kulę globusa, nie zmieniając położenia jej osi. Jeżeli obróćmy kulę globusa tak, by obraz Warszawy znalazła się na zachodniej granicy półkuli oświetlonej, to granica ta wskaże rejony Ziemi, gdzie w tym dniu wschód Słońca nastąpił równocześnie ze wschodem Słońca w Warszawie. Podobnie możemy określić obszary równoczesnego zachodu Słońca. Dla każdego punktu Ziemi kąt obrotu kuli globusa od wschodu do zachodu Słońca wyznacza długość dnia,  $15^\circ = 1 \text{ godz.}$

W godzinach południowych, gdy Słońce jest w południu lub blisko nie-



Globus zorientowany w Warszawie. Podstawa klinowa o kącie  $\alpha = 14^\circ,4$ . Oś globusa nachylona na północ pod kątem  $\phi = 52^\circ,2$ . Punkt oznaczający Warszawę W w najwyższym punkcie globusa.



go, możemy przy pomocy globusa przedstawić roczne zmiany oświetlenia Ziemi. W tym celu należy skorzystać z równości szerokości geograficznej punktu podsłonecznego,  $\phi(p)$  i aktualnej deklinacji Słońca  $\delta$ , zależnej od pory roku. Dla celów dydaktycznych wystarczy znajomość następujących danych liczbowych:

Data	$\delta = \phi(p)$
22 czerwca	+23°
17 kwietnia i 28 sierpnia	+10°
22 marca i 23 września	0°
22 lutego i 20 października	-10°
22 grudnia	-23°

Dla uzyskania odpowiedniego oświetlenia globusa zmieniamy nachylenie jego osi do poziomu, zachowując jej skierowanie na północ. Globus nie będzie już zorientowany, ale uzyska ustawnienie odpowiadające wysokości Słońca w południku dla wybranej daty. Oś powinna uzyskać

takie nachylenie, aby zaobserwowany na globusie punkt podsłoneczny znalazła się na szerokości geograficznej  $\phi(p)$  odpowiadającej dacie, dla której chcemy określić oświetlenie Ziemi.

Zmianę nachylenia osi możemy również obliczyć jako różnicę wartości  $\phi(p)$  dla daty przeprowadzanego ćwiczenia i dla daty, dla której chcemy uzyskać obraz oświetlenia Ziemi. Np. jeżeli w południe w czerwcu,  $\phi_1(p) = +22^\circ$  chcemy pokazać oświetlenie Ziemi w grudniu,  $\phi_2(p) = -22^\circ$ , to nachylenie osi trzeba zmniejszyć o  $\phi_2(p) - \phi_1(p) = -22^\circ - (+22^\circ) = -44^\circ$ . Dla Warszawy oś globusa, zamiast nachylenia 52°, powinna uzyskać nachylenie  $52^\circ - 44^\circ = 8^\circ$  w stronę północną. Słońce znajdzie się po stronie południowej na wysokości  $16^\circ$  nad horyzontem warszawskim, którego płaszczyznę wyznaczamy przy pomocy wyżej opisanego krążka przyłożonego stycznie do obrazu Warszawy na

globusie. Przy tym nachyleniu osi, obrotem kuli globusa, możemy oszacować grudniowe wysokości kulminacji Słońca i długości dni w różnych punktach Ziemi. Pozwoli to na pokazanie następujących cech słonecznego oświetlenia Ziemi:

Na równiku przez cały rok dzień trwa 12 godz.

22 marca i 23 września,  $\phi(p) = 0^\circ$ , na całej Ziemi dzień trwa 12 godz.

W Warszawie w czerwcu dzień trwa około 17 godz., w grudniu ok. 8 godz.

Bieguny i obszary podbiegunowe są na przemian dłuższy czas oświetlane lub pozostają ciemne.

Na zakończenie jeszcze jedna uwaga: dla ćwiczeń tego typu wygodnie byłoby zmontować globus na podstawie umożliwiającej łatwe nachylanie osi do poziomu i odczytywanie jej kąta nachylenia.

Antoni Opolski

#### Dokończenie ze str. 181.

3. Podczas obserwacji jednego z zakryć Jowisza przez Księżyc obserwator odnotował czas pomiędzy I i II kontaktem, wynoszący 56 sekund. Przez I kontakt rozumiemy pierwsze zetknięcie obu tarcz, przez II kontakt — koniec widoczności tarczy planety. Współrzędne równikowe (rektascensja, deklinacja) Księżyca dla miejsca obserwacji pół godziny przed I kontaktem ( $\alpha_1, \delta_1$ ) i pół godziny po I kontakcie ( $\alpha_2, \delta_2$ ) były następujące:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 6^{\text{h}}48^{\text{m}}45,37^{\text{s}}, \delta_1 = +22^\circ 57' 12,1'', \\ \alpha_2 &= 6^{\text{h}}51^{\text{m}}29,54^{\text{s}}, \delta_2 = +22^\circ 53' 27,7''.\end{aligned}$$

Przymając upraszczajco, że zakrycie było centralne, oblicz odległość Jowisza od Ziemi.

Promień równikowy Jowisza  $r_J = 7,14 \times 10^7$  m.

4. Zwięźle opisz wyniki ostatnich badań Słońca, powołując się na literaturę, z której korzystałeś.

Do wyników obserwacji dołącz samodzielnie wykonane rysunki wyglądu tarczy Jowisza podczas obserwacji.

3. Jako rozwiązanie zadania obserwacyjnego można również nadsłać opracowane wyniki własnych obserwacji prowadzonych w ostatnich dwóch latach, a w szczególności obserwacji zakrycia Saturna przez Księżyca 3/4.11. br.

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 dodać negatyw.

Rozwiązanie jednego zadania obserwacyjnego należy nadsłać wraz z rozwiązaniami drugiej serii zadań zawodów I stopnia — do dnia 19 listopada 2001 r.

#### ZADANIA OBSERWACYJNE

1. Zaproponuj metodę wyznaczenia lokalnego południka w swojej miejscowości, a następnie, posługując się tym południkiem, wyznacz 5 momentów górowania Słońca w kilkudniowych odstępach.

2. Dysponując odpowiednim teleskopem, dokonaj próby zaobserwowania Czerwonej Plamy na Jowiszu. Określ z możliwie dużą dokładnością jej:

- położenie na tarczy Jowisza,
- rozmiary,
- okresy widoczności związane z obrotem Jowisza.



**ASTRO-BIT**

Oprogramowanie i materiały astronomiczne

Ireneusz Włodarczyk

ul. Rewolucjonistów 15/13

42-500 Będzin

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

# Czyżby zmierzch obserwacji wizualnych?

Mozliwości współczesnych technik obserwacyjnych pozwalają obecnie nie tylko na sięganie coraz bardziej „w głąb nieba” (obserwacje coraz słabszych lub odleglejszych obiektów), lecz również na sięganie „wszerz”, tzn. dokonywanie szybkich, częstych przeglądów znaczących obszarów nieba, na ogólną pomocą niewielkich instrumentów. Powszechnie obecnie używane, bardzo czułe detektory CCD stosowane w dużych teleskopach wykazują tę niedogodność, że rejestrują obrazy bardzo małych fragmentów nieba. Klasyczna fotografia miała jeszcze do niedawna tę przewagę, że za pomocą kamer szerokokątnych można było uzyskać obrazy znacznie większych fragmentów nieba niż za pomocą CCD. Jednak w miarę rozwoju techniki, a zwłaszcza elektroniki, kamery CCD zwiększają swoje rozmiary, a rosnącą moc komputerów pozwala na szybkie opracowywanie uzyskanych za pomocą tych kamer obrazów. Dzięki temu już na początku lat dziewięćdziesiątych rozpoczęto realizację programów poszukiwania efektów mikrosoczewkowania grawitacyjnego (programy OGLE, MACHO, EROS, DUO), które wymagały śledzenia zmian jasności milionów obiektów na znacznym obszarze nieba. Więcej o tych zagadnieniach można przeczytać w „Postępach Astronomii” 41,100 i 43,104. Przy okazji realizacji programów poszukiwania efektów mikrosoczewkowania grawitacyjnego odkryto wielkie ilości nowych obiektów, przede wszystkim gwiazd zmiennych.

W ostatnich latach pojawiły się również projekty programów obser-

wacyjnych przeznaczonych głównie dla odkrywania i badań gwiazd zmiennych, które obejmują całe niebo bądź znaczne jego fragmenty. Programy są kontynuacją i rozszerzeniem dotychczas realizowanych fotograficznych przeglądów nieba, takich jakie wykonywane są w Obserwatorium Harvarda czy Mount Palomar. Chociaż przeglądy fotograficzne wykonywane są kamerami szerokokątnymi, to trwają one dłużej, tak że zdjęcia tych samych fragmentów nieba powtarzane są co kilka tygodni lub miesięcy. Opracowanie uzyskanych zdjęć jest czasochłonne, a dostęp do nich utrudniony, chociażby z powodu groźby uszkodzenia kamer. Inaczej ma się rzecz z programami przeglądu nieba za pomocą małych instrumentów zaopatrzonych w duże kamery CCD. Zakładają one pełną automatyzację instrumentów, krótkie ekspozycje, tak aby w ciągu jednej nocy można było dokonać pełnego przeglądu wybranego fragmentu lub nawet całego nieba, oraz natychmiastowystępny przegląd uzyskanego materiału. Dane te miałyby być potem dostępne w sieci Internetu.

Jeden z pierwszych programów tego rodzaju, program ASPA (All Sky Patrol Astrophysics — Astrofizyczny Przegląd Całego Nieba) przedstawiła w 1996 r. Constanze la Dous, dyrektor Obserwatorium w Sonnebergu. Projekt ten nawiązywał do systematycznego fotografowania nieba, które wykonuje się tam od 1926 r. Celem programu ASPA byłaby rejestracja wszystkich obiektów na niebie do 18 mag. w dwu pasmach, B i V, w odstępach kilugodzinnych. W tym celu należałyby stworzyć sześć obserwatoriów na całej Ziemi, z których każde

Tabela 1.

Imię i nazwisko	Ilość obserwacji Ogółem	Ilość obserwacji Przesłanych do AAVSO
Ryszard Cnota	2044	1271
Oskar Dereń	928	928
Grzegorz Koralewski	970	970
Tomasz Krzyt	1001	933
Andrzej Markiewicz	1546	1546
Piotr Ossowski	10	10
Maciej Reszelski	10919	6456
Michał Siwak	145	—
Jerzy Speil	2052	2052
Stanisław Świerczyński	3552	3552
<b>Razem</b>	<b>23167</b>	<b>17718</b>

wypożyczone byłyby w dwadzieścia małych teleskopów o średnicy 30 cm i ogniskowej 94 cm, zaopatrzonych w kamery CCD o rozmiarach  $7000 \times 9000$  pikseli. Ekspozycja każdego obrazu trwałaby 5 minut. Wszystkie obrazy byłyby potem wstępnie opracowane i w ciągu 24 godzin po ekspozycji udostępniane w sieci Internetu.

Program ASPA nie doczekał się na razie realizacji, jednakże obecnie istnieje już kilkadziesiąt, w różnych stadiach zaawansowania, może mniej ambitnych i kosztownych, ale podobnych programów. Przeznaczone są one nie tylko dla badań gwiazd zmiennych, lecz również do poszukiwań efektów mikrosoczewkowania grawitacyjnego, gwiazd supernowych, planetoid zbliżających się do Ziemi, obiektów transneptunowych. Większość z nich obejmuje wybrane fragmenty nieba, a tylko kilka, przynajmniej w perspektywicznych planach, zamierza objąć całe niebo. Jednym z takich programów jest ASAS (All Sky Automatic Survey), którego inicjatorem jest prof. Bohdan Paczyński z Uniwersytetu Princeton, a same obserwacje prowadzi dr Grzegorz Pojmański z Uniwersytetu Warszawskiego. Celem tego programu jest fotometryczny monitoring około 10 milionów gwiazd na całym niebie, jaśniejszych od 14 mag. Prototypowym urządzeniem dla realizacji tego programu był w pełni zautomatyzowany instrument o średnicy 135 mm, f/1,8, uruchomiony w kwietniu 1997 r. w Obserwatorium Las Campanas. W obecnej wersji, od sierpnia 2000 r. pracuje tam system ASAS-3, na który składają się dwa szerokokątne teleskopy o średnicach 200 mm, f/2,8, zaopatrzone w kamery CCD o rozmiarach  $2048 \times 2048$  pikseli. Za ich pomocą uzyskuje się obrazy nieba o rozmiarach  $8,8 \times 8,8$  stopnia w dwu pasmach, V i I. Trzeci instrument o średnicy 250 mm, f/3,3 wykonuje obrazy nieba o rozmiarach  $2,2 \times 2,2$  stopnia. Za pomocą systemu ASAS-3 patroluje się już obecnie całe niebo południowe każdej pogodnej nocy.

Programy szybkiego przeglądu całego nieba rozwijają się i niebawem może dojść do sytuacji, że nie będzie już żadnego kawałka nieba, który nie byłby przebadany za pomocą CCD przynajmniej raz w ciągu doby. Czy wobec tego wizualne obserwacje

gwiazd zmiennych utracą dotychczasowe znaczenie? Dotyczyć to będzie zapewne gwiazd wolno zmieniających jasność. Jednakże nadal przydatne będą obserwacje gwiazd o szybkich zmianach jasności, w skali znacznie krótszej od jednego dnia. Chodzi tu np. o obserwacje gwiazd zaćmieniowych, gwiazd typu RR Lyrae, oraz o monitorowanie nowych karłowatych — przede wszystkim w celu szybkiego zawiadamiania o nagłych zmianach jasności. Dalsza przyszłość obserwacji amatorskich, jak się sądzi, należy do obserwacji za pomocą CCD. Już obecnie co mająniejsi miłośnicy astronomii w bogatszych krajach dysponują instrumentami zaopatrzonymi w fotometrię fotoelektryczną lub kamery CCD. Również niektóre organizacje skupiające miłośników astronomii, chociażby np. w sąsiedniej Republice Czeskiej zaopatrują swoje obserwatoria w te urządzenia. A co będą mogli robić ci miłośnicy nocnego nieba, którzy i za kilkanaście lat nie będą mieli dostępu do instrumentów z kamerami CCD? Być może — oprócz oczywiście „turystyki niebieskiej” — będą mogli wziąć udział w opracowywaniach ogromnego materiału obserwacyjnego, jaki już obecnie zaczyna się gromadzić i będzie coraz szybciej przyrastać, a który będzie zapewne łatwo dostępny w Internecie.

To sprawia niedalekiej być może, ale przyszłości. Na razie obserwacje wizualne są pożądane i skrzętnie gromadzone w różnych bazach danych, takich jaką posiada np. AAVSO (American Association of Variable Star Observers). Polscy miłośnicy astronomii w dalszym ciągu wzbogacają to archiwum i w ubiegłym roku przesłali tam 17 718 obserwacji gwiazd zmiennych. W Tabeli 1 zamieszczono wykaz obserwatorów Sekcji Gwiazd Zmiennych PTMA wraz z danymi dotyczącymi wykonanych i przesłanych do AAVSO obserwacji. Jak widać absolutnym rekordzistą jest Maciej Reszelski z Szamotuł, który w ubiegłym roku wykonał aż 10 919 obserwacji, z czego do AAVSO przesłał 6456.

*Jerzy Speil*

## Zaćmieniowy banknot

Zapewne wielu naszych czytelników wybrało się na tegorocznego zaćmienie Słońca do Afryki. Liczymy na interesujące relacje i wspaniałe zdjęcia.

My tymczasem prezentujemy ciekawostkę związaną z pamiętnym całkowitym zaćmieniem Słońca z 1999 roku w postaci banknotu Republiki Rumuńskiej o nominale 2000 lei, a przedstawiającego na awersie mapkę kraju z zaznaczonym pasem widoczności zjawiska.



Wrzesień

Słońce

Słońce w swym ruchu rocznym po ekliptyce 22 września przekracza równik niebieski w punkcie równonocy jesienniej, wstępując w znak Wagi, co rozpoczyna astronomiczną jesień. Dni stają się ciągle coraz krótsze. W Warszawie 1 września Słońce wschodzi o  $3^{\text{h}}47^{\text{m}}$ , zachodzi o  $17^{\text{h}}24^{\text{m}}$  a 30 września wschodzi o  $4^{\text{h}}35^{\text{m}}$  zachodzi o  $16^{\text{h}}16^{\text{m}}$ .

### Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> UT)

Data	2001	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
IX	1	21,08	7,19	248,60
	3	21,58	7,22	222,18
	5	22,05	7,24	195,77
	7	22,50	7,25	169,35
	9	22,93	7,25	142,94
	11	23,33	7,24	116,53
	13	23,71	7,23	90,12
	15	24,06	7,20	63,72
	17	24,39	7,17	37,32
	19	24,70	7,13	10,91
	21	24,98	7,08	344,51
	23	25,23	7,03	318,12
	25	25,46	6,96	291,72
	27	25,66	6,89	265,32
IX	29	25,84	6,80	238,93
X	1	25,98	6,71	212,54

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy:

$B_0$ ,  $L_0$  — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy:

$19^{\text{d}}19^{\text{h}}50^{\text{m}}$  — heliograficzna długość środka tarczy wynosi  $0^{\circ}$ .

Ksieżyc

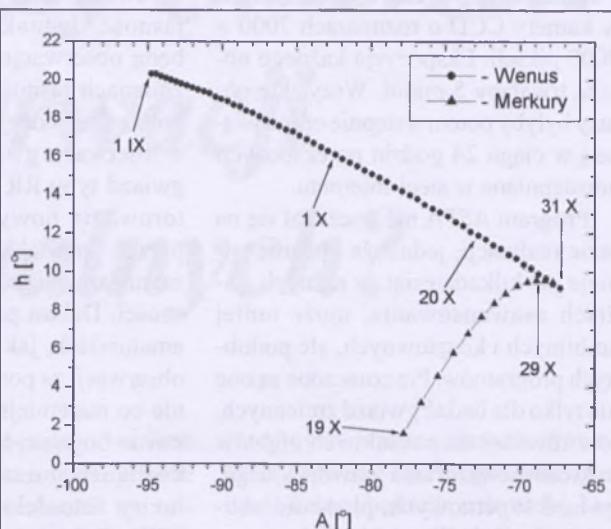
Bezksiężycowe noce będącymi mieli w drugiej połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia  $2^{\text{d}}21^{\text{h}}43^{\text{m}}$ , ostatnia kwadra  $10^{\text{d}}19^{\text{h}}00^{\text{m}}$ , nów  $17^{\text{d}}10^{\text{h}}27^{\text{m}}$  i pierwsza kwadra  $24^{\text{d}}09^{\text{h}}31^{\text{m}}$ . W apogeum Księżyca znajdzie się 1 września o  $23^{\text{h}}27^{\text{m}}$ , w perygeum 16 września o  $15^{\text{h}}51^{\text{m}}$  i ponownie w apogeum 29 września o  $5^{\text{h}}34^{\text{m}}$ .

## **Planety i planetoidy**

Merkury znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Nad ranem stosunkowo nisko nad wschodnim horyzontem możemy odnaleźć Wenus jako „Gwiazdę Poranną” o jasności  $-4^m$ . Wysokość planety nad horyzontem powoli maleje od  $20^\circ$  na początku do  $16^\circ$  pod koniec września (na początku świtу cywilnego, czyli ok. godzinę przed wschodem Słońca). W tym czasie zwiększa się faza tarczy planety przy powoli zmniejszającej się jej średnicy (osiągając pod koniec miesiąca odpowiednio 90% i  $11^{\prime\prime}$ )

Marsa możemy obserwować wieczorem około godzinę po zachodzie Słońca, jednak bardzo nisko, jedynie  $10^{\circ}$  nad



Rys. 1. Merkury i Wenus nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego we wrześniu i październiku 2001 (około godziny przed wschodem Słońca).

południowym horyzontem. W związku z oddalaniem się od opozycji maleje zarówno średnica tarczy planety (od 13" do 10") jak i jej jasność (od  $-0,9^m$  do  $-0,3^m$ ). We wrześniu wielkość fazy tarczy Marsa osiąga wartość minimalną równą zaledwie 85%, dzięki czemu będzie ona widoczna nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie.

Nad ranem wysoko nad wschodnim horyzontem w gwiazdozbiorze Bliźniąt widoczny jest Jowisz jako jasna „gwiazda” –2,2<sup>m</sup>. Średnia tarcza planety w ciągu miesiąca powoli rośnie od 35° do 39°.

W drugiej połowie nocy możemy obserwować Saturna świecącego w gwiazdozbiorze Byka jako „gwiazdę” o jasności  $-0,2^m$ . Przez teleskop możemy obserwować tarczę planety o średnicy  $19''$ .

W pierwszej połowie nocy w gwiazdozbiorze Koziorożca widoczne są Uran i Neptun jako „gwiazdy” o jasnościach odpowiednio 5,7<sup>m</sup> i 7,9<sup>m</sup>. Małe średnice tarcz tych planet (odpowiednio 3,7" i 2,3") utrudniają dostrzeżenie jakichkolwiek szczegółów powierzchniowych nawet przez większe teleskopy amatorskie.

Pluton zachodzi wkrótce po zapadnięciu zmroku i jego obserwacja jest raczej niemożliwa.

We wrześniu w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetyoidy:

- (1) **Ceres**, (jasność 8,6<sup>m</sup>). 8 IX: 18<sup>h</sup>42,0<sup>m</sup>, -31°01'; 18 IX: 18<sup>h</sup>46,1<sup>m</sup>, -30°51'; 28 IX: 18<sup>h</sup>52,5<sup>m</sup>, -30°38'.  
 (4) **Westa**, (jasność 7,6<sup>m</sup>). 8 IX: 4<sup>h</sup>38,6<sup>m</sup>, +15°16'; 18 IX: 4<sup>h</sup>45,5<sup>m</sup>, +15°17'; 28 IX: 4<sup>h</sup>50,1<sup>m</sup>, +15°12'.  
 (19) **Fortuna**, (jasność 9,0<sup>m</sup>). 8 IX: 0<sup>h</sup>29,5<sup>m</sup>, +4°55'; 18 IX: 0<sup>h</sup>22,6<sup>m</sup>, +4°05'; 28 IX: 0<sup>h</sup>14,4<sup>m</sup>, +3°02'.

1<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złaczenie Urana z Księżycem w odł. 3°

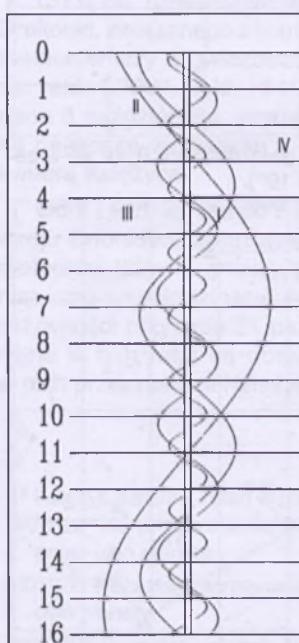
2<sup>d</sup> 01<sup>st</sup> 56<sup>th</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

4<sup>d</sup>01<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

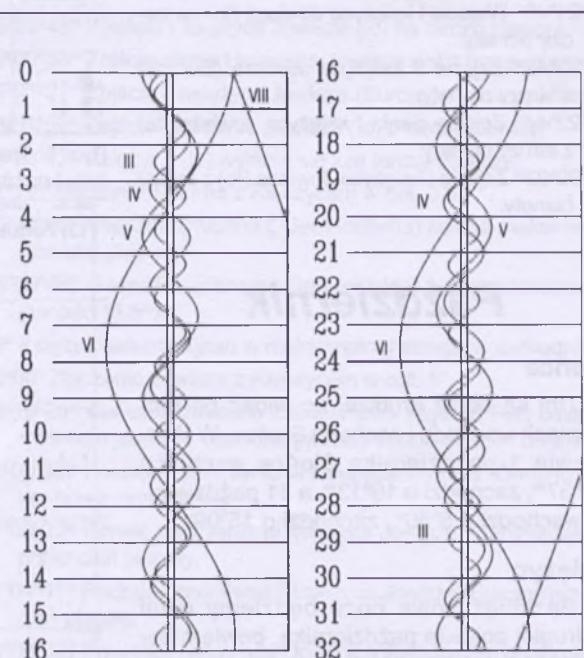
**4<sup>d</sup>01<sup>h</sup>55<sup>m</sup>** Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

4<sup>d</sup>03<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 5<sup>d</sup>02<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Księżyce I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 5<sup>d</sup>20<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 5<sup>d</sup>23<sup>h</sup>47<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 7<sup>d</sup> Księżyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.  
 7<sup>d</sup>19<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 8<sup>d</sup>23<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.  
 9<sup>d</sup>02<sup>h</sup>24<sup>m</sup> Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.  
 10<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odł. 0,2°.  
 10<sup>d</sup>22<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 10<sup>d</sup>23<sup>h</sup>37<sup>m</sup> Początek zakrycia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez tarczę planety.  
 11<sup>d</sup>01<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 11<sup>d</sup>01<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 11<sup>d</sup>01<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Księżyce IV (Callisto) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 11<sup>d</sup>03<sup>h</sup>48<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 11<sup>d</sup>04<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 11<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Zakrycie gwiazdy η Gem (3,2<sup>m</sup>) przez Księżyce, widoczne w całej Polsce (Krosno 21<sup>h</sup>37<sup>m</sup> — Szczecin 21<sup>h</sup>45<sup>m</sup>).  
 12<sup>d</sup>00<sup>h</sup>57<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 12<sup>d</sup>12<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odł. 1°.  
 12<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Zakrycie planety Jowisz przez Księżyce, widoczne w całej Polsce (Gdańsk 13<sup>h</sup>00<sup>m</sup> — Kraków 13<sup>h</sup>08<sup>m</sup>).  
 12<sup>d</sup>22<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Księżyce II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 12<sup>d</sup>23<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 13<sup>d</sup>00<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>01<sup>h</sup>44<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>22<sup>h</sup>56<sup>m</sup> Księżyce I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

14<sup>d</sup>23<sup>h</sup>46<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 15<sup>d</sup> Księżyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.  
 15<sup>d</sup>00<sup>h</sup>08<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.  
 15<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżycem w odł. 3°.  
 15<sup>d</sup>22<sup>h</sup>40<sup>m</sup> Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.  
 16<sup>d</sup>01<sup>h</sup>27<sup>m</sup> Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.  
 16<sup>d</sup>03<sup>h</sup>41<sup>m</sup> Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.  
 17<sup>d</sup>20<sup>h</sup>57<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.  
 18<sup>d</sup>01<sup>h</sup>24<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 18<sup>d</sup>03<sup>h</sup>59<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 18<sup>d</sup>04<sup>h</sup>05<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 18<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca równej 27°.  
 18<sup>d</sup>23<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Cień IV księżyca Jowisza (Callisto) wchodzi na tarczę planety.  
 18<sup>d</sup>23<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Zejście cienia IV księżyca Jowisza (Callisto) z tarczy planety.  
 19<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odł. 8°.  
 19<sup>d</sup>02<sup>h</sup>51<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 20<sup>d</sup>00<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>01<sup>h</sup>26<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>01<sup>h</sup>33<sup>m</sup> Księżyce II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 20<sup>d</sup>02<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 20<sup>d</sup>03<sup>h</sup>40<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 21<sup>d</sup>00<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Księżyce I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.



Rys. 2. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza we wrześniu 2001 (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. 3. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna we wrześniu 2001 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

21<sup>d</sup>22<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

21<sup>d</sup>22<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

22<sup>d</sup>23<sup>h</sup>04,5<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Wagi, jego długość ekiptyczna wynosi wówczas 180°, mamy zrównanie dnia z nocą i początek jesieni astronomicznej.

23<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

23<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księzcem w odł. 9°.

23<sup>d</sup>02<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Cień III księżyca Jowisza (Ganimedes) wchodzi na tarczę planety.

25<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księzcem w odł. 2°.

25<sup>d</sup>04<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.

26<sup>d</sup>22<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

27<sup>d</sup>00<sup>h</sup>46<sup>m</sup> Księżyca III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.

27<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Saturn nieruchomy w rektascensji.

27<sup>d</sup>02<sup>h</sup>03<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

27<sup>d</sup>03<sup>h</sup>20<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

27<sup>d</sup>04<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.

27<sup>d</sup>04<sup>h</sup>16<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

27<sup>d</sup>05<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księzcem w odł. 3°.

27<sup>d</sup>18<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).

27<sup>d</sup>23<sup>h</sup>14<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

28<sup>d</sup>02<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

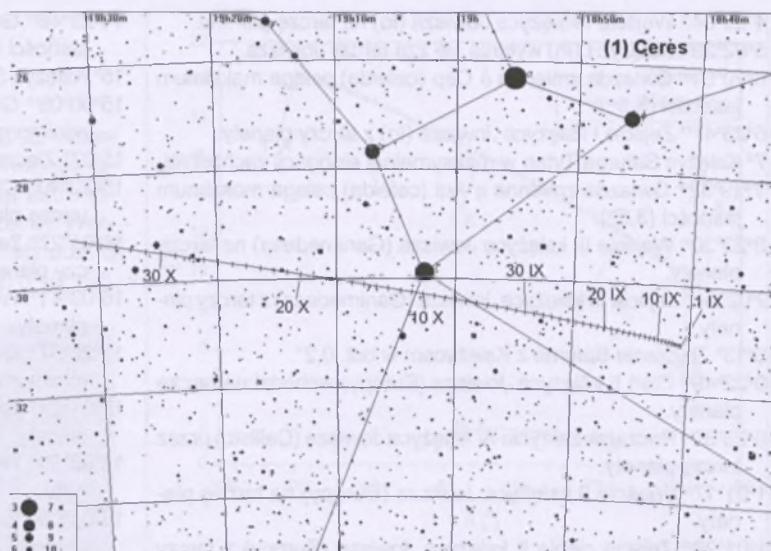
28<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księzcem w odł. 3°.

28<sup>d</sup>21<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

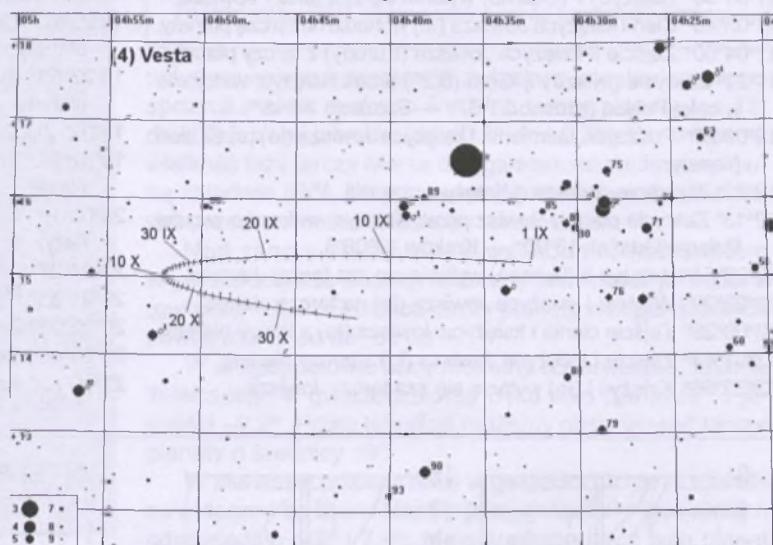
28<sup>d</sup>22<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

28<sup>d</sup>22<sup>h</sup>44<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

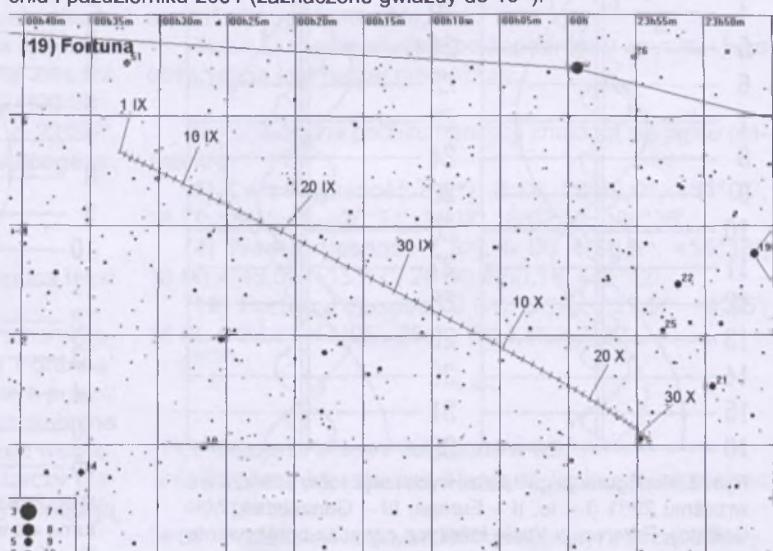
29<sup>d</sup>00<sup>h</sup>03<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.



Rys. 4. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Strzelca we wrześniu i październiku 2001 (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>).



Rys. 5. Trasa planetoidy (4) Vesta na tle gwiazd gwiazdozbioru Byka we wrześniu i październiku 2001 (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>).



Rys. 6. Trasa planetoidy (19) Fortuna na tle gwiazd gwiazdozbioru Ryb we wrześniu i październiku 2001 (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>).

## Październik

### Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca. W Warszawie 1 października Słońce wschodzi o 4<sup>h</sup>37<sup>m</sup>, zachodzi o 16<sup>h</sup>13<sup>m</sup>, a 31 października wschodzi o 5<sup>h</sup>30<sup>m</sup>, zachodzi o 15<sup>h</sup>09<sup>m</sup>.

### Księżyca

Bezksiążcowe noce będącymi mieli w drugiej połowie października, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia 2<sup>d</sup>13<sup>h</sup>49<sup>m</sup>, ostatnia kwadra 10<sup>d</sup>04<sup>h</sup>20<sup>m</sup>, nów 16<sup>d</sup>19<sup>h</sup>23<sup>m</sup> i pierwsza kwadra 24<sup>d</sup>02<sup>h</sup>58<sup>m</sup>. W perygeum Księżyca znajdzie się 14<sup>d</sup>23<sup>h</sup>03<sup>m</sup>, a w apogeum 26<sup>d</sup>20<sup>h</sup>13<sup>m</sup>.

## Planety i planetoidy

Pod koniec miesiąca nad ranem nisko nad południowo-wschodnim horyzontem możemy obserwować Merkurego jako obiekt o jasności 0<sup>m</sup>. Na początku świtu cywilnego (ok. godzinę przed wschodem Słońca) maksymalną wysokość nad horyzontem równą 100 planeta osiąga w dniu 29 października. Przez teleskop możemy wtedy obserwować tarczę Merkurego o średnicy 7" w fazie zbliżonej do kwadry.

W ciągu października pogarszają się warunki porannej widoczności Wenus. Wysokość planety na początku świtu cywilnego zmniejsza się od 16° na początku października do zaledwie 9° pod koniec miesiąca.

W pierwszej połowie nocy nisko nad horyzontem w gwiazdozbiorze Strzelca można zobaczyć Marsa świejącego z jasnością 0<sup>m</sup>. Średnica tarczy planety szybko maleje (pod koniec miesiąca zaledwie 9"), co utrudnia dostrzeżenie szczegółów powierzchniowych przez teleskopy amatorskie.

W drugiej połowie nocy wysoko na niebie w gwiazdozbiorze Bliźniąt można obserwować Jowisza świecącego jako „gwiazda” o jasności -2,4<sup>m</sup>. W odległości ok. 30° ku zachodowi w gwiazdozbiorze Byka zobaczymy Saturna świecącego z jasnością -0,3<sup>m</sup>.

Warunki obserwacji Urana i Neptuna w stosunku do września nie zmieniają się.

Pluton zachodzi wieczorem i jest niewidoczny.

W październiku w pobliżu opozycji znajduje się planetoida:

(4) Westa, (jasność 7,0<sup>m</sup>). 8 X: 4<sup>h</sup>52,0<sup>m</sup>, +15°03'; 18 X: 4<sup>h</sup>51,0<sup>m</sup>, +14°52'; 28 X: 4<sup>h</sup>47,0<sup>m</sup>, +14°39'.

## Meteory

Od 6 do 10 października promieniują meteory z roju Drakonid, związanego z kometą Giacobini-Zinnera. Radian meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne: rekt. 17<sup>h</sup>28<sup>m</sup>, deki. +54°. Maksimum aktywności przypada 8 października. Warunki obserwacji w tym roku nie są najlepsze w związku z przypadającą wtedy ostatnią kwadrą Księżyca.

Od 2 października do 7 listopada promieniują meteory z roju Orionidów, związanego z kometą Halleya. Radian meteorów leży na granicy gwiazdozbiorów Oriona i Bliźniąt i ma współrzędne:  $\alpha = 6^{\circ}20'$ ,  $\delta = +16^{\circ}$ . Maksimum aktywności przypada 21 października. Warunki obserwacyjne w tym roku są doskonałe, ponieważ nie będzie w nich przeszkadzał Księżyca kilka dni po nowiu.

\*\*\*

1<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.  
3<sup>d</sup>23<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.

4<sup>d</sup>01<sup>h</sup>27<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

4<sup>d</sup>01<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez tarczę planety.

4<sup>d</sup>03<sup>h</sup>56<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

5<sup>d</sup>01<sup>h</sup>07<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> czasu UT)

Data 2001	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
X 1	25,98	6,71	212,54
	3	26,10	6,62
	5	26,19	6,51
	7	26,25	6,40
	9	26,29	6,28
	11	26,29	6,15
	13	26,26	6,01
	15	26,21	5,87
	17	26,12	5,71
	19	26,01	5,56
	21	25,86	5,39
	23	25,68	5,22
	25	25,48	5,04
	27	25,24	4,86
	29	24,97	4,67
X 31	24,66	4,47	176,81
XI 2	24,33	4,27	150,44

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B<sub>0</sub>, L<sub>0</sub> — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

17<sup>d</sup>02<sup>h</sup>38<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

5<sup>d</sup>22<sup>h</sup>24<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

5<sup>d</sup>22<sup>h</sup>36<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

5<sup>d</sup>22<sup>h</sup>37<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

5<sup>d</sup>23<sup>h</sup>43<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

6<sup>d</sup>00<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

6<sup>d</sup>01<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

6<sup>d</sup>01<sup>h</sup>57<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

6<sup>d</sup>23<sup>h</sup>12<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

7<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odł. 0,5°.

7<sup>d</sup>22<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).

8<sup>d</sup>00<sup>h</sup>46<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

9<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

10<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżycem w odł. 1°.

10<sup>d</sup>19<sup>h</sup>28<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.

11<sup>d</sup>00<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.

11<sup>d</sup>03<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.

11<sup>d</sup>04<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

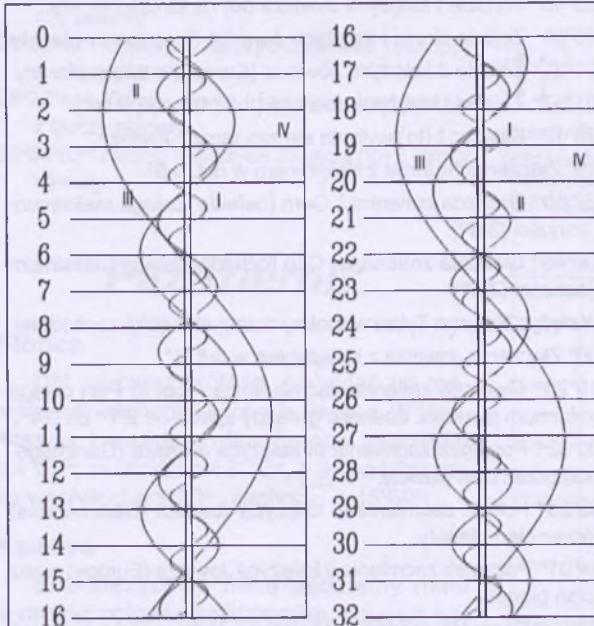
12<sup>d</sup>03<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

12<sup>d</sup>22<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.

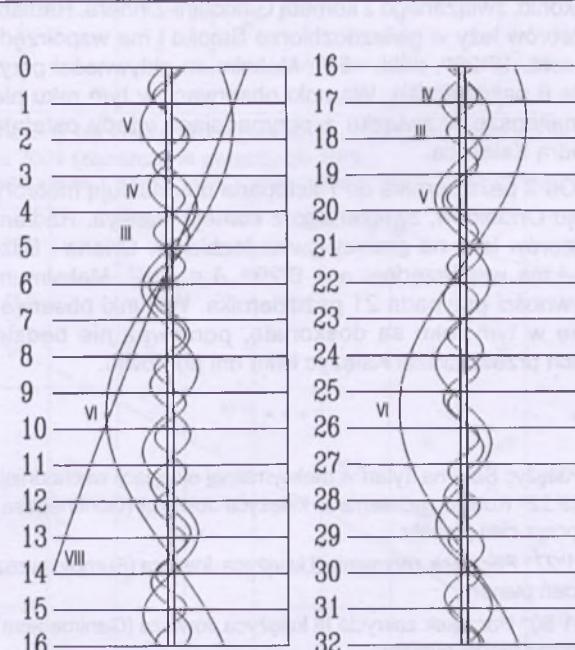
13<sup>d</sup>00<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

13<sup>d</sup>01<sup>h</sup>12<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 13<sup>d</sup>01<sup>h</sup>13<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>01<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 13<sup>d</sup>02<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>03<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>03<sup>h</sup>56<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 13<sup>d</sup>21<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 14<sup>d</sup>00<sup>h</sup>27<sup>m</sup> Początek zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety.  
 14<sup>d</sup>01<sup>h</sup>05<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 14<sup>d</sup>01<sup>h</sup>44<sup>m</sup> Koniec zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety.  
 14<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.  
 14<sup>d</sup>21<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 14<sup>d</sup>22<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 14<sup>d</sup>22<sup>h</sup>34<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 14<sup>d</sup>22<sup>h</sup>47<sup>m</sup> Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedes) z tarczy planety.  
 14<sup>d</sup>23<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżycem w odległości 5°.  
 16<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżycem w odległości 6°.  
 17<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.  
 17<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Neptun nieruchomy w rektascensji.  
 18<sup>d</sup>01<sup>h</sup>43<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).  
 18<sup>d</sup>04<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.  
 18<sup>d</sup>18<sup>h</sup>20<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 19<sup>d</sup>04<sup>h</sup>55<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 20<sup>d</sup>01<sup>h</sup>08<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.

20<sup>d</sup>02<sup>h</sup>11<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>03<sup>h</sup>28<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>03<sup>h</sup>46<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 20<sup>d</sup>03<sup>h</sup>51<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 20<sup>d</sup>04<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 20<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżycem w odległości 9°.  
 20<sup>d</sup>20<sup>h</sup>58<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 20<sup>d</sup>23<sup>h</sup>24<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 21<sup>d</sup>02<sup>h</sup>57<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 21<sup>d</sup>20<sup>h</sup>39<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 21<sup>d</sup>21<sup>h</sup>24<sup>m</sup> Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) z tarczy planety.  
 21<sup>d</sup>21<sup>h</sup>55<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 21<sup>d</sup>22<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 21<sup>d</sup>23<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedes) na tarczę planety.  
 22<sup>d</sup>00<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 22<sup>d</sup>01<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 22<sup>d</sup>02<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedes) z tarczy planety.  
 22<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Merkury nieruchomy w rektascensji.  
 22<sup>d</sup>21<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 22<sup>d</sup>22<sup>h</sup>45<sup>m</sup> Wejście IV księżyca Jowisza (Callisto) na tarczę planety.  
 23<sup>d</sup>01<sup>h</sup>16<sup>m</sup> Zejście IV księżyca Jowisza (Callisto) z tarczy planety.  
 23<sup>d</sup>08<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Skorpiona, jego długość eklipsyczna wynosi wówczas 210°.  
 23<sup>d</sup>20<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżycem w odległości 0,1°.  
 24<sup>d</sup>03<sup>h</sup>08<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 24<sup>d</sup>12<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżycem w odległości 3°.



Rys. 7. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w październiku 2001 (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. 8. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w październiku 2001 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

- 25<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.  
 25<sup>d</sup>17<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odl. 3°.  
 27<sup>d</sup>03<sup>h</sup>44<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 27<sup>d</sup>04<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>00<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.  
 28<sup>d</sup>01<sup>h</sup>12<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 28<sup>d</sup>01<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 28<sup>d</sup>04<sup>h</sup>48<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 28<sup>d</sup>22<sup>h</sup>24<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.  
 28<sup>d</sup>22<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>22<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>23<sup>h</sup>45<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 29<sup>d</sup>00<sup>h</sup>46<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 29<sup>d</sup>01<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.  
 29<sup>d</sup>02<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 29<sup>d</sup>03<sup>h</sup>24<sup>m</sup> Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.  
 29<sup>d</sup>03<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.
- 29<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odl. 19°.  
 29<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 0,6°.  
 29<sup>d</sup>23<sup>h</sup>16<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 30<sup>d</sup>20<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Koniec zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety.  
 30<sup>d</sup>20<sup>h</sup>28<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 30<sup>d</sup>21<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.  
 30<sup>d</sup>22<sup>h</sup>16<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 31<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Uran nieruchomy w rektascensji.  
 31<sup>d</sup>05<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Początek zakrycia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez 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 planet z Księżycem podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. Momenty wzajemnych złączeń planet podane są dla maksymalnych zbliżeń. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Opracował T. Ścieżor

## III Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA „Parametry fizyczne określające komety a obserwacje morfologiczne” 26–28 X 2001

Informujemy, że w dniach **26–28 października** br. w lokalu Oddziału Krakowskiego PTMA przy ul. Św.Tomasza 30/8 w Krakowie odbędzie się III Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA.

Członkowie SOK mogą brać udział w konferencji w ramach składki, inne osoby po uiszczeniu opłaty konferencyjnej, wynoszącej dla członków PTMA 15 zł, dla pozostałych 30 zł. Możliwa jest organizacja noclegów w warunkach „schroniskowych” (w lokalu Oddziału Krakowskiego PTMA) dla pewnej grupy osób z własnymi śpiworami.

### Przewidywany porządek konferencji:

#### 26 października (piątek)

- przyjazd uczestników
- otwarcie sesji plakatowej

#### 27 października (sobota)

- odczyty zaproszonych prelegentów (krajowych i zagranicznych)
- dyskusja nad problemami obserwacji komet
- pokaz oprogramowania wspomagającego obserwacje komet
- wizyta w obserwatorium „Fort Skała”

#### 28 października (niedziela)

- odczyty referatów zgłoszonych
- omówienie stanu bieżącego i przyszłości SOK

Osoby pragnące w ramach konferencji wygłosić referat proszone są o dostarczenie pisemnej jego wersji do końca września br. (do 4 stron maszynopisu, czcionka Arial 11 pt).

Zgłoszenia udziału w konferencji prosimy przesyłać na adres:

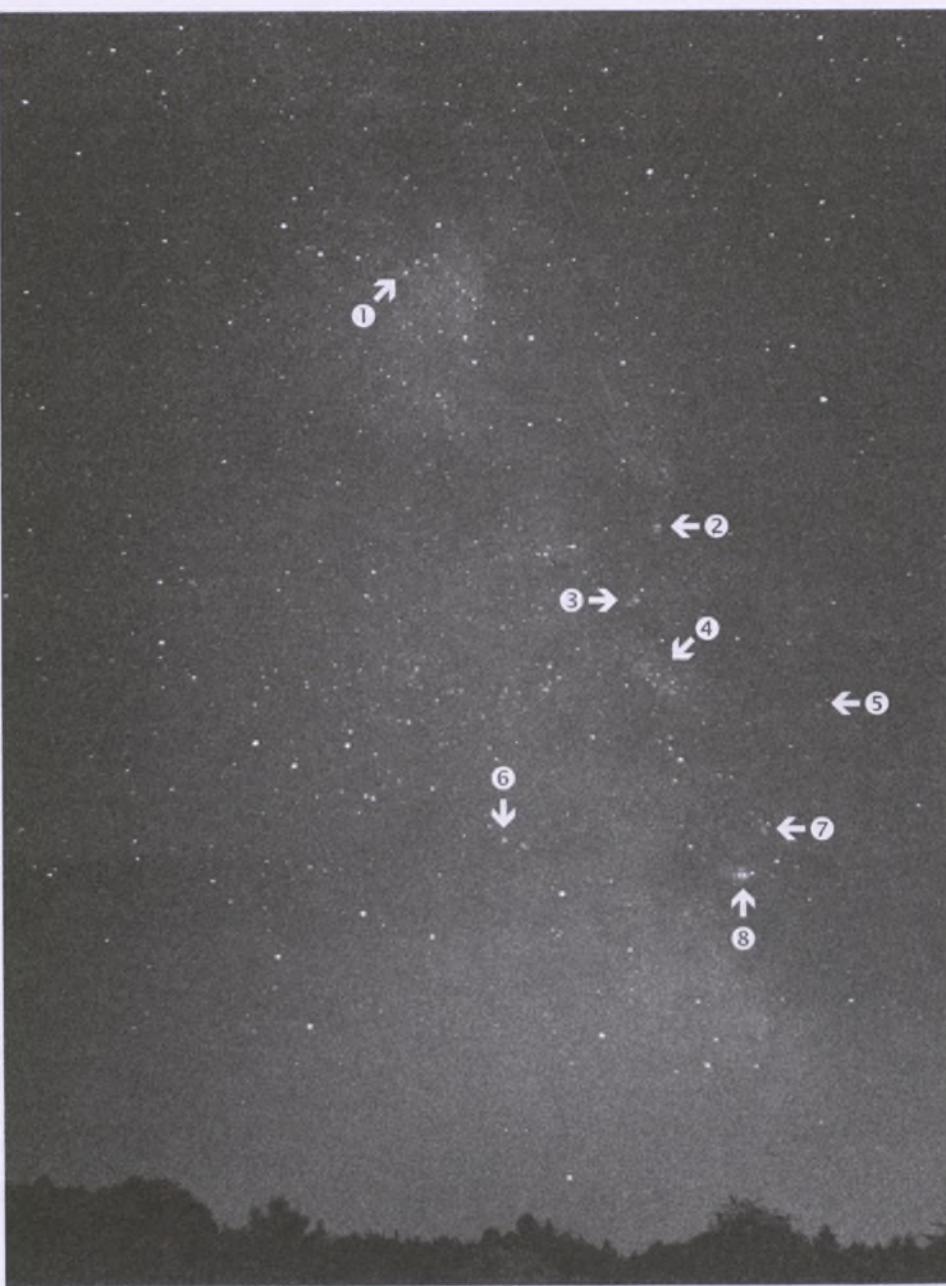
**Sekcja Obserwatorów Komet PTMA**  
ul.Św.Tomasza 30/8  
31-027 Kraków

e-mail: **SOK@vistula.wis.pk.edu.pl**

Na zgłoszenia oczekujemy do 30 września 2001

Tomasz Ścieżor





Rozwiązań krzyżówkii z „Uranii-PA” nr 2/2001 jest hasło „PROGRAM SPACEWATCH”. Nagrody książkowe przypadły tym razem panom: **Jerzemu Burghardtowi** z Chorzowa i **Pawłowi Wojtczakowi** z Ciążenia. Gratulujemy. Książki prześlemy pocztą.

Tym razem proponujemy naszym czytelnikom rozpoznanie fragmentu nieba przedstawionego na zamieszczonym obok zdjęciu i podaniu, jako rozwiązania, nazw obiektów mgławicowych, które są na nim wskazane.

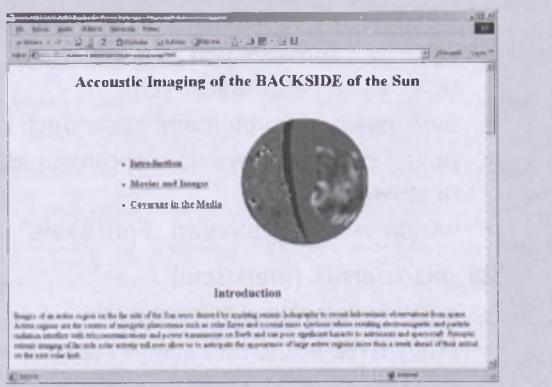
Wśród osób, które przysłały największą liczbę prawidłowo podanych mgławic, rozlosujemy, jak zwykle, nagrody książkowe.

Na odpowiedzi czekamy do 15 sierpnia br. Osoby, które nie są prenumeratorem „Uranii”, aby wziąć udział w losowaniu nagród, powinny nakleić na kartkę z rozwiązaniem kupon konkursowy. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania pocztą elektroniczną.

*Autorem wykorzystanego zdjęcia jest Krzysztof Wiszniewski z Tarnobrzegu. Ścisłe, obraz jest montażem trzech osobno wykonanych zdjęć w lipcu 2000 roku (aparat „Zenit” z obiektywem standardowym, film Kodak Royal Gold 1000, czasy ekspozycji 10 sekund).*

## Ciekawe strony internetowe...

Dziś spróbujmy zajrzeć na stronę <http://soi.Stanford.edu/press/ssu03-00/backside.html> związaną z jednym z przyrządów umieszczonych na pokładzie SOHO — MDI (Michelson Doppler Imager), gdzie można znaleźć informacje na temat aktywnych obszarów na niewidocznej stronie Słońca. Pod powyższym adresem znajdziemy odnośniki do materiałów prasowych jak i materiałów ilustrujących metodę zastosowaną przy interpretacji danych uzyskanych z pomocą przyrządu. Ten sam serwer udostępnia bieżące materiały dotyczące aktywności (obecności plam słonecznych) na niewidocznej stronie Słońca pod adresem: <http://soi.stanford.edu/data/farside/index.html>.



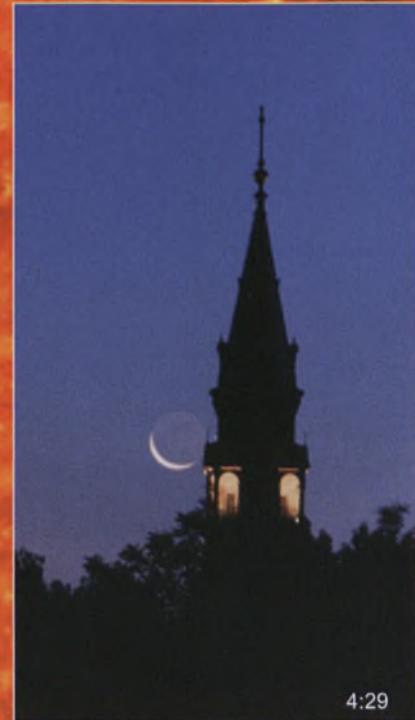


## Wschody i zachody

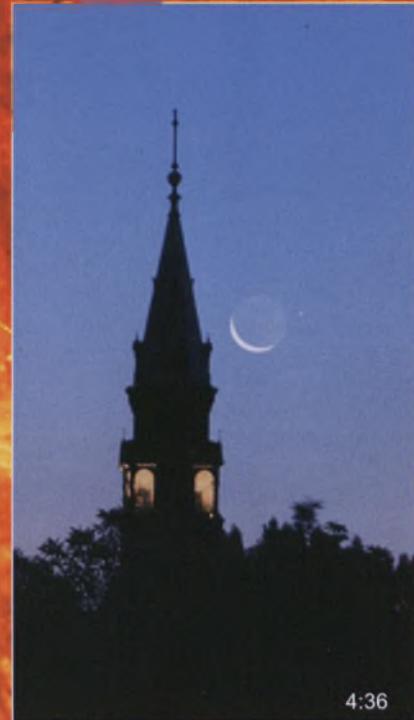
Galeria Uranii



4:22



4:29



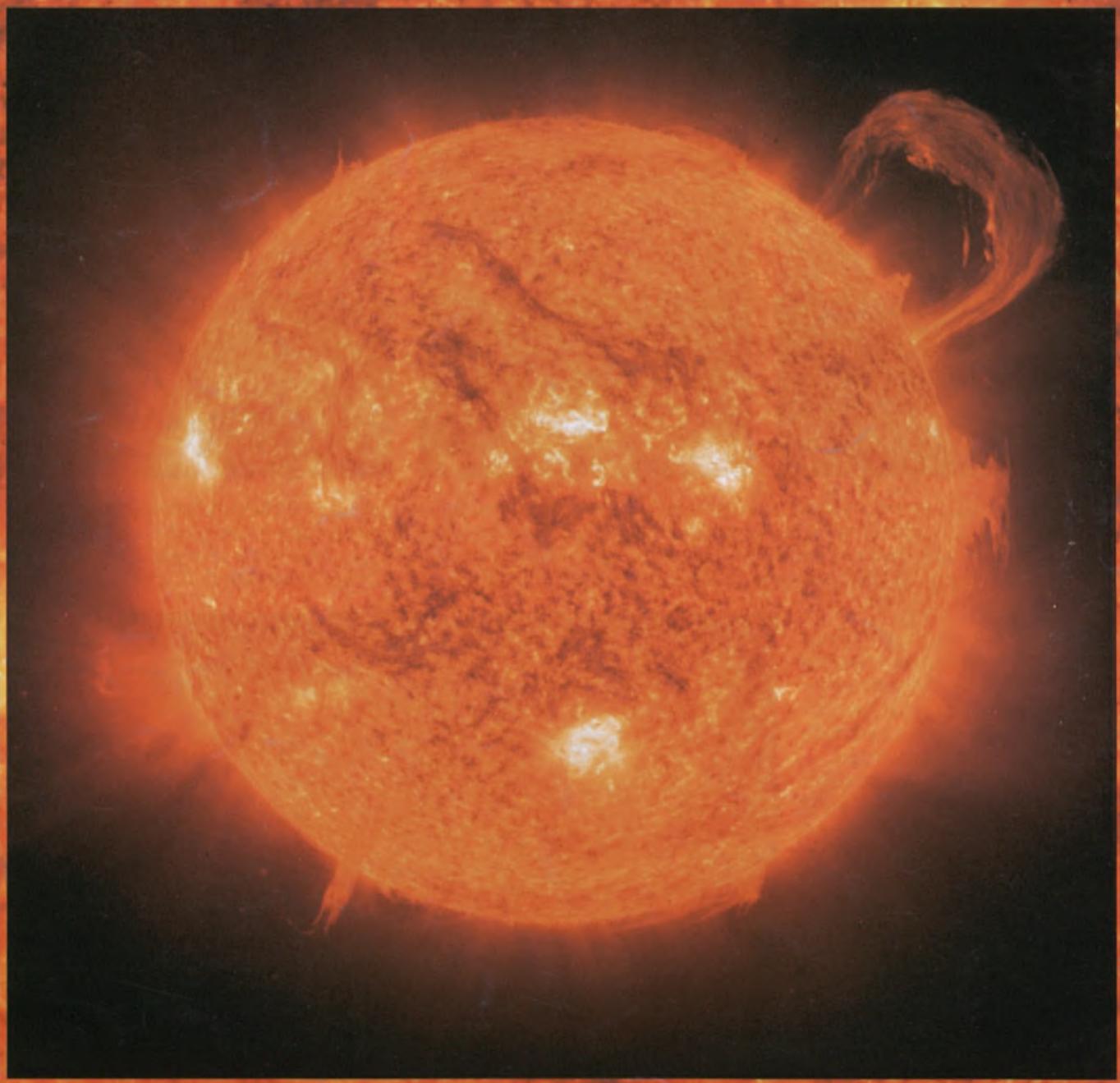
4:36

Czy można robić ciekawe zdjęcia astronomiczne bez teleskopu, mieszkając w wielkim mieście i na dodatek latem? Można, o ile jest co fotografować. Przykładem niech będą powyższe zdjęcia wykonane przez Grażynę Niewiadomską z Warszawy, a przedstawiające wschód Księżyca i Marsa w dniu 28 sierpnia 2000 r. (tuż po wyjściu planety zza tarczy Księżyca). Do ich wykonania posłużył aparat Zenit z obiektywem 2/200, film Kodak 1000 ASA, czasy eksp. ok. 4 sekundy.

Po prawej stronie prezentujemy zdjęcie wykonane przez Roberta Bodzoniego z Jarosławia. Przedstawia ono zachód Wenus, fotografowany nieruchomoym aparatem w odstępach 10-minutowych.

Ten sam autor sfotografował przelot wahadłowca misji STS-102 (biała kreska) i stacji kosmicznej „Alfa” (pomarańczowa kreska) 20 marca br. W obu przypadkach posłużył się aparatem „Zenit” z obiektywem standardowym.





# Urania

5/2001 (695)

POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXII

wrzesień—październik

- Eta Carinae
- Rozpad komety LINEAR C/1999 S4
- Całkowite zaćmienie Słońca w Angoli
- Co nowego na Marsie?



## Eta Carinae

To zdjęcie mgławicy otaczającej gwiazdę  $\eta$  Carinae uzyskano za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a (K. Davidson i J. Mors). Porównując je z innymi zdjęciami, a w szczególności z obrazem wykonanym 17 miesięcy wcześniej, Autorzy stwierdzili rozprężanie się mgławicy z szybkością ok. 2,5 mln km/h, co prowadzi do wniosku, że rozpoczęła ona swe istnienie około 150 lat temu. To bardzo ciekawy i intrigujący wynik. Otóż największy znany rozbłysk  $\eta$  Carinae miał miejsce w roku 1840. Wtedy gwiazda ta stała się najjaśniejszą gwiazdą południowego nieba i jasność jej przez krótki czas znacznie przewyższała blask gwiazdy Canopus. Jednak pyłowy dysk obserwowany wokół  $\eta$  Carinae wydaje się być znacznie młodszy – jego wiek (ekspansji) jest oceniany na 100 lat, co może znaczyć, że powstał w czasie innego, mniejszego wybuchu obserwowanego w roku 1890.

Więcej na temat tego intrigującego obiektu przeczytać można wewnątrz numeru, w artykule poświęconym tej gwiazdzie.



## NGC 6537

Obserwacje przeprowadzone teleskopem Hubble'a pokazały istnienie wielkich falowych struktur w mgławicy Czerwonego Pajaka (NGC 6537) w gwiazdozbiorze Strzelca. Ta gorąca i „wietrzna” mgławica powstała wokół jednej z najgorętszych gwiazd Wszechświata, której wiatr gwiazdowy wiejący z prędkością 2000–4500 kilometrów na sekundę tworzy fale o wysokości 100 miliardów kilometrów. Sama mgławica rozszerza się z szybkością 300 km/s. Jest też ona wyjątkowo gorąca — ok. 10000 K. Sama gwiazda, która utworzyła mgławicę, jest obecnie białym karłem i musi mieć temperaturę nie niższą niż pół miliona stopni — jest tak gorąca, że nie widać jej w obszarach uzyskanych teleskopem Hubble'a, a świeci głównie w promieniowaniu X. Czerwony Pajak jest odległy od nas ok. 3000 lat świetla. Obrazy zostały uzyskane przez HST w pięciu barwach, w których ujawniły się emisje jonów siarki, azotu, wodoru, tlenu oraz emisje atomowego tlenu. ESA/NASA i G. Mellema (Leiden)

# Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Dwa wydarzenia astronomiczne miały miejsce w czasie, jaki minął od naszego ostatniego spotkania z numerem 4 „Uranii-Postępów Astronomii”: całkowite zaćmienie Słońca 21 czerwca br. i wielka opozycja Marsa też przypadająca w tym dniu. Pierwsze w tym millennium zaćmienie było widoczne z ziem południowo-centralnej Afryki i zostało wykorzystane do wielkich akcji edukacyjnych przez państwa, przez które przebiegał cień Księżyca. W tym numerze przedstawiamy fotografie i relację naocznych świadków tego zjawiska, uzyskane w Angoli, ale mamy nadzieję, że napotną dalsze informacje z innych krajów, w szczególności z Zambii, skąd dostaliśmy piękne wyrazy pamięci obserwatorów zaćmienia o naszej Redakcji.



*Andrzej Woszczyk*

Mars jest ciągle obiektem niesłabnącego zainteresowania. Przybliżamy go naszym PT. Czytelnikom w kilku kolejnych obrazach jego powierzchni, uzyskanych ostatnio przez stacje kosmiczne. Z innych publikowanych tu materiałów chciałbym zwrócić Państwa uwagę na artykuł profesora Klima Czuriumowa, kierownika Katedry Astronomii Uniwersytetu w Kijowie na Ukrainie, który przedstawia ciekawą historię rozpadu komety C/1999 S4 (Linear) oraz na artykuł Weroniki Sarwy, studentki astronomii z Torunia, o ciekawej gwiazdzie Eta Carinae i jej mgławicy. Profesor Tadeusz Dworak z Krakowa w swej pracy zawodowej wykorzystuje zdjęcia satelitarne Ziemi do badań w dziedzinie ochrony i monitoringu środowiska geograficzno-przyrodniczego. W krótkim artykule odsłania nam garść tajników tego rodzaju badań i pokazuje, jak wyglądają okolice Krakowa i jak dymy z Kombinatu w Nowej Hucie rozprzestrzeniają się nad krakowską starówką.

Organizatorzy Olimpiady Astronomicznej w Chorzowie, Henryk Chrupała i Jerzy Kuczyński, w oparciu o wieloletnie doświadczenie radzą, jak należy sporządzać na piśmie opracowania i prace przeznaczone na konkursy astronomiczne. Myślę, że rady te powinni sobie wziąć do serca zarówno aktywni miłośnicy astronomii, opracowując swoje obserwacje, jak i studenci zarówno fizyki, jak i astronomii, przygotowując swoje prace seminaryjne i dyplomowe. Dla ambitnych nauczycieli i uczniów zapewne okaże się interesująca metoda wykazania zgodności praw Keplera z prawem powszechniej grawitacji, przedstawiona przez dra Piotra Gronkowskiego z WSP w Rzeszowie.

Krzysztof Rochowicz kontynuuje przegląd obiektów mgławicowych Katalogu Messiera. Jesteśmy już wśród obiektów noszących numery 92 do 99. A Tomasz Ścieżor dostarcza nowych dowodów niezwykłej aktywności Sekcji Obserwacji Komet w PTMA i przygotował kalendarzyk astronomiczny już na listopad i grudzień tego roku.

W kolejnych latach przypadnie nam świętować kilka astronomicznych jubileuszy. Już w lutym 2002 roku przypada 80 rocznica pojawiienia się pierwszego zeszytu URANII, a następnie przypadną jubileusze osiemdziesięciolecia powstania Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii i Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Najbliższą rocznicę „Uranii” chciałbym uczcić zjazdem byłych redaktorów, sesją naukową na temat współczesnych problemów popularyzacji nauki i ciekawym, publicznym wykładem w Centrum Astronomicznym w Warszawie. A może nasi Czytelnicy mają jakieś inne pomysły? Bardzo proszę o sugestie. Myślę, że w Polsce niewiele jest czasopism popularno-naukowych, które mogą się poszczycić tak długą historią. I chyba powinniśmy to wykorzystać do popularyzacji i naszego pisma, i Nauki, której służymy!

Życzę Państwu pozytecznej i przyjemnej lektury

Andrzej Woszczyk

Toruń, w sierpniu 2001 r.



Szanowni Panie Profesorze,

W nawiązaniu do artykułu Piotra Urbańskiego „50 lat amatorskich obserwacji Słońca w Polsce” w numerze 3/01 „Uranii” chciałbym podać parę szczegółów z własnych wspomnień.

Astronomią zainteresowałem się będąc jeszcze uczniem w gimnazjum. Od 1 stycznia 1949 r. zacząłem systematyczne obserwacje plam słonecznych za pomocą niewielkiej lunety morskiej. Zachęciłem też potem do obserwacji mojego szkolnego kolegę Bohdana Szczepkowskiego. Opracowanie obserwacji z pierwszych 17 miesięcy, do maja 1950 r. opublikowałem w „Uranii” (rocznik XXII, (1951) s. 162).

Tak się złożyło, że w tym samym numerze „Uranii” ukazał się apel prof. Mergentalera o nadanie obserwacji Słońca do Wrocławia do wspólnego opracowania.

Późniejsze wydarzenia do dziś stanowią dla mnie do dziś zagadkę. W „Uranii” XXIV (1953) na s. 147 ukazał się artykuł prof. Mergentalera, w którym napisał m.in.:

„Przy opracowaniu obserwacji różnych autorów, którzy przysłali mi swoje materiały, miałem mianowicie pewne kłopoty z obserwacjami warszawskimi ob. Szczepkowskiego i Wróblewskiego. Kłopot polegał na tym, że trudno było dla ich serii wyliczyć średni współczynnik redukujący ich obserwacje na system zurychski. Współczynnik ten mianowicie zmieniał się zależnie od ilości plam w grupie... Autorowie liczą w grupie jako odrębne plamy każdy cień, choćby kilka ich było w obrębie jednego półcienia. Otóż należy liczyć jako pojedynczą plamę to wszystko, co jest zawarte w jednym półcieniu, otrzymałem szereg listów, a ostatnio ob. ob. B. Szczepkowski i A. Wróblewski nadesłali do „Uranii” swoje uwagi na ten temat, z którymi dzięki uprzejmości Redaktora mogłem zapoznać się przed ich wydrukowaniem. Okazało się, że wszyscy miłośnicy obserwują według tych metod, o których piszą wspomniani autorowie, a więc według instrukcji Szaronowa. Otóż w obserwacjach tego rodzaju istotną rzeczą jest to, by w ciągu obserwacji nie zmieniać metody, bo tylko wtedy otrzymuje się jednolity materiał. Dlatego to muszę niestety ustąpić i prosić wszystkich miłośników Słońca o prowadzenie w dalszym ciągu obserwacji według instrukcji Szaronowa...”

swoich wyników z wynikami innych obserwatorów...”

Te karcące słowa prof. Mergentalera nas bardzo zdziwiły. W odpowiedzi (B. Szczepkowski i A. Wróblewski — „Jeszcze o obserwacjach Słońca”, „Urania” XXIV (1953), s. 241) napisaliśmy więc, że według naszej najlepszej wiedzy, zaczerniętej z licznych źródeł, nasza metoda obliczania liczb Wolfa jest poprawna. Zacytowaliśmy odpowiedni wyjątek z książki „Słońce i jego nabliżenie” W. Szaronowa: „Za plamę należy uważać: a) każde oddzielne jądro lub część jądra, oddzieloną jasną materią lub półcieniem, b) każdy odosobniony skrawek półcienia nie zawierający jąder, c) każda „porę” (tzn. jądro bez półcienia)”. Podaliśmy też parę innych tytułów, w których była tak właśnie zdefiniowana metoda obliczania liczb Wolfa.

Odpowiedź prof. Mergentalera ukazała się w tym samym numerze „Uranii” (s. 243): „W parę dni po tym, jak został wydrukowany mój apel o obserwowanie Słońca tak, by liczyć jako pojedynczą plamę, to wszystko, co jest zawarte w jednym półcieniu, otrzymałem szereg listów, a ostatnio ob. ob. B. Szczepkowski i A. Wróblewski nadesłali do „Uranii” swoje uwagi na ten temat, z którymi dzięki uprzejmości Redaktora mogłem zapoznać się przed ich wydrukowaniem. Okazało się, że wszyscy miłośnicy obserwują według tych metod, o których piszą wspomniani autorowie, a więc według instrukcji Szaronowa. Otóż w obserwacjach tego rodzaju istotną rzeczą jest to, by w ciągu obserwacji nie zmieniać metody, bo tylko wtedy otrzymuje się jednolity materiał. Dlatego to muszę niestety ustąpić i prosić wszystkich miłośników Słońca o prowadzenie w dalszym ciągu obserwacji według instrukcji Szaronowa...”

Dla młodych studentów, którymi już wówczas byliśmy, to przyznanie nam racji przez poważanego przez nas profesora stanowiło sporą satysfakcję. Pamiętam, że sprawdziłem potem w bardzo wielu źródłach, że na całym świecie oblicza się liczby Wolfa według metody, którą od początku stosowaliśmy. Obserwacje Słońca kontynuowaliśmy

### **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 tamy!**

#### **Kupię Sprzedam...**

**Sprzedam** teleskop firmy „Uniwersal” model nr 5 (Newton 90/900), montaż paralaktyczny (jeszcze 4 lata gwarancji); cena 1000 zł. Tel. (063)2753618

**Sprzedam** teleskop systemu Newtona firmy „Uniwersal”, średnica zwierciadła 150 mm, ogniskowa 900 mm, statyw

paralaktyczny, stan bardzo dobry. Tel. (033)8534918

Posiadamy **folię Fuji** (w arkuszach 50x38 cm) doskonale nadającą się na filtry i okulary słoneczne. Cena jednego arkusza 10,50 zł (z VAT'em). Zamówienia przez Internet: sumbe@poczta.onet.pl lub na adres Redakcji „Uranii-PA”.

*W tej rubryce zamieszczamy bezpłatnie ogłoszenia naszych Czytelników (do 250 znaków).*

jeszcze przez kilka lat, ale stopniowo coraz więcej uwagi poświęcaliśmy gwiazdom zmiennym.

I jeszcze uwaga na zakończenie. W 1963 r. ukazał się w Warszawie nr 4. redagowanego przez dr Jana Gadomskiego „Dodatku Naukowego do Uranii”. W tym wydawanym po angielsku roczniku („Annual Scientific Supplement to Urania”) znajduje się artykuł profesora Mergentalera o amatorskich obserwacjach plam słonecznych w Polsce. Prof. Mergentaler napisał tam między innymi: „Systematic observations have been initiated in Warsaw in the year 1949 by A. Wróblewski, the pupil of a secondary school at that time and an amateur astronomer. (It is worth to notice that 30 years earlier, the schoolboys were also the initiators to establish The Polish Amateur Astronomical Society.) Apart from this action, the analogous initiative has been taken in Wrocław in the year 1951 by J. Mergentaler, who has published in „Urania” an appeal to the observers...”

Dla młodych studentów, którymi już wówczas byliśmy, to przyznanie nam racji przez poważanego przez nas profesora stanowiło sporą satysfakcję. Pamiętam, że sprawdziłem potem w bardzo wielu źródłach, że na całym świecie oblicza się liczby Wolfa według metody, którą od początku stosowaliśmy. Obserwacje Słońca kontynuowaliśmy

Myślę, że tego krótkiego tekstu nie muszę tłumaczyć na polski.

**Andrzej Kajetan Wróblewski**  
Warszawa

Szanowni Panie Profesorze,  
Numer 3 (693) pisma redagowanego przez Pana jest na pewno jednym z najciekawszych numerów, jakie się ukazały w ostatnich latach. Tym niemniej w bardzo dobrym i ciekawym artykule dr. A. Niedzielskiego znalazłem kilka pomyłek, które mogą utrudnić zrozumienie tego artykułu. Oto ich lista:

str. 118 I kol. w. 2g – jest jasność widmowa – powinno być „jasność widoma”

str. 118 I kol. w dacie urodzin J.C. Adamsa jest: 1919, winno być: 1819

str. 118 II kol. w. 11d – jest „okres obiektu” powinno być: „okres obiegwu”.

**Paweł Błasik**  
Prezes Oddz. PTMA  
w Szczecinie

**Red.:** Dziękujemy Panu Prezesa za miłą dla nas opinię o naszym czasopismie i uważną jego lekturę. Przepraszamy za nasze przeoczenia.

# Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

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

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstało poprzez połączenie się „Uranii” — dotyczącego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 roku i „Postępów Astronomii” — dotyczącego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 roku. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotycząca 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 TORUN  
tel. (0-56) 611 30 52, 611 34 50  
fax. (0-56) 62 19 381

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

**Adres WWW:**  
<http://urania.camk.edu.pl>

**Druk:**  
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**  
Karolina Wojtkowska, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 14  
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2001 kosztuje 36 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 7,50 zł.

**Polskie Towarzystwo Astronomiczne**  
Zarząd Główny – Sekretariat  
ul. Bartycza 18, 00-716 Warszawa  
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: hania@camk.edu.pl  
WWW: [www.camk.edu.pl/pta](http://www.camk.edu.pl/pta)

**Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii**  
Zarząd Główny  
ul. św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl  
WWW: [oa.uj.edu.pl/~ptma](http://oa.uj.edu.pl/~ptma)

Numer zamknięto w sierpniu roku 2001

\* 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 *Eta Carinae*

Weronika Sarwa

Tytułowa gwiazda jest jednym z najjaśniejszych i najmasywniejszych obiektów Drogi Mlecznej. Ta nieregularna zmienna wybuchała przeszło 150 lat temu i jest otoczona kłębami materii rozszerzającej się z szybkością ok. 2,4 milionów km/h. Powstawanie zwykłych gwiazd, takich jak nasze Słońce, jest ściśle związane z życiem takich masowych obiektów jak eta Carinae.

### 200 *Rozpad komety LINEAR C/1999 S4*

Klim I. Czuriumow

Odkryta we wrześniu 1999 roku kometa C/1999 S4 (LINEAR) miała w lipcu 2000 roku osiągnąć jasność 3-4 wielkości gwiazdowej. Byłaby więc pięknym widzialnym gołym okiem zjawiskiem niebieskim ostatniego roku drugiego tysiąclecia. Spotkał nas wszystkich zawód: kometa w lipcu 2000 roku rozpadła się na wiele części, a około 10 sierpnia przestała istnieć. Historię tego unikatowego wydarzenia przedstawia niniejszy artykuł.

### 204 *Teledetekcja satelitarna, czyli Ziemia widziana z Kosmosu*

T. Zbigniew Dworak

Kosmos służy człowiekowi na różne sposoby. Autor, specjalista od ochrony naturalnego środowiska geograficzno-przyrodniczego człowieka, pokazuje, jak widzimy z orbity okolice Krakowa i dymy Nowej Huty, rociągające się nad Królewskim Miastem.

### 206 *Dane nam było Słońca zaćmienie... w sercu czarnej Afryki*

Andrzej Kus, Andrzej Woszczyk

Świadkami pierwszego w obecnym millenium zaćmienia Słońca byli dwaj toruńscy astronomowie. Artykuł jest opowieścią o tym, jak doszło do ich afrykańskiej podróży i jaki miało przebieg to bardzo widowiskowe i pouczające zjawisko.

#### **HST obserwuje:** okl. II; wkł. II-III; okl. IV

- 212 **rozmaitości:** Marsjańska odwilż (212); Układy planetarne wokół gwiazd (214)
- 216 **w skrócie:** Gwiazdy mokną na starość; Kolejny gigant Pasa Kuipera?; Galaktyki – kanibale; Trąba powietrzna we Wrocławiu
- 217 **poradnik obserwatora:** Fotografowanie układów podwójnych gwiazd
- 218 **w kraju:** Sprawozdanie z szóstych bieszczadzkich spotkań dyskusyjnych
- 219 **galeria Mgławic Messiera:** Towarzyszki Sowy (M 92 – M 99)
- 222 **P.T.Miłośnicy Astronomii obserwują:** Zmiany jasności komety
- 225 **polemiki:** Igraszek z grawitacją ciąg dalszy
- 226 **astronomia w szkole:** Eliptyczne orbity planet a prawo powszechnego ciążenia (226); Sposób sporządzania i zapisu prac przeznaczonych na konkursy i olimpiady (228)
- 233 **kalendarz astronomiczny 2001:** listopad – grudzień
- 240 **relaks z Uranią:** słoneczna krzyżówka
- 240 **ciekawe strony internetowe**

## NA OKŁADCE

Podczas opozycji, z odległości 68 mln km, sfotografował Marsa teleskop kosmiczny. Rozdzielcość zdjęcia (to mozaika obrazów uzyskanych przy użyciu 6 różnych filtrów) sięga 16 km na powierzchni Czerwonej Planety, choć rozbudowujące się burze pyłowe (patrz kolorowa wkładka I) przesłaniają część tarczy (zwłaszcza przy jej skraju, między „godzinami” 4 i 5, w obszarze Hellas Basin). Już za dwa lata czeka nas największa od 1924 r. opozycja Marsa — korzystniejszej nie będzie aż do roku 2287!

Fot. NASA, The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

# Eta Carinae

**G**wiazda Eta Carinae, uważana za jeden z najjaśniejszych i najmasywniejszych obiektów Drogi Mlecznej, jest również jednym z najrzadszych i najbardziej nieprzewidywalnych ciał niebieskich — ogromną gwiazdą zmienną, której wahania jasności przez wiele lat zdawały się być całkowicie neregularne. Dopiero ostatnie badania rzuciły nieco więcej światła na naturę tego nietypowego obiektu.

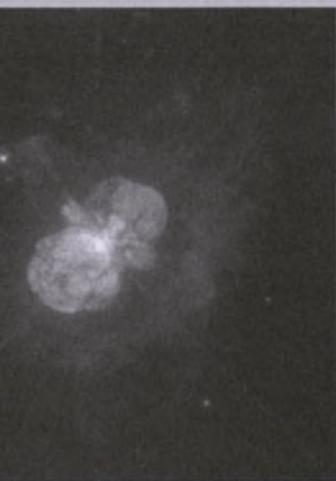
Po raz pierwszy gwiazda została skatalogowana przez Edmonda Halleya w 1677 r. jako gwiazda czwartej wielkości. Eta Carinae znajduje się w odległości około 7500–10000 lat świetlnych. Jej masa prawdopodobnie przewyższa 100 mas Słońca (150 mas Słońca według Jeffa Hestera, 120 — według Roberta Zimmermanna). Jest około 4 miliony razy jaśniejsza niż Słońce.  $\eta$  Car wy promieniuje 99% swojej energii w podczerwonej części widma — na długości fali 10–20 mikronów jest najjaśniejszym obiektem na niebie.

Gwiazda ta zawsze była dla astronomów wyzwaniem i jej pozorna nie regularność już tak bardzo nie dziwiła, jednak ostatnio  $\eta$  Car zaczęła jaśnieć w zakresie widzialnym oraz w bliskim nadfiolecie i bliskiej podczerwieni, wprawiając tym w zdumienie zajmujących się nią badaczy. W ciągu jednego roku (1998) blask gwiazdy podwoił się, a jasność mgławicy wzrosła o 30% tak, że teraz gwiazda i otaczająca ją mgławica świeci jasnością około 5 magnitudo.

Eta Carinae stała się dla astronomów zagadką. Zakrywają ją obłoki pyłu i nie wiadomo było nawet, czy jest gwiazdą pojedynczą. Jednak  $\eta$  Car okazuje się niezwykle ważna, jeśli chodzi o ewolucję gwiazd. Jej tajemnicze zachowanie to wyzwanie dla każdej teorii opisującej życie i śmierć gwiazd, również Słońca, a jej przyszła aktywność może wyjaśnić, dlaczego gdzie i kiedy gwiazdy wybuchają.

$\eta$  Car nie wyrażała się niczym szczególnym aż do lat dwudziestych XIX wieku. Sklasyfikowano ją jako gwiazdę zmienną, czasem mającą 4 magnitudo, czasem 2. Potem, w 1820 roku jasność gwiazdy zaczęła stopniowo wzrastać, osiągnęła 2 mag. w 1822 r. (zdjęcie 2) i 1 mag. w 1827 r. Następnie jasność spadła do 2 mag. i od 1830 r. znów stopniowo wzrastała i malała, siegając 1 mag. w 1832 r. i w grudniu 1837 r. W 1838 r. jasność gwiazdy spadła, a następnie zaczęła wzrastać, aż w 1843 r. osiągnęła –1 magnitudo i na krótko stała się drugą co do jasności gwiazdą na niebie, przyćmiewaną tylko przez Syriusza.

Przez następne kilkadziesiąt lat  $\eta$  Car zaliczała się do najjaśniejszych gwiazd, jednak stopniowo zmniejszała swój blask, aż w pod koniec lat sześćdziesiątych XIX w. jej jasność spadła do 7 mag. i gwiazda stała się niedostrzegalna gołym okiem. W 1889 r. nastąpiło krótkie pojaśnienie  $\eta$  Car o około jedną wielkość gwiazdową, a potem jej jasność spadła do 8 mag. Jasność ta utrzymywała się przez kilka następnych



Fot. 1.  $\eta$  Car „widziana oczami” HST

dziesięcioleci. Przez ostatnich kilkudziesiąt lat jasność  $\eta$  Car powoli wzrosła — od 1950 do 1992 r. o całe magnitudo.

Zanim zaczęto używać teleskopu Hubble'a, do dyspozycji astronomów były tylko naziemne fotografie  $\eta$  Car o rozdzielczości zbyt małej, aby ustalić dokładną strukturę widocznego na nich ekspandującego obłoku otaczającego gwiazdę. Stwierdzono, że obłok ten pochodzi prawdopodobnie z „wybuchu” w 1843 roku. Ponieważ na tych zdjęciach kształt mgławicy przypominał człowieka, astronom Enrique Gaviola z Cordoba Observatory w Argentynie przewał mgławicę Homunculus, co oznacza „mały człowiek”. Dopiero gdy w 1994 roku skierowano na gwiazdę Teleskop Hubble'a, otrzymano zdjęcia o wystarczającej rozdzielczości, a w badaniach  $\eta$  Car nastąpił prawdziwy przełom.

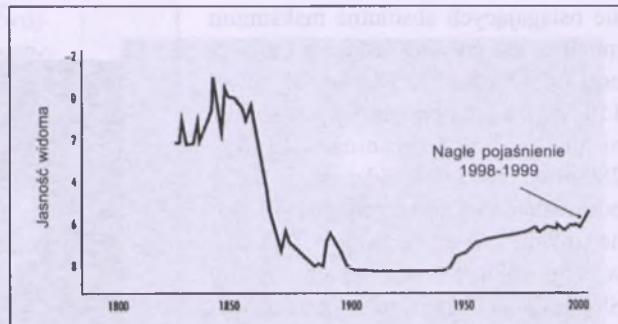
Najbardziej charakterystyczne na zdjęciach z HST (zdjęcia 1 i 3) są dwie ogromne bipolarne struktury (dalej będę nazywać je płatami, choć tak naprawdę są trójwymiarowe), tworzące charakterystyczny kształt klepsydry. Masa tych płatów określona na około  $3 M_{\odot}$ . Świecą, ponieważ promieniowanie emitowane przez  $\eta$  Car odbija się od pyłu obecnego w płatach.

Płaty te zostały wyrzucone z gwiazdy podczas erupcji w 1843 roku. Każdy z nich oddala się od gwiazdy z prędkością około 2,4 miliona km/h. Od czasu, gdy zostały wyrzucone (ponad 150 lat temu), zewnętrzne brzegi płatów oddaliły się już na 0,7 roku świetlnego od gwiazdy. Jeden z płatów (niższy, lewy) zbliża się do nas, drugi (górnny, prawy) oddala się. Sądzono, że płaty są naprawdę bardziej puste w środku, jednak odkryto niedawno dowód na obecność tam pyłu. Nie wiadomo, czy struktury te mają bardziej kształt sferyczny czy stożkowy. Tak czy inaczej, ukształtowały się one zapewne wówczas, gdy materia została wyrzucona z regionów polarnych gwiazdy. Być może stało się tak, ponieważ  $\eta$  Car bardzo szybko rotuje lub też posiada silne pole magnetyczne, albo należy do układu podwójnego. Przyczyną może również być jakakolwiek kombinacja tych czynników. Bez względu na powód, materii wyrzuconej w 1843 r. łatwiej było uciec w przestrzeń z biegunów niż z okolicy równika.

Zdjęcie 1 jest kombinacją trzech różnych obrazów — w świetle czerwonym, zielonym i niebieskim. Czerwona delikatna mgławica otaczająca gwiazdę (nie widać jej na zdjęciu 3) składa się z najszybciej poruszającego się materiału. Oddala się on z prędkościami przekraczającymi 3 miliony km/h. Składa się w większości z azotu i innych pierwiastków powstających we wnętrzach masowych gwiazd i wyrzucanych w przestrzeń międzygwiazdową.

Na zdjęciach zrobionych przy pomocy Teleskopu Hubble'a można również zauważać strukturę trochę przypominającą wentylator. Jest to równikowy dysk nachylony pod kątem 52–60° do linii widzenia i około 90° do obu płatów. Składa się on z wielu ciekawych obiektów poruszających się z różnymi prędkościami i w różnych kierunkach. Na przykład, w największej blaszce dysku znajdują się trzy obiekty oddalające się od gwiazdy z prędkością około 150 tysięcy km/h, podczas gdy w tej samej blaszce znajduje się kilka małych skupisk materii, poruszających się z prędkością zaledwie 50 tysięcy km/h, co oznacza, że zostały one wyrzucone w przestrzeń kilkaset lat temu.

Równikowy dysk zawiera także kilka szybko poruszających się dżetów. Na zdjęciu 1 dobrze widoczny jest jeden z nich, tak zwany dżet północny. Porusza się z ogromną prędkością około 5,5 miliona km/h po przez ośrodek złożony głównie z azotu, widoczny na zdjęciu 1 jako czerwona mgławica. Nie ma na razie zgody co do tego, kiedy dżety zostały wyrzucone: czy w 1843, czy może w 1889 r.

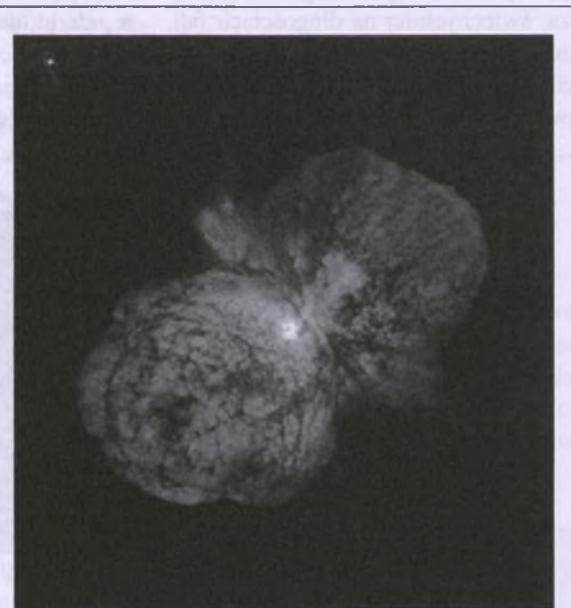


Fot. 2. Krzywa zmian blasku  $\eta$  Car.

Z danych, zebranych przez astronomów, dotyczących dysku równikowego nie stworzono jednej konkretnej teorii wyjaśniającej jego pochodzenie. Każdy zespół badający dysk dochodził do innych wniosków. Bardzo możliwe wydaje się, iż dysk ten powstał w wyniku akumulacji materii z wielu erupcji.

Mimo że  $\eta$  Car jest jedną z największych i najjaśniejszych gwiazd w Galaktyce, nigdy nie obserwowano jej bezpośrednio. Spowija ją ogromna chmura pyłu. Pyłowe płaty nie pozwalają nawet określić dokładnego czasu trwania wybuchu w XIX w., który mógł przecież trwać o wiele dłużej po tym, gdy jasność gwiazdy spadła do 7 magnitudo.

To, co na pewno wiemy o  $\eta$  Car, to fakt, że należy ona do rzadkiej klasy gwiazd zwanych Luminous Blue Variables (Jasne Niebieskie Zmienne) lub LBV, obiektów o temperaturze i ma-

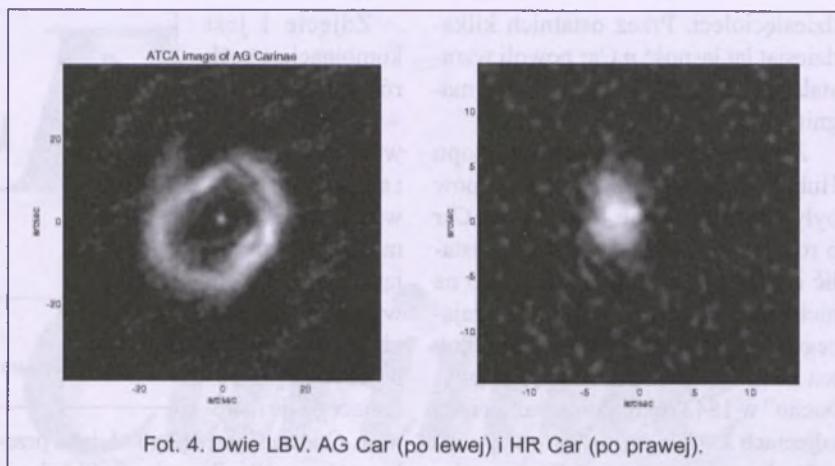


Fot. 3. Eta Carinae w widzialnej części widma. Obraz uzyskany kamerą WFPC2 teleskopu kosmicznego w dniu 10 czerwca 1996 r.

sie osiągających absolutne maksimum możliwe dla gwiazdy. Masa  $\eta$  Car wynosi około 100–120  $M_{\odot}$  (może nawet 150  $M_{\odot}$ ), a temperatura jej powierzchni zawiera się w granicach 12000–28000° C. Poza tym sądzi się, że  $\eta$  Car posiada jeden z gęstszych wiatrów słonecznych, unoszący około 0,003  $M_{\odot}$  w ciągu roku. Dla porównania, gdyby Słońce traciło masę w takim tempie, wyparowałoby w mniej niż trzy stulecia.

Promień  $\eta$  Car też jest ogromny. Nawet wtedy, gdy gwiazda jest najbardziej zwarta, jej promień jest tak duży, że sięgałby poza orbitę Merkurego, gdyby  $\eta$  Car była na miejscu Słońca. Ze zmianą temperatury promień rośnie i uważa się, że podczas wybuchu w 1843 roku dorównywał on promieniowi orbity Saturna (3200 milionów kilometrów).

Aby ogromne gwiazdy o niezwykle wysokich temperaturach, aby pozostać stabilnymi, muszą okresowo odrzucać dodatkową masę. Jest to możliwe, ponieważ moc promieniowania gwiazdy staje się tak olbrzymia, że czasami przewyścięga grawitację. Gwiazda przestaże być stała, jej zewnętrzne warstwyaczynią pulsować, aż w końcu dochodzi do erupcji, podczas której zewnętrzna powłoka zostaje odrzucone. Wraz ze stratą tej powłoki gorącego gazu gwiazda ochłada się i jej temperatura powierzchniowa spada do względnie niskiej wartości około 7000° C. W tym samym czasie promieniowanie gwiazdy z ultrafioletu przechodzi w zakres optyczny, więc mimo iż gwiazda jest chłodniejsza, świeci jaśniej na długosciach fali, które jesteśmy w stanie zobaczyć. Jednak całkowita energia emitowana przez gwiazdę nie ulega istotnym zmianom. Po



Fot. 4. Dwie LBV. AG Car (po lewej) i HR Car (po prawej).

wybuchu gwiazda pozostaje stała przez długi czas, chociaż oczywiście zdarzają się niewielkie, nieregularne fluktuacje. Nie wiadomo, czy duże wybuchy zdarzają się tylko raz. Jeśli nie, to mają miejsce w odstępach tysiący lat. Nie wiadomo też, czy „walka” grawitacji z ciśnieniem promieniowania jest jedynym powodem wybuchów. Naukowcy sądzą, że powodują je turbulencje i konwekcja na powierzchni gwiazdy.

Gwiazdy zmienne LBV, takie, jak  $\eta$  Car, stanowią jeden z najrzadziej występujących typów gwiazd. Pierwszą odkrytą LBV jest P Cygni, która nie była znana, dopóki nie pojaśniła kilkakrotnie do 3 mag. w XVII wieku. Do LBV należą między innymi dwie gwiazdy również leżące w gwiazdozbiorze Kila: AG Carinae i HR Carinae (zdjęcie 4). Obie znajdują się pośrodku pola widzenia, z czego wynika, że odrzut masy w przypadku HR Car nie był symetryczny.

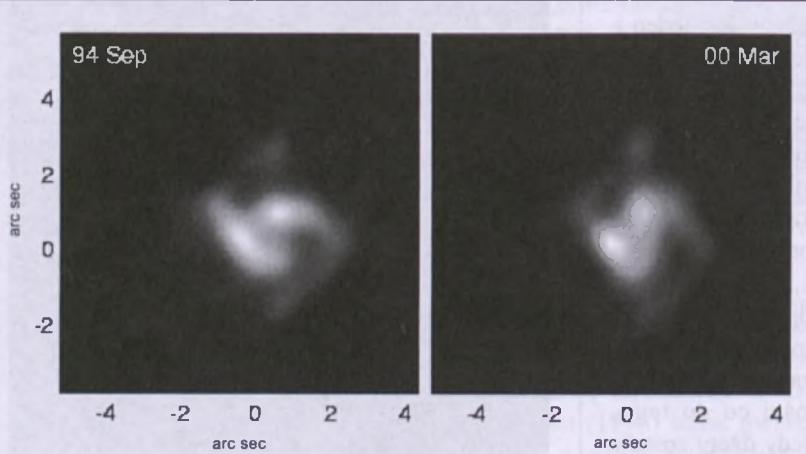
LBV mają duże znaczenie, ponieważ uważa się je za krótkie stadium

przejściowe w życiu gwiazd, obejmujące nie więcej niż około 25 tysięcy lat. Jeśli gwiazda jest masywniejsza niż 40–50  $M_{\odot}$ , to wcześniej czy później wkroczy w fazę LBV. Gdy gwiazda traci masę, powoli ewoluje od niebieskiego nadolbrzyma w kierunku gwiazdy Wolfa-Rayeta — uważanej za ostatnie stadium ewolucji gwiazd. Takie obiekty straciły już więcej niż połowę lub nawet 3/4 swojej masy początkowej, wycofrały cały wodór i są w trakcie spałania innych, cięzszych pierwiastków. Tym, co je czeka potem, jest najprawdopodobniej wybuch supernowej.

Astronom z University of Sao Paulo, Augusto Damineli, podczas badań nad naturą  $\eta$  Car w 1996 roku przeanalizował fluktuacje jasności gwiazdy z ostatnich kilkudziesięciu lat i zauważał, że wykazują one pewną regularność.

Analizy widm gwiazdy ujawniły, że co 5,5 roku emisje w zakresie radiowym, ultrafioletowym i promieniowaniu X ulegają krótkiej zmianie. W zakresie rentgenowskim strumień stopniowo wzrasta, potem szybko maleje, po czym następuje znów powolny wzrost. W ultrafioletie wiele linii emisyjnych zniką. Wszystkie wybuchy z XIX wieku także pasowały do tego cyklu. Odkrycie Augusto Damineli potwierdziło się, gdy przewidziana przez niego na grudzień 1997 roku zmiana jasności w promieniowaniu rentgenowskim i ultrafioletowym rzeczywiście miała miejsce. Okres zmian jasności ustalono na 2020 ± 5 dni. Następna zmiana przewidziana jest na połowę 2003 roku i z pewnością pozwoli nam potwierdzić lub skorygować teorie dotyczące  $\eta$  Car.

Bazując na odkryciu A. Damineli, wielu astronomów doszło do wniosku, że w rzeczywistości  $\eta$  Car jest układem



Fot. 5.  $\eta$  Car w zakresie radiowym, na częstotliwości 8,6 GHz. Zdjęcia wykonano w odstępie 5,5 roku.

podwójnym. Gwiazdy są ukryte w otaczającej je mgławicy, a wszystkie po przednie wybuby mogły zostać spowodowane przez oddziaływanie obu gwiazd. Jednakże żaden model układu podwójnego nie wyjaśnia jak dotąd do końca zachowania  $\eta$  Car. I ciągle napływają nowe dane, trudno więc stworzyć jedną spójną teorię. Na przykład ostatnie obserwacje doprowadziły do odkrycia dodatkowego 85-dniowego cyklu w promieniach X, 200-dniowego w ultrafiolecie i 58-dniowego w zakresie optycznym. Ciągle jednak nie ma zgodności co do tego, czy te okresy rzeczywiście istnieją.

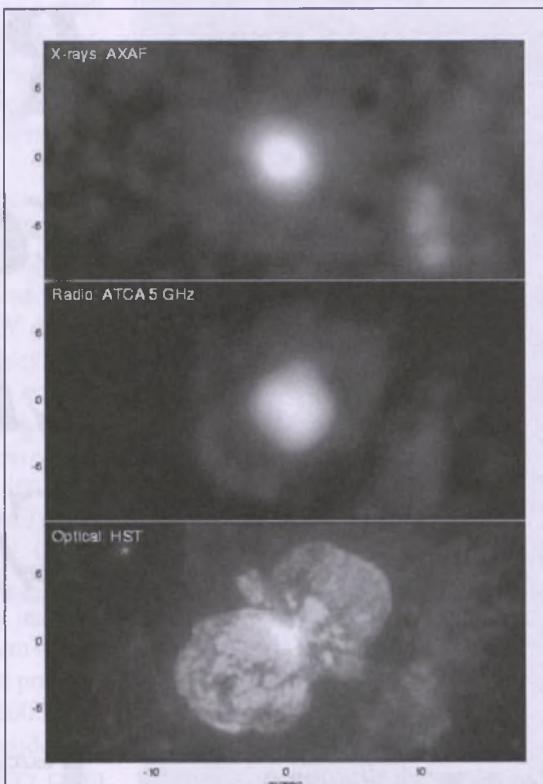
Na razie wszystko wskazuje na to, że rzeczywiście  $\eta$  Car jest układem składającym się z dwóch masywnych gwiazd, z których jedna znajduje się w bardziej zaawansowanym stadium ewolucji i posiada gęsty wiatr słoneczny, natomiast drugi składnik jest na tyle gorący, by dostarczać promieniowania ultrafioletowego, które jonizuje gaz w pewnej odległości od gwiazd. Jonizowany gaz, którego temperatura efektywna wynosi około 10000 K, powoduje emisję w zakresie radiowym. Jednakże co 5,5 roku, kiedy bardziej wyewoluowana gwiazda przechodzi pomiędzy nami i drugim, gorętszym składnikiem układu, jej wiatr absorbuje całe promieniowanie ultrafioletowe, uniemożliwiając w ten sposób jonizację gazu w pewnej odległości od układu. Gaz ten staje się znowu neutralny (rekombinuje) i emisja promieniowania radiowego zostaje przerwana. Kiedy zaćmienie gorętszego składnika kończy się, proces jonizacji gazu rozpoczyna się od nowa.

Silną emisję promieni X można przypisać także kolizji dwóch gęstych wiatrów gwiazdowych albo z dwóch

gwiazd układu podwójnego, albo wolnego i szybkiego wiatru jednej gwiazdy. 5,5-letnie okresowe zmiany zachodzą wtedy, gdy region, gdzie następuje zderzenie, jest zaćmiewany albo przez jedną z gwiazd układu podwójnego, albo gdy rotacja jednego obiektu powoduje zejście regionu zderzeń z linii widzenia. Zwolenników układu podwójnego jest znacznie więcej, jednak niektórzy ciągle uważają, że jedna gwiazda może wyjaśnić wszystko, co zachodzi w  $\eta$  Car. Są też tacy, którzy uważają, że  $\eta$  Car to niestabilny układ potrójny, a erupcja z 1843 roku była wynikiem zamiany orbit składników.

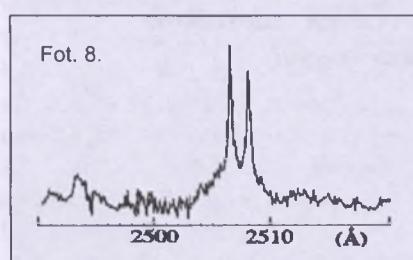
Ostatnie obserwacje HST pokazały, iż w okolicach  $\eta$  Car znajduje się obłok gazu „zachowujący się” jak naturalny ultrafioletowy laser. Za jego powstanie odpowiedzialne są prawdopodobnie gwałtowne erupcje  $\eta$  Car. Laser w układzie  $\eta$  Car świeci na tej samej zasadzie, co sztuczne lasery optyczne i masery. Jest to pierwsze takie odkrycie. Wcześniej odkrywano w przestrzeni naturalne masery, a niedawno odkryto także naturalny podczerwony laser (MWC 349). Linie, na których świeci laser w  $\eta$  Car, pokazują zdjęcie 8. Są to linie zjonizowanego żelaza (Fe II), 2506 i 2508 Å.

$\eta$  Car leży około 10 tys. lat świetlnych od Słońca, w spiralnym ramieniu Galaktyki, które jest miejscem narodzin gwiazd.  $\eta$  Car znajduje się w gęstym, olbrzymim molekularnym obłoku, mającym zaledwie kilka milionów lat, rozciągającym się na ponad 400 lat świetlnych i zawierającym masę około 10 tysięcy Słońc. Wydaje się, że  $\eta$  Car ma niewiele wspólnego z naszą dzienną gwiazdą.



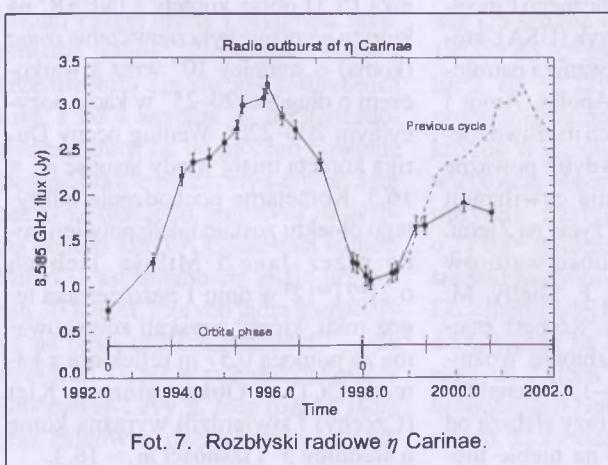
Fot. 6.  $\eta$  Car w promieniach X (górný obraz), w zakresie radiowym na 5 GHz (środkowy) i optycznym (dolny).

Jednak astronomowie uważają, że tworzenie się zwyczajnych gwiazd jest ściśle związane z życiem i śmiercią masywnych obiektów, takich jak  $\eta$  Car. Obiekty te nie tylko przetwarzają ogromne ilości paliwa wodorowego w bardziej złożone atomy, jak węgiel, tlen, azot i żelazo, ale także wyrzucają



je w przestrzeń międzygwiazdową. A kiedy gwiazda zamienia się w supernową, z tej materii powstaje fala uderzeniowa, wewnętrznej której w końcu formują się zwykłe, małomasywne gwiazdy.

*Weronika Sarwa jest studentką astronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Niniejszy artykuł to owoc jej pracy seminaryjnej na III roku studiów.*



Fot. 7. Rozbłyski radiowe  $\eta$  Carinae.

# Rozpad komety LINEAR C/1999 S4

**Do obserwacji komety C/1999 S4 (LINEAR) zachęcaliśmy w U-PA nr 4/2000, a w nr. 5 relacjonowaliśmy obrazami to, co się z nią stało.**  
**W nr. 6/2000 (str. 272–276) Tomasz Ścieżor przedstawił dokumentację jej obserwacji fotometrycznych, przeprowadzonych również przy znacznym udziale polskich miłośników astronomii.**

Jeszcze nie ucichły namiętności wywołane wtargnięciem do atmosfery Jowisza słynnej komety Shoemaker-Levy 9, (która rozpadł się na 23 fragmenty) w lipcu 1994 roku, kiedy dokładnie sześć lat później, w lipcu 2000 r. sprawiła niespodziankę nie wyróżniającą się niczym specjalnym nowa kometa LINEAR (C/1999 S4). Została ona odkryta na przetworzonych komputerowo zdjęciach uzyskanych w Laboratorium Astronomicznym Lincoln za pomocą 1 m reflektora i kamery CCD w czasie od godz.  $9^{\text{h}}36^{\text{m}}$  do  $10^{\text{h}}48^{\text{m}}$  UT w dniu 27 września 1999 r., w trakcie realizacji programu automatycznego poszukiwania planetoid zbliżających się do Ziemi. Dlaczego kometę nazwano LINEAR? Jest to akronim pochodzący od dwóch słów angielskich: LINcoln i NEAR, które mają bezpośredni związek z wymienionym powyżej programem Laboratorium Astronomicznego Lincoln w stanie Nowy Meksyk (USA), którego celem jest poszukiwanie i patrolowanie planetoid typu Apollo, Amor i Atena, tzn. takich, których możliwe zderzenia z Ziemią stanowiłyby poważne zagrożenie dla istnienia cywilizacji ziemskiej i w ogóle dla życia na Ziemi.

W skład zespołu obserwatorów wchodzili: M. Blythe, F. Shelly, M. Bezpalko i M. Yeolitz. Kometa znajdowała się w gwiazdozbiorze Woźniczy i miała jasność 17,3–17,6 magnitudo, tj. była ona 50 000 razy słabsza od obiektów widocznych na niebie nie-

uzbrojonym okiem. W ramach tego programu zostało odkrytych już kilka-set planetoid zarówno z głównego pasa, jak i należących do grupy Apollo, Amora i Ateny, a także 40 komet, które otrzymały nazwę LINEAR i różnią się od siebie rokiem odkrycia oraz specjalnym oznaczeniem wskazującym na połowę miesiąca, kiedy zostały odkryte. C/1999 S4 oznacza, że kolejna kometa LINEAR została odkryta w drugiej połowie września 1999 roku. 28 września i 1 października 1999 r. otrzymano nowe, dodatkowe obserwacje pozycyjne dopiero co odkrytej komety, co pozwoliło obliczyć przybliżone wartości elementów jej orbity parabolicznej. 1 października 1999 roku o godz.  $9^{\text{h}}36^{\text{m}}$  i  $10^{\text{h}}19^{\text{m}}12^{\text{s}}$  T. Durig z Obserwatorium Cordella-Lorenza w stanie Tennessee (USA) otrzymał za pomocą 0,3 m teleskopu Schmidta-Cassegraina i odbiornika CCD obraz komety LINEAR, na którym wyraźnie była zauważalna coma (koma) o średnicy  $10''$  wraz z warkoczem o długości  $20\text{--}25''$  w kącie pozycyjnym  $200\text{--}220^\circ$ . Według oceny Duriga kometa miała wtedy jasność  $m_r = 16,3$ . Kometarne pochodzenie odkrytego obiektu zostało także potwierdzone przez Janę i Miloša Tichych o  $21^{\text{h}}21^{\text{m}}12^{\text{s}}$  w dniu 1 października tegoż roku, którzy uzyskali zobrazowanie za pomocą 0,57 m reflektora z kamerą CCD w Obserwatorium Klet (Czechy) i stwierdzili wyraźną komę o średnicy  $3'$  i jasności  $m_r = 16,3$ .

Pierwsze paraboliczne przybliżenie orbity komety obliczył Brian Marsden, dyrektor Centralnego Biura Telegramów Astronomicznych. Okazało się, że kometa odznacza się ruchem wstecznym, tj. biegnie zgodnie z ruchem wskazówek zegara, ponieważ nachylenie płaszczyzny jej orbity do płaszczyzny ekleptyki jest większe niż  $90^\circ$ . W chwili odkrycia kometa znajdowała się w odległości 4,2 j. a. od Słońca oraz 3,7 j. a. od Ziemi. Ale jak pokazały obliczenia Marsdena, kometa charakteryzuje się niewielką odlegością peryhelium — ok. 0,76 j. a. i dlatego sądzono, iż w peryhelium, tj. 26 lipca 2000 r., jej jasność powinna osiągnąć 3–4 magnitudo, czyli że będzie ją można zobaczyć w pobliżu peryhelium nieuzbrojonym okiem. Ta okoliczność bardzo zaintrygowała astronomów i miłośników, ponieważ pojawienie na niebie tak jasnych komet to jednak dość rzadkie zjawisko.

W ciągu kolejnych miesięcy kometa wolno zwiększała swoją jasność i do końca roku pozostawała słabym obiektem, słabszym od 14 magnitudo. Na początku roku 2000 jej jasność zwiększała się do 13,5<sup>m</sup>. A po 22 marca kometa zbliżyła się do Słońca i znikła w jego promieniach. Przeszło 1,5 miesiąca, nim kometa stała się znów widoczna. 4 maja jako pierwszy zobaczył ją K. Kadota z Ageo (Japonia) i ocenił jej jasność na  $m_p = 13^m$ . Inni obserwatorzy zaczęli swoje obserwacje w połowie maja 2000, po tym, jak kometa wzrosła się wyżej na porannym niebie i osiągnęła  $m_p = 12^m$ .

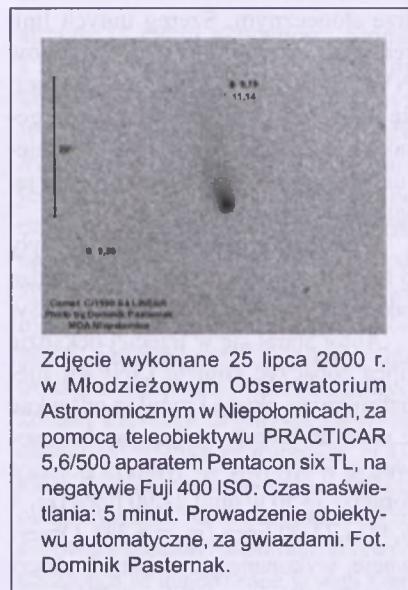
Od 16 maja do 20 czerwca kometa znajdowała się w gwiazdozbiorze Trójkatu, skąd przemieściła się do Perseusza, a od 10 lipca zaczęła poruszać się na tle Żyrafy. Od 17 lipca znalazła się w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy, w którym przeszła przez peryhelium swojej orbity i osiągnęła maksymalną jasność. Po 30 lipca kometa przemieściła się do gwiazdozbioru Lwa, a od 4 sierpnia — do gwiazdozbioru Panny, na tle którego powinna biegnąć prawie przez cały sierpień. Jednak to nie nastąpiło, ponieważ 10 sierpnia kometa LINEAR przestała istnieć. Mimo iż astronomowie znają już ponad 30 komet, których jądra rozpadły się na poszczególne fragmenty — od dwóch do 23, jak w przypadku komety Shoemaker-Levy 9, lecz rozpad jądra oraz całkowita dezintegracja komety

LINEAR, która zdarzyła się na oczach obserwatorów w 2000 r., stanowi unikalowe wydarzenie po raz pierwszy obserwowane w historii cywilizacji. W jaki sposób odbyło się to najrzadsze wydarzenie kosmiczne?

Na początku czerwca większość obserwatorów oceniało jasność komety jako równą  $m_p = 10^m$ . Zarazem kometa miała umiarkowanie skondensowaną komę o średnicy około 3'. W drugiej połowie czerwca 2000 miłośnicy — za pomocą dużych teleskopów — odnotowywali obecność warkocza komety o długości 4–5'. Pod koniec czerwca jasność komety wzrosła do  $m_p = 10^m$ , średnica komety zwiększyła się do 5–6', a warkocz wydłużył się do 10'. Obserwacje czerwcowe dowiodły, iż pierwotną prognozę o znacznej jasności komety LINEAR w peryhelium należy skorygować. Stało się bardziej prawdopodobne, że około 20 lipca 2000 r. jasność komety będzie się znajdowała w przedziale  $m_p = 4^m - 6^m$ , przy czym maksimum jasności wypadnie 22–23 lipca.

D. Scheicher i K. Eberhardi przeprowadzili 10–13 czerwca 2000 r. monitoring fotoelektryczny (z wąskopasmowymi filtrami kometarnymi) komety LINEAR za pomocą 1,1 m teleskopu Halla Uniwersytetu Lovella w Waszyngtonie i stwierdzili za ten okresauważalne zmiany w wydzielaniu gazów komety: 11 czerwca wydzielanie gazów z jądra komety wzrosła o 30–50% w porównaniu z poziomem ich w dniu 10 czerwca, a po upływie następnej doby, 12 czerwca, wydzielanie gazów stało się o 10% mniejsze niż 10 czerwca.

Zespół obserwatorów Teleskopu Hubble'a (HST), pod kierownictwem H. Weaver, stwierdził 5 lipca silne zwiększenie się strumienia promieniowania pochodzącego od komety, prawie 1,5-krotnie w ciągu 4 godzin — od  $18^h36^m$  do  $22^h33^m$ . Następnego dnia, 6 lipca, od  $17^h12^m$  do  $21^h20^m$  strumień promieniowania zmniejszył się trzykrotnie w porównaniu z maksymalną wielkością obserwowaną 5 lipca. A po upływie następnej doby, 7 lipca o  $23^h03^m$ , strumień promieniowania stał się siedmiokrotnie mniejszy niż 5 lipca. Lecz najbardziej interesujące okazało się dostrzeżenie na zobrazowaniach, uzyskanych 7 lipca za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a, wtórnego fragmentu, który oderwał się i znalazł się



Zdjęcie wykonane 25 lipca 2000 r. w Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym w Niepołomicach, za pomocą teleobiektywu PRACTICAR 5,6/500 aparatem Pentacon six TL, na negatywie Fuji 400 ISO. Czas naświetlania: 5 minut. Prowadzenie obiektywu automatyczne, za gwiazdami. Fot. Dominik Pasternak.

w odległości 460 km od jądra pierwotnego, podążając w przeciwniecznym kierunku. Oprócz tego — na tychże zobrazowaniach — zaobserwowano również wąski, jaskrawy promień plazmowy analogiczny do struktury występującej u komety Hyakutake (C/1999 B2) podczas jej rozbłysku pod koniec marca 1996 r. Obserwacje spektralne, prowadzone podówczas przez teleskop kosmiczny Hubble'a, wykazały obecność typowych emisji kometarnych: CO, C, C<sub>2</sub>, CS, H, O, OH, NH i — być może — S<sub>2</sub>. Prędkość wydzielania pary wodnej z jądra komety LINEAR osiągnęła 6 lipca wartość  $1,2 \times 10^{29}$  molekuł na sekundę, czyli o rzęd wielkości mniejszej niż w przypadku komety Halleya w 1986 roku i o dwa rzędy wielkości mniejszej niż w przypadku komety Hale'a-Boppa w 1997 r. Prędkość wydzielania molekuł CO z jądra komety LINEAR wynosiła 6 lipca  $5 \times 10^{26}$  mol/s, co wskazuje na silne zubożenie jądra komety LINEAR o ten lotny składnik w porównaniu z jego obfitością w jądrach komet: Halleya i Hale'a-Boppa.

K. Lisie, D. Kristian i L. Dennery wraz z kolegami zarejestrowali 14 lipca idący z komety LINEAR strumień promieniowania rentgenowskiego o wydajności  $6 \times 10^{14}$  erg/s. Uczeni ci sądzą, że promieniowanie rentgenowskie powstało w wyniku wymiany ładunków pomiędzy kometarnymi cząstkami neutralnymi a jonami wiatru słonecznego. Silna linia rentgenowska o energii 570 eV powstała dzięki wymianie ładunku między kometarną cząstką neutralną a sześciokrotnie zjonizowanym atomem tlenu OVII w wie-

trze słonecznym. Szereg innych linii rentgenowskich odnosił się do jonów NVI, NVII i in. Zauważono również, że strumień promieniowania rentgenowskiego od komety LINEAR zmieniał się prawie o rząd wielkości w ciągu kilku godzin obserwacji.

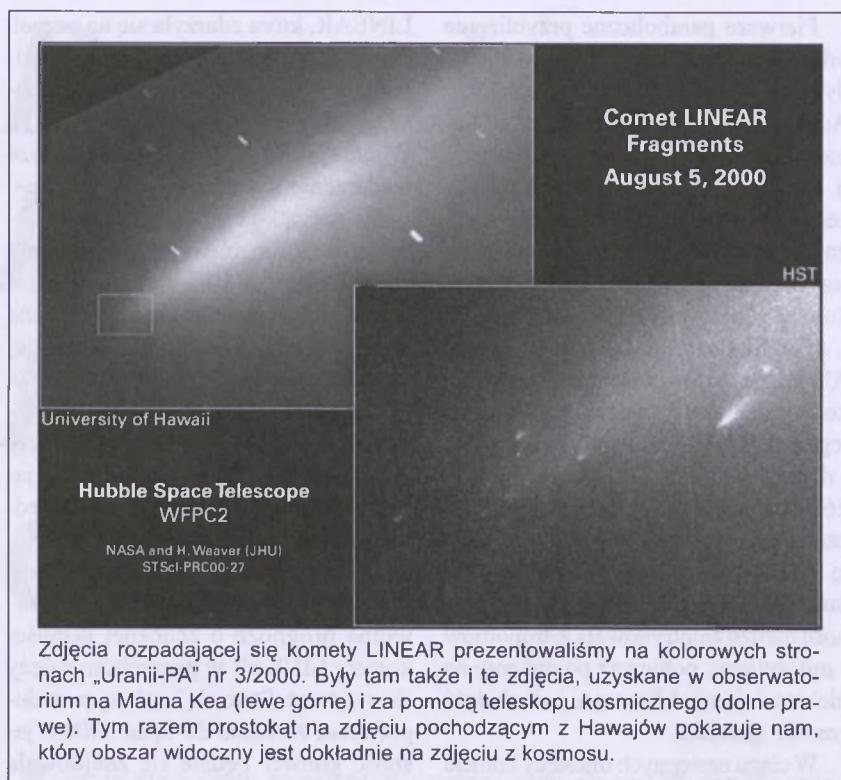
Wszystkie te obserwacje świadczyły o tym, że w lodowym jądrze zachodzą jakieś aktywne niestacjonarne procesy.

Autor starał się w trzeciej dekadzie lipca zobaczyć kometę LINEAR nieuzbrojonym okiem i mógł ją odszukać z wielkim jednak trudem, a obserwować ją w Kijowie — tylko za pomocą lornetki 7×50 w dniu 22,90 lipca ( $m_r = 6,4^m$ ) i 23,90 lipca ( $m_r = 6,3^m$ ). Obserwacje, wykonane przez innych obserwatorów (Bivier we Francji, Fiedotow w Charkowie, Baranskij w Pyłypowicach pod Kijowem, Kisłyj w Czechach i in.) w ciągu tych dni, kiedy kometa zbliżała się do peryhelium, też dowiodły, że jasność komety była nie mniejsza od  $m_r = 6^m$ , więc jest oczywiste, że nie osiągnęła ona przewidywanej, optymistycznej wielkości 3–4 $m$ . Z kometą działało się coś niezwykłego.

Aktywność komety na początku lipca (w nocy z 5 na 6 lipca obserwatorzy zauważali niewielki rozbłysk komety) pozwalała się spodziewać, że w pobliżu peryhelium jasność komety LINEAR może jednak osiągnąć  $m_r = 4–5^m$ . I rzeczywiście — po tym rozbłysku pojaśnienie komety utrzymywało się jeszcze przez kilka dni, jednakże w połowie lipca większość obserwatorów odnotowała raptowne spowolnienie narastania jasności komety, po czym stało się oczywiste, że jest wątpliwe, czy kometa osiągnie jasność  $m_r < 6^m$  i dlatego nie będzie widoczna nieuzbrojonym okiem.

Główne wydarzenia przypadły na trzecią dekadę lipca 2000 r. W okresie od 21 do 24 lipca za pomocą radiointerferometru BIMA (Berkley-Illinois-Maryland Association) uczeni odkryli emisywne linie radiowe HCN. Gazowy strumień tej molekuły z jądra komety LINEAR stanowił kilka procent strumienia gazowego tejże molekuły z jądra komety Hale'a-Boppa.

Obserwacje spektralne unikatowej komety LINEAR (C/1999 S4) zostały przeprowadzone zgodnie z programem zaproponowanym przez autora Komisji d/s 6 m Teleskopu SAO RAN oraz kierownictwu Szemachińskiego Obserwa-



Zdjęcia rozpadającej się komety LINEAR prezentowaliśmy na kolorowych stronach „Uranii-PA” nr 3/2000. Były tam także i te zdjęcia, uzyskane w obserwatorium na Mauna Kea (lewe górnego) i za pomocą teleskopu kosmicznego (dolne prawe). Tym razem prostokąt na zdjęciu pochodzący z Hawajów pokazuje nam, który obszar widoczny jest dokładnie na zdjęciu z kosmosu.

torium Astronomicznego w Azerbejdżanie, w lipcu i sierpniu 2000 r., w okresie wzrostu w jej jądrze aktywnego procesu, który doprowadził do niezwykłej fragmentacji tego lodowego jądra. Widma zostały uzyskane 21.07.2000 o 19<sup>h</sup>36<sup>m</sup>, 22.07.2000 o 18<sup>h</sup>40<sup>m</sup> i 23.07.2000 o 19<sup>h</sup>10<sup>m</sup> UT za pomocą spektrogrału coudé ze schodkową siatką dyfrakcyjną i kamerą CCD zainstalowanego na 2 m reflektorze Zeissa SzOA AAN, na górze Pirkuli. Czas ekspozycji — ok. 1 godz. Spektralna rozdzielnica sięgała 40000, a dyspersja — 4 Å/mm. Widmo dyfrakcyjne, otrzymane w ciągu jednej ekspozycji, składa się z 40 rzędów obejmujących obszar widmowy 4400–7000 Å. Błąd fotometryczny wynosi ~5–10%, a dokładność określenia położenia linii za pomocą widma odniesienia wynosi ~0,5 km/s (<0,01 Å). W charakterze widma porównania użyto widmo dziennego nieba. Rozmiary kamery CCD wynoszą 530×580 pikseli. Stosunek sygnału do szumu S/N ≈ 25 dla 21.07, S/N ≈ 30 dla 22.07 i S/N ≈ 40 dla 23.07. Porównanie widm wskazuje na zauważalną zmienność intensywności w poszczególnych spektrogramach. Dobrze np. są widoczne zmiany w promieniowaniu dla molekuł NH<sub>2</sub> (pasmo emisyjne 0,9,0). Po upływie doby istotnie zmieniła się struktura rotacyjna pasma, której charakterystyczną osobliwością jest to, że „zapamiętuje”

ona warunki fizyczne, w jakich zaszedł rozpad macierzystej molekuły NH<sub>2</sub>. Oprócz tego intensywność pasma zmieniała się około 2–2,5-krotnie. Analogiczne zmiany są charakterystyczne dla pasma C<sub>2</sub> (0–2) i dla innych linii emisyjnych, co zapewne jest związane z aktywnym, erupcyjnym procesem w jądrze komety, który zachodził podczas danego okresu obserwacyjnego. Prze prowadzono szczegółową identyfikację linii emisyjnych w 14 obszarach spektralnych widma komety LINEAR, która wskazała na obecność szeregu niezidentyfikowanych linii emisyjnych, związanych być może z nieznanymi, krótko żyjącymi składnikami, które pojawiły się atmosferze komety w wyniku rozpadu jej jądra.

Obserwacje i opracowanie uzyskanych widm przeprowadzili: K. I. Czurumow, A. S. Gulijew, A. Ch. Rzajew, Ch. M. Michajłow i W. W. Kleszczenok.

M. Kidler obserwował komety 23, 24 i 25 lipca za pomocą szerokopasmowych filtrów UBVRZ na 1 m teleskopie Kapteyna na Wyspach Kanaryjskich i zauważał, że obraz kondensacji centralnej w dniach 23 i 24 lipca miał kształt „łzy”, a jasność komety w ciągu doby od lipca 23,9 do 24,9 UT zmniejszyła się trzykrotnie. W dniu 07.25,9 UT kondensacja rozciągnęła się na długość 15° w kącie pozycyjnym 15°. Po upływie doby 26,9 lipca długość kondensacji

osiągnęła 30", a 27,9 lipca — 45–50". Wieczorem 27 lipca w kondensacji nie było lokalnego piku jasności, który wskazywałby na obecność „podjądra". Prędkość rozszerzania się kondensacji wynosiła ~40 m/s, co wskazywało, że składa się ona ze stałych, a nie gazowych częstek. Warkocz gazowy praktycznie zanikł między 23 a 24 lipca. Szereg zobrazowań CCD komety LINEAR przed momentem rozpadu jądra uzyskał T. W. Kriaczko w Kazańskiej Stacji Astronomicznej na Górze Pastuchowej. Na zobrazowaniu otrzymanym 23 lipca dobrze było widoczne wydłużenie wokół jądrowego zgęstka komety w kierunku prostopadłym do osi warkocza.

J. Licandro z kolegami z Centrum Galileusza zauważali na zobrazowaniach otrzymanych za pomocą Teleskopu Narodowego Gallileo na Wyspach Kanaryjskich w dniach 26,9 i 27,9 lipca, że wewnętrzna koma zaczęła raptownie wydłużać się w warkocz. W tym czasie kometa nie miała już wyraźnej kondensacji centralnej.

A. Filippienko z kolegami obserwował 28 lipca widma komety LINEAR za pomocą 3 m teleskopu Shane'a Obserwatorium Licka i nie dostrzegł na nich ani jednej linii emisijnej pochodzącej od komety — w porównaniu z widmami otrzymanymi 27 czerwca i 6 lipca. Nie było nawet śladów zazwyczaj jasnej linii emisijnej 388 nm CN.

Obserwowano tylko intensywne, odbite widmo słoneczne. Morfologiczną osobliwością komety w tym dniu była nieobecność zwykle widocznej głowy, która zawsze jest jaśniejsza od wychodzącego z niej warkocza.

Jedna z ostatnich wizualnych ocen jasności całkowitej, wkrótce mającej już „umrzeć" komety, była dokonana przez: M. Lehki w Czechach (lipiec 31,85 UT,  $m_1 = 7,7^m$ ), U. Hesubick w Niemczech (sierpień 1,85 UT,  $m_1 = 8,5^m$ ), D. Sargent w Australii (sierpień 2,35 UT,  $m_1 = 9,0^m$ ).

Za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a i Bardzo Dużego Teleskopu VLT Obserwatorium ESA w Chile — jak to ogłosili: H. Weaver i R. West w imieniu dużej grupy obserwatorów — były uzyskane ostatnie zobrazowania komety LINEAR. Na tych zobrazowaniach (otrzymanych za pomocą HST w sierpniu 5,167–5,396 UT; a za pomocą VLT na górze Paranal — w sierpniu 6,978–9,999 UT) jest wi-

doczne ponad dziesięć wtórnych fragmentów rozlatujących się w różne strony. Ponieważ obserwacje wykonano w odstępie 1,5 doby, to na zobrazowaniach VLT brak jest jasnego fragmentu, dobrze widocznego na zdjęciach HST. Zdjęcia te dobrze demonstrują katastrofalny wybuch, jaki zdarzył się w jądrze lodowym komety LINEAR, kiedy zbliżała się ona do perihelium. Zaś ostatnia obserwacja „ginącej" komety była przeprowadzona za pomocą HST w sierpniu 9,976–9,996 UT. Na tym ostatnim zdjęciu sfotografowano dwa fragmenty: jeden 24 wielkości w pasmie  $R$ , drugi całkowicie nieaktywny fragment o średnicy 100 metrów i jasności 25,9 wielkości w pasmie  $R$ . Następnie wszystko, co pozostało po kometie LINEAR — zagęszczenie pyłu i gazu — nadal porusza się jeszcze po orbicie macierzystej w postaci roju meteoroidów. Lecz zgęszczenia te nie mogą być obserwowane nawet za pomocą HST i VLT.

### *Jaka była przyczyna fizyczna rozpadu jądra lodowego komety LINEAR?*

U wielu komet, w których obserwano rozpad pierwotnego jądra na kilka wtórnych jąder, następował on pod działaniem sił pływowych. Do nich należy, na przykład, kometa Brooksa 2 (16P) i Shoemaker-Levy 9, które rozpadły się pod działaniem sił pływowych ze strony Jowisza, ponieważ obie te komety przechodziły przez strefę Roche'a dla Jowisza. Kometa Brooksa 2 rozpadła się na 6 fragmentów w sąsiedztwie Jowisza, z których pięć uległo wkrótce całkowitej dezintegracji, zaś jeden — fragment A — wciąż jeszcze zawiera lotne substancje i bywa obserwowany do dziś (obserwowano go podczas 15 pojawiń). Kometa Shoemaker-Levy 9 rozpadła się pod działaniem sił pływowych na 23 fragmenty, które zostały zniszczone podczas zderzenia z Jowiszem w 1994 r.

Przyczyną rozpadu komety LINEAR jest — być może — zderzenie jej jądra lodowego z meteoroidem lub z rojem meteoroidów, chociaż prawdopodobieństwo takiego zdarzenia jest skrajnie małe.

Niewątpliwie do rozpadu jądra komety LINEAR przyczynił się wysoki poziom aktywności słonecznej — rozpad nastąpił w czasie bliskiej fazy mak-

simum 23 cyklu aktywności Słońca. I najprawdopodobniej rozpad jądra komety został zainicjowany silnym wyrzutem materii koronalnej (tzw. *transient*) 14 lipca 2000 r., który zarejestrował satelita SOHO. W wyniku oddziaływania plazmy korony słonecznej na lód kometarny zaszła elektroliza lodu zgodnie z mechanizmem zaproponowanym przez prof. E. M. Drobyszewskiego z St. Petersburga. W wyniku tej elektrolizy w warstwach powierzchniowych komety LINEAR utworzyła się wybuchowa mieszanka piorunująca  $H_2O_2$ , która eksplodowała podczas kolejnego oddziaływania na nią *transient* (zaś *transienty* podczas maksimum aktywności Słońca są generowane w jego koronie średnio co 3–5 dni).

Nie jest też wykluczone, że wybuch zdarzył się z powodu istotnego przegrzania się jądra lodowego komety, kiedy zbliżyła się do Słońca na odległość 0,76 j. a. Przegrzanie doprowadziło do powstania w jądrze lodowym licznych mikroszczelin, a następnie do wybuchowego uwolnienia się gazów z jego wnętrza. Analogiczne zjawisko obserwuje się niekiedy w pobliżu brzegów Antarktydy lub w Arktyce w przypadku gór lodowych, które mogą czasami rozlatywać się z ogłuszającym hukiem podczas wybuchu na oczach zdziwionych załóg przepływających obok statków.

Znany kometolog Zdenek Sekanina z Jet Propulsion Laboratory (USA) uważa, iż znaczne niegravitacyjne siły działające na jądro komety LINEAR, odkryte przez Marsdena, potwierdzają wysuniętą wcześniej przez Sekaninę hipotezę, że kometa LINEAR stanowi fragment bardziej masywnej komety, biegącej w dalekiej przeszłości po takiej samej orbicie i — być może — kilkaset lat temu przechodzącej przez perihelium swojej orbity. A takie pozostałości mają, zgodnie z Sekaniną, tendencję do niespodziewanej dezintegracji, jak się to stało z kometą LINEAR w lipcu–sierpniu 2000 r.

*Z rosyjskiego przełożył T. Z. Dworak*

*Dr Klim I. Czurumow jest astronomem w obserwatorium w Kijowie, którego głównym zainteresowaniem badawczym są komety i asteroidy. Planetka nr 2627 nosi jego nazwisko.*

# Teledetekcja satelitarna, czyli *Ziemia widziana z Kosmosu*

**Z**obrazowania i zdjęcia satelitarne Ziemi, które początkowo były ubocznym niejako efektem rozwoju astronautyki i eksploracji planet Układu Słonecznego, służące najpierw celom szeroko pojętej meteorologii, zyskały sobie należne miejsce w poznawaniu środowiska przyrodniczego dzięki nie tylko lotom załogowym, lecz głównie dzięki umieszczeniu na orbicie 30 lat temu pierwszego tzw. satelity środowiskowego ERTS. Od tej pory na orbitach okoziemskich znalazło się wiele podobnych satelitów, które przedstawiamy w ramce.

Zdjęcia i zobrazowania satelitarne pozwoliły zobaczyć Ziemię z Kosmosu jako ciało astronomiczne — jedną z planet Układu Słonecznego. Są one niezwykle użyteczne w wielu dziedzinach działalności

człowieka: geologii, geomorfologii, geofizyce, hydrologii, meteorologii, rolnictwie i leśnictwie, a także w archeologii — i oczywiście w szeroko rozumianej ochronie oraz monitoringu środowiska geograficzno-przyrodniczego. Zobrazowania satelitarne są ponadto wykorzystywane jako materiał porównawczy w słynnej problematyce SETI — poszukiwania życia i cywilizacji pozaziemskich. Okazało się też, iż interpretacja zobrazowań Ziemi jest o wiele trudniejsza niż w przypadku analogicznych zdjęć powierzchni innych planet i ich księżyć, ze względu na bardzo urozmaiconą rzeźbę terenu, pokrycie powierzchni naszego globu różnorodną roślinnością oraz działalność człowieka.

Spośród licznych zastosowań zobrazowania satelitarne przyczyniły się rów-

Satelity amerykańskie serii LANDSAT  
(dawniej ERTS, obecnie – LANDSAT TM)

Satelity francuskie serii SPOT

Satelity rosyjskie (dawniej radzieckie) serii Meteor-Priroda i Kosmos

Satelita komercyjny IKONOS

Satelity środowiskowe krążą wokół Ziemi na tzw. heliosynchronicznych orbitach biegunowych (tzn. płaszczyzna orbity satelity jest niemal prostopadła do płaszczyzny równika Ziemi), na wysokości kilkuset kilometrów (od 200 km dla satelity Kosmos do ponad 900 dla satelity LANDSAT), wykonując bądź skannerowe, wielospektralne, (czyli w różnych przedziałach widmowych) zobrazowania powierzchni Ziemi, bądź klasyczne zdjęcia fotograficzne (jak w przypadku serii Kosmos) o zdolności rozdzielczej od ok. 80 m (LANDSAT) do 1 m (IKONOS).

nież do rozpoznania stanu środowiska atmosferycznego będącego pod wpływem czynników antropogenicznych. Dymy — emitowane do atmosfery przez różne zakłady przemysłowe, huty, elektrownie i elektrociepłownie — zawierające różnego rodzaju pyły i gazy, są doskonale widoczne na wielospektralnych zobrazowaniach i zdjęciach satelitarnych. Radiometryczne zobrazowania skanerowe oraz klasyczne zdjęcia fotograficzne otrzymywane z przestrzeni okoziemskiej mogą być interpretowane nie tylko do celów naukowych i technicznych, lecz przede wszystkim — mogą stanowić dowody rzeczowe w podejmowaniu życiowo ważnych decyzji w celu ochrony zdrowia ludności oraz stanu środowiska przyrodniczego, w tym oceny jakości powietrza w aglomeracjach miejsko-przemysłowych. Poglądowość takich zdjęć stanowi argument nie do odparcia: na zobrazowaniach satelitarnych o dużej zdolności rozdzielczej (20–50 m) można identyfikować poszczególne emitory odpowiedzialne za wysyłanie do atmosfery ładunków pyłowych (oraz gazowych) zanieczyszczeń w postaci pióropuszy dymów monstrualnej niekiedy wielkości i zasięgu.

Dla celów jakościowej (morfologicznej) interpretacji zobrazowań oraz zdjęć satelitarnych (tzn. identyfikacji, klasyfikacji i jakościowej oceny parametrów struktur widocznych na tych zobrazowaniach) są wykorzystywane zarówno transparenty, jak i odbitki czarno-białe. Możliwe jest też tworzenie kompozycji barwnych w kolorach umownych przez nałożenie na siebie obrazów uzyskanych w różnych kanałach widmowych, stosując odpowiednie filtry: zielony, niebieski i czerwony.

Znakomita większość interpretacji zobrazowań satelitarnych dotyczy struktur powierzchniowych i geologicznych. W pewnych przypadkach jednak na obraz powierzchni Ziemi rzucają się „obiekty” znajdujące się również w atmosferze: obłoki, dymy i pyły pochodzenia zarówno naturalnego (wybuchy wulkanów, burze piaskowe, pożary lasów), jak i przemysłowego, a także np. smugi kondensacyjne pozostawiane przez samoloty odrzutowe. W centrum uwagi autora znalazły się odwzorowane, w momencie obserwacji, na zobrazowaniach dymy i pyły przemysłowe.

Doświadczenia zebrane z badań nad rozprzestrzenianiem się bądź zaleganiem (w zależności od warunków me-

Po dopasowaniu danego zobrazowania satelitarnego do mapy obserwowanego terenu można określić następujące parametry pyłowych zanieczyszczeń przemysłowych, rozprzestrzeniających się w przyziemnych warstwach atmosfery:

- położenie (identyfikacja i lokalizacja) smug dymowych, stożków propagacji lub warstw pyłów;
- zasięg, kierunek i charakter rozprzestrzeniania się smug dymowych i stożków propagacji;
- kąt rozwarcia stożka propagacji;
- powierzchnię przesłanianą przez stożek propagacji lub warstwy pyłów;
- powierzchnię obszaru opadu pyłu na pokrywę śnieżną (w przypadku tzw. zobrazowań zimowych);
- wyniesienie rozprzestrzeniających się smug dymowych bądź stożków propagacji nad poziom terenu;
- zależność zasięgu od kąta rozwarcia stożka propagacji;
- rejon maksymalnych koncentracji zanieczyszczeń przemysłowych atmosfery;
- stopień zanikania stożka propagacji lub smugi dymowej;
- względową zawartość (ocenianą ze zmian fototonu zobrazowania) pyłów w przemysłowych zanieczyszczeniach powietrza.

teorologicznych i orograficznych) pyłowych zanieczyszczeń atmosfery widocznych na zobrazowaniach i zdjęciach satelitarnych Polski pozwoliły na usystematyzowanie oraz uogólnienie postępowania podczas interpretacji materiałów kosmicznej teledetekcji Ziemi.

Stosując morfologiczną metodę interpretacji można — posługując się wielospektralnymi zobrazowaniami i zdjęciami satelitarnymi — określić jakościowo, a częściowo również ilościowo, parametry smug dymowych i tzw. stożków propagacji. Smugą dymową nazywa się wąski pióropusz przemysłowych zanieczyszczeń pyłowych wysyłanych przez emitorkę punktową (pojedynczy) i rozprzestrzeniających się ruchem laminarnym (spokojnym). Natomiast stożkiem propagacji określa się obszar objęty z reguły turbulencyjnym (zaburzonym) rozprzestrzenianiem się dymów przemysłowych wysyłanych najczęściej przez emitorkę grupową. W przypadku występowania ciszy, czyli bezwietrznej pogody, mamy przeważnie do czynienia z „rozlewaniem się” zanieczyszczeń, tj. z mniej więcej jednorodnymi warstwami pyłów pochodzących z przemysłowego.

Wymienione w ramce parametry propagacji dymów i pyłów są oceniane w zależności od warunków meteorologicznych (głównie prędkości i kierunku wiatru), orograficznych, jak również od odległości od emitorki (komina). Oprócz tego na zobrazowaniach satelitarnych można określić linie prądu w dolnej troposferze oraz skręt wiatru

z wysokością nad poziomem terenu.

Zasięg, kierunek rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń przemysłowych, a także kąt rozwarcia stożka propagacji i wielkość przesłanianej przez niego powierzchni (jak również wielkość powierzchni opadu pyłu na pokrywę śnieżną) można wyznaczać wprost na zobrazowaniu satelitarnym lub na szkicu interpretacyjnym (mapie topograficznej). Chociaż na zobrazowaniach i zdjęciach satelitarnych są widoczne tylko pyłowe zanieczyszczenia, to nie ulega wątpliwości, że w dymach są również zawarte gazy, które mogą się rozprzestrzeniać w atmosferze na jeszcze większe odległości — ponad 100 km.

Jako przykład zamieszczamy (wkł. I) złożone zobrazowanie satelitarne, w barwach umownych, okolic Krakowa z satelitów: LANDSAT TM (1992) i SPOT (1994). Wyraźnie widoczny jest stożek propagacji dymów rozprzestrzeniających się z Kombinatu w Nowej Hucie nad zabytkowym, średniowiecznym śródmieściem Krakowa, a dalej — doliną Wisły przez Bramę Krakowską. Powiększony fragment obejmuje Nową Hutę i Kraków aż poza Lasek Wolski.

Zobrazowanie opublikowane w „Komputerowym atlasie województwa krakowskiego” zostało udostępnione dzięki uprzejmości dra inż. Krystiana Pyki.

*Profesor Tadeusz Zbigniew Dworak, z wykształcenia astronom, pracuje w Katedrze Inżynierii i Ochrony Środowiska Krakowskiej Akademii Górnictwa-Hutniczej.*

# Dane nam było Słońca zaćmienie... w sercu czarnej Afryki

21 czerwca 2001 roku, w dniu prze-silnia letniego, miało być pierwsze w tym Tysiącleciu całkowite zaćmienie Słońca. Jego „łądowa” część przebiegać miała przez Angolę, Zambię, Zimbabwe, Mozambik aż po Madagaskar. Wielu polskich pasjonatów zaćmień już od 2 lat, od „europejskiego” zaćmienia w 1999 roku, przygotowywało się do nowej ekspedycji i spotkania z tym przepięknym zjawiskiem, jego magicznym przebiegiem i nastrojem. Przygotowywać się też postanowił rząd Angoli. Zdecydował wykorzystać tę okazję do szerokiej akcji edukacyjnej i chyba złagodzenia nastrojów w kraju trawionym od ćwierć wieku wojną domową.

W lutym br. przybyła do Polski mała delegacja rządu Republiki Angoli z wice-ministrem Nauki i Technologii, profesorem Pedro Sebastiao Teta na czele. Profesor Pedro Teta kierował w Luandzie „Międzyresortowym Komitetem Zaćmienie Słońca 2001”. On sam edukację wyższą zdobywał w Rumunii, ale jego brat, profesor Janusz Teta, obecnie dziekan wydziału technologicznego Uniwersytetu Agostinho Neto w Luandzie, kształcił się na Politechnice Wrocławskiej, gdzie zdobył i magisterium, i doktorat. Na to, że w sprawach akcji edukacyjnej związanej z zaćmieniem, należy udać się po radę i pomoc do Uniwersytetu w Toruniu, gdzie jest słynne polskie Obserwatorium Astronomiczne, uwagę obu panom zwrócił polski przedsiębiorca z Bydgoszczy, pan Henryk Martenka. Minister Pedro Teta, po przyjeździe do Polski, spotkał się z władzami samorządowymi i gospodarczymi Pomorza i Kujaw, poprosił też o spotkanie z Rektorem Uniwersytetu Mikołaja Koper-

nika. Oczywiście Rektor przywiózł go do Piwnic, gdzie przez kilka godzin rozmawialiśmy nie tylko o ciałach niebieskich i zaćmieniu, ale również o szeroko rozumianej problematyce edukacji społeczeństw na różnych etapach rozwoju. Konkluzją tych rozmów było zaproszenie dwóch astronomów toruńskich do Angoli w celu wygłoszenia wykładów na specjalnym „zaćmieniowym” sympozjum organizowanym dla tamtejszych elit naukowych i intelektualnych przez wspomniany wyżej Komitet.

Zastanawialiśmy się później w gronie paru osób, co można by zaproponować kolegom angolskim — jakie wykłady, jakie eksperymenty na okres zaćmienia, jakie ewentualne formy bardziej długofalowej współpracy. Nasze rozważania ciągle pełne były wątpliwości — czy to warto, czy nasze wysiłki przyniosą jakieś rezultaty, czy nie będzie to zmarnowany wysiłek i... stracone pieniądze na kosztowną podróż. Wątpliwości potęgowały brak wystarczającej komunikacji z organizatorami Sympozjum, wiedza o katastrofalnym stanie gospodarki tego kraju, o szerzących się chorobach zakaźnych, o nie zakończonej wojnie domowej itp. Wspierała nas na duchu Polska Ambasada w Luandzie. I jej zdanie było chyba najważniejsze w nabraniu przez nas, choć ciągle chwiejnego, przekonania, że jednak powinniśmy tam pojechać.

Sympozjum planowane początkowo na koniec kwietnia zostało przesunięte na 18–19 czerwca br., czyli bezpośrednio przed zaćmieniem, co zwiększało jego atrakcyjność również i dla nas. Dowiedzieliśmy się o planowanym w nim udziale astronomów francuskich, austriackich, portugalskich, czeskich, słowackich i innych.

Anonsował swój przyjazd kosmonauta rumuński generał Dimitru D. Prunario i przewodniczący Komitetu Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej Rumuńskiej Akademii Nauk prof. Marius-Ioan Piso. Wiedzieliśmy też o udziale badaczy kultury ludów afrykańskich i ich wierzeń kosmologicznych.

O czym więc mówić na Czarnym Łądzie z okazji pierwszego od przeszło 70 lat całkowitego zaćmienia Słońca? O mechanizmie powstawania tego zjawiska? O Słońcu i jego naturze? O Układzie Planetarnym czy o otaczających nas gwiazdach i galaktykach? Na pewno chcieliśmy zaprezentować tam nasz ośrodek, Uniwersytet, miasto, no i Kopernika! Radioastronomia widzi (słyszy) inny świat niż astronomia promieniowania widzialnego, bo inne są procesy fizyczne, które dominują w tych dwóch zakresach widmowych i inne techniki odbioru tych tak różnych pasm długości fal. Może więc przedstawić tam główny zarys problematyki badań radiowych Wszechświata i zaćmienie Słońca na falach radiowych? A może przygotować i przeprowadzić eksperyment radiowy w czasie zaćmienia, które wcale nie będzie zaćmieniem całkowitym w tym zakresie długości fal?

Dopiero koniec maja, po wymianie listów z Ambasadorem Polski w Luandzie panem Andrzejem Braiterem i naklinającymi nas do wyjazdu zdaniach pana Henryka Martenki, polskiego przedsiębiorcy z Bydgoszczy, utrzymującego stosunki handlowe z Angolą, przyniósł przełom w naszych rozważaniach. Postanowiliśmy jechać. Zaczął się wyścig z czasem: rezerwacja lotów i bilety, szczepienia, przygotowanie alternatywnych



Luanda z lotu ptaka...

wykładów, materiałów i sprzętu do obserwacji tego zjawiska itd. Uniwersytet pożyczył „dewizy” na zakup naszych biletów, a panie z Działu Współpracy z Zagranicą znalazły stosowne połączenia i dokonały ich zakupu. My potulnie poddaliśmy się koniecznym szczepieniom: przeciw żółtej febrze, żółtaczce, dyfterytowi i tężcowi oraz przeprowadziliśmy konsultacje z Instytutem Chorób Tropikalnych w Gdyni, który zaopatrył nas w odpowiednie rady i leki.

A co my sami mamy robić w czasie tego niezwykłego zjawiska? Ustaliliśmy, że powinniśmy przede wszystkim je przesywać, obserwując zmiany w wyglądzie i „atmosferze” otoczenia oraz dokumentując samo zjawisko, fotografując je. W tym celu zaopatryliśmy się w odpowiednie obiektywy, filtry, aparaty fotograficzne, filmy i statwy. Ciężkie to wszystko było! A do tego ciężaru dodać

jeszcze trzeba całą dokumentację do wykładów! Oj, trzeba mieć niezłą tężzę fizyczną, aby uprawiać naukę!

\* \* \*

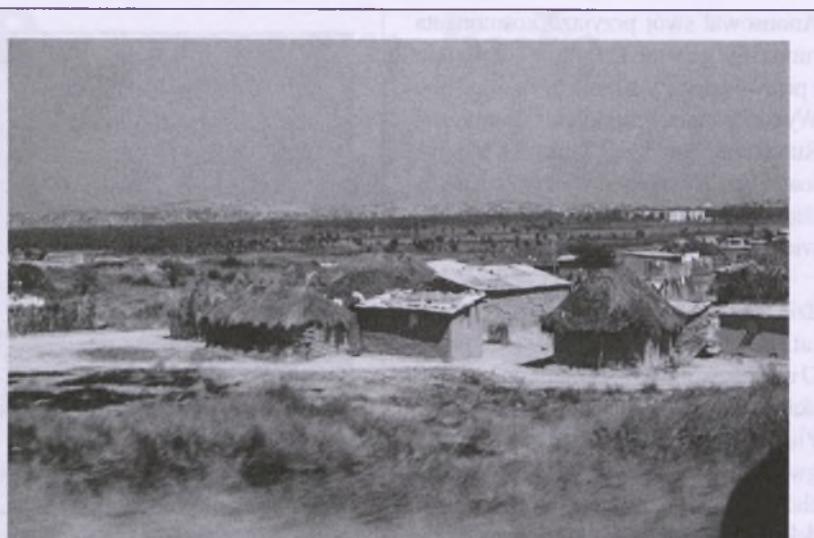
Z Torunia wyjechaliśmy samochodem o trzeciej rano, aby być w Warszawie przed szóstą. Z Warszawy lecieliśmy Sabeną do Brukseli, by ze stolicą Unii Europejskiej kontynuować lot do Luandy. W Brukseli spotkaliśmy się z panem Henrykiem Martenką, który cały czas był naszym towarzyszem podróży i przewodnikiem po Angoli — on sam leciał tam już jedenasty raz i dobrymi jego znajomymi byli różni angolscy ministrowie i gubernatorzy. Trasa wiodła nad Paryżem, nad okolicami Montpellier, Majorką, Algierią... Z wysokości jedenaście i pół tysiąca metrów rozpoznawaliśmy wybrzeże Afryki, Saharę z jej piaskami i górami. Później, gdzieś nad Nigerią i Kamerunem, wpadliśmy w tropikalną burzę, której czarne chmury klebiły się nawet powyżej naszego samolotu. Nad Gabonem lecieliśmy w pobliżu wybrzeża Zatoki Gwinejskiej i Oceanu Atlantyckiego. Zapadał zmrok. Bardzo szybko zrobiło się ciemno. Na niebie widzieliśmy gwiazdy i staraliśmy się rozpoznać gwiazdozbiory południowego nieba, a w dole świeciły światła licznych platform wydobywczych ropy naftowej. Nie spodziewaliśmy się, że jest ich tak dużo. Ta sceneria towarzyszyła nam aż do lądowania w Luandzie. Na naszych zegarkach była już godzina 20.30, ale w miejscowym czasie było to o godzinę wcześniej — taki sam czas, jak w Europie mają Brytyjczycy. Ale tu jesteśmy w środku zimy. Zimy tropikalnej. Na płycie lotniska temperatura była ok. 30 stopni Celsjusza.



...i z okien samochodu.

Na lotnisku czekał na nas Ambasador RP Pan Andrzej Braiter w towarzystwie przedstawicieli agencji turystycznej „Golden Africa”, która organizowała pobyt w Angoli gości „zaćmieniowych”, i... w towarzystwie ochrony. Po zainstalowaniu się w pobliskim 3-gwiazdkowym hotelu Forum, Ambasador zaprosił nas na krótką przejażdżkę po Luandzie i późną kolację na półwyspie zamkującym od strony oceanu zatokę, nad którą zlokalizowana jest stolica Angoli. W kawiarnianym ogródku na skraju pięknej plaży, w towarzystwie prof. J. Tety, mówiącego pięknie po polsku brata ministra, który nas zaprosił, jedliśmy smażone ośmiornice, krewetki i inne owoce morza i popijaliśmy lokalne trunki, słuchając pilnie rad na temat tego, na co powinniśmy zwracać uwagę, czego się wystrzegać, czego nie robić itp. W Angoli bowiem w dalszym ciągu trwa wojna domowa. Można się spodziewać ataków terrorystycznych, pospolitego bandytyzmu, min w buszu w pobliżu dróg itp. Dowiedzieliśmy się, że tu, w tym lokalu, naszego bezpieczeństwa strzegą: ochroniarz przydzielony nam przez tutejsze MSW, ochroniarz z Ambasadą Polskiej i ochroniarz tego lokalu. Na następny dzień przewidziano dla nas około południa lot z Luandy do Sumbe, stolicy prowincji Kwanta Su, w samym środku pasa zaćmienia całkowitego, gdzie będzie się odbywało sympozjum i gdzie staniemy się świadkami tego pięknego zjawiska.

Po kojącym śnie na wygodnym łóżku w klimatyzowanym apartamencie i hotelowym śniadaniu typu „szwedzkiego stołu” zdecydowaliśmy się na krótki spacer do odległego o paręset metrów uniwersytetu. Czujny ochroniarz natychmiast do nas dołączył i nie odstępował nawet o krok. Uchronił nas przed natarczywością ulicznych sprzedawców różnych dóbr i żebrawców w różnym wieku. W jego towarzystwie odwiedziliśmy biura Międzyresortowej Komisji Zaćmienie 2001. Widzieliśmy tam duże ilości druków, plakatów różnego formatu i broszurek informacyjnych, wyjaśniających zjawisko zaćmienia i sposób jego obserwacji, przygotowanych do wysyłki do różnych prowincji. Próbowaliśmy też wysłać list elektroniczny do Polski — niestety, bezskutecznie. Po powrocie do hotelu zastaliśmy już czekających na nas opiekunów (2 godziny przed zapowiedzianym terminem), którzy mieli za zadanie zanieść nas na lotnisko, skąd mie-



Wioska w okolicy Sumbe.

liśmy się udać do Sumbe, miejsca Sympozjum i naszych obserwacji zaćmienia.

Lecielibyśmy małym samolotem z nigeryjską załogą. Mógł on zabrać 6 pasażerów, ale lecielibyśmy w gronie 4 osób. Gdy wsiadaliśmy do samolotu, siedział tam już jeden pasażer, Angolczyk. Później okazało się, że jest to wicegubernator prowincji Kwanza Sul, do której lecielibyśmy, pułkownik artylerii wykształcony w ZSRR. Gubernatorem tej prowincji jest inny wojskowy, generał, który szlify żołnierskie też zdobywał w podmoskiewskiej akademii. Podobnie jest w innych prowincjach. Dzięki naszemu towarzyszowi podróży usłyszeliśmy w ciągu godzinnego lotu wiele ciekawych informacji o rozciągających się pod nami terenach i odbyłyśmy niski lot nad Sumbe i jego piękną plażą. On też sprawił, że po przylocie oczekiwaliśmy na załatwienie formalności lotniskowych i organizację naszego dalszego transportu w wygodnym i klimatyzowanym salonie dla VIP-ów. Dalsza nasza podróż odbywała się w konwoju samochodów, który otwierał i zamykał oddział uzbrojonych żołnierzy. Nasze zdziwienie i niepokój wzbudził fakt, że miasto Sumbe leżało na południe od drogi z lotniska, a my jechaliśmy gdzieś w nieznane, na północ. Droga, choć asfaltowa, prowadziła wśród afrykańskiego buszu, przed którym byliśmy poprzedniego dnia ostrzegani. Od czasu do czasu mijaliśmy siedliska ludzkie: szatasy lub tylko zadaszenia zbudowane z podręcznych materiałów i na terenie, który bardziej przypominał wysypisko śmieci niż podwórka domostw wiejskich.

Po 2 minutach sprawa się wyjaśniła. Dojechaliśmy do ośrodka Narodowego

Instytutu Przemysłu Naftowego, miejsca zakwaterowania i kształcenia przyszłych techników przemysłu wydobywczego ropy naftowej. To prawdziwe miasteczko składało się z kilkudziesięciu obiektów mieszczących sale dydaktyczne i sypialnie dla studentów, mieszkania dla kadry, zaplecze techniczne z własną elektrownią i wodociągami, ambulatorium, stołówkę w stylu amerykańskim i wielką salą konferencyjną na ok. 300 osób oraz boisko sportowe. Wszystko ładnie wkomponowane w bujną zieleń, ogrodzone i strzeżone przez wojsko. Nasze pokoje noclegowe były obszerne, czyste, klimatyzowane. Nawet nie potrzebowaliśmy zamkać ich na klucz.

To tu odbywało się dwudniowe sympozjum, na które zostaliśmy zaproszeni. Zastaliśmy na miejscu ekipy astronomów z Francji, Austrii, Portugalii, Czech, Słowacji, Rumunii. Później przybyli też Włosi i Belgowie. Wielka sala konferencyjna była wypełniona audytorium składającym się z tutejszej elity intelektualnej — był minister edukacji i profesorowie uniwersytetu z rektorem, nauczyciele — delegaci z różnych prowincji i wybrana młodzież Instytutu goszczącego „zaćmieniowych” gości. Podziwialiśmy biskupa diecezji Sumbe, który uczestniczył we wszystkich sesjach sympozjum i wszystko pilnie notował. Salę wyposażono w rzutnik komputerowy, magnetowid do projekcji i rzutnik pisma. Wykłady prowadzone były po angielsku lub francusku i tłumaczone na portugalski, który jest językiem oficjalnym w Angoli.

Konferencja została otworzona przez Ministra Edukacji i Kultury, dr Antonio Buritu da Silva, a po 2 dniach zamknięta

przez gubernatora prowincji Kuanza Sul, generała Higino Lopes Carneiro. Pierwszy dzień obrad zdominowany był przez referaty mówiące o istocie zjawiska zaćmienia i pozytkach astronomicznych wynikających z jego obserwacji. Astronomowie z Francji, Czech, Słowacji i Austrii mówili o obserwacjach zaćmień ostatniego dziesięciolecia. Dr Serge Koutchny z Instytutu Astrofizycznego w Paryżu przedstawił 2 interesujące filmy; jeden z zaćmienia z roku 1991 przechodzącego przez obserwatorium Mu Kea na Hawajach, a drugi z ostatniego zaćmienia 1999 roku, zrobiony przez jego ekspedycję zaćmieniową w Iranie. Pracownicy Uniwersytetu Agostinho Neto w Luandzie, Jaime Vilanga i Katia Prata, w referacie „Angola, um milenio de eclipses” zrobili przegląd byłych i przyszłych zaćmień Słońca w Angoli w latach 1500–2500. Ciekawymi były też referaty S. Koutchny’ego „Od astrologii do nowoczesnej astronomii” i dr Conceicao Legota z Paryża „O afrykańskiej astronomii i koncepcjach kosmogonicznych”. W drugim dniu obrad zabierali głos przedstawiciele Czech, Rumunii, Austrii, Francji, Portugalii i Polski. Ciekawe były referaty o obserwacjach zaćmień w przestrzeni kosmicznej dr Jean Pierre’a Delaboudiniere’a, z Instytutu Astrofizyki Kosmicznej w Orsay, generała Dumitru Dorin Prunario, kosmonauty rumuńskiego o jego locie w Kosmos i międzynarodowej współpracy w badaniach Kosmosu, dr Benharda Aringera z Instytutu Astronomicznego w Wiedniu o powstawaniu gwiazd i galaktyk. My przedstawiliśmy referaty o astronomii na



Stanowisko obserwacyjne astronomów francuskich.

Uniwersytecie Mikołaja Kopernika i o współczesnym Wszechświecie (A.W.) oraz o zaćmieniu Słońca w zakresie fal radiowych, X i gamma (A.K.). Po każdej sesji referatowej była ożywiona dyskusja, a między sesjami przerwa na kawę i ciasteczka. Sala zawsze była po brzegi napełniona słuchaczami, a niektórzy z nich, jeszcze długo po referatach, podchodziły do wykładowców, zadawali im pytania i prosili o wyjaśnienia.

Po sympozjum pozostał dzień do zaćmienia. Poszczególne ekipy miały czas na dopieszczenie swoich instalacji obserwacyjnych, wzajemną wymianę doświadczeń obserwacyjnych i zaprzyjaźnienie się. Najbardziej imponująco wyglądało stanowisko obserwacyjne Francuzów. Stanowiska Czechów i Słowaków leżały obok siebie, ale odgrodzone sznurkiem i każde z narodową flagą

na postawionym z tej okazji maszcie. My wyposażeni byliśmy w aparaty fotograficzne z długogniskowymi obiektywami i kamerę video. Na czas zaćmienia postanowiliśmy zająć stanowiska na boisku sportowym, leżącym na północnym skraju campusu, obok braci Słowaków i Czechów, z którymi bardzo się zaprzyjaźniliśmy.

Pierwsze całkowite zaćmienie Słońca w tym Tysiącleciu rozpoczęło się w czwartek 21 czerwca o godzinie 10 minut 35 i 55 sekund czasu uniwersalnego (UT) na powierzchni Oceanu Atlantycznego, około 400 km na wschód od Urugwaju. Cień Księżyca miał wtedy średnicę 127 km, a zaćmienie trwało tam 2 minuty i 6 sekund. Przez następne półtorej godziny cień pędził przez Atlantyk z szybkością ok. 0,5 km/s w kierunku zachodnich wybrzeży Afryki, stając się coraz większym. O godzinie 12 minut 03 i 41 sekund cień Księżyca osiągnął największy rozmiar ok. 200 km i zaćmienie trwało najdłużej, 4 minuty i 56 sekund. Księżyca znajdował się wtedy najbliżej Ziemi, środek jego cienia padał na oceanie, około 1100 km od wybrzeży Afryki.

Na wybrzeżach Angoli zaćmienie rozpoczęło się o 12.36 UT (13.36 czasu lokalnego) i trwało o 20 sekund krócej niż w momencie największego zbliżenia Księżyca do Ziemi. Prędkość przesuwania się cienia następnie rosła, a jego rozmiar malał i powoli skręcał na południowy wschód. Przechodził nad Namibią, Zambią i jej stolicą Lusaką (gdzie zaćmienie trwało 3 minuty i 14 sekund), Zimbabwe i Mozambikiem. O 13.20 UT zaćmienie dotarło do Oceanu Indyjskiego. Tu cień biegł już z szybkością 1,7 km/s



Przygotowania astronomów austriackich, włoskich i rumuńskich do obserwacji zaćmienia. W środku, w koszulce z rysunkiem na plecach i w czapczce, kosmonauta rumuński generał Prunero.

i po 8 minutach dotarł do Madagaskaru, gdzie zaćmienie trwało 2 minuty i 25 sekund. Po przejściu przez tę wyspę, o godzinie 13 minut 31 i 33 sekundy UT, na wodach okalającego ją Oceanu Indyjskiego cień Księżyca zniknął z powierzchni Ziemi. Zakończyło się zaćmienie, które trwało 2 godziny i 54 minuty. W tym czasie cień Księżyca przebiegł 12 tys. km i obejmował swym zasięgiem 0,3 procent powierzchni Ziemi.

W dzień zaćmienia wszyscy chodziliśmy bardzo skoncentrowani. Studenci goszczącego nas Instytutu mieli dzień wolny od nauki i z zainteresowaniem przyglądali się „czarom” wyczynianym przez astronomów nad ich aparaturą. Z uwagą obserwowali później (przez polskie okulary!) przebieg samego zjawiska i rozadowani, radosnym tańcem i śpiewem powitali pojawienie się na nowo blasku światła słonecznego.

Na długo przed początkiem zaćmienia byliśmy na swoich stanowiskach obserwacyjnych. Nieopodal stał w pełnym uzbrojeniu żołnierz. Sylwetki wielu żołnierzy widzieliśmy na okalających nas teren wzgórzach. To wszystko dla naszego bezpieczeństwa i bezpieczeństwa prezydenta republiki Angoli, który wraz z innymi dostojeznikami państwowymi, z tego campusu miał też obserwować zaćmienie. „Naszemu” żołnierzowi daлиśmy okulary (oczywiście polskie, dostarczone do Angoli przez firmę pana Martenki) do swobodnego patrzenia na Słońce, aby razem z innymi mógł uczestniczyć w tym wspaniałym spektaklu przyrody. Pogoda nie była najlepsza. W noce poprzedzające zaćmienie mieliśmy trudności w rozpoznawaniu gwiaz-

dzbiorów południowego nieba, bo widoczność była bardzo kiepska i wędrowała po niebie chmurą. W ciągu dnia chmury zwykle rozpraszały się przed południem i Słońce pięknie świeciło wysoko nad horyzontem. W dzień zaćmienia nocne chmury i poranne zamglenia rozeszły się wprawdzie już około 10.30, ale uważny obserwator mógł dostrzec

wokół Słońca delikatną „lisią czapę”. Znak to niewątpliwie, że atmosfera zawiera dużo pary wodnej, na cząsteczkach której rozprasza się promieniowanie słoneczne. Jak to wpłynie na słabą poświatę korony słonecznej, czy nie popsuje nam niezwykłego widowiska?

O godzinie 13.36 czasu lokalnego zaczęło Słońca ubywać. To wprost nieprawdopodobne — punktualnie zaczęło się coś, co dużo wcześniej zostało zapowiedziane! A więc jest zaćmienie! Styszeliśmy głosy zdziwienia i zarazem satysfakcji wśród otaczającej nas młodzieży. My sami zaczęliśmy fotografować kolejne fazy zjawiska, narzekając na niewygodną pozycję obserwatora, na małą stabilność statywów, na trudności utrzymania obrazu Słońca w polu widzenia aparatu itp. A wokół zmniejszało się oświetlenie. Rosła jakby groza sytuacji. Ptaki zaczynały okazywać zaniepokojenie. Nasz żołnierz też stał z nogi na nogę i „wiercił” się nie spokojnie. Młodzież ogarnęła wielka po-

waga i skupienie. Wyraźnie była zafascynowana tym wszystkim, co się wokół niej działa: zmienione, jakby coraz bardziej srebrzyste oświetlenie, coraz niższa temperatura, zapracowani astronomowie skoncentrowani na przedziwnym „tańcu” wokół swej aparatury, głośno odmierzany czas... Aż tu nagle piękny błysk, jak odblask światła na brylantowym oczku pierścionka! To początek drugiego kontaktu, początek fazy całkowitej zaćmienia i prawie natychmiast ukazuje się piękna, symetryczna świecąca otoczka. To korona słoneczna, którą tak pragnęliśmy ujrzeć. Nawet gołym okiem widać było przebiegające przez nią pomarańczowe protuberancje. Lornetka pozwalała jeszcze lepiej je dojrzeć, podziwiać kolorystykę i różnorodność. Ale my nie mieliśmy dużo czasu na podziwianie, musieliśmy przecież obsługiwać nasze aparaty, fotografować i starać się obserwować otoczenie, zachowanie zwierząt i ludzi. A co widać na niebie? Czy są gwiazdy? Wiedzieliśmy, że powinniśmy zobaczyć łatwo Wenus najbardziej na południowy zachód od Słońca. A bliżej naszej dziennej gwiazdy również Jowisza, Saturna, Merkurego i może Aldebarana i Betelgeuse. Trochę niżej nad horyzontem i bardziej na wschód powinien ukazać się nam Syriusz. Nasze zdziwienie wzbudziła odkryta nagle jasna gwiazda leżąca w kierunku na lewo od Słońca. Coż to jest? A no właśnie, to była Wenus, a po lewej naszej ręce, gdy patrzyliśmy na Słońce, był zachód, bo przecież byliśmy na południowej półkuli! Sami się przekonaliśmy o tym, jak łatwo się pomylić w stronach świata na nowym dla nas terytorium południowej półkuli. Nad horyzontem panowała mgła i nie dostrzegliśmy ani Syriusza,



Korona słoneczna, którą tak pragnęliśmy ujrzeć.  
Fot. Przemysław Guziński.



Wielkie bilbordy informujące o zaćmieniu były często obecne w pejzażu miast. Tu plakat na wyjściu z lotniska w Sumbe.

Procjona, Rigla, Betelgeuse, ani nawet Aldebarana leżącego między zidentyfikowanymi przez nas planetami. Bardzo szybko minął czas zaćmienia całkowitego, stanowczo za szybko się ono skończyło! Znowu błysk pereł Bailly'ego, korona gaśnie, tak jakby ktoś ją „wyłączył”. Jeszcze przez jakiś czas utrzymuje się biała szarość, by powoli się rozprasać i przybierać barwę ciepłego oświetlenia słonecznego. Młodzież bije brawa, śpiewa, tańczy. Zbiorowo i indywidualnie. Nasz przyjaciel, astronom z Tatrzaskiej Łomnicy, Lubomir Kłocok chwycił za przywieziony ze Słowacji flet i też odegrał swój hymn zwycięstwa i radości. Wszyscy się radowali. Astronomowie, już trochę odprężeni, dalej doglądały swych instrumentów. W tej atmosferze ogólnej fiesty przybył do nas prezydent Republiki Angoli Jose Eduardo dos Santos, w towarzystwie członków rządu i naszej Pani Ambasadorkowej. Wymieniliśmy z nim kilka słów, podziękowaliśmy za gościnę i pogratulowaliśmy idei sympozjum, dobrej jego organizacji i wykorzystania zaćmienia Słońca do tak szerokiej akcji edukacyjnej. On sam obserwował zaćmienie nieopodal, w naszym campusie, przy pomocy polskich okularów i chwalił ich jakość. Dziękowały też nam za przybycie i gotowość do dalszej współpracy w przyszłości. Ten niezwykły dzień zakończył się miłym przyjęciem w ogrodach gubernatora w Sumbe, przy obfitości jadła wszelkiego, muzyki i tańców. Szybko zapomnieliśmy, że gospodarza nie było w pałacu w oznaczonym w zaproszeniu czasie i musieliśmy prawie 2 godziny czekać na niego przed bramą. Był to



Radość młodzieży Instytutu Naftowego z pojawienia się na nowo blasku Słońca.

wspaniały, pełen bogatych wrażeń, dzień. Jego szczególny charakter był także, dla jednego z nas, prezentem urodzinowym, zafundowanym przez Naturę i organizatorów konferencji.

Byliśmy jedną z pierwszych grup, które następnego już dnia odjeżdżały do Luandy. Na lotnisku w Sumbe miłym zaskoczeniem było dla nas spotkanie Polaków, którzy tu, w pobliżu polskiej misji katolickiej, obserwowali zaćmienie. Byli to studenci Politechniki Poznańskiej, Przemysław Guziński, Michał Mierzejewski i Tomek Sołtysik, dzięki wsparciu „Gazety Poznańskiej” i kilku przyjaciół w Polsce i Angoli mogli zrealizować swe ambitne marzenie. Tak byli zafascynowani zaćmieniem Słońca w roku 1999, które obserwowali na Wegrzech, że postanowili zrobić wszystko, aby wędrować po świecie za kolejnymi zaćmieniami. Podziwialiśmy ich odwagę i samozaparcie, aby samodzielnie podróżować po Angoli. Jako

wyraz naszego uznania publikujemy właśnie ich zdjęcia zaćmienia w Angoli, a nie nasze. Pełna dokumentacja fotograficzna ich podróży znajduje się na ich stronie internetowej „[pguzin.civ.pl/angola](http://pguzin.civ.pl/angola)”.

W Luandzie znowu bylibyśmy w bardzo trudnej sytuacji, gdyby nie pomoc i opieka polskiej ambasady i osobiście ambasadora Andrzeja Braitera i jego małżonki. Dziękujemy im bardzo serdecznie i obiecujemy życzliwie o nich myśleć, zwłaszcza teraz w sierpniu, gdy spadają z nieba „gwiazdy” i spełniają ludzkie życzenia.

*Prof. Andrzej Kus jest specjalistą w dziedzinie radioastronomii i dyrektorem Centrum Astronomii UMK, a drugi współautor jest astrofizykiem, kierownikiem Katedry Astronomii i Astrofizyki tego Centrum.*

## INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2001 (6 zeszytów) kosztuje 36 zł (zagraniczna 50 zł). Cena pojedynczego zeszytu 7,50 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne  
BIG Bank Gdańsk S.A. o/Toruń  
Nr 11601612-6347-132

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii” i „Uranii-PA” udziela:

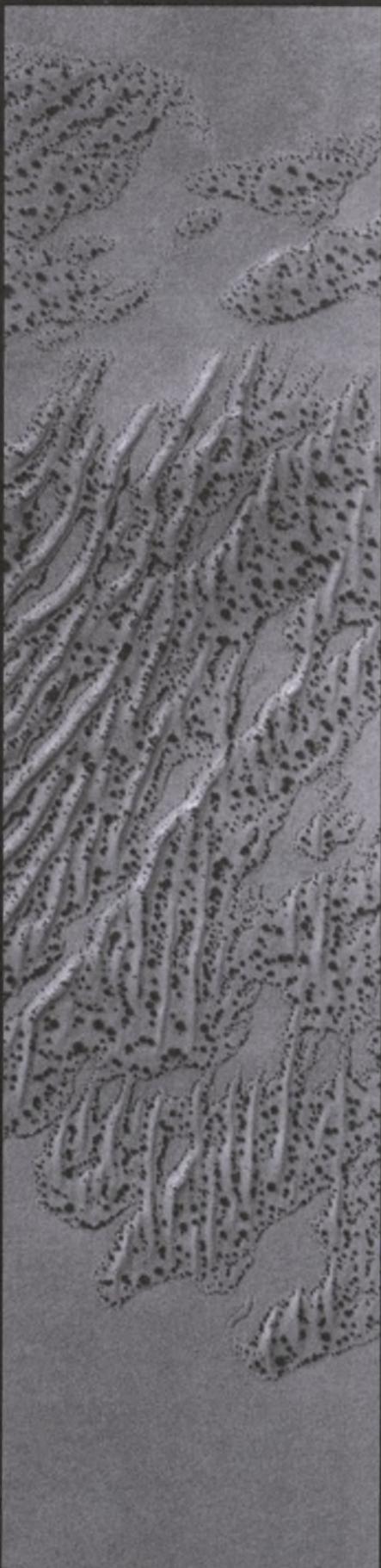
Karolina Wojtkowska  
Centrum Astronomii UMK  
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)  
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

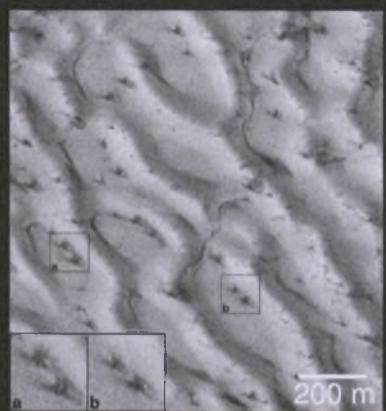


## Marsjańska odwilż

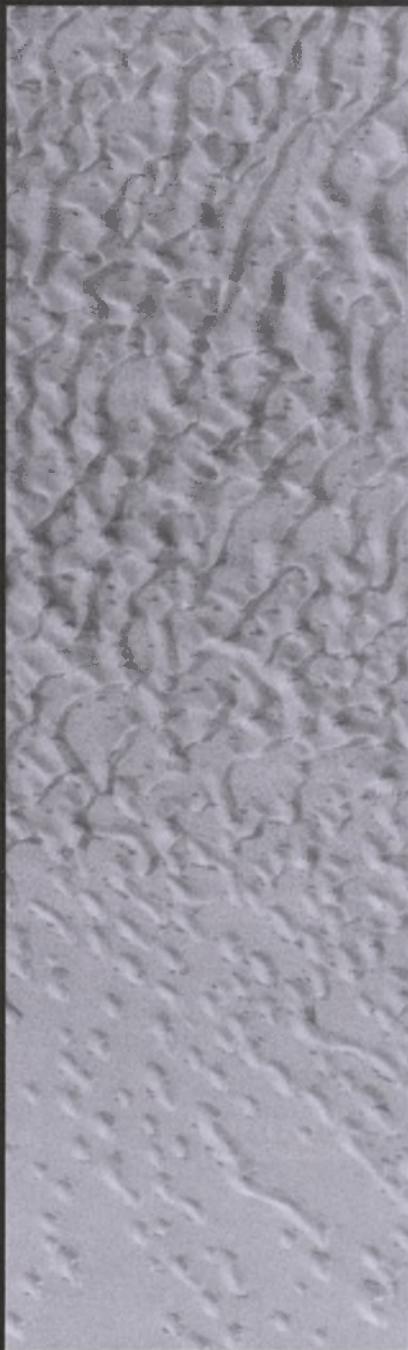
W ostatnich tygodniach znów uważniej przyglądałyśmy się Czerwonej Planecie, bowiem jej blask upiększał ciepłe letnie wieczory. Czerwowa opozycja zbiegła się niemal z dniem równonocy na Marsie — na jego południowej półkuli rozpoczęła się wiosna. Rosnące nasłonecznienie podbiegunowych obszarów wyzwala na powierzchni Marsa efektowne zmiany, które już od ponad trzech lat obserwuje sonda *Mars Global Surveyor* (MGS).



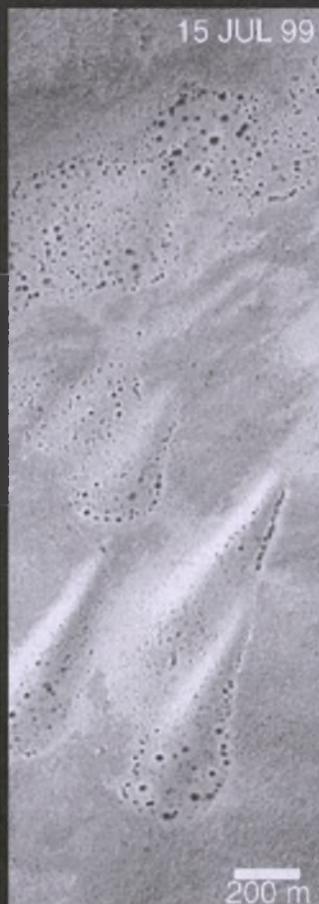
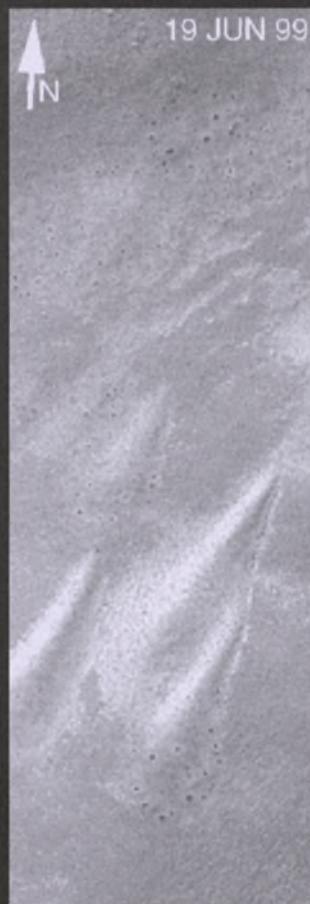
1. To zdjęcie uzyskano 8 czerwca br. Ukazuje ono obszar o rozmiarach 3 na 22 km i współrzędnych areograficznych  $62^{\circ}\text{S}$ ,  $155^{\circ}\text{W}$ . Na zboczach i u podstaw oszronionych wydm pojawiają się już charakterystyczne ciemne kropki. Choć to tylko efekt sublimacji lodu (zmrożonej pary wodnej i dwutlenku węgla), daje niezwykle sugestywne wrażenie — tak jakby po długiej marsjańskiej zimie budziła się do życia roślinność.



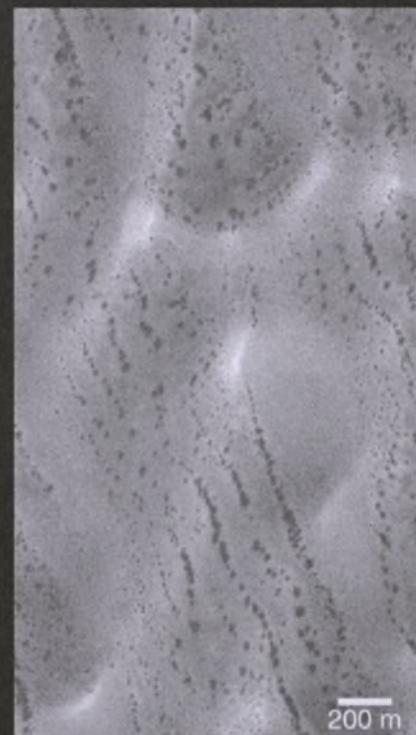
2. Gdy latem 1998 r. po raz pierwszy zaobserwowano ślady sublimacji, wydawało się, że proces ten może przebiegać nawet wybuchowo: czarne kropki przypominały kratery z promieniście rozechodzącymi się śladami eksplozji. Prezentowane zdjęcie (23 lipca 1998;  $77^{\circ}\text{N}$ ,  $271^{\circ}\text{W}$ ) świadczy jednak — zdaniem specjalistów — o tym, że za roznoszenie wyłaniającego się spod szronu ciemnego materiału (głównie pyłu) odpowiedzialny jest wiatr.



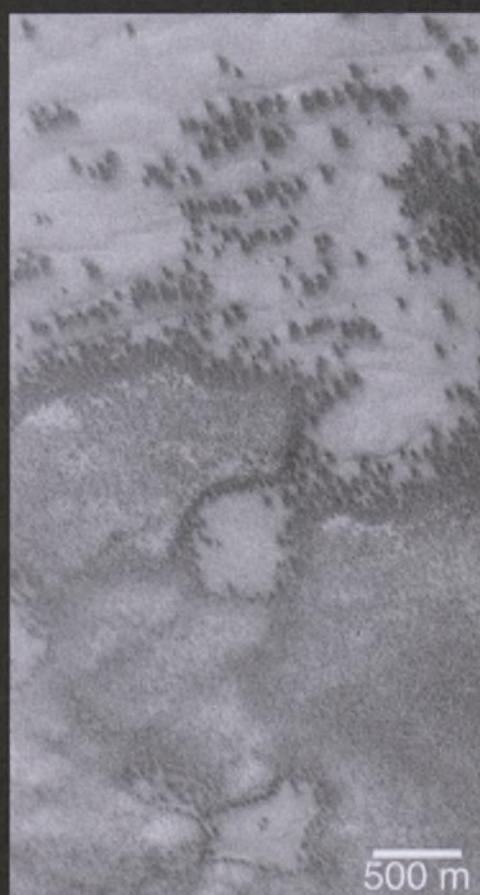
3. A tak zaczynała się wiosna na północnej półkuli Marsa (22 lipca 2000, obszar o rozmiarach 2,3 na 7,7 km i współrzędnych  $78^{\circ}\text{N}$ ,  $107^{\circ}\text{W}$ ).



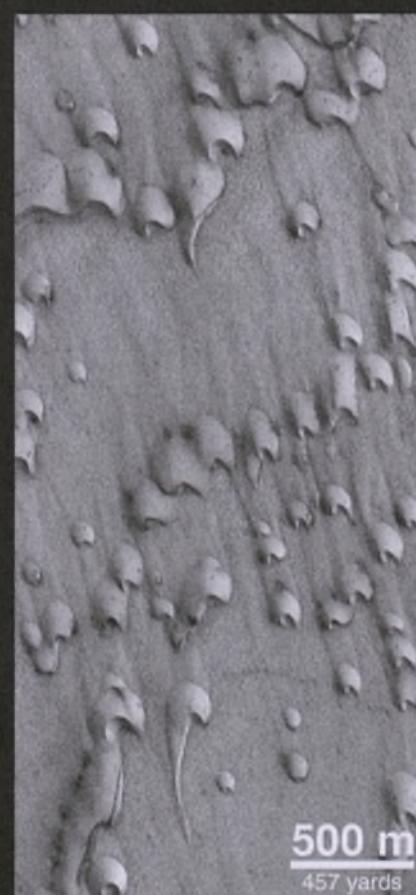
4. Jak może zmienić się wygląd fragmentu powierzchni Czerwonej Planety w ciągu niespełna miesiąca, pokazujące dwa obrazy ( $59^{\circ}\text{S}$ ,  $353^{\circ}\text{W}$ ).



5. To pole wydm w obszarze  $61^{\circ}\text{S}$ ,  $19^{\circ}\text{W}$  nazwano żartobliwie „śnieżnym lampartem”. Zdjęcie wykonano 1 lipca 1999 roku.



6. „To wygląda jak krzaki!” — zakrzyknęli uczeni z Malin Space Science Systems, oglądający po raz pierwszy to zdjęcie. Oczywiście wiedzieli już, że mogą się spodziewać kolejnej ilustracji marsjańskich „roztopów” — przed obiektywem kamery sondy MGS był bowiem obszar południowego bieguna, a właśnie nadciągała tam poprzednia wiosna (działo się to 21 lipca 1999 r.).



7. Wrzesień 1998 r. — wcześnie wiosna w Kanionie Północnym (*Chasma Boreale*) — kotlina dzielącej północną część polarną Marsa na dwie części. Prócz poznanych już wcześniej oznak sublimacji zwracają uwagę charakterystyczne formy rzeźby terenu: kształt wydm odzwierciedla dominujący kierunek wiatru i przenoszenia pyłu (na zdjęciu z góry na dół). (kr)

# UKŁADY PLANETARNE WOKÓŁ GWIAZD

Katalog znanych układów planetarnych zawierających planety o masach poniżej 13 mas Jowisza. Na podstawie *Extrasolar Planet Encyclopedia* — <http://www.obspm.fr/planets> (Jean Schneider, Observatoire de Paris) oraz *Masses and Orbital Characteristics of Extrasolar Planets* <http://exoplanets.org/index.html> (Geoff Marcy U.C. Berkeley and San Francisco State University i inni).

Lp	Gwiazda	Odległość	Typ widmowy	Jasność V	Amplituda prędkości radialnej K w m/s	Masa Msini w masach Jowisza (J) lub (Z) Ziemi	Półos wielka a (AU)	Okres w (d) dniach lub (l) latach	Ekscentryczność e
<b>UKŁADY PLANETARNE WOKÓŁ GWIAZD</b>									
1	HD 83443	43,54 pc	K0 V	8,23	57 14	0,35 J 0,16 J	0,038	2,9861 (d) 29,83 (d)	0,08 0,42
2	HD 16141	35,9 pc	G5 IV	6,78	10,8	0,215 J	0,35	75,82 (d)	0,28
3	HD168746	43,12 pc	G5	7,95	28	0,24 J	0,066	6,409 (d)	0,
4	HD 46375	33,4 pc	K1 IV	7,94	35,2	0,249 J	0,041	3,024 (d)	0,
5	HD108147	38,57 pc	F8/G0V	6,99	37	0,34 J	0,098	10,881(d)	0,558
6	HD 75289	28,94 pc	G0V	6,35	54	0,42 J	0,046	3,51 (d)	0,054
7	51 Peg	15,36 pc	G2IVa	5,49	55,2	0,47 J	0,05	4,2293(d)	0,0
8	BD -10 3166	—	G4 V	10,0	60,6	0,48 J	0,046	3,487 (d)	0,
9	HD 6434	40,32 pc	G3V	7,72	37	0,48 J	0,15	22,09 (d)	0,30
10	HD187123	49,92 pc	G5	7,79	72	0,52 J	0,042	3,097 (d)	0,03
11	HD209458	47 pc	G0V	7,65	82	0,69 J	0,045	3,5247(d)	0,0
12	v And	13,47 pc	F8V	4,63	70,2 58 70,4	0,71 J 2,11 J 4,61 J	0,059 0,83 2,50	4,6170 (d) 241,2 (d) 1266,6 (d)	0,034 0,18 0,41
13	HD192263	19,9 pc	K2V	8,1	68,2	0,76 J	0,15	23,87 (d)	0,03
14	47 UMa	14,08pc	G0V	5,03	11,1 49,3	0,76(J) 2,54(J)	3,73 2,09	2594(d) 1089(d)	0,1 0,06
15	ε Eridani	3 pc	K2V	3,73	19	0,86 J	3,3	2502,1 (d)	0,608
16	HD 38529	42 pc	G4	5,94	53,6	0,81 J	0,1293	14,41 (d)	0,280
17	HD179949	27 pc	F8V	6,254	112	0,84 J	0,045	3,093 (d)	0,05
18	55 Cnc	12,53 pc	G8V	5,95	75,8 > 5 J ?	0,84 J > 4	0,11 > 8 (l) ?	14,648 (d) —	0,051 —
19	HD 82943	27,46 pc	G0	6,54	34 46	0,88 J 1,63 J	0,73 1,16	221,6 444,6 (d)	0,54 0,41
20	HD121504	44,37 pc	G2V	7,54	45	0,89 J	0,32	64,6 (d)	0,13
21	HD 37124	33 pc	G4IV—V	7,68	48	1,04 J	0,585	155 (d)	0,19
22	HD130322	30 pc	K0III	8,04,	115	1,08 J	0,088	10,724 (d)	0,048
23	ρ CrB	17,43 pc	G0Va	5,4	61,3	1,1 J	0,23	39,645 (d)	0,028
24	HD 52265	28 pc	G0 V	6,30	45,4	1,13 J	0,49	118,96 (d)	0,29
25	HD177830	59 pc	K0	7,175	34	1,28 J	1,00	391 (d)	0,43
26	HD217107	19,72 pc	G8 IV	6,16	139,7	1,28 J	0,07	7,11 (d)	0,14
27	HD210277	21,29 pc	G0	6,63	39,1	1,28 J	1,097	437 (d)	0,45
28	HD 27442	18,1 pc	K2IVa	4,442	34	1,43 J	1,18	1,16 (l)	0,02
29	16 CygB	21,62 pc	G1,5Vb	6,2	50	1,5 J	1,70	804 (d)	0,67
30	HD 74156	64,56 pc	G0	7,61	108 121	1,56 J >7,5 J	0,276 4,47	51,61 (d) 2300,0 (d)	0,649 0,395
31	HD134987	25 pc	G5V	6,45	50,2	1,58 J	0,78	260 (d)	0,25
32	HD160691	15,2 pc	G3IV—V	5,15	54	1,97 J	1,65	743 (d)	0,62
33	HD 19994	22,38 pc	F8V	5,07	42	2,0 J	1,3	454 (d)	0,2
34	Gliese 876	4,70 pc	M4V	10,17	210 81	1,98 J 0,56 J	0,21 0,13	61,02 (d) 30,1 (d)	0,27 0,12
35	HD 92788	32,32 pc	G5	7,31	113	3,8 J	0,94	340 (d)	0,36

36	HD 8574	44,15 pc	F8	7,12	76	2,23 J	0,76	228,8 (d)	0,40
37	<i>i</i> Hor	~15,5 pc	G0Vpec,	5,4	80	2,26 J	0,925	320,1 (d)	0,161
38	HD 12661	37 pc	K0	7,44	89,1	2,83 J	0,789	264,5 (d)	0,33
39	HD169830	36,32 pc	F8V	5,90	83	2,96 J	0,823	230,4 (d)	0,34
40	14 Her	18,15 pc	K0V	6,67	70,4	3,3 J	2,5	1619 (d)	0,3537
41	HD 1237	17,62 pc	G6V	6,59	164	3,31 J	0,49	133,82(d)	0,505
42	HD 80606	58,38 pc	G5	9,06	414	3,41 J	0,439	111,78 (d)	0,927
43	HD 195019	37,36 pc	G3 IV—V	6,91	271	3,43 J	0,14	18,3 (d)	0,05
44	HD 213240	40,75 pc	G4IV	6,81	91	3,7 J	1,60	759 (d)	0,31
45	Gl 86	10,91 pc	K1V	6,17	379	4 J	0,11	15,78 (d)	0,046
46	t Boo	15,60 pc	F6IV	4,5	474	3,87 J	0,0462	3,3128 (d)	0,018
47	HD 50554	31,03 pc	F8	6,84	95	4,9 J	2,38	1279,0 (d)	0,42
48	HD 190228	62,11 pc	G5IV	7,30	96	4,99 J	2,31	1127 (d)	0,43
49	HD 168443	37,88 pc	G5	6,92	470 289	7,2 J 17,1 J	0,29 2,87	57,9 (d) 5,85 (y)	0,54 0,2
50	HD 222582	42 pc	G5	7,70	179,6	5,4 J	1,35	576 (d)	0,71
51	HD 28185	39,56 pc	G5	7,80	168	5,6 J	1,0	385 (d)	0,06
52	HD 178911	46,73 pc	G5	7,97	343	6,47 J	0,326	71,50 (d)	0,145
53	HD 10697	30 pc	G5IV	6,292	114	6,59 J	2,0	1083 (d)	0,12
54	70 Vir	18,11 pc	G4V	5,0	316,2	6,6 J	0,43	116,6 (d)	0,4
55	HD 106252	37,44 pc	G0	7,41	139	6,81 J	2,61	1500,0 (d)	0,54
56	HD 89744	40 pc	F7 V	5,74	257	7,2 J	0,88	256 (d)	0,7
57	HD141937	33,46 pc	G2/G3V	7,25	247	9,7 J	1,49	658,8 (d)	0,40
58	HD114762	40,57 pc	F9V	7,3	615	11, J	0,3	84,03 (d)	0,334

#### UKŁADY PLANETARNE WOKÓŁ PULSARÓW

59	PSR 1257+12 ~ 300 pc	Pulsar	0,015 Z	0,19	25,34 (d)	0,0
			3,4 Z	0,36	66,54 (d)	0,0182
			2,8 Z	0,47	98,22 (d)	0,0264
			~100 Z	~ 40	~170 (I)	—
60	PSR B1620–26	3,8 kpc	Pulsar	1,2–6,7 J10–64	61,8–389(I)0–0,5	

#### UKŁADY PLANETARNE WYMAGAJĄCE POTWIERDZENIA

61	W 3 (OH)	3 kpc	O8 star	?	10 <sup>-4</sup> ? Z	2,000?
62	HR7875	25 pc	F8V	5,12	0,69 J	42,5 (d)
63	Geminga		Pulsar			
64	PSR 0329+54		Pulsar			
65	PSR 1828–11	3,6 kpc	Pulsar	3 Z 12 Z 8 Z	0,93 1,32 2,1	0,68 (I) 1,35 (I) 2,71 (I)
66	Q0957+561	2,4Gpc	Kwazar		kilka Z	
67	Lal, 21185	2 pc	M2	7	0,9 J 1,6	5,8 (I) 30 ? (I)
68	CM Dra	14,7 pc	M4,5/M4,5	12,9		
69	<i>α</i> Tau	20–25 pc	K5III	0,86	11 J	1,3–1,4
70	TMR-1C	~130 pc		?	2–3 J ?	>1500
71	98-BLG-35	~ 5 kpc	soczewka		0,4–1,5Z	1,5–2,3
72	95-BLG-3	~ 5 kpc	soczewka		~ 2 J	> 5–10
73	97-BLG-41		soczewka		~ 3 J	~ 7
74	94-BLG-4	~ 5 kpc	soczewka		~ 5 J	~ 1

#### DYSKI PROTOPLANETARNE

75	Beta Pic	18 pc	A5V	3,8	> 6	2000 (d)
76	L 1551					
77	BD +31 643	330 pc	B5V, B5V	8,5	dysk	6,600

## Gwiazdy mokną na starość

Wyniesiony przez NASA na orbitę wokółziemską w 1998 roku, niewielki satelita zdolny do obserwacji w zakresie radiowym, pokazał nieznany odcień schyłku życia gwiazd.

Bezpośrednią bohaterką jest wiekowa gwiazda IRC+10216, znamiona również jako CW Leonis, odległa od nas o 500 lat świetlnych. Jako że jest to gwiazda bogata w węgiel, spodziewamy się, iż cały jej rezeruar atomów tlenu jest związany z atomami węgla w postaci czadu. Tymczasem, jak pokazał właśnie SWAS, widać znaczącą koncentrację pary wodnej wokół niej. Najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem tej zagadki jest przyjęcie niszczycielskiego scenariusza. Oto gwiazda taka pod koniec swego życia, stając się wielokrotnie jaśniejszą, odparowuje wszystkie krążące wokół niej komety.

By wyjaśnić wykonane obserwacje, trzeba by przyjąć pokaźną liczbę takich komet — kilkaset miliardów, odległych od gwiazdy w zakresie 75 do 300 jednostek astronomicznych. Wygląda to na pierwszy rzut oka mało realnie, ale okazuje się, że całkowita masa takiej kometarnej ciżby to mniej więcej początkowa masa Pasa Kuipera, czyli zbiorowiska ciał kometarnych krążących wokół Słońca poza orbitą Neptuna.

Zatem wiemy teraz, że za parę miliardów lat, kiedy Słońce zwiększy parę tysięcy razy moc swego promieniowania, zacznie odparowywać nie tylko ziemskie oceany i „bezbronnego” Plutona, ale także wszystkie swe pozostałe do tego czasu komety.

Odkrycie to jest zarazem dowodem na to, że pozasłoneczne systemy planetarne zawierają wodę, czyli molekuły nader ważną dla znanych nam form życia.

Zdjęcia i dalsze informacje są do znalezienia w Internecie na stronach „Uranii-PA”. (mag)

## Kolejny gigant Pasa Kuipera?

Grupa astronomów posiadających się obserwacjami wykonanymi przez 4-metrowy teleskop Blanco w obserwatorium Cerro Tololo Inter-American Observatory w Chile, odkryła obiekt, mogący stać się nowym rekordzistą wielkości w Pasie Kuipera.

Niewykluczone, że odkryty w październiku zeszłego roku podobny obiekt, nazwany obecnie 20000 Varuna, będzie musiał zrzec się korony rekordzisty wielkości tej grupy ciał naszego Układu Słonecznego. Nie da się tego ostatecznie rozstrzygnąć, nim nie zostanie dokładniej określona orbita obiektu 2001 KX76, czyli jego odległość oraz współczynnik odbicia jego powierzchni. Oba ciała świecą z jasnością 20 magnitudo, co umiejscawia je wśród najjaśniejszych spośród 400 znanych od 1992 roku członków Pasa Kuipera.

Obserwacje wizualne w połączeniu z podmilimetrowymi, wykonane pod koniec 2000 roku, pozwoliły ustalić, że Varuna ma ciemną powierzchnię, pozbawioną świeżego lodu a jej wielkość to około

## NA ROZKŁADÓWCE:

*NGC 1850 — podwójna gromada w Wielkim Obłoku Magellana, czyli w sasiadującej z nami galaktyce. Jest to młode, podobne do gromady kulistej skupisko gwiazd. Takich obiektów nie spotyka się w naszej Galaktyce. Gromada jest zatopiona w filigranowej otoczce rozmytego gazu, który pochodzi prawdopodobnie z wybuchu masywnej gwiazdy. Wiek tej gromady ocenia się na 50 milionów lat. Ten obraz uzyskany ze zdjęć wykonanych teleskopem Hubble'a w latach 1994-96 jest dobrym przykładem wzajemnego oddziaływanego między gazem, pyłem i gwiazdami. Wiele milionów lat temu masywna gwiazda jednej z tych gromad wybuchła jako supernowa, co dalo początek koronowej materii widocznej na zdjęciu. Wydaje się, że narodziny nowych gwiazd były ułatwiane przez niezwykle silny w fronce fal uderzeniowej, który zderzał się z okoliczną materią i ściągał ją do stanów przypisujących proces rodzenia się gwiazd.*

około 900 kilometrów. Jeśli 2001 KX76 jest skonstruowany podobnie, swoją wielkością będzie mógł prawdopodobnie konkurować z planetoidą Ceres.

Ciekawe jest to, iż wciąż jeszcze oczekują na swoje odkrycie tak duże obiekty. (mag)

## Galaktyki — kanibale

Najnowsze obserwacje podparte rozważaniami teoretycznymi zdają się dowodzić, że nasza większa siostra w galaktycznej rodzinie — Galaktyka Andromedy, czyli M31 — zderzyła się z dwiema innymi galaktykami: M110 i M32. Skończyło się to dla nich odarciem z gwiazd.

Obserwacje wykonane pod przewodnictwem Rodrigo Ibata wskażają na wielki strumień gwiazd bogatych w metale, czyli pierwiastki cięższe od helu, w obrębie rozrzedzonego zewnętrznego halo M31. Prawie na sto procent są to byłej rezydentki M110 i M32 właśnie.

Jest to kolejny przyczynie do zdobywającej coraz więcej zwolenników wizji powstawania galaktyk, poprzez połączenia i oddziaływanie z mniejszymi galaktykami. Trzeba tu zatem uczciwie dodać, że nie tylko M31 jest takim „galaktycznym kanibalem”. Także i naszej poczciwej Drozdzie Mlecznej ten sam Ibata udowodnił w 1994 roku podobne „przestępstwo”. Jego ślady do dzisiaj są bowiem widoczne w postaci galaktyki karłowatej w gwiazdozbiorze Strzelca.

Jeszcze jakieś 3 miliardy lat możemy spać spokojnie. Potem zdrzymy się z M31, tworząc docelowo jedną potężną galaktykę. (mag)



## Trąba powietrzna we Wrocławiu

Sfotografowała ją w czerwcu br. Mirosław Bogusz — autor internetowego serwisu astronomicznego: [www.astro-nomia.ozone.pl](http://www.astro-nomia.ozone.pl). Tam też można zobaczyć galerię zdjęć różnych zjawisk atmosferycznych autora i nie tylko.

## OGŁOSZENIA:

W dniach 22-23 września br. w obserwatorium PTMA w Puławach odbędzie się zjazd obserwatorów gwiazd zmiennych. Zapraszamy wszystkich zainteresowanych tą tematyką. Organizatorzy zapewniają nocleg i wyżywienie. Zgłoszenia i informacje: Tomasz Krzyt tel. (0-22) 675-02-45 lub e-mail: [tomkrzyt@priv7.onet.pl](mailto:tomkrzyt@priv7.onet.pl) lub: Ryszard Cnota, ul. Norwida 24 m 23, 24-100 PUŁAWY tel. (0-81) 886-34-10 lub e-mail: [rcnota@priv2.onet.pl](mailto:rcnota@priv2.onet.pl)

\*\*\*

Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii informuje, że od dnia 1 października 2001 w sprzedaży znajduje się „Kalendarz Astronomiczny na rok 2002”. Cena jednego egzemplarza wynosi 16 zł + 3 zł kosztu przesyłki. Wpłat prosimy dokonywać przekazem pocztowym na adres: Zarząd Główny PTMA, ul. Św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków, z adnotacją, czego dotyczy wpłata.

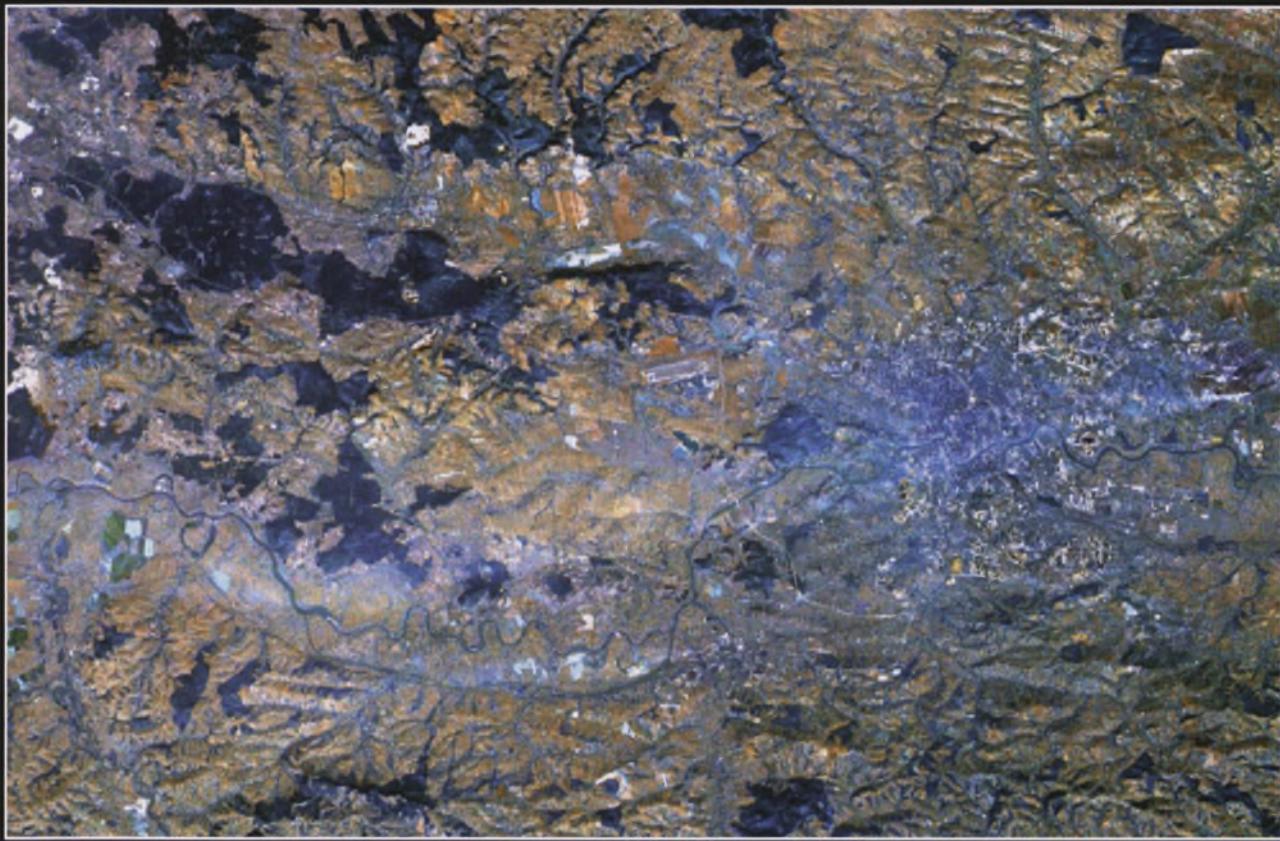
\*\*\*

Possiadem sporą liczbę oryginalnych płyt CD „SOHO — Exploring The Sun”, plakatów edukacyjnych poświęconych Słońcu oraz kilkanaście amatorskich spektrografów. Materiały te chętnie odstapię za darmo szkolom, kołom zainteresowań oraz osobom prywatnym w jakikolwiek sposób prowadzącym działalność edukacyjną związaną z astronomią.

Marcin Egert, [gustek@insite.pl](mailto:gustek@insite.pl), tel. 0600 38 36 08

\*\*\*

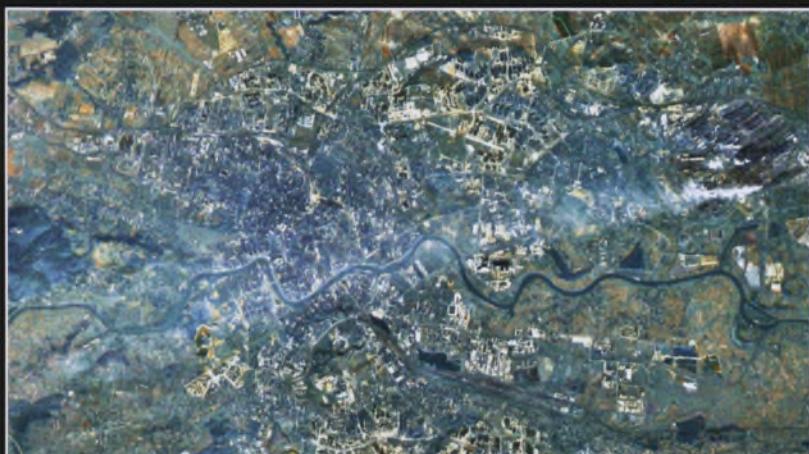
Wszystkich zainteresowanych obserwacjami i aktywnością Słońca zapraszam na Śloneczną witrynę: [www.slonce.insite.pl](http://www.slonce.insite.pl)



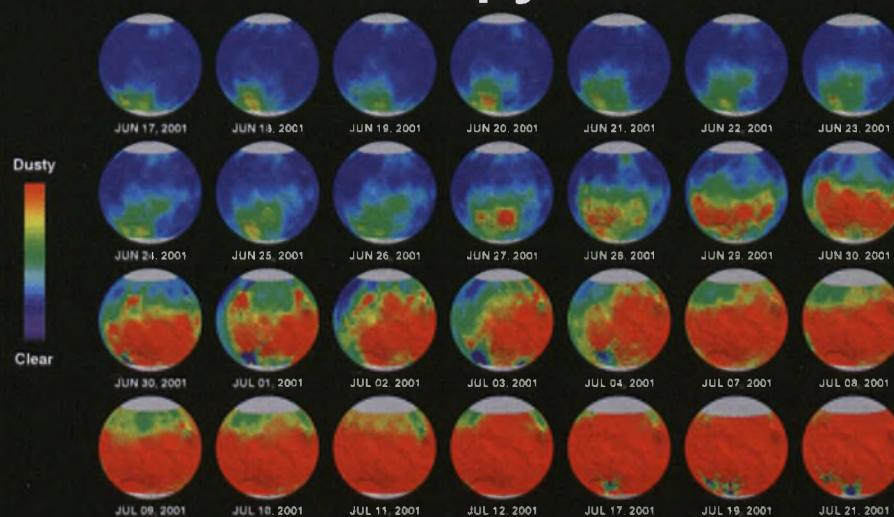
Fot. 1. Okolice Krakowa widziane z orbity

## Teledetekcja satelitarna

Fot. 2. Dymy z Kombinatu w Nowej Hucie rozprzestrzeniające się nad średniowieczną zabudową Krakowa



## Burze pyłowe na Marsie



Dzięki analizie pomiarów wykonanych spektrometrem umieszczonym na pokładzie sondy *Mars Global Surveyor* mogliśmy śledzić (w Internecie pod adresem <http://tes.la.asu.edu>) burzę pyłową, która w drugiej połowie lipca objęła prawie połowę powierzchni Czerwonej Planety (na zdjęciach kolor niebieski oznacza w miarę czystą atmosferę, kolor czerwony — w znacznym stopniu zanieczyszczoną pyłem). Na szczeble sonda *Mars Odyssey*, która z końcem października dotrze do Marsa, ma stać się sztucznym satelitą planety, gdyż burza objąć może swym zasięgiem cały glob. Na początku lat 80-tych wskutek takich burz *Viking 1* zamilkł na zawsze.

# NGC 1850

Opis na str. 216

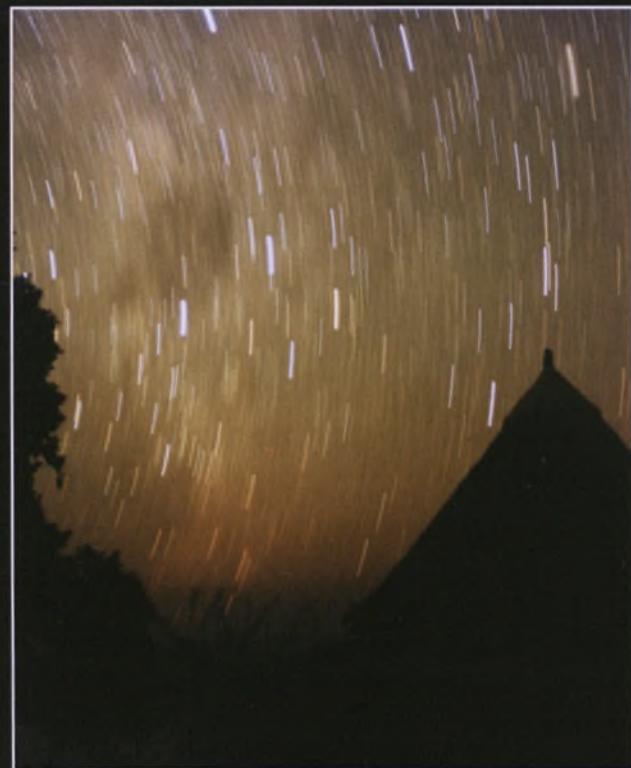


# Galeria Uranii



Tegoroczne zaćmienie Słońca dane było zobaczyć nie tylko astronomom z Torunia (patrz artykuł wewnątrz numeru), ale także naszym Czytelnikom. Kolekcję pięknych zdjęć ukazujących najciekawsze chwile całkowitego zaćmienia przysłał Radosław Grochowski ze Świdnicy, który obserwował to zjawisko z terenu Parku Narodowego Kafue (Zambia), niemal na linii centralnej zaćmienia. Do fotografowania używał aparatu Praktica LtL z teleobiektywem Tair-3 300 mm + konwerter 2x, f/4,5, film Fujicolor Superia 400.

Pobyt na Czarnym Lądzie wykorzystał również na sfotografowanie nocnego nieba, innego niż to, które widzimy w naszym kraju. W centralnej części zdjęcia widoczny jest Krzyż Południa z ciemną mgławicą „Worek Węgla”. (obiektyw standardowy 50 mm, f/2,8, eksp. 10 min.)



Trzech poznaniaków: Przemysław Guziński, Tomasz Sołtysik i Michał Mierzejewski, podziwiało zaćmienie w Angoli. Widzimy ich na zdjęciu poniżej w środku. Tu prezentujemy tylko kilka z wielu zdjęć, które wykonali podczas swej afrykańskiej przygody.

Więcej zdjęć oraz relację z wyprawy można znaleźć w Internecie na stronie Przemysława Guzińskiego: [pguzin.civ.pl/angola](http://pguzin.civ.pl/angola)





## FOTOGRAFOWANIE UKŁADÓW PODWÓJNYCH GWIAZD

Gdy spoglądamy na rozgwieźdzone niebo, widzimy kilka tysięcy gwiazd, z których większość stanowi układy podwójne lub wielokrotne. Układy podwójne mogą być optyczne lub fizyczne. Układy optyczne podwójne znajdują się na sferze niebieskiej blisko siebie, jednak w rzeczywistości dzielą je ogromne odległości. W przypadku gdy odległości pomiędzy gwiazdami staną się na tyle małe, że oddziaływanie grawitacyjne spowodują ruch gwiazd wokół wspólnego środka masy, będziemy mieli do czynienia z fizycznym układem podwójnym. Układ taki, w zależności od odległości dzielącej go od obserwatora, wzajemnej odległości obu składników oraz ustawienia orbity, możemy obserwować jako wizualnie podwójny, spektroskopowo podwójny lub też zaćmieniowy.

Oba składniki układów wizualnie podwójnych widoczne są gołym okiem lub też za pomocą teleskopu. Natomiast w przypadku gdy oba składniki na sferze niebieskiej dzieli tak mały kąt, że nawet przez największe teleskopy nie można dostrzec oddzielnie gwiazd tworzących układ podwójny, wtedy podwójność może być stwierdzona metodami spektroskopowymi (układ spektroskopowo podwójny) lub też fotometrycznymi (układ zaćmieniowy).

Jednym z najbardziej znanych układów podwójnych jest gwiazda Mizar, znajdująca się w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy. Mizar był pierwszym układem podwójnym, którego składniki udało się rozdzielić za pomocą lunety (1650 rok). Składniki o jasności 2,4 i 4,0 magnitudo dzieli na niebie odległość 14 sekund łuku. Jaśniejszy składnik to układ spektroskopowo podwójny, który jest także pierwszym odkrytym takim układem. Odkrycia tego dokonał w 1889 roku astronom amerykański E. Pickering. W 1908 roku odkryto, że również słabszy składnik Mizar jest układem spektroskopowo podwójnym.

Tematem naszych fotografii będą układy wizualnie podwójne o największych odległościach kątowych pomiędzy składnikami (separacja). Ich obserwacje wizualne (separacje: kilka–kilkanaście

sekund łuku) są stosunkowo łatwe do przeprowadzenia. Wystarczającym instrumentem będzie lornetka ( $10\times 50$ ,  $20\times 60$ ) lub niewielki teleskop (średnica obiektywu 50–80 mm; powiększenie 20–60 razy). Jednak uzyskanie fotografii takich układów podwójnych stanowi duże wyzwanie. W przypadku ich fotografowania najważniejszym parametrem naszego teleskopu jest ogniskowa (minimum to 4000–6000 mm). Tak duże wartości ogniskowych uzyskujemy, stosując telekonwerter lub też projekcję okularową. Należy pamiętać, że używanie tak długich ogniskowych w astrofotografii wymaga bardzo dokładnego prowadzenia teleskopu.

Zdecydowana większość układów podwójnych o separacjach rzędu kilku–kilkunastu sekund łuku zawiera składniki o jasnościach nie przekraczających 7–8 magnitudo. Do fotografowania tak jasnych gwiazd odpowiedni będzie teleskop o średnicy 60–100 mm. Filmy do fotografowania układów podwójnych muszą charakteryzować się małym ziarnem, czyli powinny być to filmy o czułości 50 lub 100 ASA. Do tego typu fotografii nadają się zarówno filmy negatywowe (czarno-białe, kolorowe), jak i pozytywowe (slajdy). Jednak najlepsze rezultaty uzyskamy, stosując filmy pozytywowe.

Fotografowanie układów podwójnych wymaga dokładnego ustalenia czasu ekspozycji. Podczas ekspozycji nie tylko

rośnie zaczernienie obrazu gwiazdy na kliszy, ale także jego średnica. Użycie zbyt długiego czasu ekspozycji, w przypadku gdy oba składniki układu podwójnego dzielą na kliszy ułamki milimetra, spowoduje, iż oba obrazy gwiazd „zleją” się ze sobą. Nawet w przypadku zastosowania ekstremalnie długich ogniskowych (np. 10000 mm) odległości na kliszy między składnikami większości układów podwójnych nie przekroczą 1 milimetra. Ostatnia kolumna prezentowanej tabeli zawiera odległości na kliszy pomiędzy składnikami układów podwójnych wyznaczone dla ogniskowej 10000 milimetrów.

Rozpatrzmy następujący przykład. Oba składniki Mizara dzieli na niebie odległość 14 sekund łuku, zatem jeśli użyjemy popularnego obiektywu MTO-1000 ( $f=1000$  mm), to na kliszy oba składniki będzie dzieliła odległość niepełna 0,07 mm! Natomiast jeśli użyjemy ogniskowej o wartości 6000 mm, to uzyskamy separację na kliszy około 0,41 mm. Jeżeli tak naświetloną klatkę filmu powiększymy pięciokrotnie (format zdjęcia  $13\times 18$  cm) wówczas na odbicie oba składniki Mizara będzie dzieliła odległość 2 milimetrów. To niewiele, ale jeśli obrazy obu składników nie będą prześwietlone, bez trudu dostrzeżemy pierwszy układ podwójny, który został odkryty przy pomocy lunety.

Wiesław Skórzyński

Gwiazda	Jasność składników [mag.]	Separacja (epoka 1990) ["]	Odległość na kliszy [mm]
$\beta$ Cyg	3,2	5,4	34
61 Cyg	5,2	6,0	30
$\zeta$ Psc	5,6	6,6	23
$\zeta$ UMa	2,4	4	14
$\gamma$ And	2,1	5,1	10
$\xi$ Cep	4,6	6,6	8,0
$\alpha$ Her	3,2	5,4	4,7
$\delta$ Ser	4,2	5,2	3,9
$\alpha$ Gem	1,9	2,9	3,0
$\delta$ Cyg	2,9	6,3	2,2
$\lambda$ Oph	4,2	5,2	1,5
$\eta$ CrB	5,6	5,9	1,0

## Sprawozdanie z szóstych bieszczadzkich spotkań dyskusyjnych: „Pola elektromagnetyczne ELF w astrofizyce, geofizyce i medycynie”

**S**potkania dyskusyjne — zgodnie z już wieloletnią tradycją w okresie najkrótszych nocy — odbyły się w Dwerniczku na Rusinowej Polanie, w dniach 21–24 czerwca 2001 r. Pomimo niezwykle niesprzyjającej aury, lawin błotnych paralizujących dojazd na bieszczadzkiej pętli, stawiły się aż 22 osoby z następujących ośrodków naukowych: AGH, Akademii Rolniczej z Krakowa, Instytutu Fizyki UJ, Instytutu Geografii UJ, Politechniki Rzeszowskiej, Obserwatorium Astronomicznego UJ oraz z Planetarium w Łodzi. Dzięki uprzejmości Państwa Krystyny i Stanisława Rusinów do dyspozycji mieliśmy — jak zwykle — obszerny i niezwykle wygodny pensjonat oraz doskonałe wyżywienie.

Ogółem wysłuchaliśmy 22 wykłady, że nie wspomnę o niekończących się dyskusjach. Oto wykładowcy i tytuły zaprezentowanych wystąpień:

Andrzej Kułak — „Jakie są częstotliwości rezonansu Schumanna?”

Adam Michalec — „Na początku wszystkiego jest Słońce”

Mieczysław i Tomasz Borkowski — „Słońce oglądane z SOHO i zmienność Słońca 1999”

Zenon Nieckarz — „Metody anali-

zy rezonansu Schumanna”

Anna Odzimek — „Rezonans fal Alvena w jonusferze”

Zbigniew Damijan, Ryszard Panuszka, Tomasz Rosiński, Dorota Rosińska, Józef Pawlisz — „Zróżnicowanie naciskowo-drganiowe pola percepcyjnego ciała ludzkiego”

Stanisław Micek — „Wpływ rezonansu cyklotronowego na pracę serca człowieka”

Zenon Nieckarz, Andrzej Kułak — „Wyznaczanie parametrów rezonatora globalnego na podstawie obserwacji pola ELF”

Paweł Turkowski — „Metodologia pomiaru pól elektromagnetycznych”

Krzysztof Wohled — „Pole ELF — globalny termometr”

Andrzej Kułak — „Wpływ aktywności Słońca na rezonans Schumanna”

Ryszard Panuszka, Zbigniew Damijan, Tomasz Rosiński, Łukasz Misztal — „Badanie niskoczęstotliwościowych pól akustycznych terenów źródłiskowych potoków Solinki, Sanu i Odsławy w Bieszczadach”

Andrzej Kułak, Zenon Nieckarz — „Lokalizacja źródeł pola ELF na Ziemi”

Stanisław Micek — „Radiestezja: nauka czy fantazja?”

Artur Czajkowski, Zbigniew Damijan, Ryszard Panuszka, Rafał Rakoczy, Małgorzata Żychowska, Andrzej Szlachcic — „Zmiany parametrów kości i mięśni u młodych szczurów pod wpływem drgań niskoczęstotliwościowych”

Grzegorz Micek — „Linie energetyczne w Polsce”

Dawid Owiak — „Wpływ okresowych zaburzeń zewnętrznych na pracę komórek serca”

Jerzy Kubisz — „Metody pomiaru pola elektromagnetycznego ELF — teoria a praktyka”

Stanisław Micek, Andrzej Kułak — „Pole ELF działa inaczej — specyfika oddziaływania pól wolnozmiennych na organizmy żywe”

Maria Inglot-Siemaszko — „Oszacowanie pól magnetycznych ELF w Rzeszowie i okolicy”

Zbigniew Damijan, Ryszard Panuszka, Marcin Kowalski — „Wpływ muzyki na wybrane parametry fizjologiczne organizmu człowieka”

Stanisław Micek, Andrzej Kułak — „Przyszłość badań ELF”

W noc świętojańską była burza z piorunami i wielką ulewą, która przeszkodziła w planowanych poszukiwaniach kwiatu paproci. Tym niemniej niebo było na tyle łaskawe, że między chmurami udało nam się dostrzec Marsa, który w dniu 21 czerwca znalazł się najbliżej Ziemi, zaledwie w odległości 67,34 mln km, co umożliwiło podziwianie szczególnów na jego powierzchni przez niewielką lunetkę.

Czas przeznaczony na spotkanie — zdaniem uczestników — zbyt szybko dobiegł końca, zatem do zobaczenia i usłyszenia za rok.

*Adam Michalec*

*Uczestnicy VI spotkania dyskusyjnego w Dwerniczku, na Rusinowej Polanie.*



# Towarzyszki Sowy

**M 92 (NGC 6341) w Herkulesie**

Rektascensja	17 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> ,1
Deklinacja	+43°08'
Odległość	26 400 l.s.w.
Jasność obserwowana	6,4 mag
Rozmiary kątowe	11',2

To gromada kulista nieco bardziej odległa niż jej znana sąsiadka na niebie — M 13. Niewiele ustępuje jej jasnością (przy rozmiarach kątowych mniejszych o ok. 1/3), w bardzo dobrych warunkach można nawet pokusić się o jej dostrzeżenie gołym okiem. W przestrzeni M 92 zajmuje obszar o rozmiarach ok. 85 l.s.w. i zbliża się do nas z prędkością 112 km/s. Jej całkowitą masę ocenia się na 330 tys. mas Słońca. Choć z diagramu HR wynika, że M 92 jest młodsza niż M 13, jej wiek sięga kilkunastu miliardów lat — w literaturze spotkać można oceny z przedziału 14–16 mld lat.

Do tej pory w M 92 odkryto zaledwie 16 gwiazd zmiennych, w tym 14 typu RR Lyrae oraz jeden układ zacmieniowy typu W Ursae Majoris. Zmienne zaćmieniowe rzadko występują w gromadach kulistych.

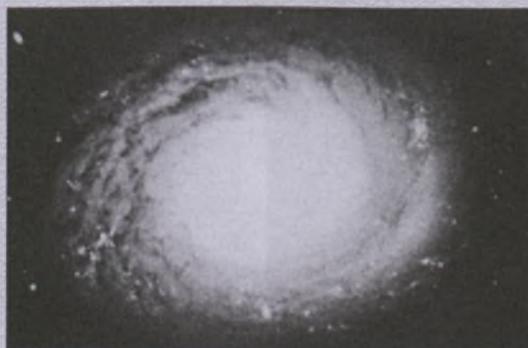
Najprawdopodobniej bliskie spotkania gwiazd powodują na dłuższą metę rozpad układów podwójnych.

**M 93 (NGC 2447) w Rufie**

Ta jedna z mniejszych gromad otwartych należy do stosunkowo jasnych. Odkrył ją Messier 20 marca 1781 roku. Należy do niej co najmniej 80 gwiazd rozrzuconych w obszarze o rzeczywistych rozmiarach rzędu 20–25 l.s.w. W kształcie najjaśniejszej części niektórzy dopatrują się trójkąta, inni — motyla, jeszcze inni — rozgwiazdy. Najjaśniejsze gwiazdy M 93 to niebieskie olbrzymy typu widmowego B9 o wieku szacowanym na 100 mln lat.



Rektascensja	07 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> ,6
Deklinacja	-23°52'
Odległość	3 600 l.s.w.
Jasność obserwowana	6,0 mag
Rozmiary kątowe	22',0

**M 94 (NGC 4736) w Psach Gończych**

Tę spiralną galaktykę typu Sb przez dłuższy czas klasyfikowano jako Sab ze względu na jej bardzo jasny obszar centralny. Na jego obrzeżach zidentyfikowano liczne błękitne gromady — świadectwo aktywnych procesów gwiazdotwórczych. Widoczny dookoła pierścień z ramionami spiralnymi zdobiła starsza populacja gwiazd, choć i tu, od zewnętrz, w sposób umiarkowany daje o sobie znać zjawisko powstawania nowych słońc. Oceny odległości M 94 mieszczą się w przedziale od 14 do 33 mln l.s.w.

Rektascensja	12 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> ,9
Deklinacja	+41°07'
Odległość	14 500 000 l.s.w.
Jasność obserwowana	8,2 mag.
Rozmiary kątowe	7' × 3'

## M 95 (NGC 3351) w Lwie



## M 96 (NGC 3368) w Lwie

To najjaśniejsza z galaktyk grupy Leo I, zwanej też grupą M 96 (patrz tabela). Gromadka ta może być związana fizycznie z grupą M 66 (z Trypletom Lwa, patrz „Urania-PA” 6/2000, str. 265). Na zdjęciu grupy widzimy M 95 w prawym dolnym rogu, M 96 na dole pośrodku, zaś M 105 to jasna galaktyka eliptyczna na lewo i powyżej środka (z dwiema słabszymi towarzyszami — NGC 3384 i NGC 3389, nie związaną fizycznie z całą grupą).



Odległość M 96 określono na podstawie badań cefeid przy pomocy teleskopu kosmicznego (N.R. Tanvir i inni) na  $(41 \pm 2)$  mln l.s. W tej odległości liniowe rozmiary widocznej części galaktyki sięgają 66 tysięcy l.s., a jasność

To spirala z poprzeczką typu SBb – lub SB(r)ab w klasyfikacji de Vaucouleursa – z prawie kolistymi ramionami; Alan Sandage nazwał ją „galaktyką pierścieniową”. Swym wyglądem przypomina M 91, jej struktura spiralna jest jednak o wiele wyraźniejsza. M 95 była jedną z galaktyk klurowego projektu teleskopu kosmicznego, polegającego na wyznaczeniu stałej Hubble'a na podstawie obserwacji cefeid. Określona w roku 1997 przez J.A. Grahama i innych (ApJ 477, 535) odległość M 95 to  $(35,5 \pm 3,1)$  mln l.s. (już po poprawieniu standardowej jasności cefeid zgodnie z wynikami misji Hipparcos).

Rektascensja	10 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> ,0
Deklinacja	+11°42'
Odległość	38 000 000 l.s.
Jasność obserwowana	9,7 mag.
Rozmiary kątowe	7',4 × 5',1

absolutna to  $-21,1$  magnitudo. Na fotografiach z długim czasem ekspozycji ujawnia się dodatkowo zewnętrzny pierścień o średnicy co najmniej  $9'$ , czemu odpowiada skala liniowa około 100 tysięcy l.s. Na tle dysku widoczne są też pyłowe włókna, zwłaszcza po lewej (na naszym zdjęciu), czyli bliższej nam stronie; nachylenie płaszczyzny dysku do kierunku widzenia szacuje się na 35 stopni.

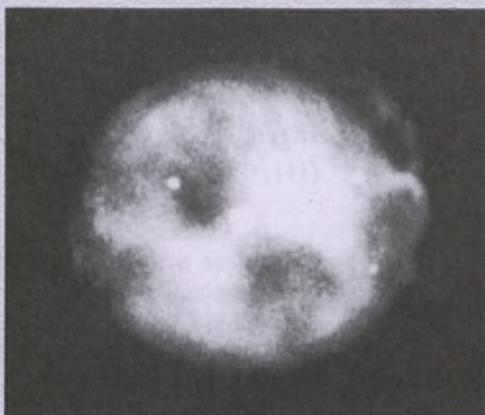
9 maja 1998 r. Mirko Villi odkrył w M 96 supernowę o jasności 13 mag. (SN 1998bu), która szybko zwiększyła swój blask do 11,8 wielkości gwiazdowej.



Rektascensja	10 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> ,8
Deklinacja	+11°49'
Odległość	38 000 000 l.s.
Jasność obserwowana	9,2 mag.
Rozmiary kątowe	7',1 × 5',1

Oznaczenie	$\alpha$	$\delta$	Typ	$m_v$	Rozmiary	Prędkość radialna
NGC 3299	10 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> ,4	+12°42'	SABdm	13 <sup>m</sup> ,29p	2',1 × 1',7	465 km/s
M 95	10 44 ,0	+11 42	SBb	9,71	7,4 × 5,1	649
M 96	10 46 ,8	+11 49	Sbp	9,24	7,1 × 5,1	766
UGC 5889	10 47 ,4	+14 04	SABm	14,15p	2,0 × 1,9	449
NGC 3377	10 47 ,7	+13 59	E5	10,21	4,4 × 2,7	595
M 105	10 47 ,8	+12 35	E1	9,26	4,5 × 4,0	752
NGC 3384	10 48 ,3	+12 38	E7	9,96	5,9 × 2,6	641
NGC 3412	10 50 ,9	+13 25	E5	10,55	3,6 × 2,0	737
NGC 3489	11 00 ,3	+13 54	E6	10,33	3,7 × 2,1	576

## M 97 (NGC 3587) w Wielkiej Niedźwiedzicy



Rektascensja	11 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> ,8
Deklinacja	+55°01'
Odległość	2 600 l św.
Jasność obserwowana	9,9 mag
Rozmiary kątowe	3',4 × 3',3

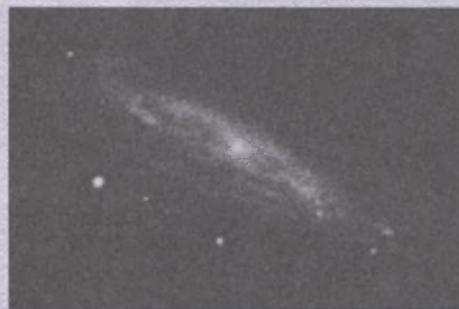
Maławicę Sowa (nazwy tej użył po raz pierwszy Lord Rosse w 1848 r.) odkrył Pierre Mechain 16 lutego 1781 roku. Opisując ten obiekt w swym katalogu, Messier wspomina o dwóch jeszcze obiektach mgławicowych, które wraz z Mechainem dostrzegły w tym czasie. Nie zamieścił ich wprawdzie w wersji przekazanej do druku w roku 1781, jednak dzięki odrečnym notatkom w jego egzemplarzu *Connaisance des Temps* wiemy, że chodziło o M 108 i M 109.

M 97 to jedna z bardziej złożonych mgławic planetarnych. Wyglądem przypomina cylindryczny torus (a raczej sferę ściętą przy biegunach), otoczony słabym obłokiem materii o niższym stopniu jonizacji. Masę gwiazdy centralnej (o jasności 16 mag.) szacuje się na 0,7 masy Słońca, masę samej mgławicy – na 0,15 masy Słońca. Dynamiczny wiek obiektu to ok. 6 tysięcy lat.

Jak to z mgławicami planetarnymi bywa (patrz „Urania-PA” 4/2000, str. 169), jej jasność wizualna – choć niewielka (M 97 należy do najsłabszych obiektów w katalogu Messiera) – znacznie przewyższa fotograficzną (ok. 12 mag.). Kuriozalny jest przedział, w którym mieszcza się oceny odległości M 97: od 1 300 do 12 000 l św.!

## M 98 (NGC 4192) w Warkoczu Bereniki

To jedna z najtrudniejszych do zaobserwowania galaktyk gromady Virgo (jej poszukiwanie warto rozpocząć od położonej na wschód gwiazdy 6 Com o jasności 5 mag.). Nie dość, że widzimy ją prawie z boku, to jej dysk wydaje się dość „rozproszony”. Zawiera wprawdzie kilka obszarów, w których powstają gwiazdy, ale zasadniczo przesłaniają go duże ilości pyłu, skutecznie absorbując również promieniowanie niewielkiego jądra. Wyróżnia ją w zasadzie tylko prędkość radialna, 125 km/s w naszym kierunku. To dość osobliwe jak na galaktykę gromady Virgo, której środek oddala się od nas z prędkością ok. 1100 km/s. Ale równocześnie przynależność do gromady usprawiedlnia tak szybki ruch w przestrzeni – tylko ogromna masa jądra gromady Virgo jest bowiem w stanie nadać galaktyce odpowiednie przyspieszenie.



Rektascensja	12 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> ,8
Deklinacja	+14°54'
Odległość	60 000 000 l św.
Jasność obserwowana	10,1 mag
Rozmiary kątowe	9',5 × 3',2

## M 99 (NGC 4254) w Warkoczu Bereniki



Rektascensja	12 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> ,8
Deklinacja	+14°25'
Odległość	60 000 000 l św.
Jasność obserwowana	9,9 mag.
Rozmiary kątowe	5',4 × 4',8

Tę galaktykę spiralną gromady Virgo odkrył Pierre Mechain w roku 1781. Jest wyraźnie asymetryczna, z jądrem przesuniętym w kierunku górnej części naszego zdjęcia. W odróżnieniu od M 98, galaktykę M 99 cechuje znaczne przesunięcie ku czerwieni, charakterystyczne dla prędkości 2324 km/s (to największa wartość wśród galaktyk z katalogu Messiera); ale i to odpowiada prędkości ruchu ponad 1200 km/s względem środka gromady, tyle że tym razem w stronę przeciwną — czyżby M 98 i M 99 tak się wzajemnie rozędziły?

W galaktyce M 99 zaobserwowano do tej pory 3 supernowe: 1967H (typu II, 14 mag.), 1972Q (typu II, 15,6 mag.) oraz 1986I (typu I, 14 mag.). Była to druga galaktyka (wówczas jeszcze mgławica), której strukturę spiralną odkrył Lord Rosse w roku 1848 (pamiętacie, drodzy Czytelnicy, pierwszą? Znajdziecie jej nowy portret na okładce tego numeru). (kr)

# Zmiany jasności komet

W niedawnym artykule („Urania-PA” 4/2001) opisano zmiany jasności komety w czasie wybuchu. Jak jednak zmienia się jasność komety „spokojnej”?

Planety w Układzie Słonecznym zmieniają swoją jasność w związku ze zmianą odległości od Słońca i od Ziemi oraz w związku z tzw. efektem fazy, związanym z konfiguracją Słońce-planeta-Ziemia (w naszym przypadku Słońce-kometa-Ziemia).

Ogólnie jasność planety (czyli także komety) można wyrazić jako:

$$J = J_0 f(\Delta) F(r) \phi(\Delta, r) \quad (1)$$

gdzie  $f(\Delta)$  jest funkcją odległości planety od Ziemi,  $F(r)$  funkcją odległości planety od Słońca i funkcje te są podane dla „jasności absolutnej” ( $J_0$ ) w znormalizowanej (jednostkowej) odległości, natomiast  $\phi$  jest funkcją fazową. Dla komet człon fazowy jest pomijany, gdyż efekt fazy jest słaby (choć wykazano istnienie pojaśnienia składowej pyłowej o czynnik 2, gdy kąt fazowy  $\beta < 10^\circ$ !).

Standardowa formuła (tzw. „potęgowa”), znana z opracowań obserwacji komet, także wynika z powyższych rozważań. Wiadomo, że jasność obiektu jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości od niego, w naszym przypadku  $\Delta$ . Możemy więc zapisać:

$$J = J_0 \Delta^{-2} F(r) \phi(\Delta, r) \quad (2)$$

po czym możemy zastosować regułę logarytmów:

$$\log(J/J_0) = \log[\Delta^{-2} F(r) \phi(\Delta, r)] \quad (3)$$

więc

$$\begin{aligned} \log(J/J_0) = & \\ -2\log\Delta + \log[F(r)] + \log[\phi(\Delta, r)] \end{aligned} \quad (4)$$

usuwając (dla komet) człon fazowy otrzymujemy:

$$\log(J/J_0) = -2\log\Delta + \log[F(r)] \quad (5)$$

Jeszcze w XIX w. ustalono, że człon heliocentryczny dla komet także się zmienia odwrotnie do kwadratu odległości,  $F(r) = r^{-2}$ , czyli

$$\log(J/J_0) = -2\log\Delta - 2\log r \quad (6)$$

Szybko zorientowano się jednak, że komety nie zmieniają jasności proporcjonalnie do odwrotności kwadratu odległości heliocentrycznej, i zaproponowano zależność typu  $r^{-n}$ , przy średniej wartości  $n = 4$ . Parametr  $n$  określa, jak szybko kometa zmienia swoją jasność przy zmianie odległości heliocentrycznej, czyli „czułość” komety na ciepło płynące ze Słońca. Podstawiając do wzoru (5) otrzymujemy:

$$\log(J/J_0) = -2\log\Delta + \log[r^{-n}] \quad (7)$$

i

$$\log(J/J_0) = -2\log\Delta - n \log r \quad (8)$$

Jak wiadomo z definicji pojęcia wielkości gwiazdowej, różnica 5 magnitudo daje 100-krotną różnicę jasności. Tak więc, przy różnicy  $1^m$ , różnica w jasności wyniesie  $100^{1/5} = 10^{2/5} = 2,512$ . To oznacza, że różnica w jasności dwóch obiektów  $F_a$  i  $F_b$  wynosi:

$$\frac{F_a}{F_b} = (10^{2/5})^{m_b - m_a} \quad (9)$$

gdzie  $m_a$  i  $m_b$  są odpowiednimi jasnościami wyrażonymi w wielkościach gwiazdowych (magnitudo). Stosując regułę logarytmów, równanie (9) możemy przepisać w formie:

$$\log\left(\frac{F_a}{F_b}\right) = \frac{2}{5}(m_b - m_a) \quad (10)$$

Zastępując oznaczenia stosowanymi we wcześniejszych równaniach, równanie (10) przepisujemy jako:

$$\log\left(\frac{J}{J_0}\right) = \frac{2}{5}(H_0 - m_1) \quad (11)$$

gdzie  $H_0$  jest „jasnością absolutną” komety (w odległości jednostkowej) a  $m_1$  obserwowaną jasnością komety.

Połączwszy równanie (11) z równaniem (8), otrzymujemy:

$$\log\left(\frac{J}{J_0}\right) = \frac{2}{5}(H_0 - m_1) = -2\log\Delta - n\log r \quad (12)$$

Po prostym przekształceniu dostajemy:

$$H_0 - m_1 = -5\log\Delta - 2,5n\log r \quad (13)$$

i ostatecznie otrzymujemy znaną z opracowań klasyczną formułę:

$$m_1 = H_0 + 5\log\Delta + 2,5n\log r \quad (14)$$

Człon  $m_1 - 5\log\Delta$  określa się jako „jasność zredukowana” lub „jasność heliocentryczna” komety. Często oznacza się ją  $H_\Delta$  lub  $m_\Delta$ . Ponieważ  $H_\Delta$  jest liniowo zależne od  $\log r$ , analiza krzywej zmian jasności komety zwykle polega na dopasowaniu poniższej funkcji do posiadanej zbioru obserwacji:

$$H_\Delta = H_0 + 2,5n\log r \quad (15)$$

Po prostu na osi odciętych odkła-

damy  $\log r$ , na osi rzędnych jasność heliocentryczną  $H_\Delta$ , a punkty pomiarowe (oceny jasności) powinny układać się wzdłuż jednej (bądź kilku) prostej, której współczynnikiem kierunkowym będzie człon  $2,5n$ , a wektorem przesunięcia  $H_0$ .

Na razie jeszcze kilka słów o powyższej zależności. Zależność ta nie zawsze bywa liniowa, chociaż jest spełniona dla wielu komet w szerokim zakresie  $r$ . Stwierdzono także, że komety o dłuższych okresach orbitalnych zwykle mają niższe wartości  $n$  niż komety o okresach krótszych — typowa kometa długookresowa ma  $n \sim 3$ , podczas gdy typowa kometa krótkookresowa ma  $n > 4$ . Zwykle dla nowo odkrytej komety zakładają się  $n = 4$ , w związku z czym  $2,5n = 10$ , a jasność absolutną komety oznacza się wtedy  $H_{10}$  (często spotykane w katalogach). Jednak często zdarza się, że wartość  $n$  dla komet

zmienia się, np. inna jest przed periheliem, a inna po periheliem (np. kometa Halleya). Po prostu zmienia się „wrażliwość” jądra komety na promieniowanie słoneczne. Zdarza się także, że kometa rozpada się lub rozbłyskuje, co gwałtownie zmienia zarówno jej jasność absolutną, jak i czynnik  $n$ . W takich przypadkach zastosowanie formuły (14) jest niemożliwe.

Niemniej jednak, jeśli jest to możliwe, dopasując punkty pomiarowe do powyższej zależności, dostajemy dwa parametry:  $H_0$  i  $n$ , z których pierwszy (jasność absolutna) w sposób pośredni podaje informacje o rozmiarach jądra komety, natomiast drugi o jej aktywności.

Można sobie zadać pytanie, czy tak prosty teoretyczny model jasności dobrze opisuje rzeczywiste obiekty fizyczne, jakimi są komety. Zastosujmy go do niedawno obserwowanej w Sekcji Obserwatorów Komet PTMA komety C/1999T1 (McNaught-Hartley).

Kometę C/1999 T1 odkrył znany australijski obserwator komet Robert H. McNaught (Siding Spring Observatory, Australia) jako

obiekt o jasności 15<sup>m</sup>, widoczny na kli-  
szy wykonanej w dniu 7 października  
1999 roku przez Malcolma Hartleya  
przy pomocy 1,2-metrowego telesko-  
pu Schmidta. W momencie odkrycia  
kometa była obiektem o silnie skonden-  
sowanej otoczce o średnicy 8''. W kącie  
pozycyjnym 320° był także widoczny  
bardzo słaby warkocz o długości 1'.

Wyznaczone elementy parabolicz-  
nej orbity komety są następujące:

- $T_0 = 2000$  grudzień 13,4637 TT
- $q = 1,171636$  j.a.
- $e = 0,999741$
- $\omega = 344,7480^\circ$
- $\Omega = 182,4816^\circ$
- $i = 79,9737^\circ$

(elementy kątowe podane dla epoki 2000)

Najbliżej Ziemi w odległości nie-  
stety aż 1,287 j.a. kometa znalazła się  
2 lutego 2001.

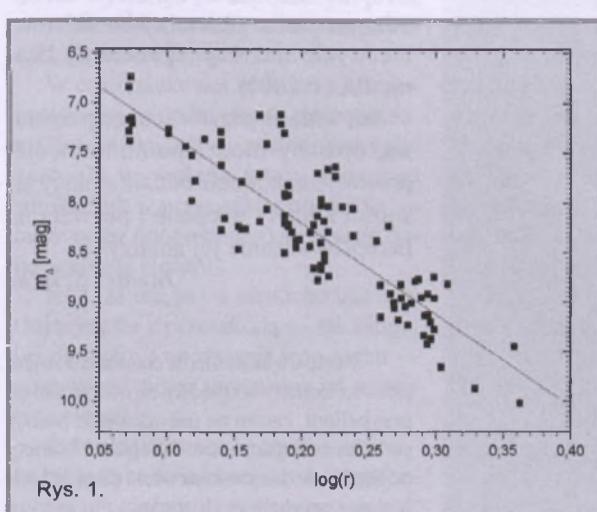
Z podanych elementów orbity wy-  
niika, że kometa McNaughta-Hartleya  
w aphelium odchodzi od Słońca na  
odległość ponad 9 tys. j.a., krążąc wo-  
kół niego z okresem ponad 300 tys.  
lat! Oznacza to, że ponownie zawitał  
do nas gość nadlatujący wprost z Ob-  
łoku Oorta.

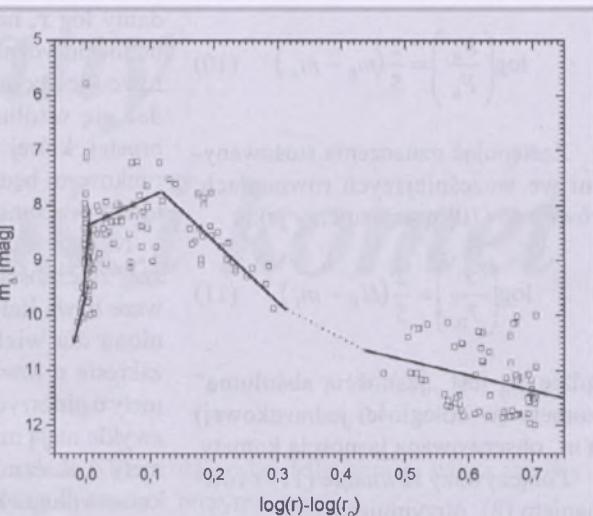
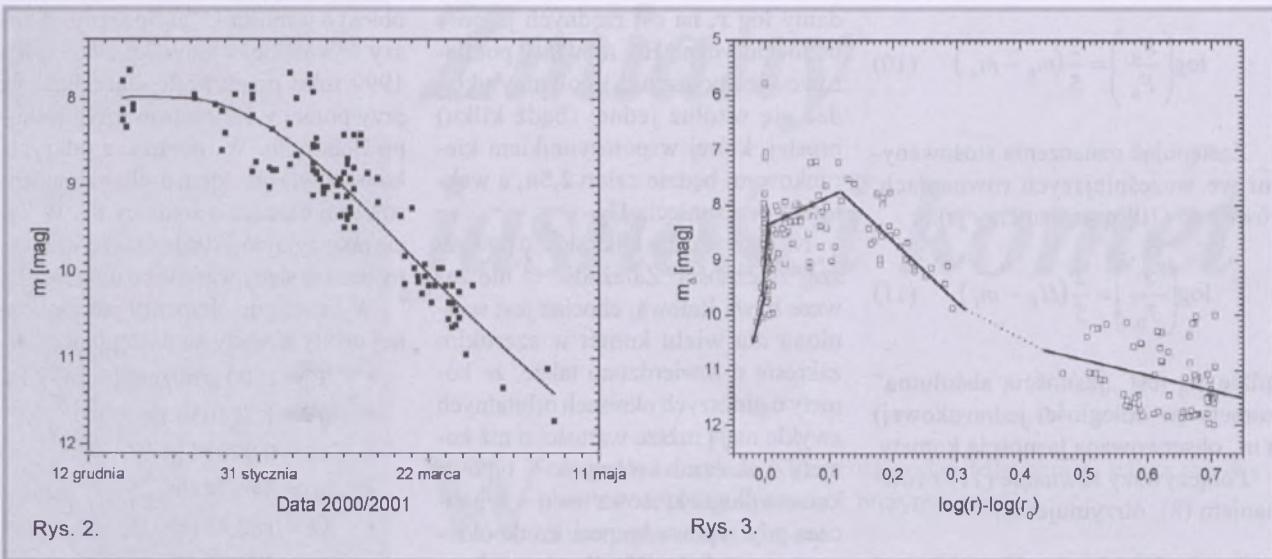
W Sekcji Obserwatorów Komet  
PTMA otrzymaliśmy obserwacje od 20  
obserwatorów, którzy wykonali łącznie  
136 ocen jasności, 130 ocen stopnia  
kondensacji, 134 pomiarów średnicy  
otoczkii oraz 14 obserwacji warkocza.

A oto autorzy niektórych „rekordów”:

- pierwsza obserwacja (22 XII 2000) — Paweł Paczkowski, Michał Drahus, Jarosław Smysło,
- ostatnia obserwacja (27 IV 2001) — Jacek Adamik,
- najdłuższa seria (25 XII 2000 – 4 IV 2001) — Grzegorz Duszanicz,
- najwięcej nocy obserwacyj-  
nych: 27 — Grzegorz Duszanicz.

Do analizy wykorzystano wszystkie 136 obserwacji. Efekt można zo-  
baczyć na Rys.1. Na osi odciętych  
odłożono logarytm odległości kome-  
ty od Słońca [ $\log(r)$ ], na osi rzędnych  
wartość jasności absolutnej  $m_\Delta$ . Zgodnie  
z równaniem (15) punkty pomiarowe  
powinny się układać wzdłuż pro-  
stej o równaniu typu  $y = A \cdot x + B$ , gdzie





$y = m_{\Delta}$ ,  $A = 2,5 \cdot n$ ,  $x = \log(r)$ ,  $B = H_0$ . Do widocznego zbioru punktów dopasowano prostą metodą regresji liniowej. W wyniku tego otrzymano:

$$H_0 = 6,4^m \pm 0,1^m$$

$$n = 3,7 \pm 0,2$$

przy współczynniku korelacji między zbiorem punktów i prostą równym 0,87. Oznacza to, że rzeczywiście przedstawiony model dobrze opisuje zmiany jasności prezentowanej komety!

Na podstawie wyznaczonych wartości można ocenić średnicę jądra (rozumianego jako gęste optycznie zagięszczenie materii „spowijające” jądro skalno-lodowe) na około 11 km, co jest wielkością średnią dla większości komet. Także aktywność określona współczynnikiem  $n$  jest typowa dla aktywności komet długookresowych i jednopojawieniowych. Wygląda więc na to, że mieliśmy do czynienia ze standardową, wręcz „wzorcową” kometą.

Zobaczmy, jak zmieniała się jasność komety w czasie [Rys.2]. Poprowadzona linia wykresła zależność określona wzorem (14) przy wyznaczonych parametrach. Wyraźnie widać, że rzeczywiście dobrze opisuje ona zmiany jasności komety McNaupta-Hartleya w czasie.

Kiedy w takim razie nie można stosować powyższej procedury? Oczywiście w przypadku, gdy kometa gwałtownie zwiększa („wybuch”) bądź zmniejsza (rozpad) swoją jasność. Jednakże zawsze analizę zmian jasności komety zaczynamy od wykreszenia zależności podobnej do przedstawionej na Rys.1 i określenia, czy widoczne punkty można opisać pojedynczą linią prostą, czy też w „życiu” komety zaszły jakieś gwałtowne zdarzenia. Przykładem takiej „zmiennej” komety może być obserwowana w 2000 roku kometa C/1999 S4 (LINEAR) (Rys.3)<sup>1</sup>. Na przedstawionym wykresie widoczne są przynajmniej cztery odcinki możliwe do liniowego dopasowania, co dobrze odzwierciedla zmienny charakter tej niezwykle interesującej komety („Urania-PA” 6/2000).

Jak widać z przytoczonego przykładu, opisany model pomimo swojej prostoty znakomicie oddaje zmiany jasności komety w czasie i pozwala na przeprowadzanie jej analizy.

Tomasz Ścieżor

Obserwator	Miejscowość	Użyty sprzęt
Jacek Adamik	Zrębice	L317 L140 B50 B60
Antoni Chrapek	Nehrybka	L350
Kazimierz Czernis	Wilno (Litwa)	R120 B50 R150 L200
Oskar A. Dereń	Wrocław	B70
Michał Drahus	Kraków	B100
Grzegorz Duszanowicz	Kanonvagen (Szwecja)	B80 B50 T250
Marcin Filipek	Jerzmanowice	B66 L165
Krzysztof Grączewski	Izabelin	L300
Piotr Guzik	Krosno	L150 B50
Krzysztof Kida	Tropy Elbląskie	L250
Maciej Kwinta	Kraków	R80
Paweł Paczkowski	Borowa Góra	L206
Mieczysław Paradowski	Lublin	B60
Jacek Powichrowski	Białystok	L200
Dorota Powichrowska	Knyszyn	L200
Tomasz Ścieżor	Kraków	M100
Jarosław Smyślo	Busko-Zdrój	B50 L150
Krzysztof Socha	Kolonia-Baćkowice	B70
Jerzy Speil	Wałbrzych	B80 L150
Robert Włodarczyk	Częstochowa	B60 L180

Oznaczenia: B — lornetka, R — refraktor, L — newton, M — maksutow, T — schmidt-cassegrain, C — cassegrain. Liczby oznaczają średnicę instrumentu w milimetrach.

<sup>1</sup> W celu uwidocznienia charakteru zmian jasności komety względem jej odległości od perihelium, często na osi odciętych podaje się różnicę logarytmów odległości komety od Słońca w danym momencie ( $\log(r)$ ) i odległość perihelium ( $\log(r_0)$ ).

# Igraszek z grawitacją ciąg dalszy

**P**onieważ moja notatka „Igraszki z grawitacją” (U-PA 2/2001) wywołała nadzwyczaj ożywioną „dyskusję” (U-PA 3/2001 str. 98), więc może pozwól sobie na pewne „podsumowanie”. (Liczę jednak na dalsze wypowiedzi...).

Otóz Autor listu pisze, że „ciężar to wypadkowa siły przyciągania ziemskiego i siły odśrodkowej wywołanej obrotem Ziemi”.

Czyżby tylko?

A na Księżyco to ciężaru nie ma? (A na Marsie?)

(Definicja podana przez autora listu nie jest więc ogólna, a to stanowi — szczególnie w fizyce teoretycznej — bardzo istotną wadę...).

Zdaniem Autora listu ciężar jest wynikiem oddziaływania dwóch składowych sił.

Czyżby?

A na biegunach geograficznych Ziemi to ciężaru nie ma? (A więc aby powstał ciężar (ziemski) wystarczy (w dwóch miejscach Ziemi) tylko jedna siła — sama grawitacja ziemska).

Również z tego punktu widzenia „definicja” podana przez Autora listu nie jest więc dobra — bałamutnie (kategorycznie?) wiąże ze sobą dwa odrębne (niezależne od siebie!) zagadnienia — przyspieszenie siły ciążenia i przyspieszenie odśrodkowe...

Jeżeli więc samo przyspieszenie ziemskiej siły ciążenia wywołuje (w określonych warunkach) zjawisko ciężaru, to czy inny „rodzaj” przyspieszenia go nie wywołuje? Na przykład czy przyspieszenie wywołane działaniem silnika rakietowego nie wywołuje (w napędzanym przez ten silnik statku i zresztą w całej konstrukcji!) zjawiska ciężaru?

W całej naukowej literaturze kosmonautycznej twierdzi się, że przyspieszenie (lub opóźnianie — „ujemne przyspieszenie”) wywołane pracą własnego silnika (lub w przypadku opóźnienia — także przez opór ośrodka) powoduje powstawanie się ciężaru.

Jeśli zaś tak, to i w samochodzie zderzającym się z przeszkołą — tak długo, jak długo trwa opóźnienie jego ruchu — pojawia się ciężar niezależny od grawitacji ziemskiej...

Autor listu uważa za absurd, że lecący ruchem bezwładnym statek kosmiczny nie ma ciężaru.

Otóz jeśli zastosujemy „definicję” Autora listu, to z pewnością nie ma!

Jeszcze raz powtarzam — swobodnie spadające przedmioty ciężaru nie mają... (Na przykład bomba swobodnie spadająca z samolotu — pomijam opór powietrza! — ciężaru nie ma — proszę zatrzymać do literatury fizycznej). Otóż statek kosmiczny — w fazie lotu beznapędowego — jest właśnie swobodnie spadającym przedmiotem.

(Ciężaru nie ma zresztą Ziemia — spadająca swobodnie na Słońce, spadająca na Słońce Księżyca<sup>1</sup> — choć jego ruch jest bardzo silnie zakłócanym (perturbowanym) przez przyciąganie grawitacyjne Ziemi! Samo Słońce też ciężaru nie ma, bo spada swobodnie na środek masy Galaktyki... itd.)

Nie wiem, gdzie się uczył Autor listu i zupełnie mnie to nie obchodzi, ale tam gdzie ja się uczyłem (w szkole średniej — a przez 4 miesiące uczyłem się półtora kilometra od linii frontu — i później na studiach), nauczyciele i profesorowie pokazywali doświadczalnie, że swobodnie spadające przedmioty ciężaru nie mają.

(Zresztą doświadczenie takie można wykonać nawet na stole w salonie — służę odpowiednią literaturą fizyczną informującą, jak to się robi).

W tych wszystkich przypadkach można (trzeba!) mówić tylko o masie obiektów.

Autor listu broni pojęcia „sztuczna grawitacja” (choć zgadza się, że nie jest ono „ściśle”).

Nie będę powtarzał tego, co już napisałem, ale dodam coś nowego...

Otóz dostrzegam dość istotną różnicę między grawitacją a siłą odśrodkową. Mianowicie grawitacja wytwarza pole rozciągające się do nieskończoności, a siła odśrodkowa tylko pole sił zamknięte w obrębie obracającego się przedmiotu. Sama grawitacja nie wytwarza siły Coriolisa, a dopiero w połączeniu z siłą odśrodkową — tak.

Dodam jeszcze jedno.

W nauce obowiązuje zasada „nietwórczenia niepotrzebnych bytów”. (Dla fizyka teoretyka to chyba nic nowego?). Otóż takim „niepotrzebnym bytem” jest pojęcie „sztucznej grawitacji” — nie jest potrzebne do niczego — można się bez niego obyć całkowicie...

I jeszcze jedno.

Autor listu przedstawia się (krótko), kim jest.

Nie będę się tu przeliczywał moimi kompetencjami zawodowymi, naukowymi i dydaktycznymi. Wspomnę jednak o tym, co ściśle wiąże się z metoryczną treścią „dyskusji”.

Otóz jednym z przedmiotów, jaki musiałem „zaliczyć” w czasie studiów, była „geodezja dynamiczna” (czyli, inaczej mówiąc, nauka o polu grawitacyjnym Ziemi). Jako student uczestniczyłem też, przez kilka miesięcy, w pomiarach grawimetrycznych na obszarze kilku dawnych województw. Grawimet Nörgarda był tak czuły, że podniesiony na kilka decymetrów nad powierzchnię Ziemi wykazywał już inną siłę przyciągania ziemskiego. (A kosztował tyle, co 3 samochody „Warszawa” — no więc woziłem go na kolanach, choć miał ciężar kilkunastu kilogramów). Natomiast wagą skręcenie Etvösa można było wyznaczyć masę krowy na pastwisku (oczywiście z bliska — i o ile chciała stać nieruchomo!). O wahadłowym przyrządzie firmy Askania, służącym do wyznaczania przyspieszenia ziemskiego, mówić już nie będę...

Zajmowałem się więc trochę (ale w sposób profesjonalny) grawitacją...

Natomiast jeśli chodzi o działalność dydaktyczną, to „uprawiałem” w swoim długim życiu bardzo różne jej „formy” (w tym byłem przez kilka lat „nauczycielem akademickim”) i dostałem za nią nawet trochę odznaczeń państwowych.

Zgadzam się z Autorem listu, że uczyliśmy się „innej” fizyki i zgadzam się też z treścią trzech ostatnich wierszy jego listu...

**Andrzej Marks**

PS. A irytagia nie ma nic, a nic wspólnego z prawami fizyki. Notatkę napisałem dla „pohamowania”, „radosnej twórczości dziennikarskiej” w „przedmiotowym temacie”, toteż liczyłem na „poparcie” ze strony członków „gildii naukowej”, a nie wprowadzanie „dodatkowego zamętu”. (Na sam koniec dodaję i ja trochę werbalistycznego belkotu do „dyskusji”).

<sup>1</sup> Księżyca jest ok. dwa razy silniej przyciągany grawitacyjnie przez Słońce niż przez Ziemię, a jego orbita jest w przestrzeni mięzyplanetarnej krzywą zamkniętą nie względem Ziemi, a względem Słońca...

# Eliptyczne orbity planet a prawo powszechnego ciążenia

Pierwszy poprawny opis ruchu planet w Układzie Słonecznym podał na początku XVII wieku Johann Kepler. Wnioski wynikające z obserwacji Marsa uogólnił on na wszystkie ówcześnie znane planety Układu Słonecznego w postaci trzech praw ruchu, zwanych dzisiaj prawami Keplera. Prawa te orzekają, że każda z planet porusza się po orbicie eliptycznej ze Słońcem w jednym z ognisk (I prawo), że stałą prędkością połową (II prawo), przy czym kwadrat jej okresu obiegu jest proporcjonalny do sześciu półosi wielkiej orbity (III prawo).

Prawa sformułowane przez Keplera miały początkowo empiryczny charakter, mimo że on sam i jemu współczesni przeczuwali, iż wymagają one istnienia jakiejś siły przyciągającej pomiędzy Słońcem a planetami. Trzeba było jednak dopiero geniuszu Newtona, aby wykazać, że są one naturalną konsekwencją prawa powszechnej grawitacji.

Wyjaśnienie tajemniczych keplerowskich praw ruchu stanowiło ogromny sukces mechaniki Newtona. Aby udowodnić prawa Keplera, należało rozwiązać równania ruchu planety w polu grawitacyjnym Słońca. Dowód praw Keplera przeprowadzony w ten sposób jest bardzo elegancki, lecz wymaga sporej biegłości matematycznej w posługiwaniu się rachunkiem całkowym, co niestety odstrasza niejednego młodego astronoma amatora. Zagadnienie orbit eliptycznych jest bardzo często spotykane w astronomii. Dotyczy ono nie tylko ruchu planet, asteroidów, komet czy w końcu sztucznych satelitów i sond kosmicznych w Układzie Słonecznym, ale również ruchu tak odległych obiektów jak gwiazd czy galaktyk w układach podwójnych. Proste a jednocześnie poprawne metodologicznie przybliżenie młodym adeptom astronomii tego zagadnienia wydaje się więc bardzo potrzebne.

Poniżej proponowana jest metoda wyjaśniająca zgodność keplerowskiego opisu ruchu planet po orbitach eliptycznych z prawem powszechnej grawitacji, oparta wyłącznie na umiejętności obliczania pochodnych, a więc w pełni dostępna uczniom szkół średnich. Należy jednocześnie zdawać sobie sprawę z tego, że prawo powszechnej grawitacji jest pierwotną właściwością przyrody i przedstawiona metoda ukazuje jedynie zgodność praw Keplera z prawem powszechnego ciążenia, a nie jest dowodem jego słuszności. Rozważamy dwa ciała: Słońce o masie  $M_{\odot}$  i planetę o masie  $m$ , które przyciągają się wzajemnie zgodnie z prawem powszechnego ciążenia siłą grawitacji  $F$ , której wartość jest określona wzorem:

$$F = \frac{GM_{\odot}m}{r^2}, \quad (1)$$

gdzie  $G$  oznacza stałą grawitacji,  $r$  odległość środków mas rozpatrywanych ciał. Zarówno Słońce przyciąga planetę, jak i planeta przyciąga Słońce, jednak z uwagi na to, że masa

planety jest kilka rzędów mniejsza od masy Słońca (masa największej planety Układu Słonecznego — Jowisza stanowi około tysięczną część masy Słońca), przyśpieszenie, jąkiego udziela Słońcu planeta, jest zaniedbywalne w stosunku do przyśpieszenia doznawanego przez planetę. Wprowadźmy układ współrzędnych, którego początek pokrywa się ze środkiem masy Słońca, uważanego za nieruchome. W tym układzie przeanalizujemy ruch planety wokół Słońca. Jeżeli zaniedbamy oddziaływanie innych ciał, opór ośrodka oraz ciśnienie promieniowania słonecznego, to jedyną siłą działającą na planetę będzie właśnie siła grawitacji słonecznej, która jest równoległa do wektora wodzącego planety. Moment pędu  $\vec{L}$  planety wyraża wzór

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}, \quad (2)$$

$\vec{r}$  i  $\vec{p}$  oznaczają odpowiednio jej wektor wodzący i pęd. Pochodna czasowa momentu pędu planety jest równa wektorowi zerowemu  $\vec{0}$  (2), co łatwo wykazać, różniczkując równanie (2):

$$\dot{\vec{L}} = \dot{\vec{r}} \times \vec{p} + \vec{r} \times \dot{\vec{p}} = \vec{v} \times \vec{p} + \vec{r} \times \vec{F} = \vec{0} + \vec{0} = \vec{0}. \quad (3)$$

Korzystamy przy tym z faktu, że pochodna czasowa wektora wodzącego jest równa prędkości planety  $\vec{v}$ , pochodna czasowa pędu to siła działająca na planetę  $\vec{F}$  (czyli grawitacja Słońca) oraz uwzględniamy fakt iż iloczyny wektorowe wektorów równoległych (prędkości przez pęd planety i promienia wodzącego przez siłę grawitacji) są równe  $\vec{0}$ . Skoro pochodna czasowa wektora momentu pędu jest wektorem zerowym, więc wnioskujemy, że jest on wektorem stałym (oczywiście niezerowym), ma on ustalony kierunek, zwrot i stałą wartość  $L$ . Z drugiej strony wektor  $\vec{L}$  jako wynik iloczynu wektorowego jest prostopadły do wektorów  $\vec{r}$  i  $\vec{v}$ , które wyznaczają chwilową płaszczyznę orbity planety. Skoro  $\vec{L}$  ma ustalony kierunek, więc płaszczyzna orbity prostopadła do niego ma również stałą orientację w przestrzeni. Zatem ruch planety jest płaski i dalej do jego opisu można wykorzystać dwuwymiarowy, kartezjański układ odniesienia. Z kolei stosując elementarne metody geometryczne, można łatwo pokazać, że pole zakreślane w jednostce czasu przez promień wodzący planety, czyli tzw. prędkość polowa  $\sigma$  spełnia zależność:  $\sigma = \sqrt{\vec{r} \times \vec{v}} / 2$ . Na podstawie równań (2) i (3) wnioskujemy, że  $\sigma = L / 2m = \text{const}$ . Oznacza to, że stałość momentu pędu planety pociąga za sobą stałość prędkości polowej. W ten sposób dowiedliśmy słuszności drugiego prawa Keplera. Ponieważ planeta porusza się w polu grawitacyjnym Słońca, więc jej całkowita energia mechaniczna  $E$ , będąca sumą energii kinetycznej i potencjalnej, jest wielkością stałą. Słuszne jest więc równanie:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{GM_{\odot}m}{r} = E \quad (4)$$

Wprowadzenie współrzędnych biegunkowych  $r$  i  $\varphi$  znacznie upraszcza dalsze obliczenia. Współrzędne kartezjańskie  $x$  i  $y$  planety są związane z jej współrzędnymi biegunkowymi następującymi zależnościami

$$x = r \cos \varphi, \quad y = r \sin \varphi. \quad (5)$$

Różniczkując po czasie równanie (5), uzyskamy:

$$\dot{x} = \dot{r} \cos \varphi - r \dot{\varphi} \sin \varphi, \quad \dot{y} = \dot{r} \sin \varphi + r \dot{\varphi} \cos \varphi. \quad (6)$$

Równanie (6) przedstawia składowe kartezjańskie  $\dot{x}$  i  $\dot{y}$  wektora prędkości  $\vec{v}$ . Ponieważ  $v^2 = \dot{x}^2 + \dot{y}^2$ , więc zamiast równania (6) można napisać:

$$\frac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\varphi}^2) - \frac{GM_{\odot}m}{r} = E. \quad (7)$$

Wielkość momentu pędu zgodnie z równaniami (2), (5) i (6) może być wyrażona następująco:

$$L = m|r \times v| = m|\dot{x}\dot{y} - \dot{y}\dot{x}| = mr^2\dot{\varphi}. \quad (8)$$

Wykorzystując powyższą zależność będziemy mogli równanie (7) doprowadzić do postaci:

$$\frac{1}{2}m\dot{r}^2 = E + \frac{GM_{\odot}m}{r} - \frac{L^2}{2mr^2}. \quad (9)$$

Zgodnie z pierwszym prawem Keplera orbitą planety jest elipsa, w której jednym z ognisk znajduje się Słońce. Tak więc ognisko to pokrywa się z początkiem układu współrzędnych. Równanie takiej elipsy ma postać:

$$r = \frac{p}{1 + e \cos \varphi}. \quad (10)$$

gdzie  $p$  i  $e$  oznaczają odpowiednio jej parametr i mimośród. Różniczkując względem czasu ostatnie równanie, uzyskamy:

$$\dot{r} = \frac{pe\dot{\varphi} \sin \varphi}{(1 + e \cos \varphi)^2}. \quad (11)$$

Na podstawie równań (8) i (10), powyższe wyrażenie możemy napisać w postaci:

$$\dot{r} = \frac{eL \sin \varphi}{mp}. \quad (12)$$

Następnie wykorzystując „jedynkę trygonometryczną” oraz wyznaczając  $\cos \varphi$  z równania (10), wykonamy przekształcenia:

$$\dot{r} = \frac{Le}{mp} \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \frac{Le}{mp} \sqrt{1 - \frac{(p-r)^2}{r^2}}. \quad (13)$$

Podnosząc to równanie stronami do kwadratu, uzyskujemy:

$$\dot{r}^2 = \frac{L^2(e^2 - 1)}{m^2 p^2} + \frac{2L^2}{m^2 pr} - \frac{L^2}{m^2 r^2}. \quad (14)$$

Ostatecznie mnożąc stronami równanie (14) przez  $\frac{m}{2}$ , uzyskamy:

$$\frac{1}{2}m\dot{r}^2 = \frac{L^2(e^2 - 1)}{2mp^2} + \frac{L^2}{mpr} - \frac{L^2}{2mr^2}. \quad (15)$$

Jeśli rzeczywiście orbitą planety jest elipsa, to wtedy lewe strony równań (9) i (15) przedstawiają tę samą wielkość, więc i ich prawe strony powinny być identyczne. Będzie to miało miejsce wtedy, gdy odpowiednie współczynniki będą sobie równe. Widać, że wyrazy proporcjonalne do  $r^2$  są identyczne. Zatem również wyrazy nie zawierające  $r$  oraz współczynniki przy wyrażenях proporcjonalnych do  $r^{-1}$  muszą być sobie odpowiednio równe. Prowadzi to do dwóch równań:

$$E = \frac{L^2(e^2 - 1)}{2mp^2}. \quad (16)$$

$$GM_{\odot}m = \frac{L^2}{mp}. \quad (17)$$

Uwzględniając fakt, że parametr elipsy  $p$  jest związany z jej dużą półosią  $a$  zależnością  $p = a(1 - e^2)$ , łatwo obliczymy na podstawie związków (16) i (17) wartości energii całkowitej i momentu pędu planety. Są one równe:

$$E = -\frac{GM_{\odot}m}{2a} \quad \text{i} \quad L = m\sqrt{GM_{\odot}a(1 - e^2)}.$$

Warto zauważyć, że energia całkowita  $E$  zależy od geometrii orbity tylko poprzez wymiary jej dużej półosi  $a$ , nie zależy od kształtu orbity, czyli od mimośrodu  $e$ . Natomiast moment pędu  $L$  jest uzależniony od obu tych wielkości. Tak więc udowodniliśmy, że orbity eliptyczne są dopuszczalnym torzem ruchu ciała próbnego (planety) w centralnym polu grawitacyjnym opisany wzorem (1). Naturalnym staje się pytanie o to, czy orbity eliptyczne wyczerpują możliwości ruchu w rozważanym problemie? Odpowiedź na to pytanie jest negatywna. W ogólności torem ruchu ciała próbnego są przecięcia stożkowej: elipsy, parabole, hiperbole, a także w pewnym szczególnym przypadku linie proste. Warto zaznaczyć również, że wykorzystane w naszych rozważaniach równanie (10) przedstawia w ogólności przecięcie stożkowej — niekoniecznie elipę. W rzeczywistości wykazałyśmy więc zgodność ruchu po stożkowej (niekoniecznie po elipsie) z prawem powszechnego ciążenia. Staje się teraz zrozumiałe, dlaczego w przedstawionym rozumowaniu wykorzystano tylko dwa pierwsze prawa Keplera. Trzecie prawo ma charakter bardziej szczegółowy, gdyż dotyczy ruchu okresowego, który w zagadnienniu dwóch ciał ma miejsce tylko wypadku orbity eliptycznej. Polecania literatura: Artymowicz P., 1995, *Astrofizyka układów planetarnych*, PWN, Warszawa. Galjullin A.S., 1986, *Metody rozwiązywania odwrotnych zadań dynamiki (w j. ros.)*, Nauka, Moskwa. Rogers E.M., 1986, *Fizyka dla dociekliwych cz.II, Astronomia, Rozwój teorii astronomicznych*, PWN, Warszawa.

P. Gronkowski

# Sposób sporządzania i zapisu prac przeznaczonych na konkursy i olimpiady

**W**śród wielu umiejętności potrzebnych w życiu zarówno zawodowym, jak i prywatnym, do najslabiej opanowanych przez naszą młodzież należy formułowanie wypowiedzi.

Powyższe stwierdzenie wynika z kilkunastoletnich doświadczeń związanych z Olimpiadą Astronomiczną. W Olimpiadzie, przynajmniej założenia, biorą udział najlepsi z najlepszych, tym samym jeżeli ci najlepsi czegoś nie potrafią, można sądzić, że nie potrafią tego wszyscy. Jeżeli nie potrafią formułować budzących zaufanie wypowiedzi, w sytuacji gdy zależy im na tym, a w końcu miejsce w Olimpiadzie zależy właśnie od jakości ich prac, to należy sądzić, że po prostu nie znają kryteriów, jakimi powinna charakteryzować taka wypowiedź. Nie znając tych kryteriów, nie potrafią również selekcjonować i krytycznie analizować dostępnych źródeł wiedzy. Sposób zapisu rozwiązań zadań olimpijskich i innych prac konkursowych czy artykułów do czasopism powinien różnić się od formy stosowanej w szkole podczas rozwiązywania zadań wszelkiego rodzaju pisemnych sprawdzianów. W szkole oceniaczym rozwiązywanie jest „własny” nauczyciel, posługujący się tym samym co uczeń podręcznikiem, ze wspólnymi dla siebie i ucznia zwyczajowo stosowanymi oznaczeniami i sposobem prezentowania rozwiązań oraz ich uzasadniania. Łatwo się więc wzajemnie zrozumieć.

W czasach, gdy w liceach obowiązywał w zasadzie jeden tylko podręcznik i taki sam wszędzie program nauczania, sprawy te były zunifikowane i można było korzystać ze spotkanego w regulaminach olimpiad stwierdzenia, że nie wymagają uzasadniania „szkolne” wzory, formuły i że można korzystać z powszechnych (znajdujących się w podręcznikach) stałych. A jak powinna współcześnie taka wypowiedź wyglądać? Z jednej strony nie powinno niczego ważnego brakować, a każda informacja musi być wyraźnie i jednoznacznie zapisana. Tym samym w każdej pracy wyraźnie (a więc np. w oddzielnych i rzucających się w oczy linijkach lub akapitach) i we właściwej kolejności powinny być zapisane elementy rozumowania. Z drugiej strony nie powinno być zbędnych elementów. Duża ilość luźno związanych z problemem informacji utrudnia wyłonienie tych istotnych.

Można sformułować wiele poprawnych schematów zapisu myśli, a przykładowe reguły w odniesieniu do zapisu zadań rachunkowych Olimpiady Astronomicznej mogą mieć postać:

a. Wszystkie występujące w zadaniu wielkości powinny być opisane. Litery oznaczające wielkości fizyczne powinny być w miarę możliwości zgodne z powszechnymi zwyczajami. Jeżeli to możliwe, należy wyodrębnić łatwy do odnalezienia (np. na początku pracy) blok oznaczeń. Jeżeli używane są skróty (np. typu US — Układ Słoneczny, Z — Ziemia itp.) to należy je również umieścić w bloku oznaczeń.

b. Wszystkie wzory należy jasno opisać. W przypadku wzorów powszechnie znanych, za takie można uznać

wzory zawarte w zalecanej (typowej) literaturze i posiadających własną nazwę (prawo Coulomba, wzór Ciołkowskiego), wystarczy opisać je tą nazwą. W przypadku wzorów rzadziej spotykanych należy podać ich źródło, podając pozycję literaturową, z której pochodzą wraz ze sposobem identyfikacji, a więc strona lub paragraf i numer wzoru np.

$$\alpha = 2,44 \frac{14}{D} \quad (\text{Rybka 1983, paragraf 108, wzór 206}).$$

W przypadku wzorów tworzonych przez autora na użytku zadania, należy podać ich uzasadnienie (np. podając rozumowanie uzasadniające dany wzór).

c. Wszystkie używane dane powinny mieć podane źródło pochodzenia (tylko w przypadku danych pochodzących z treści zadania nie jest to konieczne), przy czym należy preferować dane mające charakter podstawowy. Oznacza to, że w przypadku możliwości wyliczenia danej ze stałych uniwersalnych i wzięcia z literatury należy wybrać pierwszą z tych możliwości. Podobnie w przypadku możliwości użycia bardziej podstawowych danych („podstawowe”) może znaczyć rzeczywiście różne, zwykle za bardziej podstawową uznany daną występującą częściej i w bardziej rozpowszechnionej literaturze) należy taką możliwość preferować. Dane należy w miarę możliwości zebrać w osobnym bloku. Blok danych może jednocześnie służyć za blok oznaczeń, np. zapis:

$$M_s \approx 2 \times 10^{30} \text{ kg} \quad \text{masa Słońca (Rybka 1983, tabela „Dodatek II”)}$$

jest jednocześnie oznaczeniem, daną oraz podaniem źródła danej.

d. Każdy element rozumowania (rachunku) należy opisać w tyle jednoznaczny sposób, aby było możliwe powtórzenie rozumowania (rachunku) przez czytelnika. W szczególności należy zaznaczyć, na jakich wzorach i jakie przekształcenia zostały wykonane. Podobnie należy postępować z rachunkami numerycznymi. Należy podać podstawiane wartości wraz z użytymi jednostkami (jednostki warto sprowadzić do jednego układu w bloku danych), zaznaczając sposób rachunku (kalkulator, rachunek ręczny). Na końcu należy ustalić wymiar, wykonując obliczenia na jednostkach.

e. Wzory, zwłaszcza te, do których w dalszym ciągu się odwołujemy, powinny być oznaczone (np. numerowane), a rysunki czytelnie opisane z użyciem tych samych oznaczeń co rachunek.

f. Używane pojęcia trzeba albo zdefiniować, albo odwołać się do literatury (np. czyniąc uwagę „przez rok gwiazdowy rozumiemy pojęcie zdefiniowane w podręczniku Rybki”). Ta ostatnia czynność nie jest konieczna, gdy pojęcie jest powszechnie znane i używamy go w tym właśnie typowym znaczeniu.



Korzystając z tych lub podobnych reguł, uzyskujemy tekst czytelny i zrozumiały, a więc budzący zaufanie. Nie od rzeczy będzie zwrócenie uwagi na fakt, że jednym z celów takiego konstruowania tekstu jest łatwość weryfikacji — ewentualny błąd lub pomyłka da się łatwo znaleźć.

Inną regułą jest zasada koherencji — tekst musi tworzyć spójny obraz tematu. W praktyce oznacza to, że przy każdej wypowiedzi warto zastanowić się, czy nie przeczy ona czemuś oczywistemu. Przykładowo, gdy jakąś wielkość „fizycznie dodatnia” wychodzi nam ujemna, gdy coś oczywiście większego okazuje się mniejsze itp., należy sądzić, że popełniono błąd. W Olimpiadzie Astronomicznej (w innych zapewne jest tak samo) przykładów niesprawdzenia sensu wypowiedzi nie brakuje. Mamy więc masy Słońca mniejsze od masy Księżyca, odległości w Układzie Słonecznym rzędu parseków, temperatury gwiazd rzędu ułamków kelwina itp. Należy więc przyjąć jako bezwzględnie obowiązującą regułę sprawdzenie pod tym względem każdej wypowiedzi. W Olimpiadzie należy przynajmniej sprawdzić, czy odpowiedź nie uraga rzeczywistości (w przypadku zadań rozwiązywanych w domu należałoby przyjrzeć się całości, a w przypadkach wątpliwych skorzystać z konsultacji nauczyciela). Wspomniane już powyżej sprawdzenie wymiaru jest w gruncie rzeczy właśnie zastosowaniem tej reguły — gdy obliczony z uzyskanego wzoru wymiar nie jest wymiarem obliczanej wielkości, oznacza to niespójność wskazującą na jakąś nieprawdę<sup>1</sup>.

Powyzsze kryteria w zasadzie wystarczają w przypadku zadań rachunkowych, a w życiu — w przypadku wypowiedzi opartych o logiczne rozumowanie. W wielu, a może nawet w większości przypadków fakty, a nie rachunek i rozumowanie, są podstawą wypowiedzi. W Olimpiadzie takim przypadkiem jest tzw. zadanie literackie, w życiu dowolne opracowanie problemu, artykułu czy wypracowanie. I znowu stosunek ucznia i nauczyciela powoduje, że w szkole obaj znają te same fakty, a tym samym nie muszą podawać ich źródła. W życiu jest zupełnie inaczej. Czytelnik opracowania faktów nie zna (czyta właśnie po to, by je poznać), a bezpośrednią oceną ich prawdziwości najczęściej pozostaje poza jego możliwościami. Z tego względu autor musi czytelnikowi te możliwości stworzyć. W Olimpiadzie Astronomicznej zadanie literackie polega na krótkim przedstawieniu jakiegoś aktualnego problemu astronomicznego. Zadanie jest wykonywane w domu przy dostępie do wszelkich pomocy i polega na dotarciu odpowiedniej literatury a następnie opracowaniu i skomentowaniu uzyskanych wiadomości, czyli de facto na sporządzeniu krótkiego artykułu. Jak z powyższych uwag wynika, zadanie składa się z dwóch części — po pierwsze trzeba informacje znaleźć, a następ-

<sup>1</sup> Pewnym problemem mogą być tzw. wzory empiryczne. Przykładem takiego wzoru jest cytowany powyżej wzór ze 108 paragrafu podręcznika Rybki. Tego typu wzory są słusze tylko w określonym układzie jednostek (w tym przypadku sekundy luku i centymetry) i w przypadku użycia wymagają szczególnej ostrożności, zwłaszcza przy zamianie jednostek, gdyż występujące tam stałe są mianowane, czego zwyczajowo czasem się w źródłach (podręcznikach) nie podkreśla.

nie trzeba wiedzieć, jak z nich skorzystać. Niestety, uczestnicy Olimpiady z tak postawionym problemem radzą sobie dużo gorzej niż z zadaniami rachunkowymi. Przyczyną jest brak umiejętności posługiwania się literaturą. A jak być powinno? Przede wszystkim każdy podawany fakt powinien mieć wyraźnie określone źródło pochodzenia. W przypadku „raportu z literatury” źródłem pochodzenia faktu jest „cytat” z literatury. Podanie źródła umożliwia czytelnikowi (oceniającemu) zweryfikowanie informacji. Aby móc porównać, musimy wiedzieć z czym i do tego właściwie sprawdza się weryfikacja poprawności sporządzenia raportu (i rozpoznania, czy posiadany raport jest sporządzony rzetelnie). Umiejętność sporządzenia „raportu z literatury” może być pożyteczna niemal w każdym zawodzie i warto ustalić sposób postępowania. W przypadku zadań olimpijskich można to ująć w następujące reguły:

1. W przypadku gdy tekst powstaje na podstawie jednego niezbyt długiego materiału źródłowego, wystarczy na początku lub na końcu podać jego tzw. referencje, czyli określenie jednoznaczne w sposób ułatwiający czytelnikowi jego odnalezienie.

2. W przypadku gdy tekst powstaje na podstawie kilku prac i jeżeli odwołujemy się do nich niewiele razy, wówczas można posłużyć się uproszczonym systemem polegającym na odwołaniu się do danej pracy w tekście, a następnie zreferowaniu jej zawartości. Może to wyglądać następująco: L.M. Sokołowski w ... (w miejsce kropki pełne referencje lub odnoszące do nich) opisuje problem stałej kosmologicznej.... Odsyłacz może być, np. gwiazdką czy numerkiem, a pełne referencje pracy mogą znajdować się u dołu strony. Ten system jest o tyle wygodny dla czytelnika, że referencje odnajduje się na tej samej stronie, na której nastąpiło przywołanie pracy. System działa jednak na ogół tylko w przypadkach cytowania kilku prac, a i to wyłącznie gdy odwołujemy się do tej samej pracy mało razy.

3. W przypadku gdy cytowanych prac jest wiele i odwołujemy się do nich wielokrotnie, lepiej wyodrębnić specjalny blok, który zwykle tytułujemy „Literatura” lub „Bibliografia”. W bloku tym grupujemy referencje zapisane według jednego systemu.

Najczęściej używane są dwa systemy. Pierwszy z nich, bardzo wygodny dla czytelnika, polega na ponumerowaniu prac z bibliografią. Numer pracy w spisie literatury jest sposobem na odwołanie się do niej. Ponieważ czytelnik musi orientować się, że numer oznacza odwołanie się, zapisujemy go w jakiś charakterystyczny sposób. Najczęściej numer pracy zapisuje się w jakimś charakterystycznym nawiasie, np. tak, jak to zrobiono powyżej w przykładzie z czasopismami. Zwyczajowo numeracja prac literatury biegnie w tej kolejności, w jakiej cytowania pojawiają się w tekście (dzięki zachowaniu kolejności możliwe jest określenie, w którym momencie daną pracę zacytowano). W dłuższych i solidnie opracowywanych, a więc wielokrotnie przerabianych, tekstuach system sprawia autorowi kłopoty — usunięcie lub dopisanie pozycji literackiej powoduje zmiany numeracji literatury, co wymaga zwykle sporej pracy (i pojawia się możliwość, nieraz przykrych, pomyłek). W takich przypad-

kach używa się tzw. systemu oksfordzkiego — na pracę powołuje się, pisząc nazwisko autora (nazwisko pierwszego autora) i rok, np. Rybka 1983. W literaturze prace układają się alfabetycznie. Wówczas wprowadzenie lub usunięcie nowego odwołania wymaga jedynie dopisania (lub usunięcia) w odpowiednim miejscu bibliografii nowej referencji, nie zmieniając nic w pozostałych.

4. Referencje powinny zawierać:

a. Nazwisko autora (lub autorów). W przypadku gdy autorów jest dużo (trzech lub więcej), wystarczy pierwszego z nich z dopiskiem „i in.”.

b. W przypadku wydawnictw cyklicznych nazwa periodyku, jego tom, ewentualnie numer i rok wydania oraz strona, na której znajduje się początek tekstu. Niektóre czasopisma nie prowadzą ciągłej numeracji i wówczas podaje się datę wydania (miesiąc, tydzień lub dzień). Może to wyglądać, np.:

[1] L.M. Sokołowski, *Postępy Fizyki*, 46 (1995) 207.

[2] E. Asphaug, *Świat Nauki*, sierpień 2000.

c. W pierwszym przypadku czytamy: artykuł autorstwa L.M. Sokołowskiego w czasopiśmie „Postępy Fizyki” z roku 1995, tom (istnieje zwyczaj, że liczba pogrubiona oznacza tom czasopisma, a liczba w nawiasie oznacza rocznik) strona 207. Ponieważ w danym tomie strony są numerowane kolejno, nie ma potrzeby pisać, o jaki numer czy zeszyt chodzi (w tym przypadku zeszyt 3). W drugim przykładzie czasopismo nie ma tomów i jest miesięcznikiem, więc podanie roku i miesiąca jednoznacznie go określa.

d. W przypadku książek podajemy tytuł (obok autora), wydawnictwo, rok i miejsce wydania. Te ostatnie dane są konieczne, gdyż w wielu przypadkach różne wydanie tej samej książki mogą mieć nieco różną zawartość. Przykładowo, cytowanie książki może mieć formę Rybka E., *Astronomia ogólna*, PWN (1983), Warszawa.

e. W przypadku gdy korzystamy z materiału odnalezionejgo w Internecie, należałoby podać internetowy adres, datę pozyskania informacji, właściciela strony, autora informacji (lub instytucję redagującą stronę), ewentualnie własną ocenę wiarygodności źródła. Zgodnie z preferowaną przez nas zasadą na internetowe źródło wskazujemy w samym tekście opracowania, gdy jest ono jedynym źródłem (lub jednym z nielicznych źródeł) naszego opracowania, pisząc przykładowo: ..., według informacji znalezionej w dniu 21 marca 2001 r. na stronie „Nasz temat” (wiarygodnego dla mnie źródła, jakim jest strona Planetarium Śląskiego): <http://entropia.com.pl/planetarium>.

W spisie literatury możemy napisać:

[1] Internet, 21.03.2001, : <http://entropia.com.pl/planetarium>, „Nasz temat”, Planetarium Śląskie.

Na koniec chcemy zwrócić uwagę, jak i co należy cytować. Przede wszystkim cytujemy **fakty**, a więc wymieniając każdy fakt pochodzący z literatury, podajemy źródło, z którego pochodzi. Przykładowo: „gęstość planetoidy Eros wynosi  $2,7 \text{ g/cm}^3$  [2]”, a w nawiasie numer pracy, z której wymieniona wartość została wzięta. System „numerkowy” ma tę zaletę, że w nawiasie można umieścić kilka prac, gdzie dana informacja się powtarza, co w przypadku „sys-

temu oksfordzkiego” jest utrudnione. Należy unikać powoływanego się na rzeczy trudne do sprawdzenia (weryfikacja powinna być możliwie łatwa). W szczególności więc należy unikać powoływanego się na „druki do użytku wewnętrznego” (powołując się na takie, w zasadzie powinno się wówczas podać stronę lub rozdział). W szczególności informacja typu „Internet” bez podania konkretnego adresu jest zupełnie bezwartościowa.

Równie bezwartościowa jest też informacja nie związana z tematem oraz informacja powszechnie znana. W każdym przypadku gdy mamy ochotę zamieścić tego typu informację, trzeba to uzasadnić (np. rocznicą). Uzasadnieniem podawania powszechnie znanych faktów jest również użycie ich jako przesłanek w rozumowaniu. W takim przypadku ze względu na ich „powszechną znajomość” cytowania się nie podaje (gdyby chcieć uzasadniać literaturą każdy fakt, to nic nie można by napisać — autor musi założyć, że czytelnik zna jakiś zasób pojęć i faktów). Na odwrót, spotykając w jakimkolwiek tekście niezrozumiałe pojęcie lub nieuzasadniony i pozbawiony odsyłacza fakt, mamy prawo sądzić, że jest on „elementarny”, czyli łatwy do znalezienia w standardowej literaturze tematu (inna sprawa, że co elementarne w artykule naukowym nie jest elementarne w szkolnym wypracowaniu i nie może być za takie traktowane). Jednak w ogólnym przypadku podawanie oczywistych danych należy uważać za próbę wprowadzenia w błąd (czytelnik ma prawo sądzić, że autor ma coś nowego do przekazania). W szczególności w przypadku zadań Olimpiady Astronomicznej, a i w innych przypadkach zwykle też chodzi o informacje nowe. Nowe, czyli takie, które nie zdążyły jeszcze wejść do literatury typu książkowego — z zasady zamiast streszczać rozdział z książki, lepiej czytelnika do niego odesłać przy pomocy odpowiedniej uwagi. Warto dodać, że przepisywanie jest **przestępstwem** zwany plagiatem. Ta ostatnia uwaga związana jest z uczniowskimi pracami przesyłanymi na konkursy — autorzy spotykali prace podpisane przez dziewczęta, gdzie rozdziały pisane przez autora — mężczyznę w pierwszej osobie były w tej formie przepisywane. W ogóle przepisywactwo staje się w ostatnich czasach prawdziwą plagią. Rozwój mediów elektronicznych (Internet!) spowodował możliwość preparowania tekstów z wysiłkiem mniejszym niż konieczny do ich przeczytania. Po prostu ściąga się z sieci całe artykuły i łączy w jednym wydruku. Jak już powyżej wspomiano, takie postępowanie jest przestępstwem i powinno być z całą surowością ścigane. Nawet pomijając przypadki skrajnie zdegenerowane typu tworzenia z kradzionych materiałów (kopianie cudzych tekstów i podawanie za swoje jest kradzieżą) całych książek, każdy przypadek przywłaszczenia sobie cudzego tekstu jest plagiatem. Nie oznacza to jednak, że musimy w każdym przypadku posługiwać się „swoimi słowami”. Oczywiście wolno we własnym tekście umieścić fragmenty cudzego. W każdym takim przypadku jest koniecznym zaznaczenie takiego cytatów wraz z podaniem jego

właściwego autora. Zwyczajowo cudzy tekst odróżnia się innym rodzajem druku (np. kursywą) lub odpowiednim znakiem pisarskim (warto sobie przypomnieć, że jest taki — nazywa się cudzysłów). Dotyczy to również rysunków — chcąc ozdobić nasz tekst rysunkiem znajdującym się w Internecie, należy ten fakt zaznaczyć, identyfikując tekst, z którego rysunek został wzięty. I należy to traktować jako minimum przywoitości, bo w zasadzie powinniśmy na to uzyskać zgodę właściciela tekstu.

W przypadku gdy informacja pochodzi od autora, należy to wyraźnie podkreślić, na przykład „uważam...”, „autor sądzi...”. Podobnie należy podkreślić pochodzenie rozmowania. W przypadku gdy wyciągamy wniosek z informacji pochodzącej z różnych źródeł, należy to również wyraźnie zapisać. W przypadku gdy z zestawienia różnych źródeł wynika sprzeczność, należy na nią zwrócić uwagę czytelnika, w miarę możliwości komentując, np. ustalając, które źródło wydaje się wiarygodniejsze. Wiarygodność źródeł drukowanych jest dość łatwa do ustalenia. Otóż w zasadzie wiarygodne są źródła specjalistyczne, w zakresie swojej specjalizacji. Wynika stąd, że w zakresie kroju sukni wiarygodne jest czasopismo poświęcone modzie, a wyników sportowych czasopismo sportowe. Informacje zawarte w nawet najbardziej szacownym tytule, ale odbiegające znacznie od jego specjalizacji, należy traktować z dużą dozą ostrożności. Magazyny wielotematyczne, w ogóle mające dość niską wiarygodność, można oceniać „w sposób ogólny”, sprawdzając zamieszczone w nich teksty na tematy, o których mamy pojęcie. Dodatkowo można wnioskować, że ogólnie poważne czasopismo zbyt wielkich bzdur nie wydrukuje, jednak należy zachować ostrożność i w miarę możliwości unikać „wszystkoistów”. W przypadku czasopism specjalistycznych najwyższej ceny (najbardziej wierzymy) tzw. międzynarodowe recenzowane czasopisma. „Recenzowane” oznacza, że każdy zamieszczony w nich tekst przeszedł przez procedurę oceniaczą jego wartość, a tym samym jest godny zaufania. Najlepsze z tych czasopism zgrupowane są na tzw. liście filadelfijskiej. Czasopisma te jednak mają dwie poważne wady powodujące, że w praktyce kontakt z nimi ogranicza się do wiedzy o ich istnieniu. Wady te to z jednej strony mała dostępność, znajdują się bowiem tylko w bibliotekach naukowych (ale i dla chętnego i mieszkającego w dużym mieście są osiągalne), a z drugiej — zamieszczone w nich teksty są przeznaczone dla wąskich fachowców, a więc z zasady trudne do zrozumienia (ale niekoniecznie; uchodzące za bardzo naukowe „Science” i „Nature” zawierają artykuły zrozumiałe dla nie-

fachowca, oczywiście znającego angielski). Tak więc z teków naukowych raczej nie korzystamy. Są jednak czasopisma przeglądowe, takie jak „Postępy Fizyki” czy „Urana — Postępy Astronomii”, których charakter gwarantuje rzetelność (w danej dziedzinie). W następnej kolejności wierzymy czasopismom poświęconym popularyzacji nauki, takim jak „Wiedza i Życie” czy „Świat Nauki”. Wprawdzie są to „wszystkoistów”, ale naukowi. Redakcje tego typu czasopism zwykle zatrudniają fachowych redaktorów działu, którzy są recenzentami (lub autorami) zamieszczanych tekstów. W przypadku zwykłych czasopism, nie poświęconych nauce, wiarygodność sprawdzamy przez porównanie — jeżeli zbliżona informacja ukazuje się w wielu czasopismach, to zwykle coś z prawdy „w tym jest”. Pojedynczej notatce z prasy „niespecjalistycznej” nie wierzymy w ogóle. Nie znaczy to, że nie może być prawdziwa. Może, ale zbyt dużo na to stawiać nie należy. Jeżeli taką informację chcemy wykorzystać, to oczywiście możemy, ale... czytelnik, widząc cytowanie jakiegoś dziennika, swoje pomyśleć powinien (autor mając taką informację, a uważając ją za ciekawą, powinien poszukać potwierdzenia w bardziej wiarygodnej literaturze, zanim „pośle dalej”). W ogóle z zasady **nie wierzymy** informacjom bez podanego źródła. Podobnie jak nie bierzemy pod uwagę (nie czytamy) anonimów. Niestety, często autorzy teków popularnonaukowych mają do wyboru nie pisać albo pisać bez cytowań, albo nie pisać wcale — p.n. „Przepisy dla autorów” czasopisma „Wszechświat” — wewnętrzna strona okładek prawie każdego numeru. Pozostaje ocenić autora. Jeżeli znamy jego wykształcenie i obyczaje (i oczywiście jest on podpisany!), to można mu wierzyć (lub nie!!). Cytujemy wówczas, powołując się na niego, np. wskazując jego adres (pracy lub redakcji), ewentualnie zaznaczając „zwykle wiarygodny” (zwykle, bo jak mówi przysłowie, koń ma cztery nogi i...). Internetowi z zasady **nie wierzymy**. Oczywiście, nie możemy ignorować tego środka przekazu — dla wielu jest on jedynie dostępny, dla pozostałych jest cennym uzupełnieniem wiadomości, ale wiarygodność tego źródła należy sprawdzać wyjątkowo starannie. Wynika to z możliwości niemal nieograniczonego umieszczenia w witrynach internetowych swoich teków — nawet najpoważniejsze instytucje naukowe z zasady nie sprawdzają, co i kto umieszcza w ich bibliotekach preprintów i do **legalnego** umieszczenia tekstu wystarczy posiadania dostępu do konta internetowego danej instytucji (a więc np. w przypadku uczelni bycie studentem tejże). Tym samym w bibliotece preprintów bardzo szacownej instytucji możemy spotkać się zarówno z paranoiką, jak i najzwyklejszym dowcipem. Poza tym w odróżnieniu od materiałów drukowanych przechowywanych w bibliotekach, dokumenty dziś dostępne pod jakimś adresem jutro już mogą tam nie egzystować, a więc weryfikacja źródła może być niemożliwa. Aby ograniczyć możliwość bycia ofiarą czegoś takiego, trzeba zachować szczególną ostrożność. W szczególności trzeba zwrócić uwagę zarówno na to, pod jakim adresem informacja się ukazała, jak i na istotne cechy wiarygodności tekstu, czyli zarówno na to, czy tekst spełnia podane wyżej reguły jak i... No właśnie, na to, czy jest fachowo napisany. A tu z kolei trzeba być fachowcem, czego od ucznia wyma-



## ASTRO-BIT

Oprogramowanie i materiały astronomiczne

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

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



gać nie można. Inaczej mówiąc, problem ustalenia merytorycznej jakości tekstu stanowi problem wykraczający poza ramy tego artykułu.

## PODSUMOWANIE

### Rozwiązania zadań obliczeniowych

(wymagające stosowania wzorów, zależności, praw oraz przekształceń rachunkowych)

1. Wstępny blok objaśnień stosowanych oznaczeń z podaniem ich wartości liczbowej, jeśli oznaczają one stałe.<sup>1)</sup>
2. Wyodrębniony blok wielkości przyjmowanych jako dane.
3. Wyraźne sformułowany cel rozwiązania (poszukiwanie wartości wielkości, formuły, zależności itp.).
4. Właściwe rozwiązanie zadania uwzględniające:
  - a) jasny opis stosowanych praw — stanowiący istotny element komentarza niezbędnego przy ocenie rozumienia podanego rozwiązania;
  - b) podawanie definicji używanych pojęć lub źródeł, z których zostały zaczerpnięte;
  - d) pełne uzasadnienie („wyprowadzenie”) wzorów uzyskanych przez autora rozwiązania;
  - e) podanie źródła danych — w przypadku polecenia ich samodzielnego znalezienia;
  - f) podanie źródła zaczerpniętych z literatury wzorów, formuł, zależności itp.;
  - g) określenie zasadności i stopnia stosownalności (dokładności) użytego prawa;
  - h) sprawdzenie wymiaru uzyskanej wielkości;
  - i) uwzględnianie wystarczającej liczby wyników rachunków pośrednich pomiędzy etapami wyjściowymi a końcowymi rozwiązania (lub jego fragmentu), pozwalających oceniaciemu zlokalizować miejsce ewentualnego przekłamania i podjęcie decyzji, czy jest to błąd czy myłka;
  - k) zastosowanie przejrystego systemu odwoływanego się do wcześniejszych i późniejszych rezultatów obliczeń;
  - l) sprawdzenie, czy w rozwiązaniu nie występuje kolizja przyjętych oznaczeń;
  - m) odwoływanie się do brudnopisu zawierającego rezultaty kolejnych przekształceń, wyprowadzenia wzorów, rachunków liczbowych.
5. Jasno sformułowaną pisemną odpowiedź wynikającą z uzyskanego wyniku rozwiązania.
6. Ustosunkowanie się do dokładności lub realności uzyskanego wyniku i omówienie źródeł ewentualnych odstępstw od wyników spodziewanych lub całkowicie nierealnych.
7. Komentarz do ewentualnego zaskakującego wyniku, jeśli jesteśmy pewni poprawności rozwiązania, z podaniem wynikających z takiego wyniku wniosków.

### Rozwiązania zadań opisowych

(wymagające opracowania zadanego tematu lub rozwiązania postawionego w zadaniu problemu na podstawie posiadanych wiadomości i literatury)

1. Wstęp, raczej nie przekraczający jednej czwartej całości rozwiązania, zawierający jeden lub kilka z poniższych punktów, w zależności od treści zadania:

- a) wprowadzenie historyczne;
- b) szersze omówienie lub wypunktowanie zakresu problemu (zagadnienia) z reguły krótko ujętego w temacie zadania;
- c) ewentualną własną hipotezę dotyczącą rozwiązania, jeśli treścią zadania jest jakiś problem;
- d) zwrócenie uwagi na wagę postawionego zagadnienia i jej krótkie uzasadnienie;
- e) ogólne omówienie wagi głównych źródeł, z których korzystano w opracowaniu tematu.

2. Właściwe opracowanie stanowiące rozwiązanie postawionego zagadnienia, o objętości stanowiącej co najmniej połowę całości opracowania, uwzględniające:

- a) umieszczenie w tekście, po ważnych informacjach lub danych, odnośników do literatury<sup>2)</sup> stanowiącej ich źródło, chyba że korzystano tylko z jednego źródła dokładnie omówionego we wstępie lub z niewielkiej liczby źródeł, jednakże wykorzystywanych w opracowaniu i bezpośrednio omówionych w tekście rozwiązania;

b) wyraźne zaznaczenie, że dany tekst opracowania jest cytatem, z jednoczesnym podaniem źródła tego cytatu;

- c) własny komentarz w stosunku do informacji zaczerpniętych z wiarygodnej literatury, a budzących wątpliwości lub będących zaskoczeniem dla autora opracowania oraz ewentualne podanie innego źródła potwierdzającego lub zaprzeczającego tym informacjom;

d) własne poglądy na referowany temat, jeśli istnieje taka możliwość;

3. Zakończenie, raczej nie przekraczające jednej czwartej całości rozwiązania, zawierające jeden lub kilka z poniższych punktów, w zależności od treści zadania:

- a) wnioski wynikające z przedstawionego opracowania tematu zadania;
- b) ewentualne własne prognozy związane z opracowanym tematem;
- c) komentarz do postawionej przez siebie wstępnej hipotezy;
- d) ewentualny blok wykorzystanej literatury<sup>3)</sup>.

**Henryk Chrupała, Jerzy Kuczyński**

<sup>1)</sup>Np. w formie  $M_S \approx 2 \times 10^{30} \text{ kg}$  — masa Słońca (Rybka 1983, tabela „Dodatek II”)

<sup>2)</sup>Np. (Rybka 1983, paragraf 108, wzór 206) lub nazwa stosowanego prawa.

<sup>3)</sup>Pozycje bibliograficzne mogą mieć formę proponowaną i objaśnioną w artykule, np.:

[1] L.M.Sokołowski, *Postępy Fizyki*, 46 (1995) 207 — w przypadku czasopisma

[2] Rybka E., *Astronomia ogólna*, PWN (1983), Warszawa — w przypadku książki.

## Listopad

### Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca w Warszawie. Dnia 1 listopada Słońce wschodzi o  $5^{\text{h}}31^{\text{m}}$ , zachodzi o  $15^{\text{h}}07^{\text{m}}$ , a 30 listopada wschodzi o  $6^{\text{h}}21^{\text{m}}$ , zachodzi o  $14^{\text{h}}28^{\text{m}}$ .

#### Dane dla obserwatorów Słońca (na $0^{\text{h}}$ UT)

Data 2001	P [ $^{\circ}$ ]	$B_0$ [ $^{\circ}$ ]	$L_0$ [ $^{\circ}$ ]
XI 1	24,50	4,37	163,63
3	24,15	4,17	137,25
5	23,77	3,96	110,88
7	23,36	3,74	84,51
9	22,92	3,52	58,14
11	22,44	3,30	31,78
13	21,94	3,07	5,41
15	21,40	2,84	339,04
17	20,83	2,60	312,68
19	20,24	2,36	286,32
21	19,61	2,12	259,95
23	18,96	1,87	233,59
25	18,28	1,63	207,23
27	17,58	1,38	180,87
XI 29	16,84	1,13	154,51
XII 1	16,09	0,87	128,15

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

$B_0, L_0$  — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$13^{\text{d}}09^{\text{h}}51^{\text{m}}$  — heliograficzna długość środka tarczy wynosi  $0^{\circ}$ .

### Księżyca

Bezksiążycowe noce będziemy mieli w połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pełnia  $1^{\text{d}}05^{\text{h}}41^{\text{m}}$ , ostatnia kwadra  $8^{\text{d}}12^{\text{h}}21^{\text{m}}$ , nowa  $15^{\text{d}}06^{\text{h}}40^{\text{m}}$ , pierwsza kwadra  $22^{\text{d}}23^{\text{h}}21^{\text{m}}$  i ponownie pełnia  $30^{\text{d}}20^{\text{h}}49^{\text{m}}$ . W perigeum Księżyca znajdzie się 11 listopada o  $17^{\text{h}}22^{\text{m}}$  a w apogeum 23 listopada o  $15^{\text{h}}47^{\text{m}}$ .

### Planety i planetoidy

Na początku miesiąca nad ranem, nisko nad południowo-wschodnim horyzontem, możemy obserwować Merkurego jako obiekt o jasności  $-0,8^{\text{m}}$ . W dniu 1 listopada planeta na godzinę przed wschodem Słońca (początek świtu cywilnego) osiąga wysokość prawie  $10^{\circ}$ . Przez teleskop możemy wtedy obserwować tarczę Merkurego o średnicy  $7^{\circ}$  w fazie 60%. Tuż obok Merkurego widoczna będzie Wenus jako „Gwiazda Poranna” o jasności  $-4^{\text{m}}$ . Przez teleskop widoczna będzie tarcza planety o średnicy zaledwie  $10''$  w fazie zbliżonej do pełni. Wysokość planety nad horyzontem w ciągu miesiąca będzie maleała i pod koniec listopada jej obserwacja stanie się praktycznie niemożliwa.

Mars świeci w pierwszej połowie nocy na wysokości ok.  $20^{\circ}$  nad południowym horyzontem jako obiekt o jasno-

ści  $0^{\text{m}}$ . W związku z oddalaniem się od opozycji w listopadzie maleje zarówno jasność, jak i średnica tarczy planety, które pod koniec miesiąca wynoszą odpowiednio  $0,4^{\text{m}}$  i  $7''$ .

W drugiej połowie nocy możemy obserwować Jowisza świecącego na tle gwiazdozbioru Bliźniąt jako „gwiazdę” o jasności  $-2,5^{\text{m}}$ . Około  $30^{\circ}$  na zachód od Jowisza, w gwiazdozbiorze Byka, widoczny jest Saturn świecący z jasnością  $-0,4^{\text{m}}$ .

Wieczorem, ok.  $20^{\circ}$  nad południowym horyzontem w gwiazdozbiorze Koziorożca, można obserwować Urana i Neptuna jako „gwiazdy” o jasnościach odpowiednio  $5,8^{\text{m}}$  i  $7,9^{\text{m}}$ .

Pluton znajduje się na niebie zbyt blisko Słońca i jest niewidoczny.

W listopadzie w pobliżu opozycji znajduje się planetoida: (4) Westa, (jasność  $6,5^{\text{m}}$ ). 7 XI:  $4^{\text{h}}40,1^{\text{m}}, +14^{\circ}26'$ ; 17 XI:  $4^{\text{h}}30,9^{\text{m}}, +14^{\circ}15'$ ; 27 XI:  $4^{\text{h}}20,3^{\text{m}}, +14^{\circ}07'$ .

W listopadzie możemy także obserwować jasną kometę C/2000 WM1 (LINEAR), której jasność w ciągu miesiąca rośnie od  $8^{\text{m}}$  do  $5^{\text{m}}$ : 1 XI:  $4^{\text{h}}31,5^{\text{m}}, +49^{\circ}16'$ ; 10 XI:  $3^{\text{h}}59,5^{\text{m}}, +45^{\circ}37'$ ; 20 XI:  $3^{\text{h}}01,1^{\text{m}}, +34^{\circ}46'$ .

### Meteory

Od 14 do 21 listopada promieniuje meteory z roju Leonidów, związanego z kometą Tempel-Tuttle. Radiant meteoriów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne: rekt.  $10^{\text{h}}08^{\text{m}}$ , dekl.  $+22^{\circ}$ . Maksimum aktywności przypada 17 listopada. W związku z niedawnym powrotem macierzystej komety nadal możliwa jest zwiększena aktywność roju. W tym roku obserwacjom meteorów nie będzie przeszkadzał Księżyca tuż po nowiu.

\* \* \*

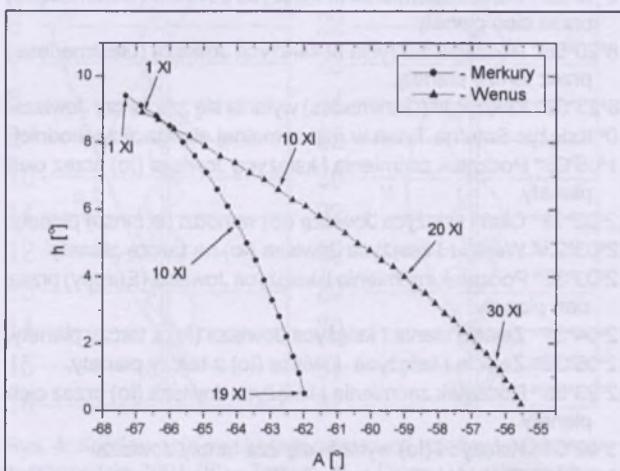
$1^{\text{d}}00^{\text{m}}$  Na tarczy Ganimedesa (III księżyca Jowisza) widoczny ciemny Obszar Galileusza (*Galileo Regio*).

$1^{\text{d}}20^{\text{h}}19^{\text{m}}$  Księżyca III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.

$2^{\text{d}}$  Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

$2^{\text{d}}16^{\text{h}}$  Jowisz nieruchomy w rektascensji.

$3^{\text{d}}20^{\text{h}}43^{\text{m}}$  Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ).



Rys. 1. Merkury i Wenus nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na poczatku świtu cywilnego w listopadzie i grudniu 2001 (około godziny przed wschodem Słońca).

3<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Odkrycie planety Saturn (-0,3<sup>m</sup>) przy ciemnym brzegu Księżyca, widoczne w całej Polsce (Zielona Góra 22<sup>h</sup>15<sup>m</sup> — Olsztyn 22<sup>h</sup>23<sup>m</sup>).

3<sup>d</sup>23<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżycem w odł. 0,6°.

4<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Wenus w odł. 0,7°.

4<sup>d</sup>03<sup>h</sup>12<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

5<sup>d</sup>00<sup>h</sup>26<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

5<sup>d</sup>00<sup>h</sup>58<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

5<sup>d</sup>01<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

5<sup>d</sup>02<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Cień III księżyca Jowisza (Ganimedes) wchodzi na tarczę planety.

5<sup>d</sup>02<sup>h</sup>40<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

5<sup>d</sup>03<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

5<sup>d</sup>05<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.

5<sup>d</sup>15<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Neptunem w odł. 2°.

5<sup>d</sup>21<sup>h</sup>41<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

6<sup>d</sup>01<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

6<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżycem w odł. 2°.

6<sup>d</sup>19<sup>h</sup>39<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.

6<sup>d</sup>20<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

6<sup>d</sup>21<sup>h</sup>08<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

6<sup>d</sup>21<sup>h</sup>59<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

6<sup>d</sup>22<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

6<sup>d</sup>22<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

7<sup>d</sup>00<sup>h</sup>44<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

7<sup>d</sup>19<sup>h</sup>33<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

8<sup>d</sup>00<sup>m</sup> Na tarczy Ganimedesa (III księżyca Jowisza) widoczny ciemny Obszar Galileusza (*Galileo Regio*).

8<sup>d</sup>05<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Cień IV księżyca Jowisza (Callisto) wchodzi na tarczę planety.

8<sup>d</sup>19<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.

8<sup>d</sup>20<sup>h</sup>56<sup>m</sup> Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez tarczę planety.

8<sup>d</sup>23<sup>h</sup>59<sup>m</sup> Księżyca III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.

10<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

11<sup>d</sup>05<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

12<sup>d</sup>02<sup>h</sup>19<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

12<sup>d</sup>03<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

12<sup>d</sup>03<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.

12<sup>d</sup>04<sup>h</sup>33<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

12<sup>d</sup>05<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

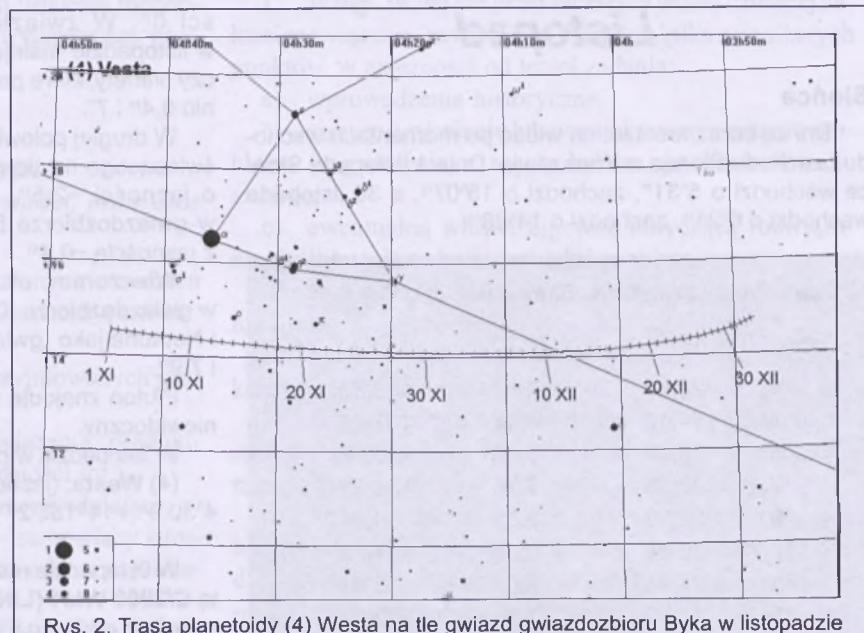
12<sup>d</sup>23<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

13<sup>d</sup>02<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

13<sup>d</sup>20<sup>h</sup>47<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

13<sup>d</sup>21<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

13<sup>d</sup>22<sup>h</sup>15<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.



Rys. 2. Trasa planetoidy (4) Westa na tle gwiazd gwiazdozbioru Byka w listopadzie i grudniu 2001 (zaznaczone gwiazdy do 8<sup>m</sup>).

13<sup>d</sup>23<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

14<sup>d</sup>00<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.

14<sup>d</sup>00<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

14<sup>d</sup>00<sup>h</sup>58<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

14<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżycem w odł. 3°.

14<sup>d</sup>03<sup>h</sup>08<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

14<sup>d</sup>08<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżycem w odł. 3°.

14<sup>d</sup>21<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

15<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Na tarczy Ganimedesa (III księżyca Jowisza) widoczny ciemny Obszar Galileusza (*Galileo Regio*).

15<sup>d</sup>20<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.

15<sup>d</sup>21<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.

15<sup>d</sup>23<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.

16<sup>d</sup>00<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez tarczę planety.

16<sup>d</sup>03<sup>h</sup>34<sup>m</sup> Księżyca III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.

16<sup>d</sup>21<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Początek zakrycia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez tarczę planety.

16<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżycem w odł. 9°.

17<sup>d</sup>00<sup>h</sup>12<sup>m</sup> Księżyca IV (Callisto) wyłania się zza tarczy Jowisza.

17<sup>d</sup>02<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.

18<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

19<sup>d</sup>04<sup>h</sup>13<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

19<sup>d</sup>05<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

19<sup>d</sup>22<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.

19<sup>d</sup>23<sup>h</sup>05<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

20<sup>d</sup>01<sup>h</sup>28<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.

20<sup>d</sup>04<sup>h</sup>41<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.

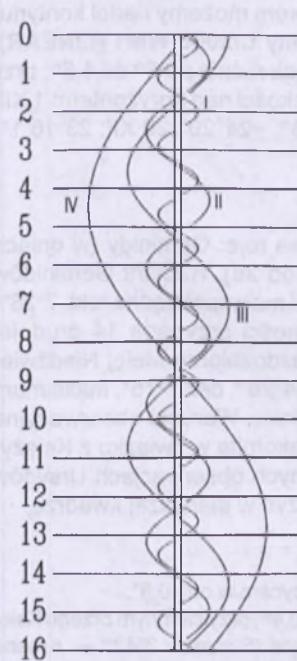
20<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżycem w odł. 3°.

20<sup>d</sup>22<sup>h</sup>41<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.

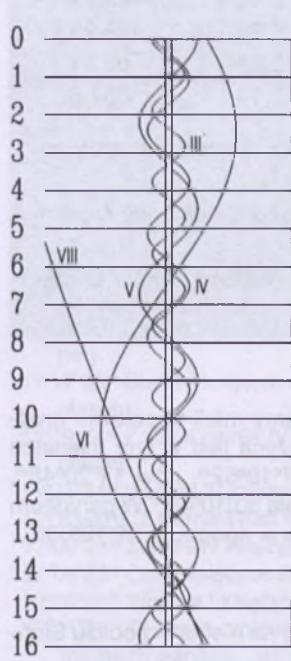
20<sup>d</sup>23<sup>h</sup>37<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.

21<sup>d</sup>00<sup>h</sup>52<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 21<sup>d</sup>00<sup>h</sup>55<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 21<sup>d</sup>01<sup>h</sup>52<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 21<sup>d</sup>02<sup>h</sup>47<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 21<sup>d</sup>03<sup>h</sup>36<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 21<sup>d</sup>05<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 21<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżycem w odl. 3°.  
 21<sup>d</sup>19<sup>h</sup>57<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 21<sup>d</sup>23<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 22<sup>d</sup>00<sup>m</sup> Na tarczy Ganimedesa (III księżyca Jowisza) widoczny ciemny Obszar Galileusza (*Galileo Regio*).  
 22<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżycem w odl. 4°.  
 22<sup>d</sup>05<sup>h</sup>57<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Strzelca, jego długość eklipsyczna wynosi wówczas 240°.  
 22<sup>d</sup>19<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.  
 22<sup>d</sup>19<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 22<sup>d</sup>19<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.  
 22<sup>d</sup>20<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 22<sup>d</sup>23<sup>h</sup>51<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 23<sup>d</sup>00<sup>h</sup>24<sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.  
 23<sup>d</sup>03<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Koniec zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.  
 23<sup>d</sup>04<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Początek zakrycia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez tarczę planety.  
 24<sup>d</sup>18<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 24<sup>d</sup>23<sup>h</sup>05<sup>m</sup> Cień IV księżyca Jowisza (Callisto) wchodzi na tarczę planety.  
 25<sup>d</sup>01<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Zejście cienia IV księżyca Jowisza (Callisto) z tarczy planety.

25<sup>d</sup>18<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 26<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.  
 26<sup>d</sup>06<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 26<sup>d</sup>20<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Uranem w odl. 0,8°.  
 26<sup>d</sup>20<sup>h</sup>47<sup>m</sup> Zejście III księżyca Jowisza (Ganimedes) z tarczy planety.  
 27<sup>d</sup>03<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 27<sup>d</sup>16<sup>h</sup>11<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\zeta$  Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).  
 28<sup>d</sup>00<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>01<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>02<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 28<sup>d</sup>03<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>03<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 28<sup>d</sup>05<sup>h</sup>07<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>21<sup>h</sup>51<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 29<sup>d</sup>00<sup>m</sup> Na tarczy Ganimedesa (III księżyca Jowisza) widoczny ciemny Obszar Galileusza (*Galileo Regio*).  
 29<sup>d</sup>03<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 29<sup>d</sup>19<sup>h</sup>03<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 29<sup>d</sup>19<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 29<sup>d</sup>21<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 29<sup>d</sup>21<sup>h</sup>55<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.  
 29<sup>d</sup>22<sup>h</sup>03<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 30<sup>d</sup>02<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 30<sup>d</sup>04<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedes) przez cień planety.  
 30<sup>d</sup>16<sup>h</sup>40<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).  
 30<sup>d</sup>19<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.



Rys. 3. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w listopadzie 2001 (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. 4. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w listopadzie 2001 (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 ekiptyce zmierza w kierunku punktu przesilenia zimowego: 21 grudnia osiąga najniższy punkt ekiptyki pod równikiem niebieskim i wstępując w znak Kozioroźca rozpoczyna astronomiczną zimę. Dni są nadal coraz krótsze. W Warszawie 1 grudnia Słońce wschodzi o  $6^{\text{h}}23^{\text{m}}$ , zachodzi o  $14^{\text{h}}27^{\text{m}}$ , 21 grudnia wschodzi o  $6^{\text{h}}43^{\text{m}}$ , zachodzi o  $14^{\text{h}}25^{\text{m}}$ , a 31 grudnia wschodzi o  $6^{\text{h}}45^{\text{m}}$ , ale zachodzi o  $14^{\text{h}}32^{\text{m}}$ .

W dniu 14 grudnia nastąpi obrączkowe zaćmienie Słońca, a 30 grudnia półcieniowe zaćmienie Księżyca — obydwa niewidoczne w Polsce.

Dane dla obserwatorów Słońca (na  $0^{\text{h}}$  czasu UT)

Data 2001	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
XII 1	16,09	0,87	128,15
3	15,31	0,62	101,79
5	14,50	0,36	75,44
7	13,68	0,11	49,08
9	12,83	-0,15	22,73
11	11,97	-0,41	356,37
13	11,08	-0,66	330,02
15	10,19	-0,92	303,67
17	9,27	-1,17	277,32
19	8,35	-1,42	250,98
21	7,41	-1,68	224,63
23	6,46	-1,92	198,28
25	5,51	-2,17	171,94
27	4,55	-2,42	145,59
29	3,58	-2,66	119,25
XII 31	2,61	-2,89	92,91
2002 I 2	1,64	-3,13	66,56

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B<sub>0</sub>, L<sub>0</sub> — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$10^{\text{d}}17^{\text{h}}23^{\text{m}}$  — heliograficzna długość środka tarczy wynosi  $0^{\circ}$ .

### Książyc

Bezksiążycowe noce będziemy mieli w połowie grudnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra  $7^{\text{d}}19^{\text{h}}52^{\text{m}}$ , nów  $14^{\text{d}}20^{\text{h}}48^{\text{m}}$ , pierwsza kwadra  $22^{\text{d}}20^{\text{h}}57^{\text{m}}$  i pełnia  $30^{\text{d}}10^{\text{h}}40^{\text{m}}$ . W perygeum Księżyca znajdzie się  $6^{\text{d}}22^{\text{h}}49^{\text{m}}$ , a w apogeum  $21^{\text{d}}13^{\text{h}}03^{\text{m}}$ .

### Planety i planetoidy

Merkury i Wenus znajdują się na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Wieczorem, około godzinę po zachodzie Słońca można obserwować Marsa na wysokości ok.  $30^{\circ}$  nad południowym horyzontem. Nadal maleje zarówno jasność, jak i średnica tarczy planety, pod koniec miesiąca osiągając odpowiednio  $+1^{\text{m}}$  i  $6''$ , co powoduje, że obserwacja szczegółów

powierzchniowych na tarczy planety jest możliwa jedynie przez większe teleskopy amatorskie.

W związku z przypadającymi w grudniu opozycjami Jowisza i Saturna względem Słońca, planety te osiągają największe w 2001 roku jasności, a ich tarcze mają największe średnice. Jowisza możemy obserwować przez całą noc nadal w gwiazdozbiorze Bliźniąt jako „gwiazdę” o jasności až  $-2,7^{\text{m}}$ . Przez teleskop zobaczymy tarczę planety o średnicy  $47''$ , co ułatwia obserwację zmian zachodzących w atmosferze Jowisza nawet w niewielkich teleskopach amatorskich. Warto także wspomnieć, że w tym samym czasie większe teleskopy amatorskie powinny umożliwić obserwacje szczegółów powierzchniowych na największym księżyco Jowisza, Ganimedesie, którego tarcza osiągnie wtedy średnicę  $1,7''$ , wymagany do tego jest jednak teleskop o średnicy przynajmniej 35 cm i powiększeniu  $200\times$  (oraz oczywiście bardzo dobre warunki obserwacyjne).

W tym samym czasie w gwiazdozbiorze Byka możemy obserwować Saturna o jasności  $-0,4^{\text{m}}$ . Przez teleskop zobaczymy tarczę planety o średnicy prawie  $21''$ . W tym samym czasie układ pierścieni Saturna osiągnie rozpiętość aż  $46''$  przy dużym nachyleniu ich płaszczyzny do Ziemi, co ułatwia znacznie dostrzeżenie tzw. „Przerwy Cassiniego” nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie.

Urana i Neptuna można próbować obserwować wieczorem na początku miesiąca nisko nad południowo-zachodnim horyzontem. Położenie planet na niebie w stosunku do listopada praktycznie nie ulega zmianie.

Pluton nadal znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

W grudniu w pobliżu opozycji nadal znajduje się planetoida:

(4) Westa, (jasność  $6,6^{\text{m}}$ ). 7 XII:  $4^{\text{h}}09,6^{\text{m}}, +14^{\circ}05'$ ; 17 XII:  $4^{\text{h}}00,0^{\text{m}}, +14^{\circ}11'$ ; 27 XII:  $3^{\text{h}}52,5^{\text{m}}, +14^{\circ}25'$ .

Do połowy grudnia wieczorem możemy nadal kontynuować obserwacje jasnej komety C/2000 WM1 (LINEAR), której jasność w ciągu miesiąca rośnie od  $5^{\text{m}}$  do  $4,5^{\text{m}}$ , przy szybko jednak malejącej wysokości nad horyzontem: 1 XII:  $1^{\text{h}}33,3^{\text{m}}, +4^{\circ}57'$ ; 10 XII:  $0^{\text{h}}21,6^{\text{m}}, -24^{\circ}20'$ ; 20 XII:  $23^{\text{h}}16,1^{\text{m}}, -42^{\circ}43'$ .

### 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 rekt.  $7^{\text{h}}28^{\text{m}}$ , dekl.  $+33^{\circ}$ , maksimum aktywności przypada 14 grudnia. Radiant Ursydów leży w gwiazdozbiorze Małej Niedźwiedzicy i ma współrzędne: rekt.  $14^{\text{h}}28^{\text{m}}$ , dekl.  $+75^{\circ}$ , maksimum aktywności przypada 23 grudnia. Warunki obserwacyjne Geminidów w tym roku są znakomite w związku z Księżykiem w nowiu, także w porannych obserwacjach Ursydów nie będzie przeszkadzał Księżyca w pierwszej kwadrze.

\* \* \*

$1^{\text{d}}02^{\text{h}}$  Złączenie Saturna z Księżycem w odł.  $0,5^{\circ}$ .

$1^{\text{d}}03^{\text{h}}$  Odkrycie planety Saturn ( $-0,4^{\text{m}}$ ) przy ciemnym brzegu Księżyca, widoczne w całej Polsce (Szczecin  $3^{\text{h}}42^{\text{m}}$  — Krośno  $3^{\text{h}}49^{\text{m}}$ ).

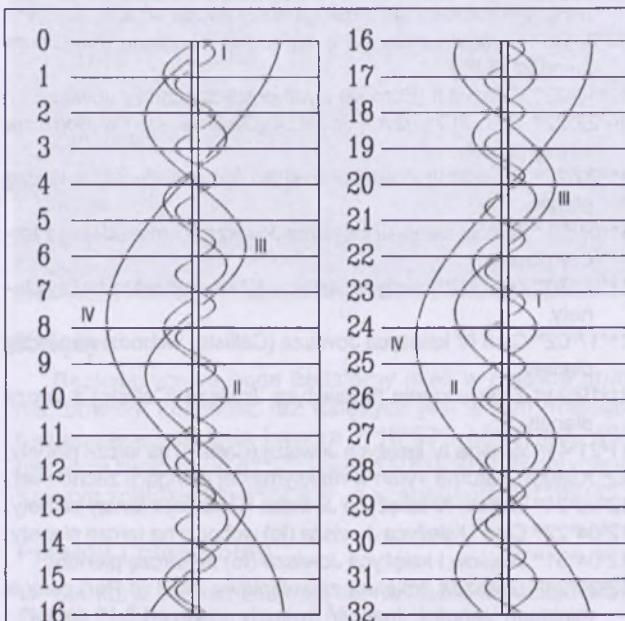
$1^{\text{d}}18^{\text{h}}17^{\text{m}}$  Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.

$1^{\text{d}}19^{\text{h}}31^{\text{m}}$  Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.

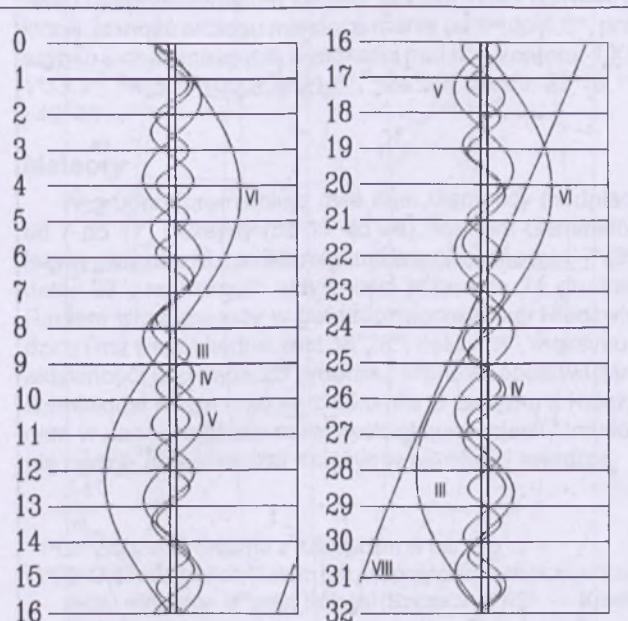
$1^{\text{d}}21^{\text{h}}02^{\text{m}}$  Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.



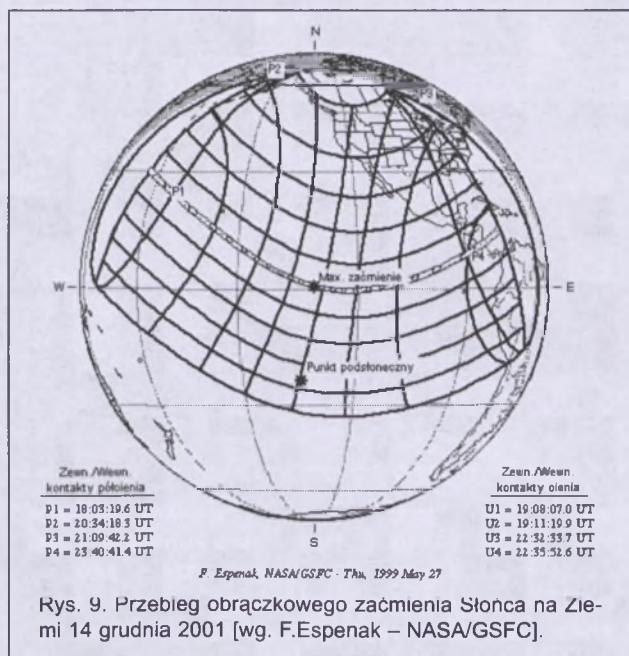
- |   |  |
|---|--|
| 14 <sup>00</sup> m Na tarczy Ganimedesa (III księżyca Jowisza) widoczny ciemny Obszar Galileusza ( <i>Galileo Regio</i> ).  | 18 <sup>02</sup> 20m Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.   |
| 14 <sup>d</sup> Obrączkowe zaćmienie Słońca widocze na Oceanie Spokojnym. Obrączkowa faza zaćmienia widoczna m.in. na Przesmyku Panamskim (Ameryka Środkowa). Maksymalna faza obrączkowa równa 0,968 będzie trwała 3 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> i nastąpi o godzinie 20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> w punkcie o współrzędnych $\phi=1^{\circ}N$ , $\lambda=130^{\circ}W$ . Fazy częściowe zaćmienia widoczne będą na całym Oceanie Spokojnym i na kontynencie Ameryki Północnej. | 18 <sup>03</sup> 45m Wejście III księżyca Jowisza (Ganimedesa) na tarczę planety.  |
| 14 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  | 18 <sup>05</sup> 20m Zejście cienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) z tarczy planety.  |
| 14 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.   | 18 <sup>07</sup> 7 Złączenie Neptuna z Księżycem w odległości 4°.  |
| 14 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.   | 19 <sup>06</sup> 15m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.   |
| 14 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżycem w odległości 0,8°.  | 19 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżycem w odległości 4°.   |
| 14 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżycem w odległości 9°.  | 20 <sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.   |
| 14 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> Księżyca III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.  | 20 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> Początek zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety.                                      |
| 14 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  | 20 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> Koniec zaćmienia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez cień planety.  |
| 14 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.   | 20 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> Początek zakrycia IV księżyca Jowisza (Callisto) przez tarczę planety.                                     |
| 15 <sup>d</sup> 08 <sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżycem w odległości 2°.  | 20 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.   |
| 15 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.   | 20 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> Księżyca IV (Callisto) wyłania się zza tarczy Jowisza.   |
| 15 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  | 20 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  |
| 15 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> Gwiazda zmieniona zaćmieniowa Algol ( $\beta$ Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1 <sup>m</sup> do 3,4 <sup>m</sup> .   | 20 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżycem w odległości 4°.   |
| 15 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  | 21 <sup>00</sup> m Na tarczy Ganimedesa (III księżyca Jowisza) widoczny ciemny Obszar Galileusza ( <i>Galileo Regio</i> ).                                 |
| 15 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.   | 21 <sup>00</sup> 44m Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.   |
| 15 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  | 21 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.   |
| 15 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.   | 21 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 59m Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.   |
| 16 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.   | 21 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup> 16m Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  |
| 16 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  | 21 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 38m Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.  |
| 16 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.   | 21 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.                                   |
| 16 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> Gwiazda zmieniona δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5 <sup>m</sup> )  | 21 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 21,5m Słońce wstępnie w znaku Koziorożca, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 270°; rozpoczyna się zima astronomiczna. |
| 17 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.  | 21 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup> 30m Księżyca III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.   |
| 17 <sup>d</sup> 23 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> Gwiazda zmieniona ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6 <sup>m</sup> )  | 21 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 03m Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.   |
|   | 22 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  |



Rys. 7. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w grudniu 2001 (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. 8. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w grudniu 2001 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety) wschód na prawo



Rys. 9. Przebieg obrączkowego zaćmienia Słońca na Ziemi 14 grudnia 2001 [wg. F.Espenak – NASA/GSFC].

- 22<sup>d</sup>03<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>)  
 22<sup>d</sup>19<sup>h</sup>13<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 22<sup>d</sup>19<sup>h</sup>27<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 22<sup>d</sup>21<sup>h</sup>27<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 22<sup>d</sup>21<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 23<sup>d</sup>00<sup>h</sup>37<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 23<sup>d</sup>01<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 23<sup>d</sup>03<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 23<sup>d</sup>03<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 23<sup>d</sup>16<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 23<sup>d</sup>19<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 24<sup>d</sup>15<sup>h</sup>56<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 24<sup>d</sup>16<sup>h</sup>08<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 24<sup>d</sup>18<sup>h</sup>55<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień planety.  
 24<sup>d</sup>22<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Księżyca II (Europa) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 25<sup>d</sup> Półcieniowe zaćmienie Księżyca widoczne w całej Ameryce Północnej, na Oceanie Spokojnym oraz Azji Północno-Wschodniej. Maksymalna faza zaćmienia półcieniowego wyniesie 0,919. Zaćmienie rozpocznie się o godzinie 8<sup>h</sup>25<sup>m</sup>, a zakończy o 12<sup>h</sup>33<sup>m</sup>.  
 25<sup>d</sup>06<sup>h</sup>19<sup>m</sup> Cień III księżyca Jowisza (Ganimedesa) wchodzi na tarczę planety.  
 26<sup>d</sup>16<sup>h</sup>40<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 26<sup>d</sup>16<sup>h</sup>58<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 27<sup>d</sup>05<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 28<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Na tarczy Ganimedesa (III księżyca Jowisza) widoczny ciemny Obszar Galileusza (Galileo Regio).  
 28<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.  
 28<sup>d</sup>02<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>02<sup>h</sup>45<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 28<sup>d</sup>03<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).  
 28<sup>d</sup>04<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 28<sup>d</sup>04<sup>h</sup>59<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 28<sup>d</sup>08<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księzcem w odległości 0,2°.

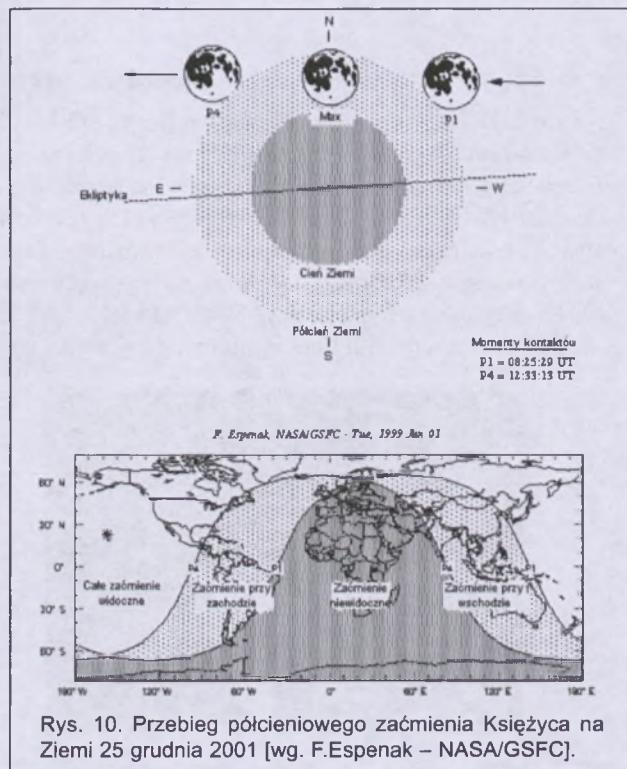
- 28<sup>d</sup>20<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Początek zaćmienia III księżyca Jowisza (Ganimedesa) przez cień planety.  
 28<sup>d</sup>23<sup>h</sup>45<sup>m</sup> Księżyca III (Ganimedes) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 28<sup>d</sup>23<sup>h</sup>58<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 29<sup>d</sup>02<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 29<sup>d</sup>21<sup>h</sup>07<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 29<sup>d</sup>21<sup>h</sup>11<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 29<sup>d</sup>23<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 29<sup>d</sup>23<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 30<sup>d</sup>03<sup>h</sup>15<sup>m</sup> Cień II księżyca Jowisza (Europy) wchodzi na tarczę planety.  
 30<sup>d</sup>03<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Wejście II księżyca Jowisza (Europy) na tarczę planety.  
 30<sup>d</sup>05<sup>h</sup>59<sup>m</sup> Zejście cienia II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 30<sup>d</sup>06<sup>h</sup>05<sup>m</sup> Zejście II księżyca Jowisza (Europy) z tarczy planety.  
 30<sup>d</sup>14<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księzcem w odległości 1°.  
 30<sup>d</sup>18<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Początek zaćmienia I księżyca Jowisza (Io) przez cień planety.  
 30<sup>d</sup>20<sup>h</sup>43<sup>m</sup> Księżyca I (Io) wyłania się zza tarczy Jowisza.  
 31<sup>d</sup>15<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Cień I księżyca Jowisza (Io) wchodzi na tarczę planety.  
 31<sup>d</sup>15<sup>h</sup>36<sup>m</sup> Wejście I księżyca Jowisza (Io) na tarczę planety.  
 31<sup>d</sup>17<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Zejście cienia I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 31<sup>d</sup>17<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Zejście I księżyca Jowisza (Io) z tarczy planety.  
 31<sup>d</sup>21<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Początek zaćmienia II księżyca Jowisza (Europy) przez cień 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 planet z Księzcem podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. W przypadku wzajemnych złączeń planet podano momenty ich największego zbliżenia. Podane są **wszystkie złączenia**, nie tylko widoczne w Polsce.

Opracował T. Ścieżor



Rys. 10. Przebieg półciennego zaćmienia Księżyca na Ziemi 25 grudnia 2001 [wg. F.Espenak – NASA/GSFC].

**relaks z Uranią**

# Słoneczna krzyżówka

**POZIOMO:**

3. Planetoidy z jej grupy docierają w pobliże orbity Ziemi.
4. Jej głowa znajduje się pod Rakiem.
7. Nazwa jednego z modeli wyjaśniających źródło energii aktywnego jądra galaktyki.
11. Jasny olbrzym w gwiazdozbiorze Centaura.
14. Najjaśniejsza gwiazda w konstelacji Feniksa.
15. Trzecia z gwiazd w pasie Oriona.
16. Najjaśniejsza gwiazda w konstelacji Orła.
17. Ma głowę.
21. Słońce przekształca w jego pobliżu ok. 23 sierpnia.
22. Księżyc Saturna odkryty w 1966 r. przez A. Dolfusa.
23. Aktywny radioteleskop.
26. Niebieskobiała gwiazda w Orionie.
27. Piękna mgławica gazowa w Strzelcu.
28. Księżyc Jowisza odkryty w 1979 r. przez S. Synotta.

**PIONOWO:**

1. Rozległy gwiazdozbiór nieba północnego.
2. Pomarańczowa gwiazda w konstelacji Andromedy.
5. Znajduje się między Pegazem i Orłem.
6. Jedna z gwiazd, której jasność ulega zmianom.
8. Gwiazda o barwie żółtej w konstelacji Psów Gończych.
9. Satelita Saturna charakteryzujący się wyjątkowo urzębiem powierzchni.
10. Pomarańczowa gwiazda z gwiazdozbioru Erydan.
12. Nazwa tej gwiazdy powstała z połączenia łacińskich słów „ab” i „cio”.
13. Najjaśniejsza gwiazda w konstelacji Kila.
18. Księżyca Jowisza odkryty w 1905 r.
19. Leży na zachód od Kraka.
20. Gromada otwarta, której wiek ocenia się na 600–700 milionów lat.
24. Jedna z trzech najjaśniejszych gwiazd nieba letniego.
25. Wprowadził go na niebo w XVII w. Jan Heweliusz.

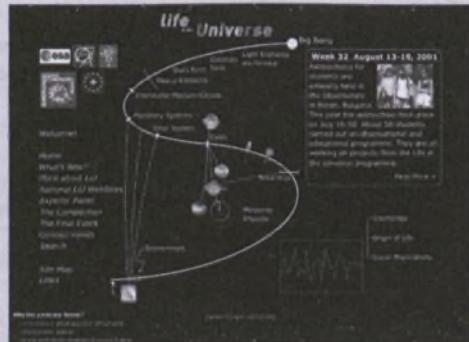
Rozwiązywanie krzyżówek utworzą litery w zaznaczonych kratkach. Rozwiązywania są aż dwa. Jedno to tytuł książki (kratki z literami), drugie — tytuł płyty CD-ROM (kratki z liczbami), które są nagrodami do wylotowania, ufundowanymi przez Słoneczną witrynę internetową [www.slonce.insite.pl](http://www.slonce.insite.pl). Aby wziąć udział w losowaniu jednej z nagród, należy podać tylko jedno, wybrane rozwiązanie. Rozwiązywania należy przesyłać na adres redakcji do 15 października.

Osoby nie będące prenumeratorem pisma, aby wziąć udział w losowaniu, muszą dołączyć kupon konkursowy. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania pocztą elektroniczną.

Rozwiązywaniem krzyżówek z „Uranii-PA” 2/2001 jest hasło: MONOCEROS. Nagrody książkowe wylotowały: Grzegorz Kułas z Machnowa Nowego i Radosław Macuski z Wrocławia. Gratulujemy. Nagrody prześlemy pocztą.

## Ciekawe strony internetowe...

Na stronach <http://universe.cbk.waw.pl> (język polski) i <http://lifeinuniverse.org> (język angielski) można przeczytać o nowym programie edukacyjnym jaki i konkursu na temat „Życie we Wszechświecie”. Program zainicjowała Europejska Agencja Kosmiczna (European Space Agency), Europejskie Astronomiczne Obserwatorium Południowe (European Southern Observatory) i Europejski Ośrodek Badań Jądrowych (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire) przy współpracy z Europejskie Stowarzyszenie dla Edukacji Astronomicznej (European Association for Astronomy Education). Celem programu jest zdobycie informacji co młodzi ludzie z 23 krajów Europy myślą na temat życia we Wszechświecie i jak je sobie wyobrażają. Strony pomogą dotrzeć do ekspertów jak i do odpowiedniej literatury poruszającej wyżej wymieniony problem.



W poprzednim zeszycie „Uranii” prezentowaliśmy zdjęcia wschodów i zachodów. Do tej tematyki pasowałoby świetnie zdjęcie wykonane przez Wojciecha Piskorza w Gliwicach wieczorem 24 maja br. (Zenit TTL + Helios 2/58 mm, 10 sek. ekspozycje co 2,5 min.)



Pomijając planety: Marsa po zachodzie Słońca i Jowisza oraz Wenus przed wschodem słońca, na nocnym niebie króluje tzw. Trójkąt Letni złożony z najjaśniejszych gwiazd Orła, Lutni i Łabędzia. Ta trzecia to najjaśniejszy obiekt uchwycony na poniższym zdjęciu, którego autorem jest Krzysztof Gaudy z Mstowa (Zenit 12XP + Helios 4/58 mm, ekspozycja ok. 20 min., prowadzenie mechanizmem zegarowym teleskopu Pegasus Bresser)



Pan Jarosław Brzózka z Kromnowa (k. Jeleniej Góry) wykonał w maju br. serię zdjęć obiektów mgławicowych. (teleskop Cassegraina-Schmidta o średnicy 203 mm i światłosile 1/10, prowadzenie elektryczne z korekcją ręczną, film Fuji Super G 800, ekspozycje ok. 30 min.). Niżej prezentujemy zdjęcia obiektów goszczących w tym zeszycie „Uranii” także na innych stronach: M51 i M94 oraz M90. Inne przedstawimy w następnym wydaniu „Galerii”.



# Galeria Uranii

Tomasz Żywczał z Krakowa fotografuje zjawiska na niebie od wielu lat. Z pięknej kolekcji zdjęć, którą nam przysłał, wybraliśmy do naszej Galerii dwa: Drogę Mleczną sfotografowaną w sierpniu ubiegłego roku na Górze Lubomir (obiektyw typu „rybie oko” f=8 mm, film Konica VX 400, eksp. 20 min., współautorem jest Janusz Płeszka) oraz obłoki srebrzyste (obiektyw standardowy 2,8/58, film Kodak 200, eksp. 30 s.).



# M 51 widziana okiem HST



Nowy portret galaktyki M 51 (Wir — ang. Whirlpool) uzyskano, wykorzystując obserwacje wykonane w ramach różnych programów badawczych przy pomocy teleskopu kosmicznego (kamera WFPC2) oraz obserwacje w kilku pasmach (BVRI i H<sub>α</sub>) przeprowadzone 0,9-metrowym teleskopem Kitt Peak Observatory. Łączny czas ekspozycji wyniósł prawie 6 godzin. Doskonale widoczne są różowo zabarwione obszary aktywnego formowania gwiazd, do którego doszło w wyniku zbliżenia z towarzyszącą galaktyką NGC 5191 (to zdjęcie już jej nie objęło; przestrzenna skala pionowa na zdjęciu to ok. 30 tys. l.sw.).

Ta para galaktyk jest wdzięcznym obiektem nawet dla amatorskich obserwacji wykonywanych choćby 10-cm teleskopem, ale tylko w doskonałych warunkach atmosferycznych, przy ciemnym tle nieba. M 51 znajduje się w konstelacji Psów Gończych i świeci blaskiem 8,4 magnitudo. Odległość dzieląca nas od niej przekracza 30 mil. l.sw. Więcej informacji na jej temat zamieściliśmy w numerze 3/2000 „Uranii-PA”. (kr)

Fot. NASA, The Hubble Heritage Team (STScI/AURA).

# Urania

6/2001 (696)

POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXII

listopad—grudzień

- Astronomia fal grawitacyjnych
- Od gwiazdy do gwiazdy
- Zaćmienie Słońca w Zambii i na Madagaskarze
- XXX Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego



Tu  
rodzą się  
gwiazdy

SIĘGNIJ GWIAZD  
z FOTO CLASSIC

- teleskopy
- lunety obserwacyjne



[www.fotoclassic.pl](http://www.fotoclassic.pl)

39-400 Tarnobrzeg, ul. M. Skłodowskiej - Curie 7; bezpł. infolinia: 0 800 137 101



*Woszczyk*

## Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Astronomia fal grawitacyjnych, bliższe spojrzenie na materię międzygwiazdową, wspomnienia z wypraw na czerwcowe zaćmienie Słońca i listopadowe Leonidy stanowią główną treść bieżącego zeszytu. Uzupełniają ją relacje o wydarzeniach astronomicznych, które miały ostatnio miejsce w Polsce: o Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w Krakowie<sup>1</sup>, o Seminarium Meteorologicznym w Olsztynie, o ciekowej wystawie w Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego. W „Astronomii w szkole” przyglądamy się problemowi treści astronomicznych zawartych w podręcznikach „Fizyki z astronomią” dla zreformowanego gimnazjum. Z tym problemem korespondują recenzje dwóch niedawno wydanych książek: jednej, która jest przykładem dobrej popularyzacji astronomii i drugiej, która niewątpliwie zasługuje na odesłanie na „oślą łóczkę”. Pojęcie „grawitacja” i uwagi na ten temat zawarte w poprzednich numerach „Uranii–Postępów Astronomii” w dalszym ciągu przykuwają uwagę naszych Czytelników i prowokują wypowiedzi, które zamieszczamy w „Polemikach”. W tejże rubryce publikujemy dalsze uzupełnienia do historii amatorskich obserwacji Słońca w Polsce, jak widać bardzo niekompletnie przedstawionych w artykule P. Urbańskiego w nr 4/2001 naszego pisma. W „Galerii Mgławic Messiera” zbliżamy się do końca tego przeglądu mgławic. W „Poradniku Obserwatora” omawiamy fotografowanie planetoid, a do obserwacji nieba i zjawisk na nim zachodzących zachęcamy, jak zwykle, Kalendarzykiem Astronomicznym.

W tym numerze Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii przedstawia swą działalność i podaje użyteczne adresy, a jego członkowie są obecni u nas, jak zwykle, poprzez swe piękne zdjęcia i obserwacje.

W ostatnim tegorocznym numerze musimy ogłosić warunki prenumeraty na rok następny. Od początku istnienia „Uranii–Postępów Astronomii”, czyli od 1998 roku, cena prenumeraty była utrzymywana na niezmienionym poziomie 36,00 zł na rok. Jesteśmy chyba jednym czasopismem, które tak dbało o kieszenie Czytelników. W tym roku Komitet Badań Naukowych, dzięki którego dotacjom możemy istnieć, wytknął nam ten fakt. Dodatkowo dotknęły nas boleśnie sejmowe niedoróbki ustawy o podatku VAT na czasopisma. Zarząd Główny PTA musiał więc podjąć trudną decyzję podniesienia ceny naszego dwumiesięcznika. Proponujemy cenę prenumeraty rocznej: 42,00 zł, a cenę sprzedaży pojedynczego zeszytu 8,50 zł. Jest to niewielki wzrost ceny i jesteśmy przekonani, że nasi wierni Czytelnicy i Prenumeratorzy pozostaną z nami. Co więcej, musimy sobie zdawać sprawę z tego, że tylko znaczący wzrost liczby prenumeratorów pozwoli nam utrzymać przez dłuższy czas cenę na proponowanym poziomie. Redakcja obiecuje nieustające wysiłki, aby poprawiać jakość pisma i jego stron internetowych, ale naszych Czytelników prosimy o propagowanie go i zjednywanie nowych prenumeratorów w swoich środowiskach.

Z wyrazami szacunku i najlepszymi życzeniami

Andrzej Woszczyk

Toruń, w październiku 2001 roku

<sup>1</sup> Zaproszone Wykłady Zjazdowe mamy zamiar wydać w postaci specjalnego zeszytu „Uranii–Postępów Astronomii”



Szanowna Redakcjo,  
Proszę o rozważenie możliwości wydzielenia stałej rubryki informacyjnej na temat bieżących prac i badań naukowych wykonywanych przez załogi Miedzynarodowej Stacji Orbitalnej „ALFA”.

Jest ona świadectwem nieuchronnego postępu cywilizacyjnego ludzkości, podobnie jak lądowanie człowieka na Księżycu. Brak takiej stałej rubryki jest zaprzeczeniem tytułu „Postępy Astronomii”.

Z poważaniem  
rozmówiony w ASTRONOMII  
wierny czytelnik

**Ryszard Karliński**  
Katowice

**Red.** Wprowadzenie proponowanej rubryki rozważamy zapewne w momencie, gdy na stacji ALFA dokonywane będą badania naukowe, zwłaszcza astronomiczne. Obecnie stacja jest w budowie. Niewątpliwie stanowi ona pokaz możliwości technicznych współczesnej epoki, ale dla astronomów pracujących na powierzchni Ziemi jest to raczej przeszkoda niż pomoc. Światło odbite od tego obiektu rozświetla bowiem potrzebne astronomom ciemne niebo i może stanowić zagrożenie dla czułych instrumentów, gdy znajdzie się w polu widzenia teleskopów starających się odkrywać tajemnice odległych światów galaktyk i gwiazd.

\*\*\*

Szanowni Panie Profesorze,  
Droga Redakcjo,

Przesyłam najserdeczniejsze pozdrowienia ze Szczecinka. Z przyjemnością czytam kolejne numery „Uranii-Postępów Astronomii”. Jest to wspaniałe pismo dla wszystkich zainteresowanych astronomią i wrażliwych na piękno przyrody.

Uprzejmie proszę o zamieszczenie w „Uranii” informacji o działalności szczecineckich miłośników astronomii.

Z wyrazami głębokiego szacunku

**Lech Palczewski**  
Szczecinek

**Red.** Oprócz tych miłych nam zdań o „Uranii-Postępach

Astronomii”, za które serdecznie dziękujemy. Autor nadesłał też kilka wycinków gazetowych o działalności miłośników astronomii w Szczecinku, na podstawie których przytaczamy kilka przykładów ich działalności. 12 kwietnia 2000 r. zwołany był tam powiatowy Zlot Miłośników Astronomii z okazji złączenia Saturna, Jowisza i Marsa. W roku ubiegłym i roku bieżącym Lech Palczewski organizował dla dzieci w miesiącach letnich „Wakacje wśród gwiazd”. On też przygotował wystawę fotograficzną pt. „Por-

## 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!**



tryty Słońca”. Prezentowana ona była w czytelni Miejskiej Biblioteki Publicznej w Szczecinku i stanowiła też swoisty hold dla zmarłego już prawie 4 lata temu znanego szczecineckiego miłośnika i popularyzatora astronomii, Adama Giedrysia. Prowadzone są działania zmierzające do wybudowania w Szczecinku planetarium. Życzymy powodzenia!

\*\*\*

Szanowny Panie Redaktorze,

Bardzo mi się spodobał w „Uranii” Pański artykuł o tegorocznym zaćmieniu Słońca. Cieszę się, że udało się Panu cała wyprawa. Ja też miałem okazję obserwować to zaćmienie, ale nie stało mi odwagi, by pojechać do Angoli, byłem w Zambii. Ekspedycję zorganizowałem razem z Sebastianem Soberskim i z nim też pojedąłem. Zaćmienie obserwowałem w Kafue National Park, w miejscu o współrzędnych  $14^{\circ} 3,663' S$ ,  $25^{\circ} 38,870' E$  (około 5 km na północ od cen-

trum pasa zaćmienia), dokąd dostaliśmy się z wyprawą poznanych wcześniej Niemców. Faza całkowita trwała tam 3 min i 45 sek. W dniu zaćmienia rejestrowałem temperaturę powietrza, w cieniu na wysokość paru cm. Załączam odpowiedni wykres. Zrobilem też wiele zdjęć. Kilka z nich załączam (...). Ze względu na marną jakość obiektywu i dużą czułość filmu, zdjęcia są niezbyt ostre – ale i tak jestem z siebie zadowolony, to było moje pierwsze całkowite zaćmienie.

Całą wyprawę ja i Sebastian uznaliśmy za bardzo udaną, chcielibyśmy też zobaczyć następne zaćmienie w grudniu 2002, i następne i następne... Ciekawe, czy spełnią się nasze marzenia?

Pozdrawiam Pana i całą redakcję „Uranii” i życzę dalszej owocnej pracy.

**Arkadiusz Kalicki**

**Red.** Dziękujemy za śliczne zdjęcia – część z nich zamieszczamy w Galerii Uranii.

**Kupię**  
**Sprzedam**  
**Zamienię**  
**Nawiążę kontakt...**

Kupię zwierciadło o średnicy 25 cm lub większe plus lusterko boczne (system Newtona).

Andrzej Tamulski, ul. Bydgoska 12/4, 62-510 Konin tel. (0-63)-242-58-27

**Sprzedam** Uniwersał nr 5 90/900, rok 1997, montaż paralaktyczny, możliwość zdjęć w ognisku głównym, telekonwerter  $\times 2$  do Zenitha, filtr Mylarowy, powiększenia 200, 120, 80, 30, dowód do klienta gratis. Cena 600 PLN.  
barewa1@wp.pl

**Sprzedam:** 1) teleskop TAL1 na montażu paralaktycznym + akcesoria (stabilnie dobry) cena 1150 zł; 2) adapter fotograficzny K-Pentax na M42 – 25 zł. Robert Bodzioń, ul. Matejki 10/3, 37-500 Jarosław

**Sprzedam** teleskop Uniwersał, nr 2 na statywie azymutalnym. Stan idealny, gwarancja do 09.2004. Cena około 700 zł. Mirosław Jerkiewicz, ul. Marchlewskiego 3, 58-562 Podgórzyn, tel. (75) 7621180, to.tu@poczta.fm

**Sprzedam** roczniki miesięcznika „ASTRONOMY”. Stan dobry. Osobno lub w komplecie nr 8, 10, 12/97, 1998-2000. Kontakt listowny na adres: Artur Pilarczyk, ul. M. Dąbrowskiej 13/3, 66-400 Gorzów Wlkp.

W tej rubryce zamieszczamy bezpłatnie ogłoszenia naszych Czytelników (do 250 znaków).

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstało 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 address):**  
[aw@astri.uni.torun.pl](mailto:aw@astri.uni.torun.pl)**Adres WWW:**

<http://urania.camk.edu.pl>

**Druk:**

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**

Karolina Wojtkowska, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 14  
E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)

Prenumerata w roku 2002 kosztuje 42 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty  
w cenie 8,50 zł.

**Polskie Towarzystwo Astronomiczne**  
Zarząd Główny – Sekretariat  
ul. Bartęcka 18, 00-716 Warszawa  
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: [hania@camk.edu.pl](mailto:hania@camk.edu.pl)  
WWW: [www.camk.edu.pl/pta](http://www.camk.edu.pl/pta)

**Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii**  
Zarząd Główny  
ul. św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: [ptma@oa.uj.edu.pl](mailto:ptma@oa.uj.edu.pl)  
WWW: [oa.uj.edu.pl/~ptma](http://oa.uj.edu.pl/~ptma)

Numer zamknięto w październiku roku 2001

\* 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

**244 Astronomia fal grawitacyjnych**

Bartek Lew

Poznanie Wszechświata takim, jakby wyglądał oglądany przez pryzmat fal grawitacyjnych, nie tylko byłoby jakościowo nowym źródłem informacji, jak np. nowy zakres promieniowania elektromagnetycznego, ale byłby to zupełnie nowy zmysł. Jeśli dzięki teleskopom nauczyliśmy się lepiej widzieć, to dzięki antenom grawitacyjnym nauczymy się słyszeć. A usłyszymy o najbardziej dramatycznych, spektakularnych i potężnych procesach, jakie zachodzą we Wszechświecie. Może nawet uda się usłyszeć echo Wielkiego Wybuchu...

**250 Od gwiazdy do gwiazdy**

Jacek Krełowski

Gwiazdy rodzą się z materii międzygwiazdowej, a umierając oddają swą materię okalającą je przestrzeni. O tej materii, o tym jak się ją odkrywa i jak bada oraz o tym, jakie problemy i wyzwania stawia ona współczesnym astrofizykom, opowiada ten artykuł.

**254 Zaćmienie Słońca w Zambii**

Jerzy M. Kreiner

Grono krakowskich astronomów i ich przyjaciół wybrało się do Afryki, by obserwować i przeżywać tam czerwcowe zaćmienie Słońca. Autor przedstawia przebieg wyprawy i obserwowane zjawisko.

**w kolorze:** M100 (wkł.I); Galeria Uranii(wkł. IV, okł.III); Kwintet Stefana (okł. IV)

**261 galeria Mgławic Messiera:** Początek końca (M 100 – M 104)

**266 w kraju:** XXX jubileuszowy zjazd PTA (266); Seminarium Meteorowe Olsztyn 26–27 kwietnia 2001 (268); Nauki dawne i niedawne – Wystawa interaktywna w Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego (270); Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii informuje...(279)

**130 rozmaitości:** Calkowite zaćmienie słońca – Madagaskar 2001(259); Miłośnicy astronomii łączą się... (260)

**277 astronomia w szkole:** Astronomia w gimnazjum

**264 w skrócie:** Projekt Gaia nabiera rumieńców; Gwiezdna orkiestra; Nowa Cygnusa; Niezwykły meteor Tagish Lake

**273 polemiki:** Jeszcze o amatorskich obserwacjach Słońca w Polsce; Igraszki z fizyką (274)

**276 recenzje:** JDonald Goldsmith: *W POSZUKIWANIU ŻYCIA NA MARSIE*; Paul Halpern: *ŁOWCY PLANET. Tropem Wolszczana w poszukiwaniu planet w naszej Galaktyce*

**280 P.T. Miłośnicy Astronomii obserwują:** Czy warto obserwować tegoroczne Leonidy?

**283 kalendarz astronomiczny 2002:** styczeń – luty

**265 poradnik obserwatora:** Fotografowanie planetoid

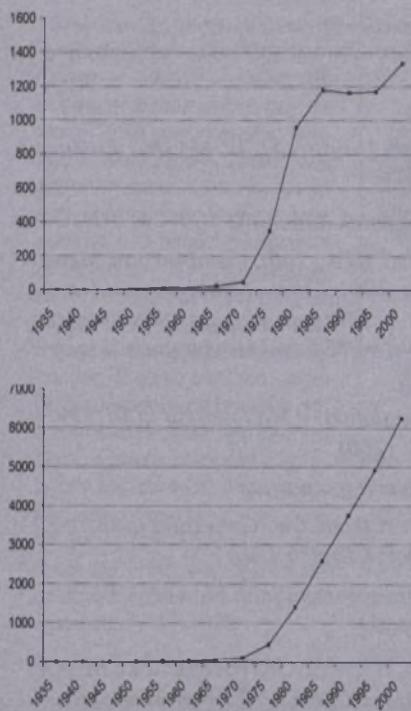
**288 relaks z Uranią:** zamiast krzyżówki – NGC????

**288 ciekawe strony internetowe**

## NA OKŁADCE

Południowo-zachodnia część mgławicy galaktycznej M17 w gwiazdozbiorze Strzelca. Jest to obszar silnej aktywności gwiazdotwórczej, prawdziwa fabryka gwiazd. M17 jest odległa od nas o 5000 lat świetlnego. Przedstawiony fragment ma rozmiary kątowe 5×5 minut kwadratowych łuku. Zdjęcie zostało wykonane w podczerwieni (1,2 – 2 mikrometrów) przez astronomów włoskich Leonarda Testi i Leonarda Vanzi przy pomocy 3,6 m teleskopu NTT w Obserwatorium ESO na La Silla w Chile w sierpniu 2000 r.

# Astronomia fal grawitacyjnych



Na powyższych wykresach przedstawiam liczbę prac naukowych na temat fal grawitacyjnych, opublikowanych w poszczególnych latach, w wybranych żurnalach astronomicznych. Na górnym wykresie liczby odpowiadające punktom, dla danej daty, oznaczają liczbę publikacji, które się ukazały w okresie ostatnich pięciu lat od tej daty. Na wykresie niżej przedstawiono dla kolejnych lat sumaryczną liczbę publikacji dotyczących fal grawitacyjnych. Jak widać, zdecydowany przyrost obserwujemy pod koniec lat sześćdziesiątych, kiedy to powstały pierwsze pomysły budowy detektorów grawitacyjnych.

## 1 Trochę historii

Wykazanie istnienia fal grawitacyjnych pozostaje jednym z największych wyzwań dla nauki, bo chociaż przewidzieliśmy ich istnienie już ponad 70 lat temu, jednak po ostatnich 30 latach najintensywniejszych wysiłków nie jesteśmy w stanie ich zarejestrować.

Każde nowo wprowadzone narzędzie badawcze prowadziło do rewolucyjnych odkryć i często do całkowitej jakościowej zmiany poglądów na temat obserwowanego świata. Kiedy Galileusz spojrzał na niebo przez pierwszy teleskop, zobaczył świat, jakim go jeszcze nikt przedtem nie widział. Odkrył nowe obiekty i procesy, stwierdził, że otaczający nas świat jest większy, niż by się mogło wydawać. Budowa coraz większych teleskopów optycznych dawała coraz to więcej informacji na temat gwiazd i galaktyk, jednakże wynalezienie radioteleskopu pozwoliło spojrzeć na świat, który dotychczas pozostawał całkowicie nieznany. Wprowadził to zupełnie nową jakość, podobnie jak dalsze sukcesy w podboju innych zakresów częstotliwości niedostępnych dla ludzkiego oka, tj. zakresu podczerwonego, UV, gamma i X. Dzisiaj możemy powiedzieć, że opanowaliśmy fale elektromagnetyczne, chociaż wciąż nie osiągnęliśmy granicy czułości detektorów, dlatego ciągle budujemy je coraz większe i lepsze, jednak nie wprowadza to do nauki nowej jakości. **Poznanie Wszechświata takim, jakby wyglądał oglądany przez pryzmat fal grawita-**

**cyjnych, nie tylko byłoby jakościowo nowym źródłem informacji, jak np. nowy zakres promieniowania elektromagnetycznego, ale byłby to zupełnie nowy zmysł. Jeśli dzięki teleskopom nauczyliśmy się lepiej widzieć, to dzięki antenom grawitacyjnym nauczymy się słyszeć. A usłyszemy o najbardziej dramatycznych, spektakularnych i potężnych procesach, jakie zachodzą we Wszechświecie. Może nawet uda się usłyszeć echo Wielkiego Wybuchu...**

### 1.1 Ewolucja poglądów na pojęcie przestrzeni i czasu

Zdefiniowanie pojęcia przestrzeni było wyzwaniem dla wielu pokoleń wybitnych uczonych, których nazwiska trwale zapisały się w historię nauki i pozostały ponadczasowe. Czymże jest przestrzeń? Newton uważała ją za trwałą i niezmienną w czasie scenę, na której rozgrywają się wszystkie wydarzenia. Dodatkowo, oprócz trójwymiarowej przestrzeni, poruszamy się z niezmienną prędkością w czasie, który, podobnie jak przestrzeń w pojęciu Newtona, jest bezwzględny i upływa jednostajnie niezależnie od układu odniesienia. Taki pogląd obowiązywał przez dwa stulecia, aż do dwudziestych lat XIX wieku, kiedy to genialny matematyk Gauss wskazał, że otaczająca nas przestrzeń wcale nie musi mieć metryki euklidesowej — nie musi być płaska. Jego uczeń Bernhard Riemann stworzył nową, znacznie bardziej ogólną, geometrię, z niezerową krzywizną przestrzeni. Stara geometria euklidesowa stała się tylko przypadkiem

szczególnym. Kolejny wiek zaowocował następnym krokiem, wprowadzającym jakościowo nową treść. W 1915 roku Albert Einstein wykazał, że geometria euklidesowa nie obowiązuje w obszarach, w których występuje silne pole grawitacyjne. Jak wiadomo, pole grawitacyjne występuje wszędzie. Po służanie się geometrią o zerowej krzywiźnie przestrzeni stało się jedynie przybliżeniem rzeczywistości. Ogólna teoria względności zrewolucjonizowała całkowicie nasze wyobrażenia na temat czasu i przestrzeni, łącząc oba te niezołączne związane ze sobą składniki w jedną, spójną czasoprzestrzeń. Był to genialny krok i ogromny skok w poznawaniu natury czasu i przestrzeni. Przestrzeń Einsteina nie jest już po prostu pustką czy też nicością. Jest bardzo naczyniem obiektem fizycznym o ścisłe określonych fizycznych parametrach, takich jak sprężystość, sztywność i krzywizna. Może również posiadać nieregularności — zaburzenia czasoprzestrzenne, rozchodzące się w różnych kierunkach. **Czasoprzestrzeń może oddziaływać z materią, czyli wymieniać energię!**

### **1.2 Uwagi na temat Ogólnej Teorii Względności**

Ze wszystkich poznanych przez człowieka sił, grawitacyjne siły są najstarszymi, a mimo to sprawiają one największe problemy z kwantyzacją i unifikacją. Ogólna teoria względności łączy w sobie opis ruchu ciał w polu grawitacyjnym z właściwościami czasoprzestrzeni. Stąd często nazywa się ją geometrodynamiką. Za dwa podstawowe założenia Einstein przyjął, iż: 1) przyciąganie grawitacyjne jest lokalnie nieodróżnialne od sił bezwładności oraz 2) ciała, na które nie działają siły, poruszają się w czasoprzestrzeni po najkrótszej drodze. Nie są to słabe założenia. Jeśli by okazało się na przykład, że prowadzone badania mające na celu wykazanie, iż masa grawitacyjna i bezwładna nie są sobie równe, zakończyłby się sukcesem, ogólna teoria względności stała by się znowu jedynie kolejnym nowtonowskim, lecz doskonałym przybliżeniem rzeczywistości.

Teoria względności znajduje powiązanie pomiędzy krzywizną czasoprzestrzeni a rozkładem przestrzennym masy. Można powiedzieć, że masa „mówiąc” przestrzeni, jak się giąć, a prze-

strzeń „mówią” masie, jak się poruszać. Podstawową koncepcją ogólnej teorii względności jest to, że oddziaływań grawitacyjnych w zasadzie nie traktuje się jako siły czy oddziaływanie, ale jako przejaw geometrii czasoprzestrzeni. Ciało, na które nie działają siły zewnętrzne (czyli ciało poruszające się swobodnie), porusza się, zgodnie z drugim założeniem, po drodze najkrótszej — po tzw. geodezyjnej. To, czy jest to prosta czy krzywa, zależy jedynie od krzywizny czasoprzestrzeni. W równaniach pola Einsteina zachodzi liniowa proporcjonalność pomiędzy tensorami opisującymi krzywiznę czasoprzestrzeni oraz gęstość energii. Stała proporcjonalności jest proporcjonalna do  $G/c^4$ , gdzie  $G$  — stała grawitacji, a  $c$  — prędkość światła w próżni. Stała ta (równa  $k=2 \times 10^{-43} N^{-1}$ ) wyraża sztywność czasoprzestrzeni. Im  $k$  jest mniejsze, tym sztywność przestrzeni jest większa. Wiadomo, że zależy ona od prędkości rozchodzenia się światła w próżni. Gdyby prędkość światła była kiedyś (kilka, kilkanaście miliardów lat temu) mniejsza niż obecnie, wówczas sztywność przestrzeni byłaby znacznie mniejsza. Kolejną rzeczą, którą widać od razu, okazuje się to, że przestrzeń jest niesłychanie sztywna, co oznacza, że niełatwo ją wygiąć. A to znaczy, że procesy powodujące zmianę geometrii czasoprzestrzeni muszą być najbardziej burzliwymi procesami we Wszechświecie. Dokładna analiza wszelkich procesów dotyczących czasoprzestrzeni, w tym promieniowania grawitacyjnego, na podstawie równań pola, jest właściwie niemożliwa z powodu ich skrajnej nieliniowości, chociaż w ciągu ostatnich dwudziestu lat zrobiono w tym kierunku znaczne postępy. Stąd też równania te należy linearyzować tam, gdzie jest to możliwe, czyli dla słabych pól grawitacyjnych.

Ogólna teoria względności pociąga za sobą kilka ważnych konsekwencji, o których należałoby tutaj wspomnieć. Mianowicie są to: 1) grawitacyjna dylatacja czasu, 2) możliwość emitowania fal grawitacyjnych. Kiedy Einstein zdał sobie sprawę z powyższych możliwości, nie sądził, aby kiedykolwiek było możliwe doświadczalne zweryfikowanie tych bardzo subtelnych efektów. Zresztą nie był osamotniony w tych poglądach. Przez wiele lat naukowcy uważały, że fale grawitacyjne są interesują-

ce wyłącznie z teoretycznego punktu widzenia. W 1961 wybitny angielski astrofizyk Herman Bondi stwierdził, że: „Fale grawitacyjne są nie tylko mało znane, nawet z nazwy, ale jest również mało prawdopodobne, aby kiedykolwiek zostały zarejestrowane”. Jeśli chodzi o grawitacyjną dylatację czasu, to już nie tylko że została ona potwierdzona doświadczalnie, ale stała się istotnym problemem dla konstruktorów zegarów atomowych. Natomiast jakkolwiek fale grawitacyjne nikt jeszcze bezpośrednio nie zarejestrował, istnieją pośrednie dowody ich istnienia i jest to już zaledwie kwestią kilku lat (a może miesięcy) i staną się one faktem doświadczalnym.

Krzywizna czasoprzestrzeni powoduje zmianę tempa upływu czasu, a przyczyną istnienia zakrzywionej czasoprzestrzeni jest materia. Jeśli jednocześnie ciała swobodne w czasoprzestrzeni poruszają się po krzywych geodezyjnych, to, choć wydaje się dziwne, wynika stąd, że kamień leżący spokojnie na skraju urwiska starzeje się wolniej niż kamień spadający z tego urwiska.

Ogólna teoria względności przewiduje również grawitacyjne przesunięcie światła ku czerwieni. Fotony opuszczające bardzo masywną gwiazdę powinny mieć mniejszą energię niż gdyby opuszczały gwiazdę o małej masie. Efekt ten może być bardzo istotny w dzisiejszej kosmologii.

### **1.3 Nasza trójwymiarowa przestrzeń**

Nasuwa się dość naturalne pytanie, czy w ogóle jesteśmy w stanie stwierdzić, że otaczająca nas czasoprzestrzeń jest naprawdę krzywa i jeśli tak, to w jakim stopniu. Okazuje się, że odpowiedź na takie pytanie jest twierdząca. Można przeprowadzić następujący eksperyment. W trzech miejscach na orbicie okołoziemskiej należy ustawić satelity — tak, aby się wzajemnie „widziały”. W jednym z nich generować wiązkę laserową i skierować ją ku następnemu. Satelita drugi musi odbić wiązkę do satelity trzeciego a trzeci do pierwszego. Każdy z nich musi mieć możliwość pomiaru kąta pomiędzy wiązkami padającą i odbitą. Ostatecznie sumujemy wyniki pomiarów kątów dokonanych przez satelity i dostajemy — uwaga —  $180^\circ,0000001$ ! Oczywiście, pomiar obarczony jest błędem, ale jeśli jest on odpowiednio mały, mamy pewność, że

suma kątów w tym trójkącie nie jest równa  $180^\circ$ .

#### 1.4 Sztywność czasoprzestrzeni

Jak już wcześniej wspomniałem, jednym z fizycznych parametrów czasoprzestrzeni jest jej sztywność. Okazuje się, choć to może brzmieć trochę absurdalnie, że przestrzeń stanowi **najsztywniejszy obiekt w całym Wszechświecie**. Aby móc sobie uzmysolić, jak bardzo sztywna jest przestrzeń, można przyrównać ją do sztywności najbardziej sztywnego namacalnego obiektu z naszego otoczenia — stali. Zakładając, że sztywność gumy jest równa 1 a sztywność stali  $10^{11}$ , to w tej skali sztywność przestrzeni wynosi  $10^{43}$ !

Wynika z powyższego ważny wniosek. Nie jesteśmy w stanie zmierzyć krzywizny czasoprzestrzeni jakimkolwiek materialnym przyrządem typu prosta stalowa szyna, która by „wystawała”, gdy przestrzeń się odkształci. A to z tej prostej przyczyny, że nawet stal jest o wiele rzadów mniej sztywna od przestrzeni i szyna się po prostu dopasuje do jej krzywizny. Co jednak stałoby się, gdyby tak nie było, czyli gdyby sztywność stali była większa od sztywności czasoprzestrzeni? Wydaje się, że szyna po prostu by znikła z naszej przestrzeni — z naszego trójwymiarowego Wszechświata. Ma to o tyle znaczenie, że przestrzeń nie zawsze była tak sztywna jak jest dzisiaj, więc...

#### 2 Fale grawitacyjne

Jeśli jakimś trafem stałoby się tak, że krzywizna przestrzeni zmieniałaby się

z czasem w sposób regularny albo i nie, mielibyśmy do czynienia ze źródłem fal grawitacyjnych — czyli promieniowania grawitacyjnego. Ponieważ w myśl ogólnej teorii względności utożsamiamy siłę grawitacji z charakterystką krzywizny przestrzeni, również dobrze można powiedzieć, że promieniowanie grawitacyjne jest zmiennym w czasie zaburzeniem pola grawitacyjnego.

#### 2.1 Właściwości fal grawitacyjnych

Właściwości fal grawitacyjnych są zasadniczo inne od właściwości fal elektromagnetycznych, chociaż mają one również cechy wspólne. Okazuje się, że **nie istnieje dipolowe promieniowanie grawitacyjne**. Kwadrupolowy moment rozkładu masy ma dominujące znaczenie w promieniowaniu grawitacyjnym, dlatego też promieniowanie to ma charakter kwadrupolowy. Wynika stąd, że jeśli ciało zachowuje swoją symetrię w czasie, nie będzie ono promieniowało grawitacyjnie. Oznacza to, że na przykład zapadająca się symetrycznie gwiazda nie będzie emitować fal grawitacyjnych.

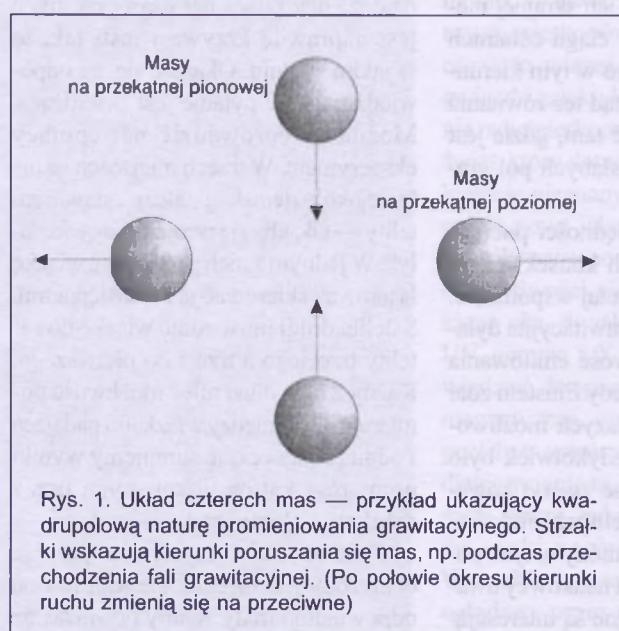
Fał grawitacyjną można wytworzyć układem czterech mas (rysunek 1) ustawionych w rogach figury karo. Jeśli masy te będą się poruszały zgodnie z kierunkiem strzałek i przeciwnie do nich, układ taki stanie się źródłem promieniowania grawitacyjnego. Co więcej, układ taki będzie podlegał takim samym ruchom na wskutek pojawienia się fal grawitacyjnej. Ruchy te są jednak bardzo małe, nawet dla najsilniejszych fal. Jeśli chodzi o polaryzację fal grawitacyjnych, to w przeciwieństwie do fal elektromagnetycznych, kąt pomiędzy dwiema różnymi polaryzacjami wynosi tylko  $45^\circ$ , a nie  $90^\circ$ . Fakt ten ilustruje rysunek 2. Przedstawiono na nim układ dwóch figur karo z masami w rogach, przy czym są one obrócone względem siebie o kąt  $45^\circ$ . Jeśli mamy do czynienia z falą grawitacyjną spolaryzo-

waną w ten sposób, że oddziałuje ona na masy ustawiione jak na poprzednim rysunku (polaryzację tę oznaczamy znakiem "+"), pozostałe masy pozostają w spoczynku. W odwrotnej sytuacji mamy do czynienia z falą spolaryzowaną tak, że oddziałuje ona na masy ustawiione w rogach figury karo obrócone o  $45^\circ$  (taką polaryzację oznaczamy znakiem  $\times$ ). Nie ma innych możliwości takiego rozkładu masy, aby było więcej polaryzacji niż + (polaryzacja I na rysunku 2) i  $\times$  (polaryzacja II na rysunku 2). Kolejny obrót o  $45^\circ$  dawałby ponownie polaryzację +. Powstaje naturalne pytanie: Jaka jest amplituda i moc dochodzących do nas fal grawitacyjnych i tych, które jesteśmy w stanie sami wytworzyć sztucznie w laboratorium? Ze względu na ogromną sztywność przestrzeni nawet najpotężniejsze źródła fal grawitacyjnych emitują fale, których amplituda na Ziemi jest znikoma. Amplituda fali grawitacyjnej  $h$  jest proporcjonalna do zmiany odległości pomiędzy dwoma punktami (zdarzeniami) w czasoprzestrzeni:  $h=2dl/l$ ; gdzie  $dl$  — jest zmianą długości a  $l$  — odległość, na której tę zmianę mierzmy. Tak więc dolna granica amplitudy fali grawitacyjnej jest rzędu  $10^{-22}$ , co odpowiada zmianie długości o średnicę atomu na odległość Ziemia-Słońce.

Stąd też, aby zarejestrować promieniowanie grawitacyjne, czułość detektorów musi być naprawdę niezwykła. Łatwo wyliczyć z podanego wyżej wzoru całkowitą moc emitowaną przez układ obiegających się mas. Na przykład, dla układu Ziemia — Słońca emitowana moc będzie równa

$$P = \frac{G}{5c^5} \omega^6 m^2 r^4,$$

gdzie można założyć, że  $Q$  jest w przybliżeniu równe  $mr^2$ , gdzie  $r$  — odległość do Słońca,  $m$  — masa Ziemi, a  $\omega$  — częstość kołowa Ziemi w ruchu dookoła Słońca. (Szósta potęga pochodzi od trzykrotnego różniczkowania i podniesienia do kwadratu). Czynnik  $G/c^5$  jest rzędu  $10^{-52}$  co jest równoznaczne z faktem niemożliwości laboratoryjnego wytworzenia rejestratorów fal grawitacyjnych. Jak widać, moc emitowanych fal grawitacyjnych jest proporcjonalna do masy źródła, odległości mas składających się na źródło oraz częstości orbitalnej. Jest natomiast odwrotnie proporcjonalna do sztywności czasoprzestrzeni.



Rys. 1. Układ czterech mas — przykład ukazujący kwadrupolową naturę promieniowania grawitacyjnego. Strzałki wskazują kierunki poruszania się mas, np. podczas przechodzenia fal grawitacyjnej. (Po połowie okresu kierunki ruchu zmieniają się na przeciwnie)

przestrzeni. Na przykład, łódź podwodna ważąca około dziesięciu tysięcy ton, obracana dookoła osi prostopadłej do osi symetrii z częstością dziesięć razy na sekundę, emitowałaby fale grawitacyjne o mocy  $10^{-24}$  W. Dla porównania, mrówka idąca po ścianie wskutek, nazwijmy to „szurania”, emituje moc  $10^{-7}$  W.

Kolejną własnością falową, o której jeszcze nie wspomniałem, jest zakres możliwych częstotliwości, jakie dane źródło może produkować. Zakres dłużności fal grawitacyjnych i związane z nimi częstotliwości — notabene ta samą zależność jak w przypadku fal elektromagnetycznych — zawiera się w praktyce od dziesięciotysięcznych części herca do kilkunastu kiloherców. Częstotliwość emitowanych fal zależy oczywiście od konkretnego źródła.

Charakterystycznym i ważnym jednocześnie jest to, że fale grawitacyjne są falami poprzecznymi oraz że rozchodzą się z prędkością światła i w przeciwnieństwie do fal elektromagnetycznych w zasadzie nie ulegają osłabieniu przy oddziaływaniu z materią (co, rzecz jasna, jest znowu konsekwencją jej sztywności). Natomiast amplituda fal grawitacyjnych podobnie jak elektromagnetycznych maleje z kwadratem odległości.

## 2.2 Źródła fal grawitacyjnych

Fale grawitacyjne mogą promieniować nie tylko układ ciał, ale i pojedyncze ciało, jeżeli porusza się z bardzo dużym przyspieszeniem. Chcąc zbudować generator fal grawitacyjnych, należy zmieniać w czasie moment kwadrupolowy danego układu mas. Można to osiągnąć, obracając jakieś ciało względem osi, która nie jest jego osią symetrii. Gdyby tym ciałem był na przykład stalowy walec o promieniu jednego metra i długości dwudziestu metrów, ważący około pięciuset ton, to obracając go wokół osi do niego prostopadłej, przechodzącej w jego połowie, z maksymalną możliwą prędkością (powyżej której walec uległby rozerwaniu), równą 28 obrotów na sekundę, moc emitowanych fal grawitacyjnych wyniosłaby  $2 \times 10^{-29}$  W. Walec taki jest więc bardzo słabym źródłem fal grawitacyjnych. Oczywistym więc staje się fakt, że jeśli chcemy zaobserwować promieniowanie grawitacyjne, należy skierować detektory na silniejsze — naturalne źródła fal.

Obiekty promienującymi grawitacyjne ogromne ilości energii są obiekty astronomiczne, gdyż mają dostatecznie duże masy, poruszają się niekiedy z ogólnymi prędkościami i podlegają potężnym przyspieszeniom. W Kosmosie zachodzą procesy, które wytworzą fale grawitacyjne o mocy porównywalnej z mocą promieniowania wszystkich gwiazd we Wszechświecie. Przedstawiony powyżej wzór na emitowaną moc układu dwóch ciał, można przekształcić do bardziej praktycznej postaci:

$$P \approx \frac{c^5}{G} (R_1 / r)^3 (R_2 / r)^2$$

gdzie  $R_{1/2}$  — promień Schwarzschilda dla składowych mas, a  $r$  — promień orbity. Widać, że jeśli tylko masy będą na tyle duże, że czynniki w nawiasach będą porównywalne z jednością, to wówczas emitowana moc będzie rzędu  $c^5/G \approx 10^{52}$  W! (Przy tej wielkości moc promieniowania elektromagnetycznego Słońca jest śmiesznie mała). W ogólności wszystkie źródła promieniowania grawitacyjnego można podzielić na trzy grupy:

a) wybuchowe — nieregularne (np. wybuchy supernowych, koalescencja (zlanie) różnego rodzaju układów podwójnych, asymetryczne kolapsy grawitacyjne gwiazd i układów gwiazd zmiennych kataklizmicznie);

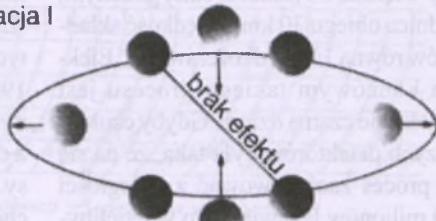
b) regularne (np. stabilne układy podwójne, takie jak pulsar + gwiazda neutronowa i wirujące samodzielne obiekty);

c) grawitacyjne promieniowanie tła — pozostałość po Wielkim Wybuchu.

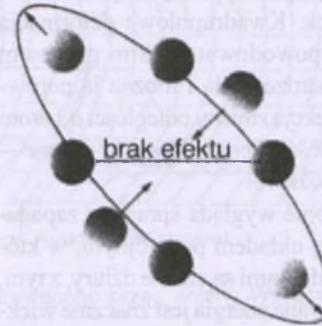
### 2.2.1 Wybuchowe źródła promieniowania grawitacyjnego

Kolapsujące niesymetrycznie gwiazdy neutronowe, pulsary i supernowe przed wybuchem obracają się z coraz to większą prędkością, co powoduje powstawanie coraz większej siły od-

Polaryzacja I



Polaryzacja II



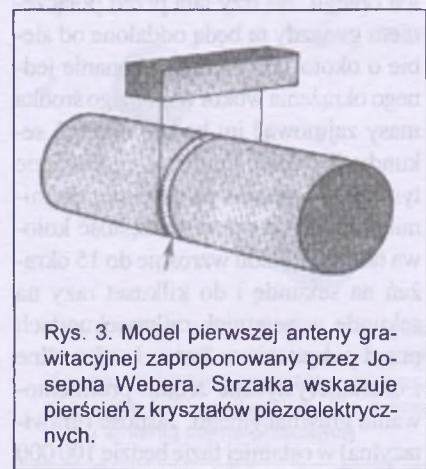
Rys. 2. Przykład ilustrujący dwie możliwe polaryzacje fal grawitacyjnych (opis w tekście).

kowej. Podczas zapadania mogą zajść następujące procesy. Po pierwsze, może się zdarzyć tak, że gwiazda zmieni się w niestabilny pierścień, który rozpadnie się na wiele fragmentów. Po drugie, może się zdarzyć, że powstaną wybruszenia po przeciwnych stronach gwiazdy, tak jakby to były dwie gwiazdy stykające się (niestabilność ze względu na utworzenie poprzeczki) i po trzecie, gwiazda może pozostać cylindrycznie symetryczna, tracąc materię z okolic równika. W dwóch pierwszych przypadkach zapadająca się gwiazda jest silnym źródłem promieniowania grawitacyjnego. Dobrym źródłem nieregularnego promieniowania grawitacyjnego jest niestabilny układ podwójny jak, na przykład, dwie zlewające się gwiazdy neutronowe. Moc promieniowania będzie rosnąć wraz ze zmniejszaniem się odległości pomiędzy składnikami i okresu ich obiegu. Na trzy lata przed połączeniem gwiazdy te będą oddalone od siebie o około 1000 km i wykonanie jednego okrążenia wokół wspólnego środka masy zajmować im będzie około 3 sekundy. Prędkość liniowa sięgać będzie tysiące kilometrów na sekundę. Na minutę przed połączeniem częstość kołowa takiego układu wzrośnie do 15 okrążen na sekundę i do kilkuset razy na sekundę w ostatnich mikrosekundach przed połączeniem. Jest to bardzo silne i charakterystyczne źródło promieniowania grawitacyjnego. Jasność (grawitacyjna) w ostatniej fazie będzie 100 000

razy większa od jasności całej galaktyki, średnica obiegu 30 km a prędkość składników równa 1/6 prędkości światła. Efektem końcowym takiego procesu jest oczywiście czarna dziura. Gdyby czułość naszych detektorów była taka, że da się ten proces zaobserwować z odległości 150 milionów lat świetla, to widzielibyśmy przynajmniej jedną taką koalescję na rok. Kwadrupolowa deformacja anteny spowodowana takim procesem byłaby bardzo mała i można ją porównać z detekcją zmiany odległości o 1 atom na odległość Ziemia–Słońce. I uwaga — jest to możliwe!

Podobnie wygląda sprawa z zapadającym się układem podwójnym, w którym składnikami są czarne dziury, z tym, że emitowana energia jest znacznie większa. Przy zderzeniu na milisekundy wydzielana jest w formie fal grawitacyjnych moc rzędu  $10^{52}$  W, która określana jest mianem jasności Wszechświata, czyli mocy promieniowania elektromagnetycznego wszystkich gwiazd we Wszechświecie. Fale grawitacyjne również wykazują grawitacyjne przesunięcie ku „czerwieni”. Ponad połowa energii zostaje w czarnej dziurze, zwiększąc jej masę. (Wydajność tego procesu jest około 40%). W centrach galaktyk może dochodzić do takich właśnie fuzji czarnych dziur. Również sfotografowane przez teleskop kosmiczny Hubble'a zderzające się galaktyki mogą stanowić mocne źródło.

Układy podwójne gwiazd kataklizmicznych (i nie tylko) produkują fale o niskich częstotliwościach  $f < 10^{-3}$  Hz. Układy takie to, na przykład, układy białych karłów z gwiazdą o małej masie i krótkim okresie orbitalnym. Drugi składnik zazwyczaj, choć nie zawsze, jest gwiazdą późnego typu widmowego, która wypełnia swoją strefę Roche'a i traci



Rys. 3. Model pierwszej anteny grawitacyjnej zaproponowany przez Josepha Webera. Strzałka wskazuje pierścień z kryształów piezoelektrycznych.

masę na rzecz pierwszego składnika. (Liczba takich układów w całej Galaktyce szacowana jest na  $10^6$ ). Do roku 1997 skatalogowano 1020 galaktycznych zmiennych kataklizmicznych, z czego dla ponad trzystu znamy okresy. Promieniowanie grawitacyjne pochodzące od układów podwójnych jest najlepiej poznane (teoretycznie), ponieważ znając masy gwiazd składowych i ich orbitalne parametry oraz przybliżoną odległość składników, można przewidzieć charakter emitowanego promieniowania grawitacyjnego. Częstotliwość emitowanych fal jest dwukrotnie większa niż okres obiegu, chociaż zależy to od ekscentryczności orbity. Dla  $\epsilon < 0,2$  harmoniczna o dwukrotnej częstotliwości orbitalnej jest dominująca, natomiast dla  $\epsilon \approx 0,5$  silne są częstotliwości o wielokrotnościach od 2 do 8 częstotliwości orbitalnej. Dla  $\epsilon \approx 0,7$  silne są harmoniczne o wielokrotnościach częstotliwości orbitalnej od 4 do 20.

## 2.2.2 Regularne źródła promieniowania grawitacyjnego

Określenie „regularne” oznacza źródła, które emitują w sposób ciągły. Jako regularne źródła omawianego promieniowania na pierwszym miejscu należy chyba postawić masywne wirujące gwiazdy neutronowe, których liczba w Galaktyce jest niemała, jak również gwiazdy protoneutronowe (które mogą wejść w etap różnych niestabilności). Wirujące pulsary czy gwiazdy neutronowe, aby emitować, muszą wykazywać pewną asymetrię. Na podstawie badań T. Regimbau i J.A. de Freitas Pacheco można powiedzieć, że jeśli obserwowane obiekty będą wykazywały eliptyczność równą około  $\epsilon = 10^{-6}$ , to można się spodziewać, że w zasięgu konstruowanych obecnie detektorów znajdować się będą tylko 2 obiekty. Jeśli eliptyczność będzie większa, rzędu  $10^{-5}$ , wówczas liczba obserwowanych obiektów będzie się zawierać w przedziale od 12 do 18. Jednakże dla obiektów o eliptyczności mniejszej niż  $\epsilon = 10^{-6}$  emitowane fale będą poza naszymi przewidywanymi obecnie możliwościami detekcji. (Eliptyczność określa wielkość odkształcenia od kształtu sferycznego i jest zdefiniowana następująco:

$$\epsilon = \frac{I_{xx} - I_{yy}}{I_{zz}},$$

gdzie  $I$  — jest momentem bezwładno-

ści gwiazdy liczonym dla trzech różnych prostopadłych osi).

Częstotliwość emitowanych przez takie źródła fal jest z zakresu od kilku do kilku tysięcy herców.

## 2.2.3 Grawitacyjne promieniowanie tła

Kolejnym wyróżniającym się jakościowo źródłem promieniowania grawitacyjnego jest tak zwane grawitacyjne promieniowanie tła. Promieniowanie to, podobnie jak promieniowanie reliktywe, jest pozostałością po Wielkim Wybuchu. Kiedyś Wszechświat był mniejszy, bardziej gorący i prawdopodobnie sztywność przestrzeni również była inna. Jednak odkąd jest sens mówić o czasoprzestrzeni, można również mówić o falach grawitacyjnych. Promieniowanie to, jak na razie, jest najbardziej enigmatyczne. Amplitudę fal planckowskiego tła grawitacyjnego szacuje się na około  $10^{-32}$ , z maksimum przypadającym na około 1 cm, co odpowiada temperaturze około 1 K. Gdyby dało się kiedyś zarejestrować grawitacyjne promieniowanie tła, uzyskalibyśmy istotne informacje z wczesnej ery hadronowej (trwającej od  $10^{-43}$  s do  $10^{-5}$  s po Wielkim Wybuchu). Dla kosmologii i fizyki cząstek elementarnych byłoby to bezcenne źródło informacji.

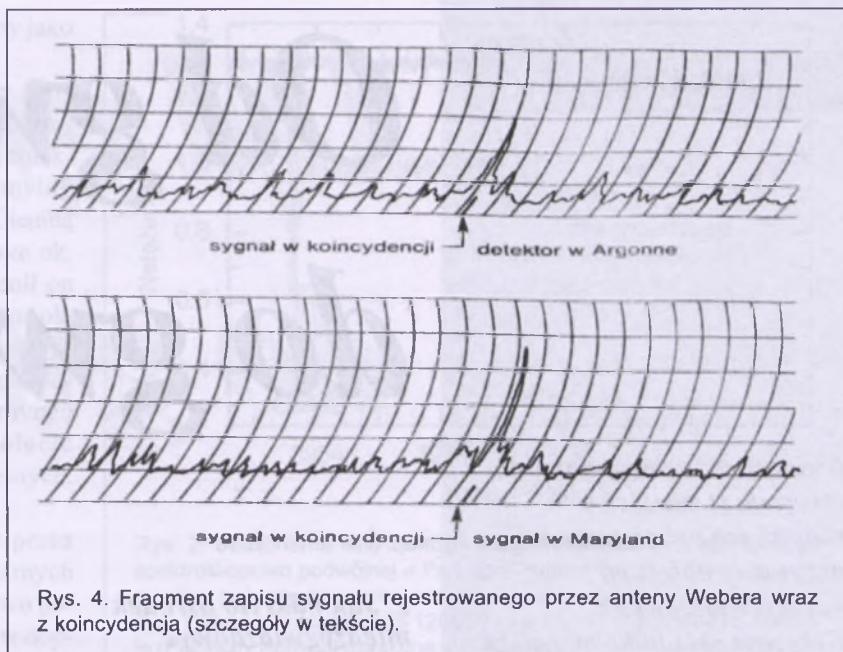
## 3 Historia ciągu dalszy

Od czasów Einsteina w dziedzinie fal grawitacyjnych w zasadzie niewiele się działo. Koniecznym było rozwinięcie techniki i zwiększenie dokładności pomiarów, aby można było w ogóle mówić o rejestraniu fal grawitacyjnych. Pionierem w tej dziedzinie został w 1969 roku Joseph Weber, który jako pierwszy na świecie podjął wyzwanie detekcji fal grawitacyjnych. W tym celu zbudował na początku lat 60-tych, zaprojektowany w późnych latach 50-tych, aluminiowy cylinder pokryty kryształami piezoelektrycznymi (rysunek 3). Ponieważ siła oddziaływania materii z falą grawitacyjną jest proporcjonalna do masy, więc detektor musiał być odpowiednio ciężki. Długość cylindra była dopasowana do podstawowej długości fali, jaką zamierzano rejestrować. Ściśnięcie kryształka piezoelektrycznego o 1 mm może powodować zmianę napięcia nawet o 1 milion woltów. Na jednym metrze daje to różnicę potencjałów 1 miliard woltów. Zatem

zmiana długości cylindra o  $10^{-4}$  mm daje różnicę potencjałów 1 V. Bardzo istotnym problemem jest wyłumienie wszelkiego rodzaju szumów, w postaci na przykład trzęsienia ziemi albo trzęśnięcia drzwiami do laboratorium. Oprócz idealnych kompensatorów wstrząsów, Weber postanowił rejestrować potencjalne sygnały w dwóch niezależnych i oddalonych od siebie o 1000 km detektorach. Jedna antena pracowała w pobliżu Chicago a druga w Maryland. Detektory te były w stanie mierzyć względne naprężenia rzędu  $10^{-16}$ , czemu odpowiada przesunięcie końców walca o  $2 \times 10^{-14}$  cm, natomiast za koincydencje Weber przyjmował sygnały pojawiające się w tym samym czasie z dokładnością do 0,4 s. (Na rysunku 4 obok przedstawiam fragment zapisu wzbudzeń obu anten Webera).

Pod koniec 1969 roku opublikował swoje wyniki w *Physical Review Letters*, z których wynikało, że udało się zarejestrować fale grawitacyjne. Pod koniec 1972 roku zorganizowano konferencję naukową w MIT (Massachusetts Institute of Technology) poświęconą rezultatom poszukiwań fal grawitacyjnych, na której podważono prawdziwość wyników Webera. Energetyczna analiza jego pomiarów również podważa ich prawdziwość. Jeśli przyjąć, jak zakładał Weber, że rejestrowany strumień promieniowania grawitacyjnego pochodził z centrum Galaktyki, to na podstawie jego danych można oszacować całkowitą energię emitowaną stąd we wszystkich kierunkach. Energia ta byłaby równoważna masie 10 mas Słońca. Z ilości rejestrowanych koincydencji wynikłoby, że roczna utrata masy naszej Galaktyki sięgałaby  $10^5$  mas Słońca, co oznaczałoby, że po milionie lat Droga Mleczna przekształciłaby całą swoją masę w fale grawitacyjne.

Kolejne lata owocowały w coraz bardziej wyrafinowane pomysły, mające na celu zmniejszenie szumów własnych anten grawitacyjnych. Rozważano problemy dotyczące szumów, jakie wprowadza sam wzmacniacz sygnałów elektrycznych, oddziaływując na drgania anteny. Próbowało oszacować maksymalną czułość detektora, wynikającą z zasady nieoznaczoneści Heisenberga. Okazało się, że mechanika kwantowa w tym przypadku nie dotyczy tylko mikroświata oraz że kilkutonowy detektor jest obiektem kwantowym!



Rys. 4. Fragment zapisu sygnału rejestrowanego przez anteny Webera wraz z koincydencją (szczegóły w tekście).

W dziejach fal grawitacyjnych bardzo doniosła rolę odegrali Joe Taylor i jego doktorant Russel Hulse, którzy w 1974 roku badali teleskopem w Arecibo układ podwójny PSR1913+16, składający się z radiopulsara i gwiazdy neutronowej. Okazało się, że ruch tego układu można było przewidzieć, stosując założenia ogólnej teorii względności (co było jej kolejnym sukcesem) dotyczące wzajemnego ruchu w studni potencjału. Jednak najistotniejszym jest fakt, iż z teorii wynika, że taki układ powinien tracić energię na skutek promieniowania grawitacyjnego i w rezultacie skracić swój okres orbitalny o około 70 mikrosekund na rok. Po 20 lat badań udało się zaobserwować tego rodzaju efekt, pozostający ilościowo w zgodzie z przewidywaniami teorii względności. **Był to, i chyba nadal jest, najsilniejszy dowód na istnienie fal grawitacyjnych.** Za swoje odkrycie w 1993 roku Taylor i Hulse w pełni zasłużenie dostali Nagrodę Nobla.

W roku 1987, w nocy z 23 na 24 lutego nastąpiło wydarzenie, które powinno spowodować emisję fal grawitacyjnych o dostatecznie dużej amplitudzie, by można je było zarejestrować. Był to wybuch supernowej w Wielkim Obłoku Magellana. W tym czasie działały dwa detektory: Webera w Maryland oraz Pizzelli w Rzymie. Włączone były również różne detektory neutrín (w Japonii, USA, ZSRR i pod Mont Blanc we Francji), zbudowane pierwotnie w celu wykrycia rozpadu protonu. Łącznie zarejestrowano aż 22 scyntylacje wywołane

oddziaływaniem z neutrínami. Detektory grawitacyjne zaobserwowały 12 dużych i 100 małych koincydencji w ciągu 2 godzin, rozbieżnych w czasie o kilka sekund. Jednakże powszechnie nie uznano tego faktu za potwierdzenie wykrycia fal grawitacyjnych, ponieważ jeśli miałyby się one poruszać z prędkością światła, to czas na pokonanie kilku tysięcy kilometrów dzielących anteny powinien wynosić nie więcej niż ułamek sekundy. W tym samym czasie detektory neutrín pod Mont Blanc zarejestrowały 5 impulsów w przeciągu 7 sekund! Pizzella poświęcił później cały rok na analizę danych z wybuchu i choć wyniki były bardzo obiecujące (bo wykrył ponad 100 koincydencji, z czego m.in. wywnioskował, że energia fal grawitacyjnych musiała być taka, jak podczas zderzenia z ciałem o masie  $10^5$  mas Słońca), to musiał wprowadzić do danych kilka poprawek (jak np. korektę błędu w określaniu czasu detekcji i poprawkę na niezerową masę neutrín), co w rezultacie podważyło wiarygodność wyników.

*W następnym numerze omówione zostaną teleskopy grawitacyjne.*

*Autor jest studentem trzeciego roku astronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Artykuł powstał na podstawie jego pracy seminarowej.*

# Od gwiazdy do gwiazdy

Gwiazdy rodzą się i umierają. Powstają w wielkich skupiskach pyłu i gazu, które nazywamy obłokami międzygwiazdowymi. Głównym składnikiem gwiazd i materii międzygwiazdowej jest wodór. W czasie swego życia, w złożonych procesach jądrowych, gwiazdy przekształcają wodór w hel i inne cięższe pierwiastki. Promieniując tracą nie tylko energię, ale i materię, z której są zbudowane. Gdy dochodzą do kresu swego istnienia, rozsypaną znaczną część swej materii w przestrzeń, która je otacza, zasilając ją w materię przetworzoną w swych wnętrzach. W ten sposób wzbogacają materię międzygwiazдовą w pierwiastki cięższe niż wodór, wytworzone w czasie ich życia. Z tej wzbogaconej w nowe pierwiastki materii powstają nowe generacje gwiazd. I proces przemian materii w ich wnętrzach trwa nadal...  
O materii międzygwiazdowej, o tym, jak się ją odkrywa i jak bada, jakie problemy i wyzwania stawia współczesnym astrofizykom, opowiada poniższy artykuł. Jest to pierwsza część artykułu „Od gwiazdy do gwiazdy”. Drugą jego część opublikujemy w następnym numerze.

## 1. Jak odkryto ośrodek międzygwiazdowy?

Pierwsze obserwacje gwiazd „toną w pomroce dziejów”. Zresztą — do czasów jak najbardziej historycznych uważano je za twory nie podlegające tym samym prawom, co ziemska materia. Świadomość fizycznego pokrewieństwa Ziemi i cał niebieskich powoli i z oporami torowała sobie drogę do powszechnego uznania od czasów Kopernika. Nawet jednak po uznaniu gwiazd za twory materialne, przestrzeń pomiędzy nimi traktowano jako

ośrodek pusty, co wydawało się zgodne z wynikami obserwacji aż do końca XVIII wieku. Wtedy to znany brytyjski obserwator, Sir William Herschel, spojrzał przez skonstruowany własnoręcznie teleskop na pewien obszar Drogi Mlecznej i podobno zawołał do towarzyszącej mu siostry, Karoliny: „O mój Boże, tu jest dziura w niebie!”. Herschel dostrzegł zapewne obiekt podobny do sportretowanego na rys. 1 — wyraźny deficyt gwiazd w pewnym zwartym obszarze. W taki sposób po raz pierwszy udokumentowano istnienie „czegoś pomiędzy



Rys. 1. „Worek węgla” — ciemny obłok międzygwiazdowy, widoczny w Drodze Mlecznej na niebie południowym: prosta ilustracja ekstynkcji międzygwiazdowej — sumy pochłaniania i rozpraszania światła przez rozrzedzoną materię.

gwiazdami”, czegoś, co dzisiaj określamy jako ośrodek międzygwiazdowy.

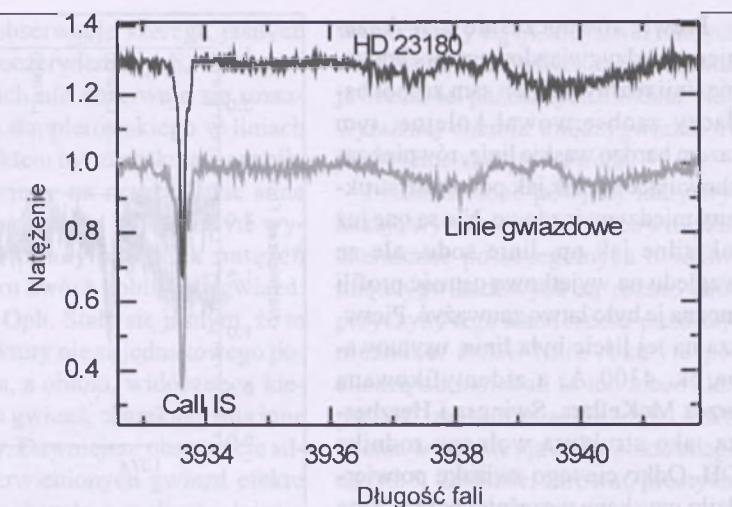
Obserwacje Herschela nie wzbudziły szerszego zainteresowania. Przypadły na okres, w którym Messier budował swój katalog obiektów rozmytych — po to tylko, aby nie myliły się obserwatorom z nowymi kometami. Ciemną materią zainteresował się dopiero Struve ok. 1860 roku. Metodą zliczeń gwiazd ocenił on wielkość ekstynkcji międzygwiazdowej na ok. 1 magnitudo na kiloparsek — o tyle winien być osłabiony blask gwiazdy położonej w odległości 1000 parseków. Oszacowanie Struvego można polecić i dzisiaj; niewiele odbiega od współczesnych, a jest łatwe do zapamiętania.

Kolejnym krokiem było odkrycie przez Hartmanna w 1904 roku linii stacjonarnych  $H$  i  $K$  w widmach gwiazd spektroskopowo podwójnych. Linie takie nie biorą udziału w dopperowskim „tańcu”, któremu podlegają ich sąsiadki, powstające w atmosferach obu składników układu (rys. 2). Odkrycie Hartmanna nie zostało jednak powszechnie uznane za dowód istnienia materii międzygwiazdowej. Oponenci podkreślali możliwość formowania się linii stacjonarnych w otoczkach okogwiazdowych.

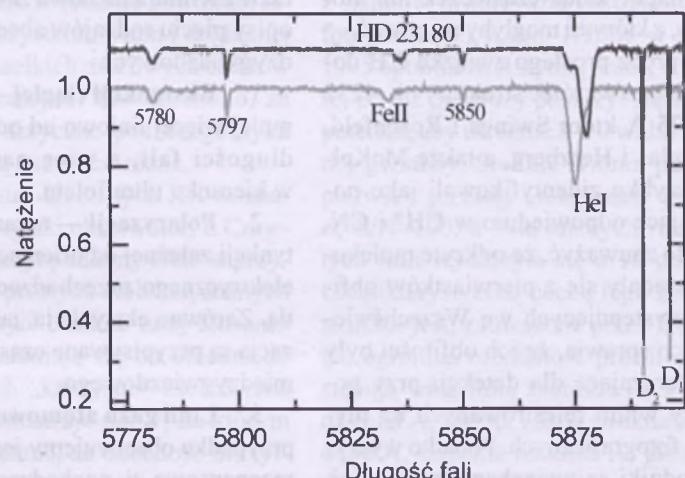
## 2. Widma absorpcyjne ciemnych obłoków międzygwiazdowych

Wkrótce po zastosowaniu w astrofizyce emulsji panchromatycznych Heger (1919) odkryła kolejny silny, stacjonarny dublet. Tym razem był to żółty dublet znanych linii neutralnego sodu, powszechnie nazywanych  $D_1$  i  $D_2$ . Dublet ten zachowuje się tak samo jak linie Call. Trzy lata potem ta sama autorka odkryła dwie dość zagadkowe struktury stacjonarne w sąsiedztwie  $D_1$  i  $D_2$ , ok. 5780 i 5797 Å. Okazały się one znacznie płytse i znacznie szersze od linii gazu atomowego. W ten sposób w literaturze astronomicznej pojawiła się nierozwiązana do dziś zagadka *rozmytych linii międzygwiazdowych*, nazywanych zwykle przybliżonymi długościami fali (np. 5780).

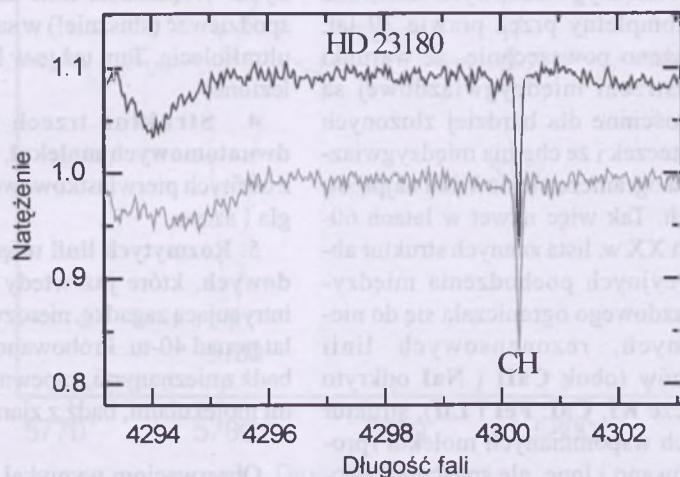
Na rys. 3 wyraźnie widać zjawisko stacjonarności niektórych struktur. Od lat trzydziestych XX w. uchodzi ono za dowód ich międzygwiazdowego pochodzenia. Widać też powód, dla którego zagadkowe linie nazwano *rozmytymi* — ich profile są wyraźnie szersze od dużo głębszych linii sodu. Dopiero jednak w roku 1936 Merrill i współpracownicy dowiedli na podstawie obserwacji wykonanych w Mount Wilson Observatory, że odkryte 14 lat wcześniej szerokie struktury są pochodzeniem międzygwiazdowym — ich natężenie różnie, jak to wykazali, z odległością, podobnie jak i ekstynkcja.



Rys. 2. Stacjonarna linia zjonizowanego wapnia w widmach gwiazdy spektroskopowo podwójnej  $\sigma$  Per; obok widoczne „tańczące linie” z atmosfery gwiazdy, znacznie szersze, bo jest to obiekt dość szybko rotujący. Widma o rozdzielcości 120 000 ze spektrografia echelle na Terskole (Północny Kaukaz) uzyskane w dwa różne noce (okres obiegu gwiazdy wynosi 4,5 doby).



Rys. 3. Międzygwiazdowy dublet sodu (z prawej), trzy rozmyte linie międzygwiazdowe (5780, 5797 i 5850) oraz dwie linie z atmosfery  $\sigma$  Per widoczne w widmach tej spektroskopowo podwójnej gwiazdy. Linie rozmyte są stacjonarne, podobnie jak dublet sodu. Widma z teleskopu CFH na Hawajach.

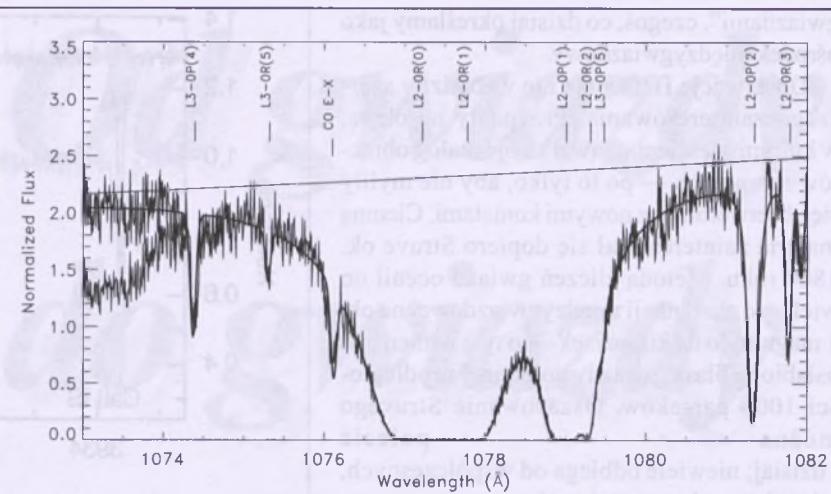


Rys. 4. Wąska, stacjonarna linia w widmie  $\sigma$  Per, zidentyfikowana jako struktura molekuły CH. Widma o rozdzielcości 120 000 ze spektrografia echelle na Terskole.

Prawie równocześnie z wykazaniem międzygwiazdowego pochodzenia linii rozmytych ten sam zespół badaczy zaobserwował kolejne, tym razem bardzo wąskie linie, również zachowujące się tak jak pozostałe struktury międzygwiazdowe. Nie są one już tak silne jak np. linie sodu, ale ze względu na wyjątkową ostrość profili można je było łatwo zauważać. Pierwsza na tej liście była linia, usytuowana ok. 4300 Å, a zidentyfikowana przez McKellara, Swingga i Herzberga jako struktura wolnego rodnika **CH**. Odkrycie tego związku potwierdziło uzyskane wcześniej przez Oorta (na podstawie rozważań dynamicznych) oszacowanie gęstości ośrodka międzygwiazdowego na poziomie kilku atomów w cm<sup>-3</sup>. W tak rozrzedzonej materii rodniki mogą trwać, długo nie napotykając cząsteczek lub atomów, z którymi mogłyby reagować.

Oprócz prostego związku **CH** dostrzeżono wkrótce struktury ok. 4232 i 3875 Å, które Swings i Rosenfeld, Douglas i Herzberg, a także McKellar szybko zidentyfikowali jako powstające odpowiednio w **CH<sup>+</sup>** i **CN**. Warto zauważać, że odkryte molekuly składały się z pierwiastków obficie występujących we Wszechświecie, co sprawia, że ich obfitości były wystarczające dla detekcji przy pomocy widm rejestrówanych na płytach fotograficznych. Ponadto wykryte rodniki są związkami polarnymi, co sprawia, że ich widmo składa się z niewielu, ale silnych struktur (rys. 4).

Przedstawiony powyżej spis molekuł międzygwiazdowych uznawano za kompletny przez prawie 30 lat. Uważano powszechnie, że warunki przestrzeni międzygwiazdowej są niegościnne dla bardziej złożonych cząsteczek i że chemia międzygwiazdowa ogranicza się do kilku najprostszych. Tak więc nawet w latach 60-tych XX w. lista znanych struktur absorpcyjnych pochodzenia międzygwiazdowego ograniczała się do niewielu, rezonansowych linii atomów (obok **CaII** i **NaI** odkryto jeszcze **KI**, **CaI**, **FeI** i **LiI**), struktur trzech wspomnianych molekuł (proponowano i inne, ale spuścimy zasłonę milosierdzia...) i dziesięciu rozmytych linii międzygwiazdowych. Można było śmiało stwierdzić, że



Rys. 5. Struktury widmowe molekuły **H<sub>2</sub>** w pobliżu linii **L<sub>1</sub>** wodoru neutralnego (dane satelity **FUSE**, obserwator — T.P. Snow).

środek międzygwiazdowy starannie strzeże swych tajemnic. W każdym razie literatura fachowa zawierała już opisy pięciu rodzajów absorpcji międzygwiazdowych:

1. **Ekstynkcji ciągłej** — zależnej mniej więcej liniowo od odwrotności długości fali, a więc narastającej w kierunku ultrafioletu.

2. **Polaryzacji** — w zasadzie ekstynkcji zależnej od orientacji wektora elektrycznego przechodzącego światła. Zarówno ekstynkcja, jak i polaryzacja są przypisywane cząstkom pyłu międzygwiazdowego.

3. **Linii gazu atomowego**; w tym przypadku obserwujemy jedynie linie rezonansowe, tj. pochodzące z poziomu podstawowego, jest to wynik bardzo rzadkich zderzeń, które w tej sytuacji nie mogą zapewnić obsadzenia jakichkolwiek poziomów wzburzonych. Większość linii należało się spodziewać (słusznie!) w satelitarnym ultrafiolecie. Tam też je w końcu znaleziono.

4. **Struktur trzech prostych, dwuatomowych molekuł**, złożonych z obfitych pierwiastków: wodoru, węgla i azotu.

5. **Rozmytych linii międzygwiazdowych**, które już wtedy stanowiły intrzymującą zagadkę, nieroziwiązaną od lat ponad 40-tu. Próbowało je wiązać bądź z nieznanymi, zapewne złożonymi molekułami, bądź z ziarnami pyłu.

Obserwacjom wymykał się obszar głębokiego ultrafioletu, zasłonięty ziemską atmosferą, a w związku z tym pozostawały bez odpowiedzi pytania:

czy krzywa ekstynkcji osiąga gdzieś maksimum (przewidywane teoretycznie)? Czy obfitości pierwiastków w gazie międzygwiazdowym przypominają te z atmosfery Słońca? Czy wódor międzygwiazdowy jest w większości atomowy, czy molekularny? Z kolei obserwacje dość płytowych rozmytych linii międzygwiazdowych były trudne za względu na niski stosunek sygnału do szumu w obrazach rejestrówanych fotograficznie. Zmuszało to obserwatorów do poszukiwania obiektów silnie poczerwienionych, co było o tyle kłopotliwe, że już od lat 30-tych wiedziano, że różne obłoki na tej samej linii widzenia mogą mieć różne prędkości radialne, a to mogło znacznie modyfikować ich profile, zwłaszcza w kierunkach gwiazd silnie poczerwienionych, kiedy to każda linia widzenia przecina najprawdopodobniej szereg obłoków.

### 3. Zróżnicowanie widm poszczególnych obłoków

Już pierwsze obserwacje Stechera w 1965 pokazały, że krzywe ekstynkcji mają maksima, ok. 2200 Å; zasugerowały one także zróżnicowanie krzywych ekstynkcji w zakresie pozaatmosferycznego ultrafioletu. Sugestię tę potwierdziły wkrótce obserwacje satelitów z serii OAO. Po raz pierwszy zdano sobie sprawę z możliwych różnic fizycznych pomiędzy poszczególnymi obłokami materii międzygwiazdowej.

Pomimo wspomnianych różnic w kształcie krzywych ekstynkcji, widma liniowe obłoków wyobrażano so-

bie jako bardzo podobne, jeśli nie identyczne. Sytuacja taka utrzymywała się do początku lat 80-tych XX w. W międzyczasie zaszła wszakże istotna zmiana podejścia do fizykochemii obłoków międzygwiazdowych. Od końca lat 60-tych zaczęły się pojawiać doniesienia o odkryciach coraz to bardziej złożonych molekuł. Są to w większości związki łańcuchowe, oparte na węglowym szkielecie. Tego rodzaju cząsteczki zdradzają się strukturami rotacyjnymi, które dają emisje, widoczne w radiowym zakresie widma. Na przestrzeni ostatnich 30 lat lista takich związków rośnie w tempie czterech nowych molekuł rocznie, choć palmę „dłużenstwa” dzierży już od szeregu lat łańcuszek  $\text{HC}_{11}\text{N}$ . Ich widma w zakresie widzialnym i ultrafioletowym pozostają w większości nieznane. Warto zauważyć, że emisje na skutek przejęć rotacyjnych mogą być udziałem jedynie związków polarnych, a więc o asymetrycznym rozkładzie ładunku wewnętrz molekuły. Związki homonuklearne (np.  $\text{H}_2$ ) przejść takich nie dają i dlatego nie-wątpliwie najobfitsza z molekuł, molekuła wodoru, dopiero ostatnio przechodzi intensywne badania obserwacyjne przy pomocy satelity *FUSE* (rys. 5). Wcześniej obserwacje *Copernicusa* ograniczyły się do niewielu jasnych obiektów.

Obserwacje absorpcyjnych struktur molekularnych mają nader istotne znaczenie. Radiowe emisje powstają po prostu „między obserwatorem i nieskończonością”, a więc prawdopodobnie w bardzo zróżnicowanych fizycznie i chemicznie środowiskach. Struktury absorpcyjne daje się stosunkowo łatwo zlokalizować, a więc i środowiska, które są ich źródłem, nadają się, jako jednorodne, o wiele lepiej do opisu fizycznego.

Jak już wspomniano, przez wiele lat spodziewano się, iż liniowe widma absorpcyjne obłoków międzygwiazdowych powinny być identyczne lub prawie identyczne. Zmianę tego stanowiska wymusiło zastosowanie w latach 80-tych XX w. elektronicznych rejestratorów obrazu. Raptowny wzrost stosunku sygnału do szumu o rząd wielkości spowodował zrozumiałą rewolucję. Zaraz po zainstalowaniu w ESO takiego urządzenia rejestrującego Krełowski i Westerlund przepro-

wadzili obserwacje szeregu jasnych gwiazd poczerwienionych, w których to widmach nie obserwuje się rozszczepienia dopplerowskiego w liniach sodu. Efektem był zaskakujący wynik, przedstawiony na rys. 6. Dwie silne i najdawniej znane linie rozmyte wykazały zmienny stosunek natężen w kierunku dwóch pobliskich gwiazd:  $\delta$  Sco i  $\zeta$  Oph. Stało się jasnym, że te dwie struktury nie są jednakowego pochodzenia, a obłoki, widoczne w kierunku obu gwiazd, charakteryzują inne parametry. Dawniejsze obserwacje silne poczerwienionych gwiazd efektu tego nie pokazały z racji uśrednienia widm szeregu pojedynczych obłoków wzduł linii każdej widzenia.

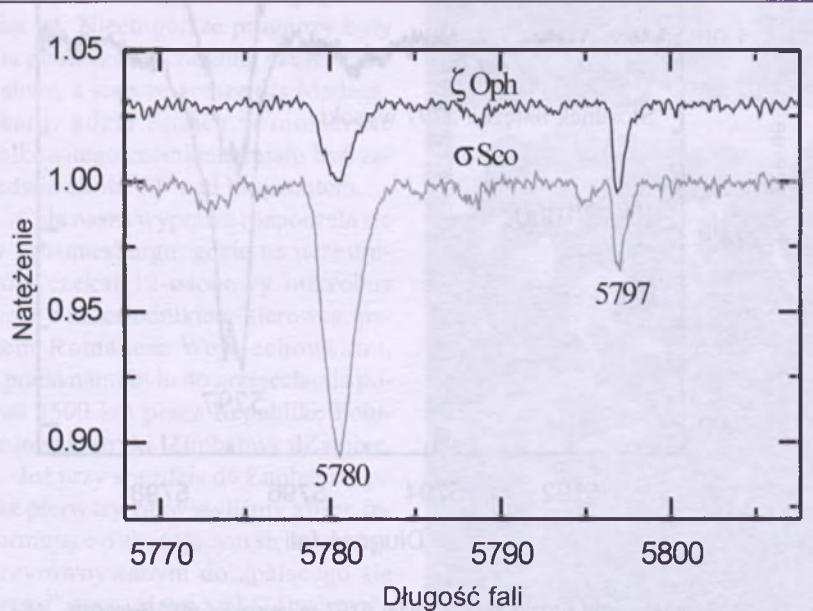
Wynik, przedstawiony na rys. 6, był wszakże w 1983 roku tak zaskakujący, że jego ostateczna publikacja wpadła dopiero w 1988 po powtórnej rejestracji wszystkich widm i dokładnej analizie wszelkich możliwych efektów instrumentalnych. Potwierdzono, że parametry fizyczne poszczególnych obłoków są znaczco różne.

Pod koniec lat 80-tych XX w. znakomity brytyjski obserwator, I. Crawford, zauważył podobny efekt w przypadku linii prostych molekuł, znanych od lat 30-tych. Także tutaj stosunki natężen zmieniają się od obiektu do obiektu. Ich „kapryśne” zachowanie się dobrze ilustruje rys. 7, na którym widać wyraźnie, że obecność nie tylko podobnego poczerwienienia (nad-

wyżki barwy  $E_{B-V}$ ), ale nawet i innych struktur molekularnych nie gwarantuje obecności pozostałych molekuł. Najwyraźniej chemia międzygwiazdowa jest wielce skomplikowana.

Przedstawione powyżej fakty wykazują wyraźnie, że parametry fizykochemiczne poszczególnych obłoków międzygwiazdowych są różne, choć przyczyny tego stanu rzeczy pozostają nieznane. Jeżeli linie rozmyte pochodzą od molekuł, to ich nieco „kapryśne” zachowanie nie budzi zdziwienia w świetle zjawiska pokazanego na rys. 7. Obfitości zarówno prostych, jak i złożonych związków mogą podlegać wahaniom.

Przez wiele lat znano zaledwie kilka rozmytych linii międzygwiazdowych, a to z racji ich płynkości. Struktury takie z trudem wydobywano z szumów towarzyszących rejestracji fotograficznej widm. Herbig w roku 1975 opublikował słynną pracę, w której po raz pierwszy posłużył się komputerem, aby uśrednić 8–10 widm każdej gwiazdy. Średnie widma po raz pierwszy przebiły „magiczną” granicę  $S/N=100$ , a lista znanych rozmytych linii wydłużyła się z 10 do 39. Charakterystyczną cechą tego zbioru struktur jest, zauważona przez Herbiga, ogromna różnorodność profili. Wyступają więc linie szerokie na kilkadesiąt Å, jak np. znana struktura ok. 4430 Å, szerokie na kilka Å, jak najdawniej odkryta 5780 i wreszcie struk-



Rys. 6. Zmienny stosunek natężeń silnych linii rozmytych 5780 i 5797 w widmach gwiazd z pobliskiej asocjacji Sco OB2 (dane z CFHT).

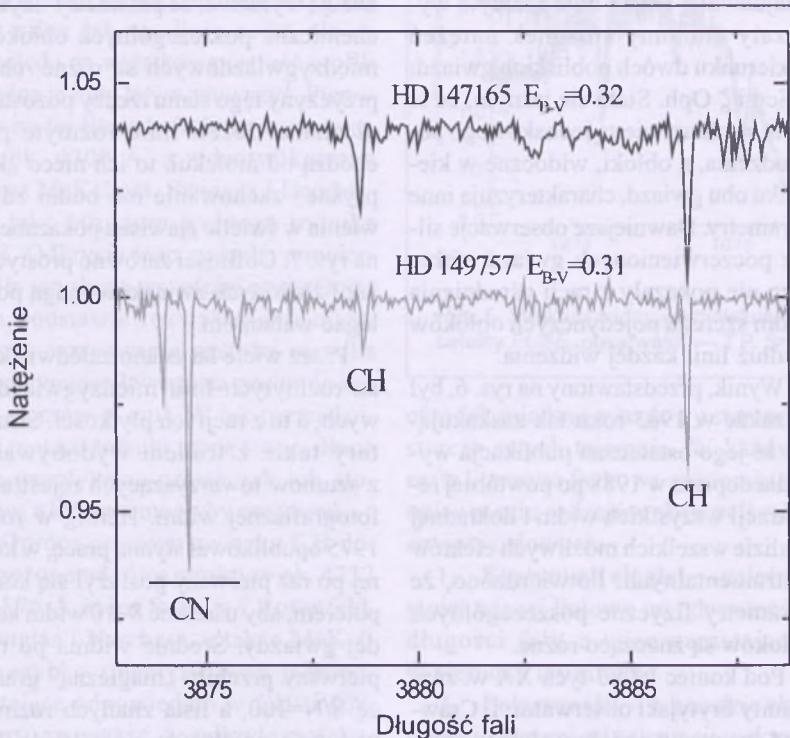
tury wąskie, nie przekraczające 1 Å, jak chociażby 5797. Ponadto Herbig zauważał, że profile wielu linii rozmytych nie są krzywymi Gaussa, ale że wykazują wyraźne asymetrie (rys. 8). Opis tych profili nie był

wyszakże zbyt wiarygodny, gdyż większość obserwowanych przez niego obiektów to gwiazdy silnie poczerwienione, a więc linie mogą być w nich zniekształcone przez efekt Dopplera, co zresztą Herbig wkrótce potem ele-

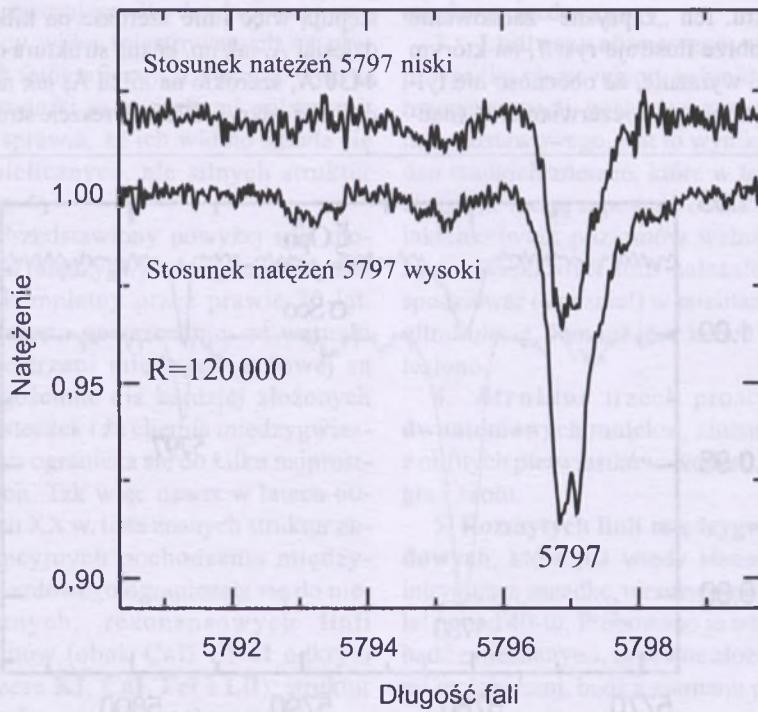
gancko zademonstrował (wraz z Soderblomem) w roku 1982.

Tak więc lista obserwowanych struktur międzygwiazdowych wydłużała się bardzo znacznie w ostatnich dekadach XX w. Widma ciemnych obłoków międzygwiazdowych okazały się być nader złożone, bogate w rozliczne linie bądź pasma, których pochodzenie nie stało się jednak przez to jasne. Najwyraźniej rozmaite procesy, jakie zachodzą w przestrzeni międzygwiazdowej, pozostają dla badaczy całkowicie niezrozumiałe. Przyczyny takiego stanu rzeczy są różnorakie. Z jednej strony jest to na pewno niedostatek danych obserwacyjnych, szczególnie widm o dużej rozdzielcości i stosunku sygnału do szumu. Pomimo że ostatnia dekada to okres szybkiego rozrostu bazy obserwacyjnej, szczególnie budowy dużych teleskopów, uzyskanie odpowiedniej jakości widm, a do tego w odpowiedniej ilości, pozostaje sprawą trudną. Druga przyczyna natykanych trudności to brak widm wielu złożonych molekuł, uzyskanych w laboratorium. Techniki stosowane do niedawna nie pozwalają na proste porównanie widm laboratoryjnych i obserwowanych. Dopiero od niedawna można uzyskiwać zarówno w laboratoriach, jak i w obserwatoriach widma nadające się do bezpośredniego porównania. Niestety, do tej pory jest ich niewiele, a możliwych molekuł — bez liku. Tak więc wszystko wskazuje na to, że na identyfikację wielu międzygwiazdowych struktur, podobnie jak na zrozumienie procesów zachodzących w międzygwiazdowych obłokach neutralnego wodoru, przyjdzie jeszcze poczekać. Tym krócej, im więcej wysiłku i pomysłowości wykażą zarówno astrofizycy, jak i fizycy eksperymentatorzy.

*Dalszy ciąg artykułu w następnym numerze*



Rys. 7. Struktury widmowe molekuł CH i CN w widmach dwóch identycznie poczerwienionych, bliskich gwiazd. Pasmo CN widoczne jest tylko w kierunku jednej z nich. Dane z CFHT.



Rys. 8. Asymetryczne profile linii rozmytej 5797 w wysokiej rozdzielcości. Widoczną asymetrią i strukturą w dnie linii. Po stronie krótkofalowej widoczne słabe struktury, również międzygwiazdowego pochodzenia. Widma uzyskano spektrografem echelle na Terskole.

Autor jest profesorem astronomii w Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Jego przedmiotem badań jest ośrodek międzygwiazdowy, w szczególności problem międzygwiazdowych linii rozmytych.

# Zaćmienie Słońca w Zambii

Jerzy M. Kreiner

Niemal wszyscy obserwatorzy całkowitych zaćmień Słońca zwracają uwagę na niedosyt wrażeń, wynikający z bardzo krótkiego czasu trwania zjawiska. Te same odczucia mieli również uczestnicy wyprawy PTA w sierpniu 1999 r. na Węgry, gdzie Księżyc przesłonił Słońce zaledwie na około 2 minuty. Wtedy padła propozycja, aby ponownie przeżyć to wspaniałe zjawisko i za nie spełna dwa lata wybrać się do południowej części Afryki, gdzie w dniu 21 czerwca 2001 miało nastąpić kolejne zaćmienie całkowite o szczególnie korzystnych warunkach obserwacji. Pas całkowitości tego zaćmienia (pierwszego w nowym tysiącleciu) miał przebiegać m. in. przez Angolę, Zambię, Zimbabwe, Mozambik i Madagaskar.

Jak to zwykle bywa, spośród kilkunastu osób deklarujących chęć obejrzenia kolejnego całkowitego zaćmienia Słońca, z początkiem br. jedynie sześć osób podtrzymało swą gotowość wyjazdu, ale do tej grupy dołączyło czworo kolejnych „znajomych królika”. Zgodnie ustalono, że tak daleką podróż warto poświęcić nie tylko celom astronomicznym, ale również zwiedzaniu południowoafrykańskich osobliwości, w tym słynnego parku narodowego Krugera w Republice Południowej Afryki i Wodospadów Wiktorii na granicy Zambii i Zimbabwe. Zorganizowania wyjazdu w odpowiednim terminie i o niecodziennym programie podjął się warszawski

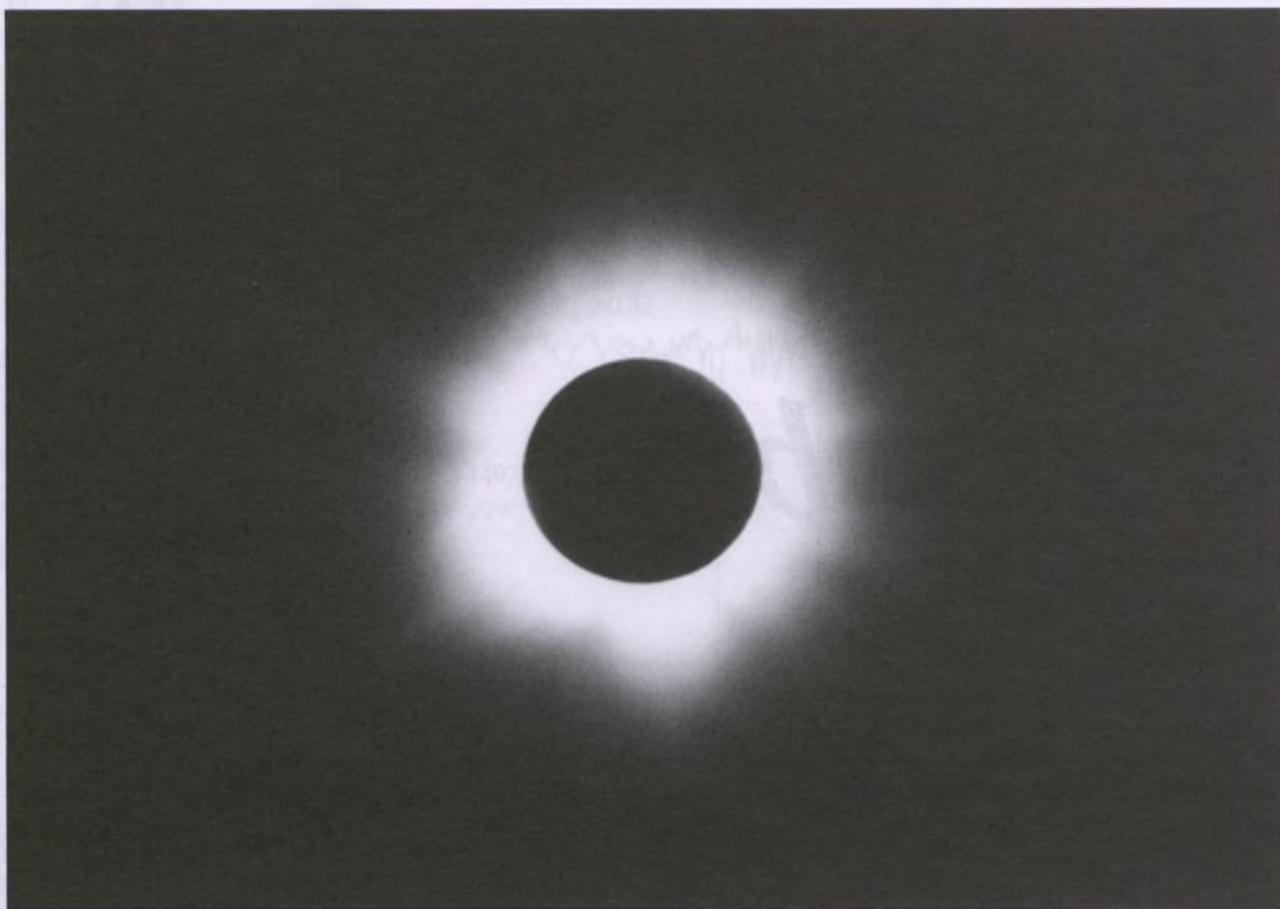
Oddział Biura Turystycznego „Logostour”, który — jak się okazało — znakomicie wywiązał się z postawionego zadania.

Po szczegółowym przeanalizowaniu przebiegu pasa całkowitości i przewidywanej prognozy pogody (w tym szans na bezchmurne niebo) uznano, że optymalnym miejscem obserwacji, będzie południowo-zachodnia część Zambii. Z kilkuletniej serii satelitarnej zdjęć meteorologicznych wynikało, że w kierunku na zachód od Lusaki, prawdopodobieństwo bezchmurnej pogody należy do bardzo wysokich, a całkowicie zachmurzone niebo jest rzadziej niż raz na pięćdziesiąt lat. Nieco gorsze prognozy były dla północno-wschodniej części Zimbabwe, a jeszcze gorsze dla Madagaskaru, gdzie Słońce w momencie całkowitego zaćmienia miało być zaledwie około 10° nad horyzontem.

Cała nasza wyprawa rozpoczęła się w Johannesburgu, gdzie na uczestników czekał 12-osobowy mikrobus wraz z przewodnikiem-kierowcą, panem Romanem Wojciechowskim, a przed nami było do przejechania ponad 4500 km przez Republikę Południowej Afryki, Zimbabwe i Zambię.

Już przy wjeździe do Zimbabwe po raz pierwszy zauważylismy afisze informujące o zbliżającym się zjawisku, przyrównywany do „palącego się kręgu” oraz „złotej rzeki” (być może chodziło tu o odbicie promieni słończnych w rzece Zambezi). Sam kraj pod wieloma względami przypominał





Polskę sprzed ponad 25 lat: długie oczekiwanie na granicy i wypełnianie różnych formularzy, brak paliwa na stacjach benzynowych, czarnorynkowy kurs walut, istotnie odbiegający od oficjalnego. Do tego dochodziły informacje prasowe o wywłaszczeniu farmerów i niszczeniu ich dobytku. Na szczęście, nas, jako turystów, nie dotyczyły kłopoty codziennego życia mieszkańców dawnej Rodezji.

W przeddzień zaćmienia, o godzinie 21, specjalne orędzie telewizyjne wygłosił Prezydent Zimbabwe Robert Mugabe. Zapewnił, że w związku z tym szczególnym zjawiskiem do stacji benzynowych będą dostarczone dodatkowe ilości paliwa, zwrócił się też do wszystkich mieszkańców z apellem, aby udzielić obserwatorom zaćmienia wszelkiej niezbędnej pomocy, aż do użyczenia noclegu i dzielenia się jedzeniem. W lokalnej prasie pojawiło się wiele informacji, ostrzegających przede wszystkim przed bezpośrednim patrzeniem na Słońce. Wśród ogłoszeń i reklam znalazły się wyrady przeprosin firmy *Solomatics* instalującej baterie słoneczne, że w dniu 21 czerwca około godziny 15 z przyczyn niezależnych od firmy na-

stąpi kilkuminutowy zanik dopływu energii słonecznej. Firma apeluje, aby nie wpadać w panikę, gdyż po kilku minutach wszystko powróci do normy, a tego typu przerwy następują średnio w danym miejscu raz na 375 lat!

Jedna z lokalnych gazet z okazji zaćmienia zamieściła nawet żart rysunkowy, na którym widzimy posiedzenie lokalnej władz i jednego z mówców, który oznajmia, że na zaćmienie Słońca przybywają z granicy biali, a wszyscy biali popierają opozycję w Zimbabwe. I dalej, przewodniczący tego zgromadzenia proponuje, aby urzędowo nie dopuścić do zaistnienia zaćmienia.

W noce poprzedzające zaćmienie mieliśmy okazję przy znakomitych warunkach pogodowych podziwiać wspaniałe niebo południowe. Większość uczestników wyprawy po raz pierwszy zobaczyła Krzyż Południa, gwiazdozbiór Centaura (z najjaśniejszymi gwiazdami  $\alpha$  Cen i  $\beta$  Cen), a przede wszystkim przebiegającą niemal przez zenit Drogę Mleczną z gwiazdozbiorami Strzelca i Skorpiona. W późnych godzinach wieczornych niemal nad naszymi głowami jasno świecił czerwonawy Mars, przy

czym na skutek zbiegu okoliczności jego minimalna odległość od Ziemi przypadła właśnie w dniu zaćmienia. Natomiast dosyć nisko po północnej stronie nieba można było odszukać gwiazdozbiór Lutni i inne konstelacje typowe dla naszych szerokości geograficznych. Oczywiście, Gwiazda Polarna była niewidoczna.

Niestety, gdy z początkiem 2001 roku ustalano trasę wycieczki, okazało się, że w rejonie pasa całkowitości na terenie Zambii wszystkie hotele na noce 20/21 i 21/22 czerwca były już zarezerwowane, toteż ostatni nocleg przed dniem zaćmienia wypadł w Karibie w Zimbabwe, kilkadziesiąt kilometrów od pasa całkowitości. Z tego powodu wcześnie rano 21 czerwca wyruszyliśmy na granicę Zimbabwe i Zambii, spodziewając się, że przyjdzie nam czekać w długiej kolejce entuzjastów oglądania zaćmienia. Jednak ku naszemu zaskoczeniu na granicy nie było niemal nikogo i wszelkie formalności związane z wjazdem do Zambii załatwiliśmy „zaledwie” w ciągu godziny. Kolejnym zaskoczeniem był dla nas bardzo niewielki ruch na głównej szosie łączącej Harare (stolicę Zimbabwe) z Lusaką. Spodziewa-

liśmy się wielu samochodów m. in. z RPA, zmierzających w pas zaćmienia, tymczasem pasażerowie pojedynczo napotykanych aut robili wrażenie, jakby mające nastąpić za parę godzin zaćmienie zupełnie ich nie interesowało.

Nieco później dowiedzieliśmy się, że podobnie jak w Zimbabwe, również rząd Zambii wiele spodziewał się zyskać politycznie i finansowo poprzez reklamę całkowitego zaćmienia Słońca. Między innymi na wschód od Lusaki zbudowano olbrzymie miasteczko namiotowe, w którym ceny noclegu kilkakrotnie przewyższały ceny najlepszych hoteli, zaproponowano organizację lokalnych wycieczek, a specjalnym dekretem rządowym czwartek 21 czerwca ogłoszono dniem wolnym od pracy. Te, zakrojone na szeroką skalę przygotowania, nie znalazły szerszego oddźwięku i zdecydowana większość turystów przejeżdżających zobaczyć zaćmienie skorzystała raczej z usług biur podróży w RPA niż w Zambii.

Pierwotnie planowaliśmy obserwacje zaćmienia w jednym z parków narodowych w Zambii. Na miejscu okazało się to jednak bardzo trudne do realizacji. W parkach narodowych ze względów bezpieczeństwa obowiązuje zasada, że nie wolno wysiądać z samochodów z wyjątkiem miejsc specjalnie do tego przeznaczonych, a ponadto sieć asfaltowych dróg w Zambii jest niezwykle skromna. Dlatego też zdecydowaliśmy się pojechać na północ od stolicy kraju — Lusaki, aby znaleźć się możliwie blisko środka pasa zaćmienia. Przejedżając przez Lusakę, (w której zaćmienie było całkowite) zauważliśmy grupki Murzynów, wyraźnie zainteresowanych zbliżającym się zjawiskiem i spoglądającymi przez specjalne okulary na Słońce — wówczas jeszcze nie przysłonięte przez Księżyc. Za Lusaką, w kierunku miejscowości Kabwe, co kilkaset metrów, przy szosie, swoją aparaturę przygotowywały grupy miłośników astronomii, wśród których wyróżniali się Japończycy, dysponujący jak zwykle wysokiej klasy sprzętem optycznym.

Około 24 km na północ od Lusaki, koło miejscowości Kapini, skręciliśmy w boczną drogę i po przejechaniu kilkuset metrów zatrzymaliśmy się na

skraju bardzo dużej, jak się wydawało odosobnionej, łąki, ( $\varphi = -15^\circ, 12' , 2 [S]$ ;  $\lambda = -28^\circ, 14' , 6 [E]$ ) skąd widać było całe niebo. Wybrane przez nas miejsce było odległe zaledwie kilkanaście km od centralnej linii zaćmienia. Ku naszemu olbrzymiemu zdumieniu, dosłownie po kilku minutach otoczyła nas kilkudziesięcioosobowa grupa Murzynów, z wielkim zainteresowaniem przyglądających się nam przygotowaniami. Zarówno młodzi murzyńscy chłopcy, jak i dorosli zachowywali się uprzejmie, nie mogli jednak opanować wielkiego zaciekania istotą mającej wkrótce nastąpić zaćmienia, co przejawiało się niezliczonymi pytaniami oraz chęcią spojrzenia na Słońce przez specjalne ciemne okulary.

Od samego rana pogoda do obserwacji była idealna. Na ciemnoniebieskim niebie nie było ani jednej chmurki, wiał umiarkowany wiatr. W pewnej chwili dostrzegliśmy dosyć dużą chmurę dymu pochodzączą od palącego się w odległości około 1 km buszu, ale na szczęście, po około pół godziny, dym zanikł.

Pierwszy kontakt nastąpił około godziny 13.40 miejscowego czasu urzędowego (w Zambii, Zimbabwe i RPA obowiązywał czas wschodnioeuropejski, ten sam co w Polsce w okresie letnim). Niewielki uszczerek w tarczy słonecznej pojawił się z prawej strony u góry i z każdą minutą był coraz lepiej widoczny. Miejscowa ludność zareagowała na to

okrzykami i posypały się kolejne pytania o przyczynę obserwowanego zjawiska. Słońce było już poza kulminacją (która na tej szerokości geograficznej w dniu przesilenia nastąpiła po stronie północnej), na wysokości około  $45^\circ$  nad horyzontem. Nas, mieszkańców półkuli północnej, ciągle dziwiło, że Słońce przesuwa się po niebie „w lewo”, ale oczywiście w kierunku ze wschodu na zachód. Zawieszony w cieniu na wysokości dwóch metrów nad gruntem elektroniczny termometr wskazywał z chwilą rozpoczęcia zaćmienia  $23,7^\circ\text{C}$ . Temperatura powietrza aż do godziny 14.25 była w przybliżeniu stała, a następnie zaczęła się obniżać osiągając minimalną wartość  $19,5^\circ\text{C}$  o godzinie 15.20, a więc kilka minut po zakończeniu zaćmienia całkowitego. Jakkolwiek spadek temperatury wyniósł „tylko” około czterech stopni, w powszechnym odczuciu ochłodzenie było znacznie większe.

Fascynujące było śledzenie nie tylko reakcji ludzi, lecz całej otaczającej przyrody. Kilkanaście minut przed momentem całkowitości stadko zwykłych domowych kur, dotąd spokojnie poszukujące pokarmu, pobiegło w kierunku pobliskiej wioski murzyńskiej, uznając zapewne, że zbliża się noc.

Mniej więcej 10 minut przed fazą całkowitą niebo przybrało charakterystyczną granatowopopielatą barwę. Wiatr ustąpił zupełnie, wyraźnie czuło się ochłodzenie. Cienie przybrały ostry wygląd, a pod drzewami, zamiast jak zwykle ovalnych plam będących pro-



jekcją tarczy słonecznej przeświecającej poprzez liście, można było dostrzec jasne sierpy. Tuż przed całkowitością, na brzegu tarczy słonecznej przez kilka sekund utrzymywała się wspaniała perła Baily'ego.

Moment zniknięcia Słońca za tarczą Księżyca (15.09) spowodował żywiołową reakcję ludności murzyńskiej. Wszyscy zaczęli krzyczeć, młodzi chłopcy biegali, tarzali się po trawie, robiili przewrotki. Zrobiło się istotnie ciemniej niż w trakcie wcześniejszej wspomnianego zaćmienia na Węgrzech, tak że nie sposób było bez latarki sprawdzić wskazań zegarka lub nastawić czasy ekspozycji w aparacie fotograficznym. Na niebie jednak nie dostrzegliśmy zbyt wielu gwiazd. Wspaniale świecił Jowisz w pobliżu zaćmionego Słońca (ok. 6 stopni w lewo w dół), widoczne były Betelgeuse i Rigel z Oriona, a także Syriusz. Być może dostrzeżenie innych gwiazd wymagało dłuższej chwili przyzwyczajenia wzroku. Wenus w chwili zaćmienia była już pod horyzontem. W porównaniu z zaćmieniem z 1999 roku znacznie niżej nad widokręgiem rozciągał się pas jaśniejszego nieba. Było to zrozumiałe, gdyż pas całkowitości miał większą szerokość w porównaniu z obserwowanym zaćmieniem w 1999 r., a ponadto prowadziliśmy obserwacje niemal dokładnie ze środka pasa.

Ze względu na wysoką aktywność słoneczną szczególnie okazałe wyglądała korona, rozciągająca się (patrząc gołym okiem) na około 1 promienia ciemnej tarczy Księżyca, z wyraźną

asymetrią. Przez lornetkę można było zaobserwować wspaniałe twory promieniste rozciągające się przynajmniej na odległość średnicy przysłoniętego Słońca, a także doskonale widoczną od strony zachodniej protuberancję. Natomiast nikt z naszej grupy nie zauważał latających cieni, które niekiedy można obserwować tuż przed II kontaktem lub po III kontakcie.

Mimo że faza całkowita w miejscu naszej obserwacji trwała blisko 3 minuty 40 sekund, wydawało się to przysłowiowym mgnieniem oka. Pojawieniu się pierwszych promieni słonecznych towarzyszył ponowny wybuch okrzyków Murzynów i... było już po zaćmieniu. Obserwując wyłanianie się Słońca zza tarczy Księżyca, powoli zaczeliśmy pakować skromny sprzęt fotograficzny, po czym wyruszyliśmy w drogę powrotną.

Następnego dnia prasa Zimbabwe, relacjonując przebieg zaćmienia, na głównym miejscu zamieściła fotografię Prezydenta Mugabe, który wraz z rodziną ze swego ufortyfikowanego pałacu w Harare oglądał przez ciemne okulary przebieg zaćmienia częściowego (stolica kraju nie leżała w pasie całkowitości). Z doniesień prasowych wynikało także, że z okazji zaćmienia Zimbabwe odwiedziło 10 tysięcy turystów, którzy pozostawili tu około miliona dolarów amerykańskich. Tylko do rezerwatu Mana Pools na północy kraju w pobliżu rzeki Zambezi przybyło około 1000 samochodów, a każdy z pasażerów musiał zapłacić 15 \$ wstępny.

Zarówno poczta Zambii, jak i Zimbabwe wydały z okazji zaćmienia okolicznościowe znaczki, jednak ze względu na pozamykane urzędy pocztowe w Zambii oraz strajk pocztowców w Zimbabwe, trudno je było natrykać.

Po obserwacjach zaćmienia czekała nas jeszcze dłuża droga na nocleg do miejscowości Livingstone, położonej w pobliżu słynnych Wodospadów Wiktorii na granicy Zambii i Zimbabwe. Ponownie przejechaliśmy przez zupełnie już opustoszałą Lusakę, w której niemal wszystkie sklepy i biura były już zamknięte, jako że dzień był wolny od pracy. Po długiej i wyčerpującej jeździe (450 km!) późnym wieczorem dotarliśmy do hotelu.

W dniu 21 czerwca na półkuli południowej rozpoczęła się kalendarzowa zima. Zdaliśmy sobie sprawę, że w krótkim czasie przeżyliśmy wszystkie cztery pory roku. Wyjechaliśmy z Polski w trakcie kalendarzowej wiosny, przybyliśmy do Afryki Południowej późną jesienią, wyjechaliśmy zimą i wreszcie nasz powrót do kraju nastąpił na początku lata.

Następnego dnia po zaćmieniu, w piątek 22 czerwca pogoda nadal była bezchmurna, toteż gdy wieczorem spojrzałem na niebo, zauważyłem kilka stopni nad zachodnią częścią horyzontu niezwykle cienki sierp Księżyca, skierowany wypukością niemal idealnie w dół. Wiek młodego Księżyca wynosił zaledwie 27 godzin, tyle bowiem czasu upłynęło od momentu zaćmienia Słońca, kiedy nasz naturalny satelita był dokładnie w nowiu.

Pełni wrażeń rozważaliśmy szanse wybrania się na kolejne całkowite zaćmienie Słońca. Może ponownie do Afryki Południowej w dniu 4 grudnia 2002 roku, a może, co jest bardziej prawdopodobne, dopiero do Turcji 29 marca 2006?

(Zdjęcia autora)



Autor jest profesorem Akademii Pedagogicznej im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się wokół problemów fotometrii gwiazd zmiennych zaćmieniowych i nauczania astronomii.



# CAŁKOWITE ZAĆMIENIE SŁOŃCA

## Madagaskar 2001

8 czerwca 2001 roku wyruszyłem jako fotograf „łowca zaćmienia” po raz trzeci na wyprawę fotograficzną na zaćmienie Słońca. Moje doświadczenie i wiedza zdobyte wcześniej okazały się konieczne w realizacji tak dalekiej i pełnej wyzwań podróży.

Pierwotnie przygotowywałem się do wyprawy do Zambii (Lusaka), lecz ostatecznie razem z Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym w Niepołomicach poleciłem na Madagaskar, gdzie także zaćmienie występovalo.

Moje indywidualne przygotowania do wyprawy trwały prawie rok i obejmowały przygotowanie sprzętu fotograficznego i astronomicznego, opracowanie i analizę efemeryd i map zaćmienia, obliczenia i testy fotograficzne przed wyjazdem, kompletowanie ekwipunku, planowanie trasy oraz poszukiwanie sponsorów.

Dotarcie ze stolicy Madagaskaru (Antananarivo) do docelowego miejsca obserwacji zajęło nam prawie 4 dni. Droga wiodła przez przepiękne krajobrazowo miejsca „czerwonego lądu”, nazywanego tak z racji przepięknego koloru ziemi. Madagaskar to wspaniały przykład wyspy o dużej różnorodności krajobrazowej, zmieniają-

cej się praktycznie co kilkadziesiąt kilometrów. Zróżnicowanie krajobrazowe ściśle powiązane było ze specyficznymi warunkami mikroklimatycznymi, rodzajem upraw, ubiorem mieszkańców, a nawet drobnymi różnicami językowymi w podstawowych zwrotnikach.

Wreszcie 17 czerwca dotarliśmy do miejscowości Ihosy położonej w północno-wschodniej części kraju, w pasie całkowitego zaćmienia Słońca. Tego samego dnia wyruszyliśmy na poszukiwanie dogodnego miejsca obserwacji. Wybrałyśmy płaskowyż oddalony o 19 km na południowy zachód od Ihosy, na wysokość 1150 m n.p.m., gdzie udało się następnego dnia i założyliśmy bazę obserwacyjną. Kolejne dni przed zaćmieniem poświęcaliśmy na rozkładanie i testowanie sprzętu fotograficznego, astronomicznego i meteorologicznego oraz nocne obserwacje astronomiczne nieba południowego.

Dzień całkowitego zaćmienia Słońca, 21 czerwca 2001 roku. Dziś w nocy niebo pokrywały gęste chmury, które ustąpiły dopiero w godzinach przedpołudniowych.

Minęło południe. Jest bardzo słonecznie, ale nad horyzontem cały czas są chmury.

Od samego rana trwały żmudne

czynności przygotowania do zaćmienia: rozkładanie i ustawianie sprzętu, i niecierpliwe oczekiwanie... Wreszcie trochę się wypogodziło.

2000 mm ogniskowej, filtr słoneczny, jasna matówka mojego aparatu... „Jest pierwszy kontakt!” — krzyknąłem — 15:16 (czasu malgaskiego). I zaczęło się! Pierwsze zdjęcia i obserwacje.

Pogoda nawet dopisywała, ale cały czas przez niebo przemykały drobne chmurki. Wiatr skutecznie i szybko je przeganiał, ale, niestety, tuż przed fazą całkowitą, osłabił, ochłodziło się i zaczęło przybywać chmur. Wyciszenie wiatru trwało tak szybko, że jeszcze 5 minut przed fazą całkowitą prawie pewnym było, że będzie ona widoczna.

Niestety, wzrost zachmurzenia nastąpiwał tak dramatycznie szybko, że przemieszczanie się nie miało sensu, ponieważ zaćmienie było nisko nad horyzontem, więc aby trafić na obszar pogody, musielibyśmy jechać kilkadziesiąt kilometrów, na co nie było już czasu. (Jak się później okazało, najbliższej widoczna faza całkowita była około 30 kilometrów od naszej bazy i to tylko na chwilę).

Po fazie całkowitej jeszcze przez 35 minut Słońce było schowane za gigant-

tyczną chmurą, a później pokazywało się między chmurami. Dopiero tuż przed zachodem, Słońce było widoczne w całej okazałości.

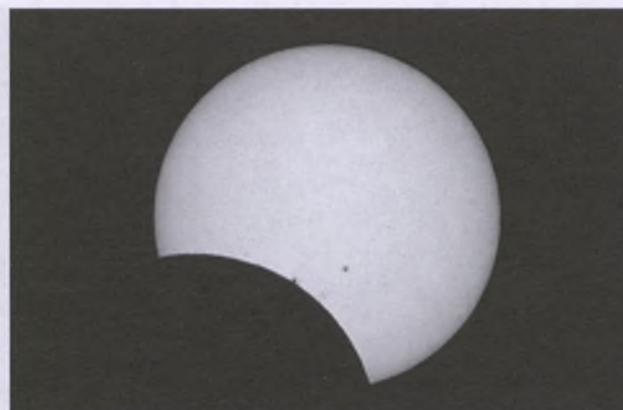
Mimo wszystko, dla mnie zaćmienie wciąż trwało, a program fotograficzny wykonywał aż do ostatniego promienia Słońca widocznego na horyzoncie.

Najpiękniejszym i najbardziej fascynującym widokiem był dla mnie zachód zaćmionego jeszcze Słońca za horyzont (fot. na kolorowej wkładce). Długo pozostanie mi w pamięci i będzie zachętą do mojej kolejnej wyprawy do Afryki na całkowite zaćmienie Słońca 4 grudnia 2002 roku.

*Marcin Sienko*

Więcej informacji i zdjęć na stronach:

<http://www.marcinsienko.republika.pl> oraz [www.moa.home.pl](http://www.moa.home.pl)



Kolejne plamy słoneczne znikają za tarczą Księżyca

## Miłośnicy astronomii łączą się...

**O**statnio znacznie wzrósł stopień aktywności środowiska polskich miłośników astronomii. Przyczyniły się do tego dwa czynniki: powstanie nowego oddziału — Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii Pomorze — oraz ciekawe inicjatywy internetowe.

PTMA Pomorze powstało przez przekształcenie istniejącego wcześniej od kilku lat lokalnego Trójmiejskiego Klubu Miłośników Astronomii. Tak się złożyło, że ta organizacja miała już silnie zaznaczoną obecność w sieci nie tylko w postaci własnej strony, ale też biuletynu informacyjnego *Asteroida*. Z chwilą przyłączenia do PTMA stał się on małym sieciowym organem prasowym oddziału. Obecnie dalszy rozwój ich działalności można śledzić na stronie [http://www.astronomia.3miasto.pl/ptma/natomiast „Asteroidę”](http://www.astronomia.3miasto.pl/ptma/natomiast_Asteroidę) znajdziemy na <http://www.astronomia.3miasto.pl/aste>

roida/. Przyłączanie się lokalnych klubów do najstarszej i największej organizacji miłośniczej w Polsce wskazuje na nową pozytywną tendencję, która być może się utrzyma. Zrzeszenie wszystkich osób w jednej organizacji sprzyja bogatej wymianie kontaktów.

Tak się złożyło, że członkowie PTMA Pomorze, a zwłaszcza Prezes Kamil Złotkowski, są zaangażowani w ciekawe inicjatywy internetowe. Wcześniej usiłowano uratować jedyny w Polsce telewizyjny program astronomiczny „Gwiazdy świecą nocą” za pomocą petycji z formularzem do wypełniania on-line. Program ten był ważnym czynnikiem jednocożącym miłośników astronomii z całej Polski. Decyzje telewizji nie zmieniły się, chociaż powstał pomysł kontynuowania go w postaci plików transmitowanych przez sieć jako strumień RealPlayer (podobnie jak robi to NASA TV) oraz utrzymania jego witryny. Ważną częścią tego programu były spotkania miłośników astronomii na czacie podczas emisji. I właśnie tę lukę może uda się wypełnić.

Kanał astronomiczny na IRC-u o nazwie #astropoł istniał już od paru lat. Jego charakter wynika nie tylko z nazwy. Rzeczywiście można tam przeprowadzać rozmowy na tematy astronomiczne i często zdarza się, że pojawiają się tam nowi ludzie szukający np. porad co do zakupu nowego teleskopu lub znalezienia witryny z określona zawartością. Pojawiają się tam członkowie PTMA — jak wspomniany Kamil Złotkowski czy też autor tego artykułu. Jednak podstawową przeszkodą było to, że stosunkowo niewielu użytkowników pojawiało się w zupełnie różnych porach dnia i czę-

sto ktoś nowy, nie widząc nikogo, mógł się zniechęcić lub dojść do wniosku, że kanał istnieje tylko technicznie. Dla ożywienia kanałów wymyślono quizy. Powstanie quizu astronomicznego znanego jako AstroQuiz przyczyniło się do zmiany tej sytuacji. Ponieważ odbywa się on prawie codziennie o 23:00 (co zostało ogłoszone), większość użytkowników zaczęło się pojawiać właśnie o tej porze. Obecnie można spotkać wiele osób już od 22:00 — późna pora sprzyja udziałowi osób łączących się przez modem. Pytania w quizie dotyczą wyłącznie astronomii, a ich poziom na życzenie użytkowników jest dość wysoki. Wyniki w nagrodę są umieszczone na stronie internetowej <http://www.planetax.prv.pl/astroquiz.html>. AstroQuiz jest również próbą wypełnienia luki po konkursie z programu „Gwiazdy świecą nocą”.

Jednak quiz był tylko środkiem do lepszego zgrania w czasie sieciowych spotkań polskich miłośników astronomii. Podczas obserwacji komety C/2001 A2 (LINEAR) rozmowy zaczynały się zwykle od pytania o jej aktualną jasność. Wszelkie uwagi, np. co do długości warkocza, od razu rozchodziły się do wszystkich osób rozproszonych w różnych częściach kraju. Natychmiastowa wymiana informacji jest chyba marzeniem każdego badacza — zwłaszcza jeśli odbywa się w tak przyjaznej atmosferze. Informacje o kanale pojawiły się również na grupie dyskusyjnej pl.sci.kosmos w USENIECIE, która jest skarbicą fachowych pytań i odpowiedzi i podobnie jak #astropoł przyczynia się do popularności PTMA w Polsce.

*Karol Pankowski*

**ASTEROIDA**

ASTEROIDA NIEBO SPOTKANIA ADRESY ARCHIWUM RELAKCJA wydarzeń relacje konkursy artykuły artykuły czasopisma e-knihy internety programy

<< ASTEROIDA w październiku 2001

Informacje O Pomorski PTMA ogląza, Społeczna - redakcja  
Informacje Profil o ponad 111 - Olga Kłopotowska  
Wydawca Prezydium dopisany - Kamil Złotkowski  
Wydawca Tendencje rozwojowe napięć komunikacyjnych - Kamil Złotkowski  
Relacja V CZM Niedziela 2001 - Joanna Tokarz  
Relacja O gromie Wietrzewiatu - Kamil Złotkowski  
Kontakt Czerwony Pojazd Rusa na Marsie - mamy 2 finałowe - Andrzej Kotarz  
Organizator Oddziału PTMA - Lublin - Karol Pankowski  
Artykuł Jeszcze o punktach Lagrange'a cz 1 - Marek Więckiewicz  
Na niebie w październiku 2001 - Piotr Smolarz

ASTEROIDA via e-mail

Wpisz swój adres e-mail:  OK!

przykłady wiadomości ochrona danych

Szony powiązane

o Astronomia w Trójmieście  
o Biuletyn Asteroida  
o Oddział Pomorska PTMA

© Asteroida 2000-2001 Zamiana 09/29/2001 05:23:22 Webmaster

Biuletyn „Asteroida” rozprowadzany jest za pośrednictwem Internetu.

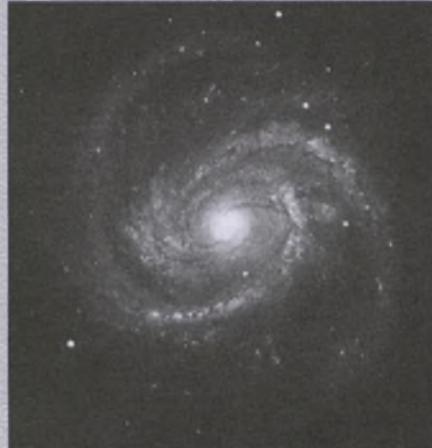
# Początek końca



## M 100 (NGC 4321) w Warkoczu Bereniki

To jedna z najjaśniejszych galaktyk gromady Virgo, odkrył ją Pierre Mechain w roku 1781. Posiada dwa wyraźnie zarysowane ramiona spiralne oraz kilka słabszych, jej typ morfologiczny to Sc. Jest raczej symetryczna, choć na południe (na zdjęciu w dół) od jądra powstało – jak się wydaje – więcej młodych, jasnych gwiazd. Galaktyki towarzyszące M 100 znajdują się stosunkowo blisko niej. Wyraźnie widać to na zdjęciach z długim czasem ekspozycji, na których ujawniają się obszary leżące na zewnątrz widocznego na „normalnych” zdjęciach dysku.

Przy pomocy teleskopu Hubble'a wykonano obserwacje ponad 20 cefeid w M 100, wyznaczając jej odległość na  $(56 \pm 6)$  mln l.sw. (był to pierwszy tak precyzyjny pomiar dystansu dla galaktyki z gromady Virgo). Podczas misji Astro-1 promu kosmicznego wykonano obserwacje M 100 w ultrafiolecie teleskopem UIT. Dostrzeżono pierścień wzmożonej aktywności gwiazdotwórczej dookoła jądra.



Rektascensja	12 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> ,9
Deklinacja	+15°49'
Odległość	60 000 000 l.sw.
Jasność obserwowana	9,3 mag
Rozmiary kątowe	7' × 6'

## M 101 (NGC 5457) w Wielkiej Niedźwiedzicy



Rektascensja	14 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> ,2
Deklinacja	+54°21'
Odległość	27 000 000 l.sw.
Jasność obserwowana	7,9 mag
Rozmiary kątowe	22',0

Jej odkrycia dokonał 27 marca 1781 r. Pierre Mechain. William Parsons, trzeci Lord Rosse, dostrzegł jako pierwszy jej spiralną strukturę. Wcześniej William Herschel i inni obserwatorzy nadawali poszczególnym jaśniejszym fragmentom ramion odrębne oznaczenia – stąd w katalogu NGC elementy M 101 odnajdziemy na pozycjach 5447, 5455, 5461, 5462 i 5471. Obserwacje wizualne i zdjęcia z krótkim czasem naświetlania ukazują symetryczną część centralną, dopiero przy dłuższych ekspozycjach widać wyraźnie, że jądro jest przesunięte względem środka dysku. H. Arp umieścił M 101 na pozycji 26 w swoim Katalogu Galaktyk Osobliwych jako spiralę ze szczególnie rozbudowanym jednym z ramion.

M 101 jest najjaśniejszą z galaktyk grupy liczącej co najmniej 9 składników. Wśród towarzyszy wyróżniają się NGC 5474 (typu Sc, 10,8 mag.) oraz NGC 5585 (typu Sa, 11,5 mag.); pozostałe to NGC 5204, 5238 i 5477 oraz UGC 8508, 8837 i 9405. Dzięki obserwacjom cefeid przy pomocy teleskopu Hubble'a określono dystans galaktyki na  $(24 \pm 2)$  mln l.sw. (ApJ 463, 26). Po uwzględnieniu kalibracji Hipparcosa wartość tę powiększono o ok. 10%. W tej odległości rozmiary dysku sięgają 170 tysięcy l.sw. i należą do największych wśród galaktyk.

Do tej pory w M 101 zaobserwowano trzy supernowe: SN 1909A (12 mag.), 1951H (typu II, 17,5 mag.) i 1970G (typu II, 11,5 mag.).

## M 102 - ?

Pozycja 102 w katalogu Messiera do dziś wzbudza kontrowersje. Podobnie jak w przypadku 101 i 103, Messier nie podał w opublikowanej w roczniku 1784 *Connaissance des Temps* wersji „Katalogu mgławic i gromad gwiazd” współrzędnych tych obiektów na niebie, jedynie opis dostarczony mu przez Mechaina:

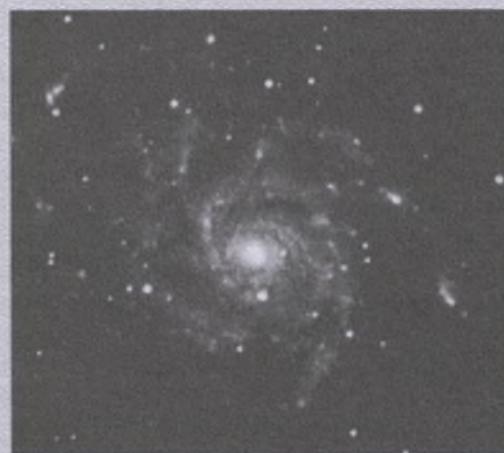
„102. Mgławica pomiędzy gwiazdami  $\sigma$  Bootis i  $\iota$  Draconis: jest bardzo słaba, w jej pobliżu znajduje się gwiazda 6 wielkości.”

Tymczasem w liście do Bernoulliego z 6 maja 1783 roku sam Pierre Mechain przyznaje:

„Na stronie 267 rocznika Messier na pozycji 102 umieścił mgławicę, którą odkryłem pomiędzy gwiazdami  $\sigma$  Boo i  $\iota$  Dra. To nieporozumienie. Jest to ta sama mgławica, którą oznaczył on jako 101. Messier został wprowadzony w błąd wskutek pomyłki na szkicu fragmentu nieba.”

To sprostowanie spowodowało, że w kolejnych edycjach katalogu pominięto numer 102, a wyjaśnienie Mechaina potraktowało jako ostateczne wielu zajmujących się historią astronomii badaczy, na czele z Owenem Gingerichem. Są jednak pewne poszlaki, by przypuszczać, że możliwe jest też inne wyjaśnienie. Po pierwsze, sprostowanie Mechaina zostało napisane przeszło dwa lata po dokonaniu obserwacji i wcale nie ukazało się tam, gdzie katalog, czyli w roczniku *Connaissance des Temps*, choć jego redaktorami w owym czasie byli i Messier, i Mechain. Co więcej, Messier dopisał ręcznie w swoim egzemplarzu wspomnianego rocznika współrzędne obiektu 102. Najbliżej wskazanej przez niego pozycji wydaje się leżeć NGC 5866 i gdyby nie odnaleziono cytowanej wyżej wzmianki w liście Mechaina, z pewnością ta właśnie galaktyka została powszechnie uznana za M 102. Wyjaśnienie to wymaga dwóch dodatkowych założeń: że Mechain lub Messier pomylił gwiazdę  $\sigma$  Boo z  $\vartheta$  Boo (ale też jest mało prawdopodobne, by podając pozycję obiektu na niebie, obaj wybrali gwiazdy odległe o około 40 stopni!) oraz że Messier,

odczytując współrzędne z mapy nieba, dokonał jego „przesunięcia” o 5 stopni na zachód. To ostatnie przypuszczenie nie wydaje się pozbawione podstaw, zważywszy na to, że błędy przy odczytywaniu współrzędnych obiektów z katalogu zdarzyły się wcześniej trzykrotnie (w przypadku M 47 i M 91, a zwłaszcza M 48 – przesunięcie o 5 stopni w deklinacji!). Warto wspomnieć, że używane przez Messiera mapy nieba opatrzone były siatką współrzędnych naniesioną co 5 stopni, stąd zapewne te pomyłki. Czytelnikom zainteresowanym szczegółami rozważań na temat natury M 102 polecamy wnikliwą analizę autorstwa Hartmuta Frommerta w wersji on-line (<http://messier.man.szczecin.pl/m/m102d.html>).



Podsumowując, Mechain mógł dostrzec NGC 5866 i pewnie nikt by w to nie wątpił, gdyby nie ów nieszczęsny list. Messier najprawdopodobniej też widział ten sam obiekt, ale pomylił się przy odczytywaniu jego współrzędnych. Spragnionych widoku mgławic miłośników astronomii nie trzeba chyba przekonywać, by skierowali swoje teleskopy także na galaktykę NGC 5866, aby móc stwierdzić z całą pewnością, że pozycja 102 z katalogu Messiera jest już „zaliczona”.

### NGC 5866 (M 102?) w Smoku



Gdyby galaktyki tej nie widzieli ani Mechain, ani Messier, za jej odkrywcę należałoby uznać Williama Herschela, który 5 maja 1788 roku wyznaczył jej współrzędne. To piękna galaktyka soczewkowata (typ S03), która widzimy prawie w płaszczyźnie dysku, z ciemnym pasmem pyłu przecinającym obraz. Jest najjaśniejszą w grupie galaktyk, do której należą też NGC 5907 (typ Sb+, 10,4 mag.), NGC 5879 (Sb, 11,5 mag.) oraz znacznie słabsze NGC 5866 B, 5862, 5905, 5908 i IC 1099. Średnica galaktyki to ok. 60 tysięcy l.szw., jej masę ocenia się na trylion (!) mas Słońca. Do tej pory nie zaobserwowano w niej żadnej gwiazdy supernowej.

Rektascensja	15 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> .5
Deklinacja	+55°46'
Odległość	40 000 000 l.szw.
Jasność obserwowana	9,9 mag
Rozmiary kątowe	5',2 × 2',3

## M 103 (NGC 581) w Kasjopei

To ostatni z obiektów na liście oddanej do druku przez Messiera. Tak jak 101 i 102, był zaobserwowany przez Mechaina i nie ma pewności, czy sam Messier wiedział go przed opublikowaniem odkrycia. Ta gromada licząca co najmniej 40 gwiazd należy do najodleglejszych gromad otwartych w katalogu. Najjaśniejsza na zdjęciu gwiazda podwójna Sigma 131 (składniki o blasku 7,3 oraz 10,5 mag. w odległości 13",8) nie jest związana z gromadą. W samej gromadzie najjaśniejsze są nadolbrzym typu widmowego B5 Ib oraz olbrzym B2 III. Wiek gromady ocenia się na 9–25 mln lat. Obiekt zbliża się do nas z prędkością 37 km/s.

Rektascensja	01 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> ,2
Deklinacja	+60°42'
Odległość	8 000 l.św.
Jasność obserwowana	7,4 mag
Rozmiary kątowe	6',0



## M 104 (NGC 4594) w Pannie

Galaktyka Sombrero to pierwszy z obiektów, które nie znalazły się w oryginalnym katalogu Messiera. W swoim egzemplarzu umieścił on jednak pod datą 11 maja 1781 wzmiankę o tej „bardzo słabej mgławicy”. Do listy obiektów Messiera dołączyła ona dzięki Flammarionowi. Ciemne pasmo pyłu nadające charakterystyczny wygląd (zapewne inspirowany popularną nazwą) dostrzegł po raz pierwszy najprawdopodobniej William Herschel. Galaktykę widzimy pod kątem 6° do płaszczyzny dysku; jej typ morfologiczny to Sa-Sb. Charakteryzuje ją zarówno duże, jasne jądro, jak i dobrze wykształcone ramiona spiralne. Rzuca się w oczy wyjątkowo silne centralne zgrubienie, na zdję-

ciach z dużych teleskopów widoczny jest też rozległy system kilkuset gromad kulistych.

To dla tego obiektu po raz pierwszy stwierdzono duże przesunięcie linii w widmie ku czerwieni (dokonał tego V.M. Slipher w roku 1912), odpowiadające prędkości oddalania się około 1000 km/s. Wydawało się to za dużo jak na obiekt Drogi Mlecznej. Slipher wykrył też rotację mgławicy. (kr)

Rektascensja	12 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> ,0
Deklinacja	-11°37'
Odległość	50 000 000 l.św.
Jasność obserwowana	8,0 mag
Rozmiary kątowe	9' × 4'



## Projekt Gaia nabiera rumieńców

Niemal setka naukowców z różnych dziedzin fizyki, astronomii i wielu innych nauk spotkała się pod koniec czerwca, by rozważyć szczegółowe plany odnośnie naukowej organizacji projektu Gaia.

Satela, mający przewyższyć osiągnięcia Hipparcosa tysiąkrotnie w zakresie dokładności pomiaru a o 10 tysięcy więcej, co do liczby zaobserwowanych gwiazd, poleci na orbitę nie później niż w 2012 roku. Plonem pięcioletniego skanowania nieba powinny być superprecyzyjne dane o położeniach około miliarda gwiazd naszej Galaktyki. Będzie to nad wyraz cenne źródło informacji o strukturze i budowie Drogi Mlecznej, jak i jej pochodzeniu i ewolucji.

Wśród nowo odkrytych przez satelitę Gaia obiektów astronomowie spodziewają się znaleźć: nowe ciała Układu Słonecznego, w tym asteroidy przelatujące w sąsiedztwie Ziemi, dziesiątki tysięcy planet w pozasłonecznych układach, setki milionów gwiazd zmiennych i podwójnych, jak również setki tysięcy supernowych.

Wspomniane na wstępie spotkanie miało na celu doprowadzenie do finalnych rozstrzygnięć takich zagadnień, jak konstrukcja satelity, projekt skomplikowanego systemu analizy danych oraz przygotowanie niezbędnego pakietu oprogramowania. (mag)

## Gwiezdna orkiestra

Już od „zamierzchłych” lat sześćdziesiątych astronomowie pilnie się przystosowują, jak też „gra” nasze Słońce, najbliższa nam przedstawicielka gwiezdnej ciżby. Fale akustyczne, powodujące pulsacje zewnętrznych warstw słonecznych, dają bezprecedensowy wgląd w strukturę wewnętrzną tej żywiołowej kuli gazowej.

W samym centrum Słońca bezustannie gotuje się, w wyniku zachodzących tam reakcji termojądrowych. Powstające niewarygodne ilości ciepła nie mogą się tak od razu wydostać na powierzchnię; najpierw „przewalały” się przez gwiazdę w postaci rozgrzanych bąbl gazowych, które wykonują swoją konwekcyjną wędrówkę z przedkościami zbliżonymi do prędkości dźwięku. Generuje to swoisty szum, a powstające w ten sposób fale akustyczne propagują się na zewnątrz, powodując ostatecznie oscylacje zewnętrznych warstw gwiazdy. Analogicznie zatem, jak w przypadku sejsmologicznego echa po trzęsieniach Ziemi, geolodzy mogą wyciągać ważkie wnioski odnośnie budowy wnętrza naszej macierzystej planety, tak i astronomowie mogą wiele powiedzieć na temat słonecznego interioru. Nieprzypadkowo zatem ta dziedzina badań jest określana mianem słonecznej sejsmologii, czyli heliosejsmologii.

Do niedawna bardzo trudno było rozszerzyć te badania tak, by można było mówić o astrosejsmologii z prawdziwego zdarzenia. W przypadku bowiem nawet najbliższych gwiazd, bardzo trudno, niestety, jest zaobserwować ich pulsacje napędzane falami akustycznymi. Wymagane są bardzo precyzyjne pomiary.

Idealną kandydatką do badań jest gwiazda południowego nieba —  $\alpha$  Centauri. Ta podwójna gwiazda, a konkretnie  $\alpha$  Cen A, jest najbliższą po Słońcu gwiazdą widoczną gołym okiem. A że prócz tego jest niemal bliźniaczo do niego podobna, nie powinno zatem dziwić, że astronomowie chętnie kierują na nią swe coraz potężniejsze teleskopy.

W maju bieżącego roku François Bouchy i Fabien Carrier z Obserwatorium Genewskiego przez pięć nocy wykonali szereg obserwacji  $\alpha$  Centauri, przy pomocy spektrografof CORALIE, zamocowanego na 1,2-metrowym teleskopie Leonarda Eulera w obserwatorium ESO w La Silla w Chile. Okresowe pulsacje powierzchni gwiazdy odzwierciedlają się w jej widmie w postaci odpowiednich, bardzo małych przesunięć prędkości. Zarejestrowane oscylacje to zaledwie 35 centymetrów na sekundę! Dla gwiazdy o promieniu 875 tysięcy kilometrów oznacza to ruchy w górę i w dół o amplitudzie zaledwie 40 metrów! I takie szczegółoliki udało się zaobserwować z odległości ponad czterech lat świetlnych.

Uzyskane dane poddano dokładnej analizie matematycznej, dzięki której udało się wykonać tzw. widmo mocy, bardzo podobne do słonecznego. Widać na nim szereg modów oscylacji w zakresie częstotliwości pomiędzy 1,7 a 3 mHz i odpowiednimi okresami po-

miedzy 5 a 10 minut. Rezultaty te pozwolą doprecyzować znane wartości masy, promienia, wieku, składu chemicznego i innych właściwości  $\alpha$  Centauri.

To całkiem nowe wyzwanie dla teoretycznych modeli wnętrz gwiazdowych, których stałą bolączką był permanentny niedobór odpowiednich danych obserwacyjnych, które pozwoliłyby oddzielić „ziarna” od „plew”. Jeszcze lepiej rysuje się pod tym względem przyszłość. Pod koniec roku 2002 planuje się instalację nowego spektrografof o nazwie HARPS na 3,6-metrowym teleskopie, również w La Silla. Pozwoli on na objęcie obserwacjami około 100 podobnych do Słońca gwiazd, nawet sto razy słabiej świecących niż te, osiągane przez CORALIE. (mag)

## Nowa Cygnusa

Japoński fotograf amator, Akihiko Tago, fotografował okolice północnej części gwiazdozbioru Łabędzia. 15, 16 i 17 sierpnia niebo było w tej okolicy takie jak zawsze. Kolejna noc, 18 sierpnia, przyniosła zmianę — rozbłysła tam nowa gwiazda. Pojawiła się „plamka” o jasności 9 magnitudo, w miejscu o współrzędnych: rektałtansja =  $21^{\text{h}} 03,0^{\text{m}}$  i deklinacja  $+48^{\circ}46'$  (epoka 2000).

W ciągu 24 godzin od odkrycia nowa pojawiła się do 6,6 magnitudo, po czym jej blask nieco osłabił. Na widmie wykonanym przez K. Ayani przy pomocy 40-calaowego teleskopu Obserwatorium Astronomiczne Bisei, widać ślady gwałtownej eksplozji. Jej dowodem są struktury absorpcyjne, przesunięte ku niebieskiej części widma. Najprawdopodobniej, jeszcze przez kilka tygodni nowa będzie świecić z jasnością oscylującą wokół 8 lub 9 wielkości gwiazdowej, po czym na powrót zniknie z naszego pola widzenia. (mag)

## Niezwykły meteoryt Tagish Lake

W styczniu 2000 roku na zamarznięte kanadyjskie jezioro Tagish spadł bardzo rzadki kosmiczny gość: meteoryt z grupy chondrytów węglowych. Jak się później okazało, to najbardziej pierwotny z dotąd znalezionych okazów tych bogatych w węgiel ciął kosmicznych, jakie kiedykolwiek były badane.

Analiza chemiczna, wykonana przez Sandrę Pizzarello z Uniwersytetu Stanu Arizona na 4,5-gramowym kawałku wnętrza meteorytu, wykazała ciekawe różnice wobec innych przedstawicieli tej grupy: mianowicie zastanawiający brak aminokwasów wśród składników organicznych meteorytu. Najwyraźniej Tagish „zakonserwował” w sobie struktury, które powstały we wczesnym okresie Układu Słonecznego, m.in. fullereny, zawierające gazy szlachetne — hel i argon, w proporcjach podobnych do tych w obłoku gazu-pyłowym, z którego powstały planety. Tak więc najprawdopodobniej mamy wgląd we wczesną fazę kosmicznej ewolucji skomplikowanych składników opartych na węglu.

Geologom Takahiro Hiroi i Carle Pieters udało się potwierdzić miejsce, skąd przybył na Ziemię meteoryt Tagish. Jest to odległy zakątek pasa asteroidów, pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza. (mag)

## na rozkładówce:

Masowe tworzenie się gwiazd powoduje bardzo gwałtowne zjawiska, takie jak w pokazanej tu galaktyce NGC 3079. Promieniowanie „nowo narodzonych” gwiazd spowodowało powstanie wielkiej „bańki” materii, która ma szerokość przeszło 3 tys. lat świetla, i wznosi się na wysokość ponad 3,5 tys. lat św. ponad płaszczyznę dysku tej galaktyki. Kolumny materii widoczne na „zblżeniu” bańki mają szerokości sięgające 75 lat świetla i wznoszą się z szybkością ok. 6 milionów km na godzinę. Zdjęcie zostało wykonane przez kamerę WFPC2 teleskopu kosmicznego Hubble'a w roku 1998, a jego analiza została świeżo (1 lipca 2001) opublikowana przez zespół astronomów amerykańsko-australijskich w *Astrophysical Journal*.

Gałaktyka NGC 3079 znajduje się w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy i jest odległa od nas o 50 milionów lat świetla. Jej rozmiar (po przekątnej na zdjęciu) sięga 70 milionów lat świetla.

# M 104

Portret galaktyki Sombrero wykonany kamerą FORS1 teleskopu VLT 30 stycznia ubiegłego roku. Zdjęcie jest mozaiką trzech obrazów otrzymanych z użyciem filtrów V (kodowany barwa niebieska), R (barwa zielona) oraz I (barwa czerwona). Łączny czas ekspozycji wynosił 8 minut, seeing oceniono na 0,7 sekundy łuku (przy odległości galaktyki wynoszącej 50 mln l.s.). Odpowiada to przestrzennej zdolności rozdzielczej ok. 170 l.s.). Pole widzenia to kwadrat o boku 6,8 minuty łuku.

Fot. ESO.



# M 74

Obraz galaktyki M 74 (pisaliśmy o niej w „Uranii-PA” 1/2001) uzyskany 14 sierpnia br. kamerą GMOS teleskopu Gemini. To też kombinacja trzech ekspozycji z filtrami g, r, i o łącznym czasie 12 minut. Pole widzenia: 5',7 x 5',4, seeing poniżej 0,6 sekundy łuku.

Fot.  
Gemini Observatory,  
GMOS Team





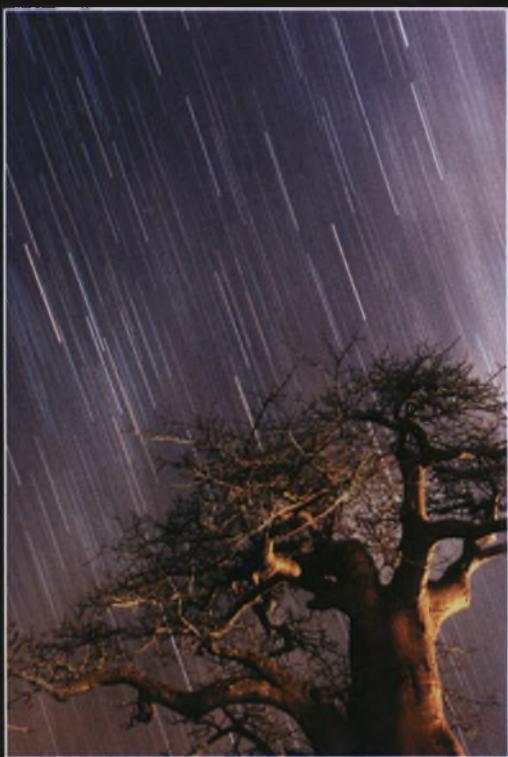
# NGC 3079



Aktywność gwiazdotwórcza w centralnej części tej galaktyki i związana z tym produkcja wielkiej ilości energii powoduje powstawanie „bąbli” kosmicznych.

Szczegóły na str. 264.

# Galeria Uranii



## Zaćmienie 2001



Krótką relację Arkadiusza Kalickiego z wyprawy na całkowite zaćmienie Słońca do Zambii można przeczytać na str. 242. Tu prezentujemy trzy wybrane zdjęcia wykonane przy tej okazji. 1) Korona słończa — eksp. 2 s, obiektyw 8/500, film Fuji Superia 400. 2) Baobab, film Fuji 1600, ob. 4/50, eksp. ok. 40 min. 3). Mars i Skorpion, Fuji 1600, ob. 1.8/50, eksp. 5 s.



### TELESKOZY ASTRONOMICZNE

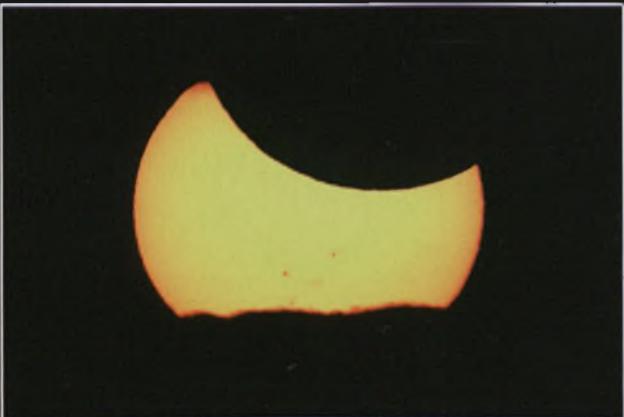
Jesteśmy wyłącznym przedstawicielem zakładu NPZ z Nowosibirska produkującego najwyższej jakości teleskopy dla najbardziej wymagających amatorów. Dzięki ścisłej współpracy z rosyjskim producentem możemy Państwu zaoferować całą gamę teleskopów serii TAL oraz akcesoriów do nich. Teleskopy te zyskały uznanie wśród wielu użytkowników na rynku europejskim, a także w USA. Doskonała optyka, solidna, zwarta konstrukcja to cechy charakterystyczne rosyjskich teleskopów, TAL.



\* litera M oznacza teleskop z mechanizmem zegarowym

**Himpol**

Nowe Osiny 23A, 05-300 Mińsk Mazowiecki  
telefax: (025) 759-29-95  
www.himpol.pl, e-mail:info@himpol.pl



Autorem dwóch zdjęć powyżej jest Marcin Sienko, którego relacja z wyprawy na Madagaskar gości na stronie 259.



# FOTOGRAFOWANIE PLANETOID

Ręgała Titiusa-Bodego przewiduje, że pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza (w odległości około 2,8 j.a. od Słońca) powinna znajdować się planeta. Jednak obszar o szerokości około 500 milionów kilometrów takiego obiektu nie zawiera. Już w XVII wieku faktem tym zainteresował się Johann Kepler. Jednak dopiero pod koniec XVIII wieku problemem tym zaczęto się szerzej interesować, a początek kolejnego stulecia przyniósł obserwacyjne rozwiązań kwestii braku planety. Pierwszy obiekt wypełniający lukę pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza odkrył 1 stycznia 1801 roku Giovanni Piazzi. Początkowo uznał go za kometę, jednak po wyznaczeniu elementów orbity przez Carla Gaussa okazało się, że to nie jest kometa, lecz mała planetka. Nowa planetka została nazwana przez Piazziego Ceres. Kolejne lata przyniosły odkrycia większej ilości planetek, które nazwano planetoidami — Pallas (1802), Juno (1804), Westa (1807), Astraea (1845). Znaczny wzrost liczby odkrywanych planetoid obserwujemy pod koniec XIX wieku, kiedy to metody wizualne poszukiwania planetoid zastąpiono metodami fotograficznymi. Obecnie znamy elementy orbit około 3 tysięcy planetoid. Pomimo znacznych średnic największych planetoid — Ceres (1000 km), Pallas (560 km), Westa (550 km) — ich rozmiary kątowe na sferze niebieskiej są tak małe, iż nawet przy zastosowaniu największych teleskopów oraz powiększeń nie można dostrzec wyraźnych tarcz.

Fotografie najjaśniejszych planetoid (jaśniejszych niż 9 magnitudo) można z powodzeniem wykonać bez użycia teleskopu i montażu paralaktycznego. Wystarczy zamocować aparat fotograficzny na stabilnym statywie, odpowiednio ustawić aparat tak, aby obszar na niebie, w którym znajduje się planetoida, znajdował się w centrum kadru oraz wykonać kilkusekundową ekspozycję. Maksymalny czas ekspozycji uależniony jest od ogniskowej obiektywu oraz deklinacji planetoidy (więcej informacji o tej metodzie fotografowania: „Urania—Postępy Astronomii” nr 2/1998). To, jak słabe planetoidy będziemy mogli tą metodą fotografować, zależy od czasu ekspozycji, światłości obiektywu oraz czułości filmu.

Preferowana ogniskowa obiektywu to 50–135 mm, światłośc obiektywu powinna być możliwie duża (1,4–2,8), a czułość filmu nie mniejsza niż 800 ASA (800–3200 ASA).

Jeśli chcemy fotografować słabsze planetoidy (jaśniejsze niż 11–12 magnitudo), niezbędnym wyposażeniem będzie montaż paralaktyczny, który pozwoli nam na wykonywanie kilku-kilkunastuminutowych ekspozycji. W takim przypadku czułość filmu powinna wynosić 200–400 ASA, ogniskowa obiektywu 135–500 mm, a światłośc obiektywu 2,8–5,6.

Planetoidy sfotografowane według powyższych reguł nie będą się niczym wyróżniać od gwiazd, na tle których zostały sfotografowane. Aby móc zidentyfikować planetoidy na naszych zdjęciach, powinniśmy użyć dokładnej mapki nieba z zaznaczonymi pozycjami planetoidy oraz dostatecznie słabymi gwiazdami (o jasnościach 0,5–1 magnitudo mniejszych od jasności planetoidy). O tym, że sfotografowany obiekt istotnie jest planetoidą, możemy się przekonać, wykonując kilka zdjęć w odstępie kilku–kilkunastu dni, co pozwoli nam zobaczyć zmianę położenia planetoidy na tle gwiazd.

Jeśli dysponujemy teleskopem o średnicy 100–200 milimetrów i ogniskowej 2000–4000 milimetrów, wyposażonym w montaż paralaktyczny z mikroruchami lub mechanizmem zegarowym, możemy wykonać zdjęcie przedstawiające planetoidę nie jako obraz punktowy, lecz w postaci niewielkiej kreseczki. Długość takiego „śladu” zależy od prędkości, z jaką planetoida przemieszcza się na sferze niebieskiej, ogniskowej teleskopu oraz czasu ekspozycji. Rozważmy następujący przykład. Planetoida Ceres pod koniec września 2001 roku poruszała się na sferze niebieskiej z prędkością niespełna 29 sekund łuku na godzinę. Jeśli założymy, że ogniskowa naszego teleskopu wynosi 4000 milimetrów, to podczas godzinnej ekspozycji „ślad”, jaki planetoida pozostawi na kliży, będzie miał długość około 0,56 milimetra. Po wykonaniu odbitki w formacie 10×15 centymetrów lub 13×18 centymetrów będziemy mogli wyraźnie zobaczyć fragment drogi, po której planetoida przemieszczała się na tle gwiazd.

Wiesław Skórzyński

## INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

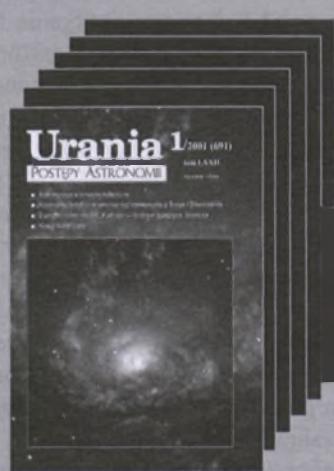
Prenumerata na rok 2002 (6 zeszytów) kosztuje 42 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 8,50 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne  
BIG Bank Gdańsk S.A. o/Toruń  
Nr 11601612-6347-132

Wszelkich informacji o prenumeracie i zakupie numerów archiwalnych „Postępów Astronomii” i „Uranii-PA” udziela:

Karolina Wojtkowska  
Centrum Astronomiczne UMK  
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)  
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08



## XXX Jubileuszowy Zjazd PTA

W dniach 10–13 września 2001 Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie miało przyjemność gościć XXX (to już tyle lat...) Jubileuszowy Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Dzięki gościnności Instytutu Polonijnego członkowie PTA spotkali się w malowniczo położonej rezydencji IP w Przegorzałach, z pięknym widokiem na dolinę Wisły i panoramą odległych gór. Dnia 10 września o godz. 15-tej wypełnionej po brzegi auli Instytutu Polonijnego honorowe miejsca zajęli dostojni goście. Szacowną Krakowską Alma Mater reprezentowali Prorektor UJ profesor Krzysztof Królas oraz Dziekan Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki UJ profesor Karol Musioł. Organizatorzy zaprosili również profesora Michała Śliwę, Rektora Akademii Pedagogicznej w Krakowie, uczelni, w której władaniu znajduje się znakomicie wyposażone obserwatorium na Suhorze. Życzliwe zainteresowanie Zjazdem okazały władze Królewskiego Grodu Krakowa, w imieniu których przybył wiceprezydent Miasta Krakowa Jerzy Jedliński. Kierownictwo skazanej niegdyś przez reżim na niebyt, a reaktywowanej przed kilku laty Polskiej Akademii Umiejętności reprezentowała jej Sekretarz Generalny, profesor Jerzy Wyrozumski.

Patronat nad Zjazdem objął osobiście Premier RP Jerzy Buzek, przesyłając uczestnikom list pełen ciepłych słów. Burzliwymi oklaskami nagrodzono krótkie wystąpienie Proektora UJ pro-

fesora Króla, otwierające Zjazd. Wrazem długoletniej tradycji dobrej współpracy władz Krakowa i krakowskich uczonych jest fundowana przez Miasto Nagroda Naukowa im. Mikołaja Kopernika Fundacji Miasta Krakowa, przyznawana na wniosek Polskiej Akademii Umiejętności co 5 lat (od połowy XIX w. z przerwą na niebyt PAU, zatrządzony przez „przodujący ustrój”) uczonym wybitnie zasłużonym dla polskiej nauki. Tegoroczną jej edycję wręczyli profesorowi Bohdanowi Paczyńskiemu z Princeton University wiceprezydent Krakowa Jerzy Jedliński i Sekretarz Generalny PAU profesor Jerzy Wyrozumski. Nadszedł i czas na nagrody Towarzystwa: Prezes PTA profesor Andrzej Woszczyk ogłosił przyznanie Nagrody im. Włodzimierza Zonna — za wybitne zasługi w popularyzowaniu astronomii — dr Magdalene Sroczyńskiej-Kożuchowskiej oraz Nagrody Młodych, za wybitne osiągnięcia naukowe, astronomowi warszawskiemu — dr Rafałowi Moderskiemu.

Gdy przebrzmiały oklaski, rozpoczęła się bezzwłocznie codzienna, intensywna praca. Pierwszy wykład Zjazdu wygłosił prof. Paczyński jako pierwszy z długiej listy zaproszonych wybitnych wykładowców. Byli wśród nich polscy uczni, jak profesor Paczyński, na stałe związani ze znanimi ośrodkami na szerokim świecie, profesorowie: Richard Wielebinski (Max-Planck-Institut für Radioastronomie w Bonn, RFN), Greg Madejski (Stanford University, USA) czy Marek Abramowicz (Chalmers Univer-

sity, Szwecja), jak i przedstawiciele znakomitych ośrodków krajowych (prof. prof. J. Gil i J. Kahuży, dr dr M. Tomczak, R. Juszkiewicz i T. Kwiatkowski). Poproszono również tegorocznego laureata Nagrody Młodych o krótką prezentację nagrodzonych prac.

Dear American Colleagues,  
We, Polish Astronomers gathered at the Jubilee General Assembly of the Polish Astronomical Society in Krakow would like to express our deep shock at the terrible terrorists' attack and the tragedy of the American Nation. We would like to send you our words of solidarity and profound compassion.

On behalf of Polish Astronomers  
Andrzej Woszczyk  
President  
Polish Astronomical Society

Dear Colleagues,  
On behalf of the American Astronomical Society, I want to tell you how deeply we appreciate the concern of our colleagues in the Polish Astronomical Society. Your kind message will be circulated among our membership.

The full impact of this horror is not yet calculable and probably cannot ever be calculated. We grieve for all the victims and their families without knowing the full toll.

One of the joys of our discipline of astronomy has always been the close international friendships that it brings. Your sympathetic expression of this friendship is a light in a very dark time.

Gratefully,  
Annelia Sargent,  
President,  
American Astronomical Society

Ale Zjazd to nie tylko wykłady światowej i polskiej astronomii. Zorganizowano spotkanie uczestników pod (niepisany) tytułem: jak dobrać się do funduszy Komitetu Badań Naukowych? Bohaterem spotkania był przedstawiciel środowiska astronomicznego w tej szacownej instytucji, prof. Kazimierz Stępień. Na sesji dydaktycznej prowadzonej przez prof. Jerzego Kreinera zastanawiano się, jak usprawnić nauczanie astronomii. Wspaniałe perspektywy obecnego i przyszłego udziału polskich astronomów w wielkich przedsięwzięciach instrumentalnych były również przedmiotem oddzielnej sesji prowadzonej przez prof. Andrzeja Kusa. Oczywiście nie zabrakło też Sesji Plakatowej, na której przedstawiono kilkadziesiąt najnowszych wyników badań.

**XXX ZJAZD  
POLSKIEGO  
TOWARZYSTWA  
ASTRONOMICZNEGO**

W czasie Walnego Zebrania, za stołem prezydialnym siedzą od lewej: kol. Bartłomiej Zakrzewski i Katarzyna Otmianowska-Mazur, Sekretarze Zebrania, Jerzy Kreiner, Przewodniczący Zebrania i Andrzej Woszczyk, Prezes PTA. Stoi Adam Michalec, Sekretarz PTA.  
Fot. M. Śróbką-Kubiak



Walne Zebranie członków Towarzystwa rozpoczęło się wieczorem dnia 11 września w atmosferze dość niezwykłej: właśnie nadeszły informacje o tragicznych wydarzeniach za oceanem. Podczas krótkiej przerwy wszyscy ze zdumieniem i zgrozą oblegali dostępne w miejscu obrad odbiorniki telewizyjne. Do astronomów amerykańskich wysłano telegram ze słowami sympatii i solidarności (patrz ramka na sąsiedniej stronie). Poczucie obowiązku w końcu zwyciężyło i po raz pierwszy od czterech lat udało się zebrać „quorum” członków niezbędne dla „dekomunizacji” statutu PTA, aż to obecnego Zjazdu pokutującego w formie nadanej w ponurych latach 50-tych (szczególnie zmian — zob. strona internetowa PTA — <http://www.camk.edu.pl/pta>). W trakcie zebrania wyłoniono nowy zarząd Towarzystwa: prezesem został ponownie prof. Andrzej Woszczyk, a jego zastępcą doc. Janusz Ziolkowski. Na sekretarza wybrano dra Adama Michałca, na skarbnika dra Andrzeja Niedzielskiego, a na członków dr dr Tadeusza Michałowskiego, Andrzeja Pigulskiego i Krzysztofa Chyżego. Komisję Rewizyjną wybrano w całości w dotychczasowym składzie (dr H. Branczewicz, prof. J. Madej, prof. M. Sarna), do Sądu



*Uczestnicy wycieczki pod zegarem słonecznym w Wodzisławiu*

Koleżeńskiego powołano dr J. Mietelskiego, dr C. Iwaniszewską, prof. W. Baranę i prof. K. Rudnickiego. Zjazd wysłał też listy z pożdrowieniami i wyrazami uznania za wkład w rozwój polskiej astronomii do nieobecnych na naszym zgromadzeniu starszych kolegów profesorów Antoniego Opolskiego i Hieronima Hurnika. Specjalny adres gratulacyjny został też skierowany do Stanisława Lema, świętującego właśnie tego dnia jubileusz osiemdziesięciolecia.

Zgromadzeni na XXX Zjeździe PTA astronomowie bynajmniej nie stronili od światowych uciech: już pierwszego dnia dzięki sponsorowi Zjazdu — firmie Żywiec Trade obfitym strumieniem płynął złocisty napój z pianką. Uciech nie brakło drugiego wieczora: uczestników gosczonego według zasad „in vino veritas” w eleganckiej restauracji „U Ziyada”. Atrakcje ostatniego wieczoru pozostawiono indywidualnym gustom i smakom kulturalnym uczestników. Końcowym akcentem Zjazdu była wycieczka autokarowa „Szlakiem zegarów słonecznych Polski południowej” prowadzona przez prof. Jerzego Kreinera. Zamówiono odpowiednią

pogodę... i zegary rzeczywiście chodziły! Wszystkie te atrakcje nie byłyby możliwe bez wsparcia innych sponsorów: firmy Kärcher-Polska, i Agencji Reklamowej „Studio Impet”.

XXX Zjazd PTA był znakomitą okazją do przekonania szerokiej opinii publicznej o pozytkach z uprawiania astronomii płynących. Polska astronomia była często obecna w eterze dzięki patronatowi medialnemu radiowego potentata — Radia RMF-FM. Skuteczna akcja propagandowa prowadzona przez Krakowską Agencję Public Relations zaowocowała włączeniem się do akcji Telewizji Polskiej i „Gazety Wyborczej” a także kilku lokalnych rozgłośni krakowskich. Lokalne media pełne były w tych gorących dniach wywiadów z wybitnymi astronomami. Medialnym sukcesem Zjazdu było przebiecie się do telewizji ogólnokrajowej, gdzie zaprezentowano krótki program o osiągnięciach polskiej i krakowskiej astronomii. Do promocji astronomii włączyli się aktywnie wykładowcy Zjazdu: znakomite wykłady popularne wygłosili prof. Wielebinski w Instytucie Fizyki UJ oraz prof. Paczyński w siedzibie Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Żegnając stary Kraków, pomyślano też o przyszłości: na zaproszenie prof. Andrzeja Kusa następny zjazd PTA w roku 2003 odbędzie się na Ziemi Chełmińskiej, w Toruniu, gdzie w roku 1923 powstało nasze Towarzystwo, a jego gospodarzem będzie Uniwersytet Mikołaja Kopernika.

**Marek Urbanik**

*Przewodn. Komitetu Organizacyjnego*

Warszawa, dnia 10 września 2001 roku

PREZES RADY MINISTRÓW  
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ  
JERZY BUZEK

Dostojni Profesorowie,  
Szanowni Państwo,

Serdecznie dziękuję za zaproszenie do udziału w obradach XXX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Jako człowiek, który swe dorosłe życie poświęcił pracy naukowej, tym bardziej żałuję, że obowiązki sprawowane przez mnie urząd nie pozwalają mi na osobiste przybycie do Krakowa.

Rozpoczynający się dzisiaj jubileuszowy zjazd jest nie tylko wielkim świętem całego Waszego środowiska, uczonych i miłośników astronomii, lecz także dobrą okazją do podjęcia historycznej refleksji. Choć bowiem Polakie Towarzystwo Astronomiczne istnieje niepełna 80 lat, to zainteresowanie kosmonauktów polskimi ziemskimi i kosmicznymi zjawiskami jest niezwykle dawne.

Historia astronomii to nie tylko historia nauki, lecz — może przede wszystkim — historia ludzkich marzeń. Wiedza oda od Abrahama, który liczył gwiazdy, aby poza liczbę obiecanych mu przez Boga potomków, i Ptolemeusza, sumującego wiele starań w wielu systemach geocentrycznych; poprzez Mikołaja Kopernika — być może najwybitniejszego uczonego wszechczasów — i popularyzującego jego rewolucyjne odkrycia Galileusza; aż po lot w kosmos Jurija Gagarina, Neila Armstronga spacerującego po Księżycu i wracającego — pierwszego gwiazdnego turysty, multimedialnego Dennis'a Tito.

Dopiero w perspektywie tylu setek i tysięcy lat dziejów astronomii nasze problemy i wyzwania jawnią się nam we właściwych proporcjach. Widzimy bowiem, że dzisiejsze zmagania badaczy są tylko kolejnym etapem drogi człowieka ku gwiazdom. I patrząc, jak wielki dystans człowiek już przebył, nabieramy przekonania, że w tej pogoni za marzeniami nie jest w stanie ludzkości powstrzymać.

Ufam, że dzięki udziałowi tak wielu znakomitych uczonych, XXX Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego będzie znakomitym forum wymiany myśli, a dla słuchaczy stanie się źródłem wielu niezapomnianych wrażeń i inspiracji do nowych poszukiwań.

Łączę wraz z szacunkiem i serdecznie pożegnam organizatorów oraz wszystkich uczestników Zjazdu.

Z poważaniem



# Seminarium Meteorytowe Olsztyn 26–27 kwietnia 2001

## Przegląd współczesnych osiągnięć meteorytyki

W ostatnim dziesięcioleciu w polskiej meteorytyce nastąpiło wyraźne ożywienie. Przyczynił się do tego spadek meteorytu Baszkówka w roku 1994 oraz znalezienie meteorytu Zakłodzie w roku 1998.

Meteoryt Baszkówka spadł 25 sierpnia 1994 roku w upalne popołudnie około godziny 16. Najpierw słyszano głośny szum, a potem spadł meteoryt, wzbijając fontannę ziemi i zagrzebując się w gruncie. Gdy Krzysztof Grodzki wygrzebał meteoryt z głębokości około czwierć metra, kamień był jeszcze ciepły. Obecnie znajduje się w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie.

Meteoryt Baszkówka waży 15 kg i jest najpiękniejszym okazem w zbiorach polskich. Mówi się, że jest to podręcznikowy przykład meteorytu orientowanego, czyli takiego, który nie obracał się w czasie przelotu przez atmosferę. Czołowa powierzchnia ma kształt spłaszczonego stożka z rozchodzącymi się promieniami wyzłobieniami. Skorupa obtopioniowa jest na przedniej stronie szara i gładka, a na tylnej matowoczarna i porowata.

Meteoryt Zakłodzie został znaleziony we wrześniu 1998 roku przez Stanisława Jachymka. Okaz ważący 8,68 kg leżał przy polnej drodze i był pokryty rdzawą skorupą. Obecnie znajduje się w Muzeum Etnograficzno-Przyrodniczym w Guciowie koło Zwierzyńca.

Także na świecie meteorytyka rozwijała się w ostatnim dziesięcioleciu bardzo burzliwie, między innymi dzięki coraz doskonalszemu technikom laboratoryjnym, które można zastosować w badaniach meteorytów.

Badania kosmiczne Układu Słonecznego dostarczyły ogromnej ilości informacji o planetach, planetoidach i kometach. Jednak na Ziemię nie przwieziono jeszcze materii z tych ciał, tak jak to się stało w przypadku Księżyca. Dlatego tak wielką wagę mają badania meteorytów — fragmentów planetoid i komet oraz meteorytów marsjańskich. I ta sytuacja przez najbliższe lata nie ulegnie zmianie.

W minionym dziesięcioleciu spełniły się marzenia wielu pokoleń astronomów — odkryto inne układy planetarne. Dla polskich astronomów szczególnym powodem do dumy jest fakt, że to ich kolega Aleksander Wolszczan odkrył pierwszy pozasłoneczny układ planet: planety wokół pulsara PSR 1257+12. Chociaż współczesne techniki obserwacyjne umożliwiają odkrywanie jedynie planet dużych, krążących blisko gwiazd, to dalsze ich udoskonalenia pozwolą odkrywać coraz mniejsze planety. Bliska zatem wydaje się perspektywa odkrywania układów planetarnych podobnych do słonecznego.

Obserwacje w podczerwieni ukazują wiele dysków protoplanetarnych wokół gwiazd. Pozwala to na poznanie warunków, jakie panują w dyskach przed i w trakcie formowania się w nim planetozymali. W przypadku Układu Słonecznego informacja o wczesnych etapach jego formowania się zawarta jest w meteorytach.

W badaniach meteorytów konieczna jest współpraca astronomów i geologów. Pierwi badają kosmiczne środowisko i ciała macierzyste meteorytów, drudzy zaś w laboratoriach badają meteoryty i starają się odtworzyć ich historię. Celem wysiłków astronomów i geologów jest odtworzenie najwcześniejszego okresu formowania się ciał Układu Słonecznego i wyciągnięcie wniosków co do warunków formowania się innych układów planetarnych.

## Seminarium w Olsztynie

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom środowisk geologicznych i astronomicznych, Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie oraz Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne postanowiły zorganizować interdyscyplinarne seminarium. Na miejsce obrad wybrano Olsztyńskie Planetarium, gdzie w ostatnim dziesięcioleciu zgromadzono największą w Polsce kolekcję meteorytów. Współorganizatorem seminarium było też Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii dofinansowane przez Urząd Miasta w Olsztynie.

Komitutowi organizatorom Seminariu Meteorytowego przewodniczył prof. dr hab. Andrzej Manecki z Zakładu Mineralogii i Petrologii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Członkami komitetu byli doc. dr hab. Jerzy Borucki i dr Marian Stępniewski z Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie oraz dr Jadwiga Biała i mgr Elżbieta Plucińska z Olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego.

Seminarium otworzył zastępca Prezydenta Miasta Olsztyna mgr Zbigniew Karpowicz. Wyraził on zadowolenie, że tak ważne seminarium odbywa się w Olsztynie, gdzie żył i pracował Mikołaj Kopernik, a dzisiaj tradycje kopernikańskie kontynuuje Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne.

W seminarium wzięło udział 41 osób z Warszawy, Krakowa, Wrocławia, Łodzi, Lublinia, Poznania, Zielonej Góry i Olsztyna. Dodatkowo około 20 osób z Olsztyna, Lidzbarka Warmińskiego i okolic wysłuchało tylko wybranych wykładów. Cieszy fakt, że miłośnicy meteorytów i astronomii, nauczyciele oraz studenci wykorzystali możliwość uczestniczenia w seminarium do rozszerzenia swej wiedzy z zakresu meteorytyki. Podobnie kolekcjonerzy meteorytów nie ograniczają się do samego zbierania, ale interesują się ich składem, budową oraz pochodzeniem. Rzadko się zdarza, że konferencja naukowa wzbudzi aż takie zainteresowanie wśród miłośników i ma takie walory popularyzatorskie.

Z okazji Seminarium Meteorytowego wydano streszczenia referatów oraz katalog „Meteoryty w zbiorach polskich”. Poprzedni katalog był wydany w roku 1995. Porównanie obu katalogów napawa optymizmem, ponieważ widać wyraźnie, jak bardzo zwiększył się stan posiadania polskich kolekcji i tych instytucjonalnych, i tych prywatnych.

Im więcej jest w Polsce miejsc, gdzie można zobaczyć meteoryty, tym większa szansa, że ludzie zwrócią uwagę na okazy leżące w terenie, a przypominają-

ce te widziane w gablotach. Będą też wiedzieli, gdzie dostarczyć „podejrzany” okaz. Oprócz wystawiennictwa, także prywatne kolekcjonowanie meteorytów oraz ich popularyzowanie w mediach zwiększa szansę pozyskania do badań nowych okazów. Cieszy też fakt, że polscy kolekcjonerzy wykazują ogromne zrozumienie dla potrzeby badania meteorytów. Znalazca meteorytu Zakłodzie mgr Stanisław Jachymek przekazał fragmenty tego meteorytu wszystkim ośrodkom badawczym oraz kolekcjom, w tym Olsztyńskiemu Planetarium i Obserwatorium Astronomicznemu. Dzięki temu na seminarium przedstawiono pierwsze wyniki badań tego meteorytu.

Inny kolekcjoner biorący udział w seminarium — Tadeusz Niedopytalski z Warszawy przekazał Olsztyńskiemu Planetarium meteoryt Felt.

Wszyscy uczestnicy wykazali zadowolenie z przebiegu seminarium i jego wysokiego merytorycznego poziomu. Chwaląc organizatorów, wybaczyli im nawet to, że obrady każdego dnia trwały z małymi przerwami po 10 godzin i nie było czasu na spacery po wiosennym Olsztynie.

Na zakończenie seminarium odbyła się wycieczka „Szlakiem Mikołaja Kopernika” do Lidzbarka Warmińskiego i Fromborka. Dzięki temu uczestnicy poznali najważniejsze miasta Warmii związane z osobą wielkiego astronoma. W Lidzbarku Warmińskim pastor Jerzy Puszcza wraz z grupą — Rycerze Lidzbarskiego Zamku przygotował widowisko plenerowe z popisem walk rycerskich. Niestety, napięty program wycieczki nie pozwolił na obejrzenie całego spektaklu.

### Tematyka seminarium

W ciągu dwóch bardzo pracowitych dni wygłoszono 22 referaty. Referaty astronomiczne poświęcone były najnowszym badaniom Układu Słonecznego (J. Biała), teoriom powstawania planet (T. Jarzębowski), metodom odkrywania układów planetarnych (E. Plucińska) oraz ich charakterystyce (J. Biała), pyłem kosmicznym (B.H. Hurnikowie) oraz meteoroidom (W. Cwietkow) i meteorom (T. Jopek).

Referaty geologiczne zdominował meteoryt Baszkówka (R. Dybczyński, J. Borucki, A.S. Pilski, T.A. Przylibski

i P. Zagoźdżon, J. Siemiątkowski). Pozostałe dotyczyły meteorytów Zakłodzie (Ł. Karwowski, J. Siemiątkowski i M. Łodziński), Gujba (Ł. Karwowski), Morasko (W. Stankowski) oraz kopalnych (M. Stępniewski).

Osobną grupę stanowiły referaty poświęcone kosmomineralogii (A. Manecki), historii meteorytyki (M. Stępniewski) oraz metodom badań meteorytów (N. Bakun-Czubarow, J. Gałazka-Friedman, M. Szurgot, A. Rybak, S. Hałas, P. Maciekiewicz)

Wysoki poziom referatów i burzliwa dyskusja kontynuowana również w kuluarach, podczas posiłków i na wycieczce, utwierdziły uczestników w przekonaniu, że takie interdyscyplinarne seminarium jest doskonałą formą wymiany poglądów między naukowcami analizującymi ten sam przedmiot badań — meteoryty z dwóch odmiennych perspektyw — kosmicznej i laboratoryjnej. Było też okazją do nawiązania kontaktów między pracownikami różnych ośrodków zajmujących się meteorytami. Tak się szczęśliwie stało, że wszystkie znaczące ośrodki były na tym seminarium reprezentowane i stąd nadzieję na owocną współpracę ich przedstawicieli. Streszczenia referatów zamieszczone są na planetaryjnej stronie internetowej ([www.planetarium.olsztyn.pl](http://www.planetarium.olsztyn.pl)).

### Plany na przyszłość

Organizowanie kolejnych seminariów meteorytowych uczestnicy uznali za konieczne. Specjalna okazja do spotkania będzie już za 2 lata, bowiem 26 kwietnia 2003 roku minie 200 lat od spadku deszczu meteorytowego L'Aigle we Francji (Normandia).

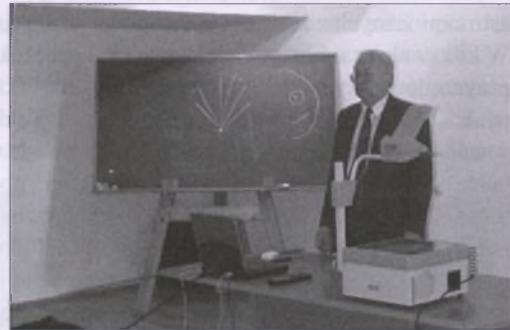
Wtedy to, w środku dnia, około godziny 13, zaobserwowano przelot kuli ognistej, której towarzyszyły detonacje. Następnie posypał się grad kamieni. Szacuje się, że na obszarze  $6 \times 2,5$  mili spadło 2–3 tysiące okazów o łącznej wadze około 37 kg. Największy okaz wa-



Wspólne zdjęcie uczestników Seminarium



Kuluarowe rozmowy



Prof. Manecki prezentuje typy chondr

żył około 9 kg. Raport o spadku deszczu meteorytowego opracował i przedłożył Francuskiej Akademii Nauk Jean B. Biot, członek Akademii i wybitny fizyk (ten od prawa Biota-Savarta).

Spadek meteorytu L'Aigle był wydarzeniem przełomowym. Od那天 meteoryty uznano za przybyszów z kosmosu i stały się one przedmiotem badań naukowych.

Warto tak ważne wydarzenie sprzed dwustu lat uczcić seminarium meteorytowym w roku 2003.

Zainteresowanych seminarium odsyłam na strony internetowe: [www.planetarium.olsztyn.pl](http://www.planetarium.olsztyn.pl); [www.republika.pl/jbal/seminarium.htm](http://www.republika.pl/jbal/seminarium.htm); [www.jotde.w.pl/fotki/SemMet/](http://www.jotde.w.pl/fotki/SemMet/); [www.astro.ca.wsp.zgora.pl/~simkoz/meteoryt/olsztyn1.html](http://www.astro.ca.wsp.zgora.pl/~simkoz/meteoryt/olsztyn1.html); [www.meteoryt.net/meteors/index.htm](http://www.meteoryt.net/meteors/index.htm).

Jadwiga Biała

# Nauki dawne i niedawne

## Wystawa interaktywna w Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego

**M**uzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego, mieszczące się w zabytkowym gmachu Collegium Maius jest znane nie tylko mieszkańców Krakowa, ale także licznym rzeszom turystów. W salach Muzeum można podziwiać m. in. wiele pamiątek z bogatej, ponad 600-letniej historii Akademii Krakowskiej, wśród których na szczególną uwagę zasługuje tzw. *Złoty Globus Jagielloński* z początku XVI w., na którym po raz pierwszy zaznaczono kontynent amerykański. W zbiorach uniwersyteckiego Muzeum niemalże miejsca zajmują również pamiątki kopernikowskie, kolekcja historycznych instrumentów astronomicznych (w tym: astrolabium arabskie z XI wieku, globusy nieba i Ziemi z połowy XVI w.), a także zbiór lunet i innych przyrządów astronomicznych z XVIII i XIX wieku. W kilku salach zebrane zostały dawnych przyrządów fizycznych, matematycznych i chemicznych. Wielkie zainteresowanie zwiedzających wzbudza oryginalna aparatura, na której w 1883 r. Zygmunt Wróblewski i Karol Olszewski po raz pierwszy skroplili powietrze.

Jest rzeczą oczywistą, że wspomniane instrumenty znajdują się pod specjalną ochroną, a osoby zwiedzające ekspozycję mogą jedynie oglądać je z pewnej odległości. Tym samym, bliższe zapoznanie się ze sposobem obsługi i działaniem danego instrumentu jest często bardzo utrudnione, a niekiedy wręcz niemożliwe. Dlatego też, wzorem wielu muzeów specjalistycznych na świecie, organizujących wystawy z zakresu nauk przyrodniczych, obok oryginalnych przyrządów wystawione są wierne kopie dawnych instrumentów, w celu umożliwienia zwiedzającym wykonywania prostych ćwiczeń.

Inicjatorem zorganizowania w Collegium Maius wystawy interaktywnej, która stanowiłyby nawiązanie do istniejącej ekspozycji dawnych instrumentów z dziedziny nauk ścisłych, był dyrektor muzeum, prof. dr hab. Stanisław Waltoś. Dla wystawy przeznaczono cztery sale na parterze budynku, w których częściowo zachowały się siedemnasto-

wieczne freski o tematyce astrologicznej i matematycznej. Po wielu dyskusjach, ostatecznie wystawę zatytułowano *Nauki dawne i niedawne*, a jako motto wybrano fragment z przedmowy do „*Geometrii*”, autorstwa Stanisława Grzebskiego (1526–1570), wydanej w 1566 r.:

„Rozum człowiek jest takowy, im więcej co bierze przed siebie, im częściej co rozmyśla, tym przestrzenie sobie w onej rzeczy czyni, tym więcej obacza i naydzie, czego przedtem nie obaczył, nie nalazł.”

Opracowanie scenariusza, remont i adaptacja pomieszczeń oraz wykonanie wszystkich eksponatów wraz z ich opisem zajęło blisko dwa lata i ostatecznie w dniu 29 września 2000 roku nastąpiło uroczyste otwarcie wystawy, będącej jednym z akcentów kończącego się Roku Jubileuszu 600-lecia odnowienia Akademii Krakowskiej.

Krakowska wystawa interaktywna składa się z czterech niezależnych części, poświęconych alchemii, fizyce, matematyce i astronomii.

Pierwsza z wymienionych części ekspozycji przedstawia wnętrze izby alchemicznej, według koncepcji wieloletniego dyrektora muzeum, prof. Karola Estreichera jr (1906–1984). To jedyna część wystawy, w której zwiedzający nie ma bezpośredniego dostępu do eksponatów, a jedynie sterując oświetleniem, może zapoznać się z najważniejszymi elementami wyposażenia dawnej pracowni alchemika, a więc m. in. specjalnym piecem alchemicznym, naczyniami i podstawowymi „surowcami” alchemii. Większość naczyń i urządzeń alchemicznych była wykorzystywana przez chemików w XVIII wieku.

Ekspozycja drugiej sali, zatytułowana „*W świecie fal*”, ma zainteresować fizyką, a w szczególności wybranymi zagadnieniami akustyki i optyki falowej. Tematyka dwudziestu ćwiczeń została tak dobrana, aby zwiedzający mogli w bardzo prostych doświadczeniach lepiej zrozumieć istotę ruchu falowego, w tym m. in. takie zjawiska, jak polaryzacja, dyfrakcja i interferencja. Większość do-

świadczek nawiązuje do klasycznych eksperymentów przeprowadzonych przez uczonych od XVII do XIX wieku. Przykładowo, zwiedzający może osobiście przekonać się o skręceniu płaszczyzny polaryzacji, zjawisku odkrytym przez François Arago w 1811 roku, poznać własność dwójłomności kryształu (odkrytą przez Erazma Bartholinusa w 1669 roku), eksperymentować z radiometrem Crookesa, skonstruowanym w 1873 roku, oglądać barwne obrazy po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną, skonstruowaną przez Josepha Fraunhofera w 1822 r., samemu przekonać się o niezbyt dużej prędkości głosu w powietrzu (pomiary prędkości głosu dokonano po raz pierwszy w XVII wieku), powtórzyć doświadczenie Ernesta Chladniego z 1787 r., pokazujące drgania płyty metalowej, czy wreszcie samemu utworzyć tzw. figury Lissajou (doświadczenie przeprowadził po raz pierwszy Jules Lissajou w II poł. XIX wieku), będące złożeniem dwóch wzajemnie prostopadłych drgań.

Trzecia z sal jest poświęcona matematyce. Ta część ekspozycji została zatytułowana „*Miedzy bitem i abakiem*” i jej zadaniem jest pokazać rozwój metod i przyrządów ułatwiających przeprowadzanie obliczeń, przede wszystkim w powiązaniu z naukami eksperymentalnymi.

Jednym z najstarszych sposobów pozycyjnego zapisu liczby był *abak*, czyli tabliczka z pionowymi liniami, na której układano kamki. Udoskonaleniem abaka było liczydło, jeszcze nie tak dawno powszechnie używane m. in. w Rosji. Zwiedzający wystawę ma możliwość sprawdzenia własnych umiejętności posługiwania się liczydłem, co, jak się okazuje, wcale nie jest całkiem proste, gdy trzeba szybko dokonać np. dodawania kilku wielocyfrowych liczb. Innym, bardziej doskonałym przyrządem ułatwiającym obliczenia są kostki Johna Napiera, skonstruowane przez tego uczonego w 1617 r. Przy ich użyciu można wykonywać m. in. operacje mnożenia i dzielenia. Kolejnym eksponentem wzbudzającym zainteresowanie



jest ... suwak logarytmiczny, doskonale znany starszemu pokoleniu. Dziś przyrząd ten niemal całkowicie wyszedł z użycia. Posługując się nim, można dokonać kilku prostych działań matematycznych, choćby po to, aby się przekonać, jaki olbrzymi postęp nastąpił w rozwoju techniki obliczeń w ciągu zaledwie 30 ostatnich lat. Tę część wystawy zamyka komputer, który można zobaczyć „od środka”.

Ostatnia z sal jest poświęcona astronomii, a hasłem ekspozycji jest „*Zmierzyć czas*”. Zaraz przy wejściu zwiedzający mogą założyć słuchawki, aby usłyszeć chyba najstarszy „budzik”, jakim jest ... pianie koguta. Dokładniejsza forma pomiaru krótkich odcinków czasu pojawiła się z chwilą wynalezienia klepsydry. Na wystawie pokazano przykład takiego zegara piaskowego, przy czym zwiedzający może zmierzyć czas pełnego opróżnienia się zbiorniczka. Znacznie dokładniejszym sposobem mierzenia czasu było wykorzystanie wahadła w konstrukcji zegara mechanicznego. Po raz pierwszy dokonał tego Christian Huygens w 1656 roku i do dnia dzisiejszego zegary wahadłowe są cią-

gle w użyciu. Ekspozycja pozwala przekonać, że czas wahnięć wahadła zależy od jego długości.

Do mierzenia czasu w trakcie bezchmurnych dni w ciągu całego roku od bardzo dawnych czasów używano zegarów słonecznych. Na wystawie zadeemonstrowano kopię zegara słonecznego z południowej ściany Kościoła Mariackiego w Krakowie oraz przykład zegara poziomego. Naciskając odpowiednie przyciski, można przeledzić, jak cień wskazówki porusza się po tarczy zegara, a także spróbować dostosować zegar poziomy do różnych szerokości geograficznych.

Atrakcją wystawy jest możliwość „nadania” radiowego sygnału czasu z dokładnością „do pół sekundy”, w identyczny sposób, jak to czyniono codziennie w południe przez blisko 38 lat (do 1984 r.) z Obserwatorium Astronomicznego UJ. Na sąsiednim stanowisku można porównać wskazania swojego zegarka z precyzyjnym sygnałem czasu przesyłanym z Frankfurtu nad Menem.

Kolejnym zadaniem dla zwiedzających jest wyznaczenie czasu z obserwa-

cji gwiazd za pomocą nokturnała. Ten prosty przyrząd wprowadzony do szerszego użycia ok. 1532 r. przez Jacoba Kóbelę z Oppenheim pozwala na określenie czasu gwiazdowego przez pomiar kąta, jaki tworzy na niebie linia łącząca Gwiazdę Polarną z gwiazdami *Dubhe-Merak* (tzw. „tylne” koła Wielkiego Wozu) i pionem. Na wystawie sam pomiar jest odniesiony do zawieszonej pionowo, dużej obrotowej mapy nieba (wykonano ją w Planetarium Śląskim). Oczywiście, każdy może ustawić mapę na dowolny dzień i godzinę w roku.

Astronomiczny pomiar czasu to w wielu wypadkach pomiar odpowiedniego kąta, toteż kilka dalszych ćwiczeń ma na celu zapoznać zwiedzających z dawnymi przyrządami pozwalającymi mierzyć kąty. Jednym z najprostszych jest tzw. Laska Jakuba. Na wystawie można zmierzyć kąt pomiędzy kilkoma gwiazdami konstelacji Wielkiej Niedźwiedzicy (narysowanej w odpowiedniej skali na ścianie sali) i porównać wynik z danymi katalogowymi.

Szczególnie duże zainteresowanie wzbudza typowe astrolabium planisferyczne, sporządzone w skali 1:1. Jest to



wyjątkowa okazja, aby ten dawny przyrząd astronomiczny wziąć do ręki i wpuścić się w sytuację średniowiecznych astronomów dokonujących obserwacji nieba. Organizatorzy wystawy przedstawili krótki opis astrolabium i zaproponowali wykonanie prostej obserwacji tym przyrządem.

Na wystawie można również bezpośrednio zapoznać się i spróbować własnych sił w użyciu *torquetum*, jednego z bardziej skomplikowanych instrumentów średniowiecznej astronomii. *Torquetum*, którego opis w 1284 roku sporządził Franko z Polski, umożliwia m. in. pomiar pozycji ciała niebieskiego w różnych układach współrzędnych. Warto zwrócić uwagę, że znajdująca się na wystawie kopia jest wiernym odzworowaniem oryginału będącego w zbiorach Muzeum UJ, a do naszych czasów zachowały się zaledwie trzy tego typu przyrządy (dwa pozostałe znajdują się w Niemczech).

Zakończeniem części astronomicznej, a zarazem i całej wystawy interaktywnej „Nauki dawne i niedawne” jest nowoczesny komputer z dużym moni-

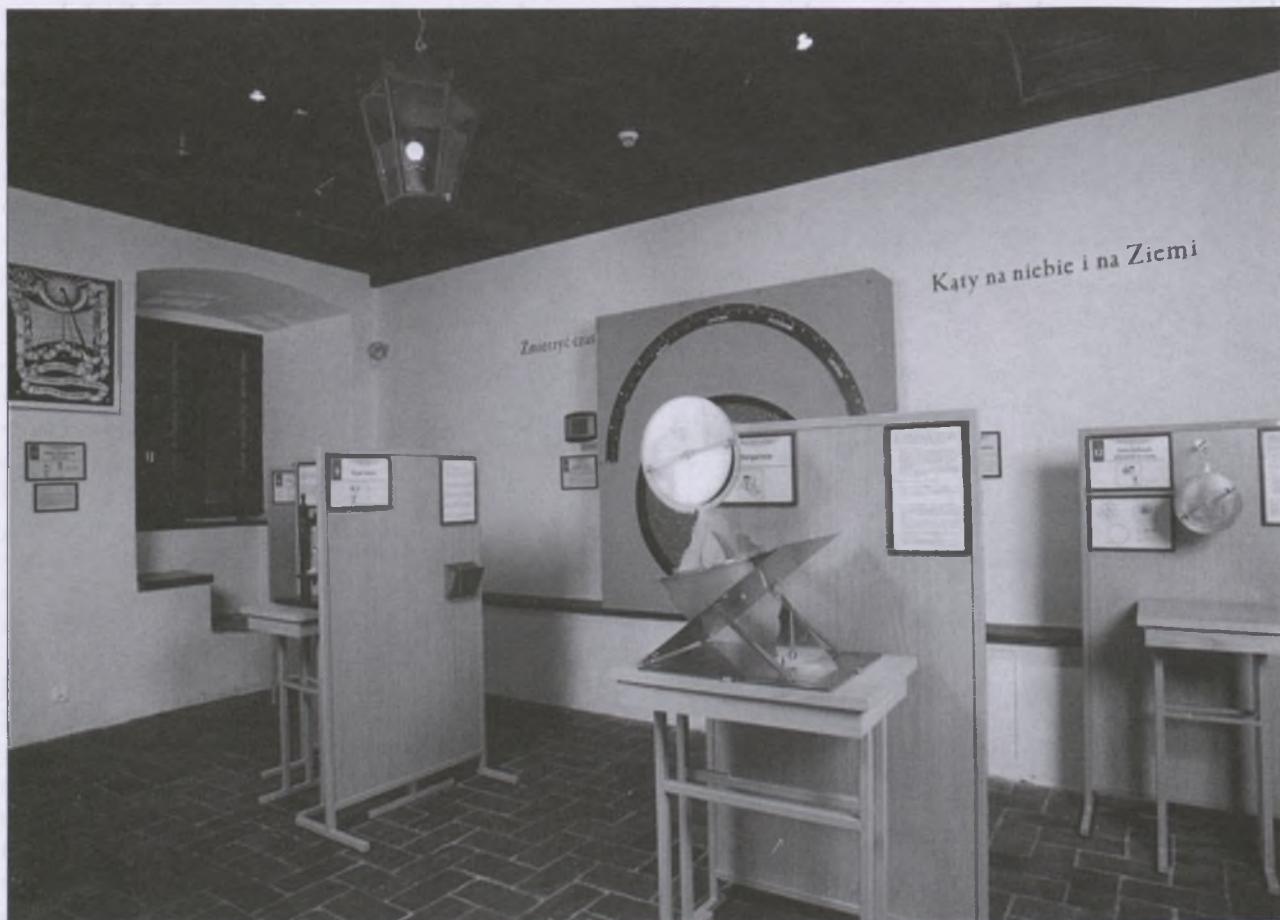
torem dotykowym, gdzie zainstalowano multiimedialny program astronomiczny „URANIA” (autorstwa dr. K. Chyżego z UJ przy współpracy mgr. B. Zakrzewskiego z AP w Krakowie). Pozwala on m. in. poznać elementarne zagadnienia astronomiczne, przeglądając bogatą kolekcję fotografii ciał niebieskich, a także uzyskać informacje o ważniejszych wydarzeniach z historii astronomii, których rocznica przypada w wybranym dniu roku. Bogata graficzna programu, prostota jego obsługi i wiele atrakcyjnych tematów sprawiają, że szczególnie młodzież zatrzymuje się przed monitorem komputera na dłuższy czas.

Tematykę wystawy przede wszystkim poleca się uczniom gimnazjów i liceów oraz ich nauczycielom. W zamyśle organizatorów, wystawa ma zainteresować fizykę, matematykę i astronomię, a nie być jedynie powtórzeniem lekcji szkolnych. Stąd tematyka poszczególnych eksperymentów często kroczy istotnie odbiegła od kanonu hasł programowych przedmiotu „fizyka z astronomią”.

Większość grup szkolnych przeznacza na zwiedzanie wystawy około jednej godziny. Jak wynika z sondażu przeprowadzonego wśród grupy nauczycieli gimnazjów, jest to zbyt mało czasu, aby zapoznać się ze wszystkimi stanowiskami i należałoby dążyć raczej do dwukrotnego odwiedzenia wystawy. Jak podkreślali nauczyciele, o wiele więcej korzyści przynosi eksperimentowanie na wystawie wtedy, gdy jest poprzedzone krótkim wprowadzeniem w poszczególne zagadnienia. Mimo czytelnie i jasno opracowanych opisów ćwiczeń, uczniowie często pomijają zawarte tam wskazówki, co prowadzi do nierozumienia demonstrowanych zjawisk i po prostu wyłączne na stronie „widowskiej” danego eksperimentu.

Organizatorzy z przyjemnością odnotowują fakt, że niemal wszyscy odwiedzający ekspozycję z największym uznaniem wyrażają się o jej koncepcji, jednocześnie oczekując, że podobne wystawy będą systematycznie organizowane w przyszłości.

Jerzy M. Kreiner



# Jeszcze o amatorskich obserwacjach Słońca w Polsce

**W** „Uranii-Postępach Astronomii” nr 4/2001 został opublikowany artykuł Piotra Urbańskiego „50 lat amatorskich obserwacji Słońca w Polsce”, ukazujący, niestety dość jednostronnie, historię amatorskiego ruchu astronomicznego, którego celem były (i są) obserwacje Słońca. Czytając tekst, można odnieść wrażenie, że jedynym czynnym obserwatorem i organizatorem obserwacji naszej dziennej gwiazdy był Wacław Szymbański. Trudno z takim poglądem się zgodzić, pomimo całego szacunku dla osoby i pracy nieżyjącego już W. Szymbańskiego oraz stworzonego przez niego Towarzystwa Obserwatorów Słońca.

Próby systematycznych obserwacji Słońca w Polsce to nie tylko działalność o.o. Jezuitów w Kaliszu w XVII wieku czy Jana Heweliusza w Gdańsku, ale też niekoniecznie dopiero rok 1951, chociaż jest to data ważna. Na początku XX wieku i w okresie międzywojennym również takie próby podejmowano, czego przykładem może być opracowanie opublikowane w „Uranii” nr 10 z 1925 r. (s. 89–92). Autorem artykułu jest J. Wasiutynski, który prowadził systematyczne obserwacje Słońca (wyznaczanie liczb Wolfa, rejestracja ewolucji grup plam słonecznych) m.in. w okresie od maja do sierpnia 1925 r., czyli w czasie wzrostu aktywności Słońca cyklu 16. Okazjonalne obserwacje tarczy słonecznej prowadzili również E. Stenz (1924) i M. Łobanow (1926). Natomiast serię 642 obserwacji Słońca w Tarnowie i Krakowie w latach 1912–1939 wykonał A. Wilk; niestety, wyników tej serii nie opublikowano. Pracom patronowało Towarzystwo Miłośników Astronomii. Również po II wojnie światowej Słońce było „pod kontrolą” polskich miłośników astronomii, o czym świadczą artykuły M. Mazura („Urania” nr 5–6/ 1946, s. 129–130) i A. Wróblewskiego („Urania” nr 7–8/ 1951, s. 162–164). Drugi z wymienionych obserwatorów w swoim tekście

przedstawia wyniki systematycznych obserwacji Słońca z okresu od stycznia 1949 do maja 1950, a niejako uzupełnieniem opracowania sprzed pół wieku jest list opublikowany w „Uranii-Postępach Astronomii” nr 5/2001 (s.194).

Dlaczego więc rok 1951 jest istotny dla polskich amatorskich obserwacji Słońca? Głównie z powodu apelu prof. Jana Mergentalera z Wrocławia o zorganizowanie systematycznych, jednolitych i prowadzonych przez większą grupę osób obserwacji Słońca. Apel ukazał się w „Uranii” nr 7–8/ 1951 (s. 158–162) i na wyniki nie trzeba było długo czekać. Już w 1951 roku grupa obserwatorów uzyskała 382 obserwacje, a ich wykonawcami byli: W. Lisiak (Poznań), J. Mergenthaler (Wrocław), M. Orlicz (Kasprowy Wierch), K. Sałasiński (Wrocław), S. Szeligowski (Białków), R. Szymbański (Bydgoszcz) i W. Szymbański (Dąbrowa Górnica). Grupa obserwatorów Słońca szybko powiększała swoje szeregi i np. w 1953 roku systematyczne prace wykonywało już 12 osób. Najaktywniejszym obserwatorem w tym czasie — i przez wiele następnych lat — był A. Barbacki z Nowego Sącza, wykorzystując w ciągu roku ok. 300 dni obserwacyjnych (w latach 1952–1961 wykonał 2931 obserwacji!). Do najaktywniejszych obserwatorów tego okresu należał również wspomniany już A. Wróblewski.

7 kwietnia 1956 r. odbył się pierwszy Zjazd Obserwatorów Słońca; kolejne miały miejsca w 1960 i 1962 r.

W drugiej połowie lat pięćdziesiątych i w latach sześćdziesiątych obserwacje Słońca wykonywała w Polsce stała grupa obserwatorów, a wyniki obserwacji publikowano w „Uranii-Postępach Astronomii” oraz „Acta Geophysica Polonica”. W okresie tym do najaktywniejszych obserwatorów należeli: A. Barbacki, S.R. Brzostkiewicz (Dąbrowa Górnica), W. Jodłowski (Warszawa), T. Kalinowski (Myślenice), J. Kazimierowski (Kalisz),

W. Lisiak, J. Pagaczewski (Kraków), M. Siemieniako (Dąbrowa Górnica), B. Szczepkowski (Warszawa), Ł. Szymańska (Dąbrowa Górnica), W. Szymański, J. Ułanowicz (Ostrowiec Świętokrzyski), A. Wróblewski. Obserwatorzy ci byli nie tylko aktywnymi miłośnikami astronomii, ale też w swych pracach wykazywali wieloletnią systematyczność. Na przykład T. Kalinowski prowadził nieprzerwanie obserwacje w latach 1955–1979, S.R. Brzostkiewicz w latach 1958–1972, J. Ułanowicz w latach 1961–1979, J. Kazimierowski w latach 1961–1978.

Do połowy lat siedemdziesiątych działalność obserwatorów Słońca utrzymywała się niemal na stałym poziomie, wskazując jednak — pod koniec tego okresu — tendencję spadkową. W połowie lat siedemdziesiątych, w celu lepszej organizacji obserwacji i bieżącego opracowywania wyników, powołano Centralną Sekcję Obserwatorów Słońca PTMA. W czerwcu 1974 r. ukazał się pierwszy miesięczny komunikat Sekcji. Rozpropagowanie działalności Sekcji na łamach „Uranii” przyniosło szybko pozytywne rezultaty. Do istniejącej grupy obserwatorów dołączyli na wiele lat m.in.: ks. W. Zbłowski (Bobolice), B. Szewczyk (Katowice), A. Pilski (Frombork), P. Urbański (Żychlin), D. Cupiał (Myszków), D. Lis (Kielce), M. Szulc (Tuchola), J. Brylski (Żarki). Rocznie w pracach Sekcji brało udział od 20 do 40 osób, a od 1976 r. corocznie odbywały się zjazdy obserwatorów Słońca. W ostatnim roku działalności, tj. 1981, w pracach Sekcji uczestniczyło 42 obserwatorów (w tym 26 systematycznie przesyłających wyniki), a wykonano 1988 obserwacji w 326 dniach.

W sierpniu 1981 r. Wacław Szymbański postanowił opuścić Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, zabierając również Sekcję. P. Urbański w swoim artykule napisał, że „(...) istniejąca grupa podzieliła się na dwie oddzielne części” i da-

lej „(...) druga część podzielonej grupy nadal teoretycznie istniała pod tym samym szyldem”. Nie jest to prawda, gdyż działalność Sekcji została całkowicie zawieszona, część osób zrezygnowała z dalszej działalności, a W. Szymański do nowo powstałego Towarzystwa Obserwatorów Słońca zabrał nie tylko resztę obserwatorów, ale też całą dokumentację i wyniki z lat poprzednich. Towarzystwo Obserwatorów Słońca swój preżny rozwój zawdzięczało zasobnej jeszczce w latach osiemdziesiątych kasie Pałacu Kultury Zagłębia w Dąbrowie Górniczej. Dalsze dzieje TOS znamy już z tekstu P. Urbańskiego.

W roku 1988 grupa miłośników astronomii związana z PTMA postanowiła reaktywować Sekcję Obserwacji Słońca — były to głównie osoby prowadzące obserwacje niezależnie od TOS lub te, które do niego nie przystąpiły. W „Uranii” z marca i kwietnia 1988 r. ukazał się artykuł S.R. Brzost-

kiewicza o amatorskich obserwacjach Słońca, a w lutym 1989 r. ukazał się pierwszy komunikat miesięczny z wynikami obserwacji. Koordynatorem Sekcji został A. Pilski, a siedziba jej mieściła się we Fromborku.

Sekcja Obserwacji Słońca PTMA zaczęła systematycznie zwiększać liczbę obserwatorów i wykonywanych obserwacji. I tak na przykład w roku 1992 wykonano 2048 obserwacji, a w pracach brało udział ponad 20 obserwatorów. Najaktywniejszymi obserwatorami w tym czasie byli: A. Pilski, J. Zagrodnik (Krosno), J.W. Kosinski (Frombork), J. Łagiewka (Katowice), R. Szaj (Pasłęk), J. Ułanowicz.

Sekcja działa do dnia dzisiejszego, obecnie przy Oddziale Warszawskim PTMA. Obok komunikatów z bieżącymi wynikami obserwacji, raz w roku wydawany jest biuletyn z artykułami dotyczącymi Słońca, jego obserwacji i związków Słońce — Ziemia. Oprócz

wyznaczania liczb Wolfa, określane są liczby pochodni oraz inne wskaźniki opisujące aktywność słoneczną. Sekcja Obserwacji Słońca PTMA prowadzi również obserwacje aktynometryczne i pomiary stanu jonosfery oraz badania w zakresie związków Słońce — Ziemia. Prace obserwacyjne prowadzone są w oparciu o jednolite materiały wydane przez Zarząd Główny PTMA i umieszczone również na stronie Sekcji w Internecie (<http://sosptma.republika.pl>). Zapraszam wszystkich do współpracy z Sekcją — każdy może wziąć udział w jej pracach i kontynuować kilkudziesięcioletnie (co najmniej!) tradycje w tej dziedzinie.

I może należy jeszczce dodać, że do tej pory w systematycznych obserwacjach Słońca w Polsce udział wzięło ok. 300 osób. Myślę, że warto do tej licznej grupy miłośników astronomii się przyłączyć.

**Janusz W. Kosinski**  
Koordynator SOS PTMA

## Igraszki z fizyką?

Pierwszy tekst Andrzeja Marksza („Igraszki z grawitacją”, *Urania* 2/2001) przeczytałem „ze zdziwieniem przechodzącym w irytację”, więc napisałem stosowny komentarz (*Urania* 3/2001). Następny tekst Andrzeja Marksza (*Urania* 5/2001) przejrzałem już ze smutkiem i z przerażeniem. Trudno zostawić go bez słowa, wzruszając ramionami, więc replika jest, niestety, konieczna. Przypomnę tylko, że w pierwszym artykule zdziwiłem się nienazwanym mi dotąd określeniem „ciężaru” ciał, którego Autor nie definiuje (i nie powołuje się na żadne konkretne źródło), podając tylko pewne przykłady sprzeczne z określeniem powszechnie występującym w literaturze fizycznej. O dziwo, Andrzej Marks stwierdził, że Jego definicja (nieujawniona!) jest oczywista i znajduje się w każdym porządnym podręczniku fizyki dla szkoły średniej! W swoim komentarzu przedstawiłem, jak, moim zdaniem, większość fizyków używa słowa „ciężar”.

Autor najwyraźniej nie podziela moich uwag, do czego ma oczywiście pełne prawo. Polemizuje twardo z przytoczonym przeze mnie określeniem, że

ciężar to wypadkowa siły przyciągania ziemskiego i siły odśrodkowej wywołanej obrotem Ziemi („Słownik Fizyczny”, Warszawa 1984). Żeby rzec wyjaśnić, sięgnąłem po akurat najbliższej stojące podręczniki fizyki i astronomii. Mieczysław Jeżewski („Fizyka”, Warszawa 1970) pisze po prostu, że *siłę stałą wywieraną przez Ziemię na każde ciało pionowo w dół nazywamy ciężarem*. Resnick i Halliday („Fizyka” tom 1, Warszawa 1996) twierdzą krótko: *ciężarem ciała nazywamy siłę grawitacyjną, z jaką Ziemia przyciąga ciało*.

Z kolei w klasycznej „Astronomii Ogólnej” Eugeniusza Rybki (Warszawa 1970) czytamy, że *siły, którymi są przyciągane ciała na powierzchni Ziemi, noszą nazwę ich ciężarów*. Żadne z tych czterech określeń nie zgadza się z poglądami mojego adwersarza.. Podobne określenie ciężaru można też znaleźć m.in. w „Słowniku Fizyki” (Warszawa 1999) i w „Słowniku Encyklopedycznym” (Wrocław 1999), a także w „Encyklopedii Powszechniej” (Warszawa 1973).

Mam więc prawo uważać, że jest to określenie dość powszechnie przyjęte

w fizyce, co oczywiście nie znaczy, że jedynie możliwe (inną definicję znajdziemy w podręcznikach Piecky czy Boltona, którzy raczej utożsamiają ciężar z siłą nacisku ciał na podłożo). Do prawdy nie rozumiem więc, dlaczego z taką pewnością siebie każe mi pan Marks sprawdzić w literaturze fizycznej, że spadająca swobodnie bomba nie ma ciężaru!!! Nie jedyne to stwierdzenie mojego adwersarza, budzące poważne wątpliwości. Oto parę przykładów z Jego tekstu.

*Zdaniem Autora listu ciężar jest wynikiem oddziaływania dwóch składowych sił. Zaraz, zaraz, powoli. Nie dla „Autora listu”, lecz dla autorów „Słownika Fizycznego”, i nie „oddziaływania”, lecz złożenia dwóch sił. Siły te sobą nie oddziałują, bo same są wektorowym przedstawieniem oddziaływania ciał.*

*Autor listu uważa za absurd, że lecący ruchem bezwładnym statek kosmiczny nie ma ciężaru. Otóż jeśli zastosujemy „definicję” Autora listu, to z pewnością nie ma!* Trzeba ze smutkiem przyjąć, że Andrzej Marks pomylił siłę odśrodkową wywołaną obrotem

Ziemi z siłą odśrodkową występującą w układzie, w którym statek kosmiczny spoczywa. Rzeczywiście, ta druga równoważy siłę ciężkości, ale przecież w słownikowej definicji ciężaru występuje ta pierwsza!

*Grawitacja wytwarza pole rozciągające się do nieskończoności, a siła odśrodkowa tylko pole sił zamknięte w obrębie obracającego się przedmiotu.* Nieprawda. Siła bezwładności (a więc i odśrodkowa) działa nie tylko w obrębie ciała przyspieszonego (obracającego się).

*Sama grawitacja nie wytwarza siły Coriolisa, a dopiero w połączeniu z siłą odśrodkową — tak.* To kolejne już zdanie Andrzeja Marksza, mówiąc delikatnie, nieścisłe. Siły odśrodkowa i Coriolisa są dwoma siłami pozornymi występującymi w każdym obracającym się układzie. Ani grawitacja, ani siła odśrodkowa nie wytwarzają siły Coriolisa. Mój adwersarz znów niewłaściwie uważa, że siły na siebie oddziałują i razem wytwarzają kolejną siłę.

„Kończ waść, wstydź się oszczędź” — pora więc zreasumować. Rzecz jasna nie ma i nie może być jakiejś jednej jedynie słusznej definicji ciężaru i w ogóle żadnej innej rzeczy. Chodzi tylko o to, by nasza siatka pojęciowa pomagała zrozumieć świat. Ważne też, by używać pojęć w znaczeniu powszechnie przyjętym, po prostu po to, byśmy się nawzajem rozmawiali. Pan Andrzej Marks ma prawo stosować inne określenie ciężaru niż zawarte w słownikach fizycznych — to jasne. Wszystko wskazuje na to, iż mój adwersarz pisze o braku ciężaru wtedy, gdy chodzi o stan nieważkości. We współczesnej terminologii fizycznej stan nieważkości nie jest jednak (na ogóln!) traktowany jak brak ciężaru, lecz jak brak sił nacisku pomiędzy poszczególnymi częściami ciała oraz między ciałem i podłożem, o ile takowe istnieje.

Niechże Andrzej Marks stosuje sobie w „literaturze kosmonautycznej” takie określenie wszystkich pojęć, jakie mu się żywnie podoba, ale, na litość boską, niech nie poucza apodyktycznie fizyków, co to jest ciężar! Jego pierwszy tekst miał przecież rozjaśnić zamęt stworzony wokół kilku pojęć przez media, ale, paradoksalnie, tylko ten zamęt powiększył.

Naprawdę pora już kończyć i nie warto przekształcać tej polemiki w nieustającą telenowelę. Andrzej Marks dwukrotnie przedstawiał swoje poglądy i ja również zrobiłem to dwukrotnie. Każdy uważny Czytelnik może więc sam ocenić argumenty obu stron i wyrobić sobie zdanie. Panie Andrzeju, proszę tylko nie wmaśniać mi nachalnie na łamach „Uranii”, że spadająca piłka nie ma ciężaru i nie wyzywać poważnych podręczników i encyklopedii od „bełkotu” i „bałamucenia”, a ja obiecuje nie wtrącać się do kosmonautyki. Zgoda?

**Ludwik Lehman**  
lehman@wp.pl

PS Na życzenie Redaktora Naczelnego skróciłem poważnie pierwotną wersję powyższego tekstu. Pełną wersję mogę zainteresowanym wysłać pocztą elektroniczną.

**C**iąg artykułów-polemik na temat „grawitacji” skłonił mnie do napisania tych kilku słów. Od razu zaznaczam, że nie jestem zwadowcem w dziedzinie astronomii czy fizyki lub choćby nauk pokrewnych, ale mój kontakt z nauką traktuję na tyle poważnie, że to, o czym trwa ta dyskusja, uznałem za bardzo istotną sprawę.

Realizując swoje kolejne stopnie edukacji, włącznie ze studiami inżynierskimi i uzupełniającymi, w szeroko rozumianej literaturze fachowej spotykałem się z przeróżnymi definicjami różnych pojęć. Przeróżne kręgi naukowe przyznają, że nie tylko w polskiej nauce istnieje problem jednolitości definiowania nawet podstawowych zagadnień. Bez względu na to co było, i jest nadal tego powodem, dyskusje taka jak ta podjęta na łamach „Uranii” są bardzo potrzebne. Zwracając bowiem naszą, a szczególnie naukowców, uwagę na fakt, że wielokierunkowy rozwój nauki i przekazywanie nowej wiedzy w różnych formach i przez różne media z biegiem czasu wywołuje chaos informacyjny.

Zgodnie ze starym porzekadłem, że diabeł tkwi w szczegółach.

łach, ważnym jest, by wypracować rzetelny słownik pojęć. W zasadzie w szkole nikt z nauczycieli nigdy nie zwrócił uwagi na to, że istnieje zasadnicza różnica pomiędzy ciężarem i masą. Stąd przeciętny uczeń czy abiturient nawet nie zwraca uwagi na precyzję definiowania i rozróżnianie Kowalskiego od Nowaka. Co prawda w warunkach codziennego chodzenia do sklepu masa i ciężar nie wpływają na zmianę wydatków przy kasie, a „sztuczna grawitacja” najczęściej jest spotykana w książkach Pana Stanisława Lema, jednak ludzi, których te różnice interesują i u których bełkot „codziennej prasy” kształtuje ich wiedzę o świecie, jest codziennie coraz więcej.

Popieram w pełni słowa Pana Andrzeja Marksza. I uważam, że jeśli definicja w encyklopedii, nawet tej najznamienitszej kształtuje u nas nieprawidłowe pojmowanie świata, to widać trzeba ją zmienić. Stworzone naprzeciw różnego rodzaju pojęcia i definicje wymagają odniesienia ich do faktów naukowych. Jeśli ktoś chce uważać, że Kowalski to Nowak, to musi wyraźnie zastrzec to na samym początku i często o tym przypominać, ale po co wywracać świat do góry nogami?

Serdecznie pozdrawiam cały zespół redakcyjny i serdecznie dziękuję za utrzymywanie bardzo wysokiego poziomu merytorycznego „Uranii”. Lektura każdego wydania jest dla mnie prawdziwą uczta, a trzeba przyznać, że czynię to już od wielu lat.

Życzę wszystkim, by nasza „Urania” była nadal kopalinią wiedzy i to nie tylko dla miłośników astronomii, ale również dla szerokiego grona czytelników.

Z wyrazami szacunku wierny miłośnik

**Jacek Patka**



**ASTRO-BIT**

Oprogramowanie i materiały astronomiczne

Ireneusz Włodarczyk

ul. Rewolucjonistów 15/13

42-500 Będzin

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



**Donald Goldsmith: W POSZUKIWANIU ŻYCIA NA MARSIE.** Przełożył Krzysztof Belczyński, Wyd. Prószyński i S-ka, seria „Na ścieżkach nauki”, Warszawa 2000.

Kwestia możliwości istnienia życia na innych planetach — a w szczególności na Marsie — jest rozważana niemal nieustająco od ponad 400 lat. Jej nasilenie datuje się na II połowę XIX wieku, kiedy Schiaparelli odkrył sławne *canali*, nie przesądzając bynajmniej o ich sztucznym pochodzeniu. W latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku misje „Marinerów” rozwijały mityczne wyobrażenia o Czerwonej Planecie, zaś w latach siedemdziesiątych misje „Vikingów” zamiast rozstrzygnąć, pogłębiły tylko zagadkę możliwości występowania kiedykolwiek życia na Marsie. Ponowną burzę wywołały pod koniec minionego stulecia wyniki badań tzw. meteorytu z Marsa (ALH 84001) — i o tym traktuje nowa książka o poszukiwaniu życia na Czerwonej Planecie, jak również o meteoroidach i meteorytach. Jest to jednak burza w szklance wody (marsjańskiej, więc trudno uchwytnej). Pierwsze rozdziały tej książki napawają niesmakiem — musiał to chyba odczuć też tłumacz, zamieniając w tytule słowo angielskie *the hunt* — „polowanie” — na polskie „poszukiwanie”. Z kolei tytuł pierwszego rozdziału *Dzień, w którym zmienił się świat* przypomina sławny tytuł książki *Dziesięć dni, które wstrząsnęły światem* Johna Reeda. I od kiedy to prezydent ma być arbitrem w sprawach naukowych? — od jego wypowiedzi zaczyna się właśnie rozdział 1. Zarazem stwierdzenie: *meteoryt, który wstrząsnął światem* to po prostu gruba przesada — ani meteoryt nie jest taki wielki, ani wyniki jego badań nie są jednoznaczne, a chronologia wydarzeń jest niezborna.

Nb. czytając amerykańską literaturę popularnonaukową, zauważylem, że jest ona w większości i rubaszną, i dość prymitywną, jakby społeczeństwo Stanów Zjednoczonych było nierozgarnięte. Ale to jest ich sprawa, dziwić się za to należy krajowym wydawcom, iż preferują tego rodzaju książki.

Z uznaniem natomiast można się odnieść do drugiej połowy tekstu — poczynając od rozdziału 5. Autor wcale rozważnie i poprawnie naukowo opisuje zagadnienie narodzin życia — nie tylko (choć głównie) na Ziemi, lecz ewentualnie także i na innych ciałach Układu Słonecznego, w szczególności na Marsie, zastanawia się nad możliwością przenoszenia zarodników życia z planety na planetę. Porusza także ważny problem obecności wody i przetrwania jakichś form życia na Marsie do dziś. W odległej geologicznej przeszłości warunki środowiskowe na powierzchni tej planety były całkowicie odmienne i sprzyjające powstaniu życia, a może nawet biosfery — spowiązała Marsa gęsta atmosfera, czynne były wulkany, płynęły rzeki. Obecne warunki są krańcowo różne: rzadka atmosfera, wieczna zmarzlina, brak aktywności tektonicznej. Dowiedzieliśmy się o tym dzięki licznych automatycznych sondom międzyplanetarnym: amerykańskim i radzieckim. Autor wyraża następnie słuszne ubolewanie, iż w ostatnim dziesięcioleciu tak wiele było nieudanych wypraw marsjańskich, łącznie z kluczową misją „Mars Polar Lander”. (Nawiasem mówiąc przy okazji lotów międzyplanetarnych wyjaśniło się, dlaczego podczas wielkich opozycji niewiele więcej można było dostrzec szczegółów na powierzchni Czerwonej Planety. Otóż regularnie rozwijają się wtedy w atmosferze marsjańskiej globalne burze piaskowe przesłaniające niemal całkowicie tarczę Marsa).

Omawiając przyszłe, planowane misje międzyplanetarne, Goldsmith zwraca uwagę na konieczność dostarczenia próbek gleby marsjańskiej na Ziemię oraz oczywiście na wyprawy załogowe, które w sposób rozstrzygający mogłyby odpowiedzieć na pytanie o życie na Marsie. W tym kontekście wspomina też o dalekosieżnym (w horyzoncie czasowym) projekcie terraformowania Marsa.

Najlepszy jednak jest rozdział 8, ostatni, pt. *Nauka jako sposób na życie, jak gdyby Autor, oddawszy „cesarzowi, co cesarskie”, oddawał „Bogu, co boskie”*. Rozważa w nim

różnice między naukowym a nienaukowym widzeniem świata — rozprawił się także z jednym jeszcze mitem: nie ma na powierzchni planety żadnej „twarzyciącego Marsjanina”! Wskazuje też na poważne filozoficzne i teologiczne implikacje odkrycia życia na Marsie, wspomina o poszukiwaniach pozaziemskich układów planetarnych, wreszcie zastanawia się nad możliwością istnienia życia w przestrzeni kosmicznej, co mogłoby świadczyć o powszechności jego występowania we Wszechświecie. Cennym dodatkiem jest *Posłowie do wydania polskiego* napisane przez Autora 31 grudnia 1999 roku, w którym m. in. stwierdza: ... ślady, odnalezione w meteorycie ALH 84001, nie mają rangi dowodu, świadczącego ponad wszelką wątpliwość o istnieniu dawnego temu na Czerwonej Planecie życia. I tym „optimistycznym” akcentem...

T. Zbigniew Dworak

**Paul Halpern: ŁOWCY PLANET.** Tropem Wolszczana w poszukiwaniu planet w naszej Galaktyce. Przekład Piotr Lewiński, Wyd. Amber, seria „Tajemnice Nauki”, Warszawa 2000.

Książka ta powstała niejako na fali odkryć oznak możliwości istnienia pozasłonecznych układów planetarnych oraz niezdrowej fascynacji Kosmitami obecnymi, jak dotąd, tylko w twórczości fantastycznonaukowej, a co najmniej — problematyką SETI.

Nim przejdę do meritum, wypada się rozprawić z nieudolnością tłumacza, co stanowi ból dla wielu wydawców (ale dlaczego w takim razie nie powołują konsultantów naukowych?). Nie poradził sobie z przekładem słowa *glitch* — „skok” (częstości), pisze o jakowym „chybotaniu”, podczas gdy najwyraźniej chodzi o pewne oscylacje w np. ruchach własnych gwiazd. Wymyśla „paski zebry”, a są to po prostu prążki interferencyjne. Nieporadnie tłumaczy technikę obserwacji przejść planet przed tarczą gwiazdy, jak to poprawnie powinno brzmieć (ale w tym przypadku i Autor nie jest bez winy, co tylko potwier-

Dokończenie na str. 278.

# Astronomia w gimnazjum

**W**e wrześniu bieżącego roku rozpoczęła się nauka szkolna w ostatniej (trzeciej) klasie gimnazjów, które istnieją w kraju od 1999 roku.

Zostały już wydrukowane podręczniki, m.in. do przedmiotu o nazwie: „Fizyka z astronomią” według tzw. autorskich programów, opracowanych wcześniej, bo w latach 1997–98. Tym samym istnieje miarodajna podstawa do odpowiedzi na pytanie:

Jaki jest dobór i zakres wiedzy astronomicznej dla młodzieży w wieku 13–16 lat, w programach i podręcznikach przedmiotu nauczania w gimnazjach, zwanego oficjalnie „fizyka z astronomią”?

Wiedza o wszechświecie, proponowana do przekazu uczniom w gimnazjach, jest wyznaczona przez:

- *Podstawy programowe w szkołach ogólnokształcących* (oficjalny dokument MEN),

- autorskie programy szczegółowe przedmiotu, zatwierdzone przez MEN, oraz przez

- treści podręczników, również zatwierdzonych do użytku w gimnazjach przez resort oświaty.

W „*Podstawach programowych*” z przedmiotu *fizyka z astronomią*<sup>1</sup> napisano tylko dwa poniższe zdania na temat doboru i zakresu treści z wiedzy astronomicznej:

**Układ Słoneczny. Elementy kosmologii.**

Wobec powyższego, w świetle „*Podstaw programowych*”, wolno traktować nazwę tego przedmiotu — najogólniej pisząc — jako próbę wprowadzania w błąd opinii społecznej. Nazwa ta bowiem sugeruje, że przedmiot nauczania uwzględnia te dwie dyscypliny naukowe równorzędnie, gdy tymczasem w zestawie haseł programowych fizyka jest opisana 38 zdaniami — tematami, a astronomia — dwoma!

Fakt ten jest naturalnym zakończeniem procesu likwidacji astronomii

<sup>1</sup> Podstawy programowe kształcenia ogólnego, MEN, Warszawa, 1998

jako samodzielnego przedmiotu nauczania (a tym samym jako elementu kształcenia ogólnego w szkołach polskich), procesu, który trwa od 1972 roku. Jego kuriozalność i zarazem szkodliwość społeczną potęguje znanie zjawisko ogromnego wzrostu (w ostatnich latach) zainteresowań problematyką astronomiczną ze strony dzieci i młodzieży.

Na kanwie „*Podstaw programowych*” zaprojektowano 13 programów szczegółowych przedmiotu *fizyka z astronomią*, które zostały oficjalnie zaakceptowane przez resort oświaty. Na szczęście, autorzy tych różnych programów nauczania znacznie wyżej ocenili walory kształcące wiedzy astronomicznej od urzędników resortu i owe dwa zdania z „*Podstaw programowych*” rozwinięli w rozmaite układy szczegółowych haseł.

W 9 detalicznych programach nauczania *fizyki z astronomią*<sup>2</sup> astronomia ma charakter zastosowań wiedzy o grawitacji do przestrzeni okoloziemskiej (sztuczne satelity) lub została ograniczona do encyklopedycznych danych o Układzie Słonecznym. Tematyka ta jest realizowana w klasie 1 lub w klasie 2 gimnazjum.

W rozważanej grupie 9 programów autorski program zgłoszony przez WSiP (przecież doświadczonego w tym zakresie wydawcy) nieznacznie poszerza tę normę przez dodanie w klasie trzeciej gimnazjum hasła: **Energia Słońca i gwiazd.**

Pozostałe cztery programy szczegółowe przedmiotu nauczania o nazwie *fizyka z astronomią* prezentują szerzej dobór treści z zakresu astronomii (oprócz tradycyjnego już standardu w postaci hasła: *Pole grawitacyjne. Loty kosmiczne*). Ich autorzy to:

- Krzysztof Chyla (realizacja — klasa 1)

<sup>2</sup> Pomijam w tym miejscu 3 programy nauczania, powstałe jako swobodna adaptacja do warunków krajowych trzech podręczników przetłumaczonych z języka angielskiego i niemieckiego. Tylko w jednym z nich (K. Foulds) występuje problematyka astronomii.

- Stanisław Lipiński, Mieczysław Sawicki (realizacja — klasa 3)

- Maria Rozenbajgier, Ryszard Rozenbajgier, Jerzy M. Kreiner (realizacja — klasa 2)

- K. Trylski, J. Wójciak, I. Scierski (realizacja — klasa 2)

Spośród nich najobszerniejszym oraz najbardziej logicznym programem treści z wiedzy astronomicznej jest program autorstwa S. Lipińskiego i M. Sawickiego. Przytoczę go w całości:

- Ziemia i Wszechświat
- Ziemia jako planeta. Budowa Ziemi
- Atmosfera ziemska
- Układ Słoneczny
- Obrazy nocnego nieba
- Słońce
- Planety Układu Słonecznego
- Gwiazdy
- Rodzaje gwiazd i ich właściwości
- Narodziny, życie i śmierć gwiazdy
- Struktury gwiezdne we Wszechświecie
- Gromady gwiazd
- Droga Mleczna
- Gromady galaktyk, Wszechświat wyspowy
- Dzieje Wszechświata
- Czy był początek Wszechświata?
- Jak może być przyszłość Wszechświata?

Według autorów, program może być zrealizowany w czasie 10 godzin lekcyjnych. Propozycja jego realizacji jest przedstawiona w podręczniku napisanym przez tych samych autorów<sup>3</sup>. Paragrafy podręcznika noszą tytuły zgodne z hasłami programu. Sumacyjna objętość książki jest dosyć znaczna, gdyż zajmuje ok. 1/4 całej objętości podręcznika.

Styl wykładu jest atrakcyjny, język jasny. Uzasadnienia i dowody ogólnych twierdzeń krótkie i klarowne. Przeważa podejście problemowe, aktywizujące ucznia, który często staje

<sup>3</sup> S. Lipiński, M. Sawicki — Fizyka w gimnazjum, klasa 3, Wydawnictwo Kram, Warszawa, 2001



przed polecением: „Sprawdź czy zrozumiałes” lub przed problemami dla „dociekiływych”. Autorzy wyraźnie pragną zainteresować ucznia, rezygnując z rozbudowywania warstwy encyklopedycznej (informacyjnej).

W wielu miejscach podają informacje o osobliwościach świata planet i gwiazd. Dane szczegółowe o planetach, księżycach planet, galaktykach, gromadach gromad galaktyk są zaskakująco aktualne (z tego roku!). Po każdym rozdziale jest zestawienie nowych pojęć i praw. Z tekstem są zespolone liczne, bardzo interesujące kolorowe zdjęcia. Zresztą sama okładka podręcznika ma przepiękny, astronomiczny „wystrój”.

Równolegle z podręcznikiem został przygotowany zbiór zadań i problemów (autorstwa M. Sawickiego)<sup>4</sup>.

Występuje w nim ok. 120 pytań i zadań z astronomii oraz test wielokrotnego wyboru. Wiele zadań i pytań to bardzo oryginalny dorobek autora w dziedzinie dydaktyki astronomii. Umieścił on wyczerpujące odpowiedzi i rozwiązania, dzięki czemu tekst z podręcznika został istotnie poszerzony i pogłębiony.

Z drugiej strony można dostrzec w omawianym materiale podręcznikowym z zakresu astronomii pewne usterki i błędy, które powinny być usunięte w następnych wydaniach książki. Na przykład, autorzy za rzadko zachęcają ucznia do obserwacji nieba, w kilku miejscach zauważylem też potknienia merytoryczne (kwestia po-

wstawiania czarnych dziur na str. 117-118). Także umieszczenie w podręczniku szkolnym zasady antropicznej budzi zastępce, jako że jest ona bardzo kontrowersyjna w kosmologii.

Wymienione usterki w żadnej mierze nie podważają jednak mojej oceny: prezentacja wiedzy astronomicznej w podręczniku fizyki dla gimnazjum Lipińskiego-Sawickiego to dobre i pożyteczne osiągnięcie dydaktyczne w nowej szkole.

**Jerzy Leszczyński**  
Warszawa

#### ERRATA

W poprzednim zeszycie „Uranii-PA” w dziale „Astronomia w szkole” w zamieszczonych tam wzorach zamiast znaku ⊕ powinien być znak ☀ (symbol Słońca). Czytelników i Autora bardzo przepraszamy.

dokończenie ze str. 276.

dza moją opinię o niskim poziomie popularyzacji nauki w Stanach Zjednoczonych). Niezręcznie opisuje, jako „katapultowanie się”, rozpoczęcie statku kosmicznego przez pole grawitacyjne mijanej planety. Humoryściecznie brzmi określenie „ruszt” na ruchoma siatkę (podobną do dyfrakcyjnej) umieszaną przez Gatewooda przed obiektywem teleskopu. Co to są „kieszenie cieplne”? — w fizyce atmosfery taki termin jest nieznany. Galaktyka w gwiazdozbiorze Andromedy (M31) nazywa się popularnie Mgławicą Andromedy. Nieporadności takich w tekście jest o wiele więcej i trudno już zdecydować, które są autorstwa Halperna, a które — tłumacza.

Zasadniczą część książki Autor otwiera rozdziałem o Marsie, co niejako stoi w sprzeczności z jej tytułem, ponieważ Czerwona Planeta jest znaną ludzkości od niepamiętnych czasów. Jednak dalsze wywody Halperna przekonują, że chodzi mu nie tyle o odkrywanie planet, ile o możliwość istnienia życia pozaziemskiego — stąd tytuł tej pozycji okazuje się wielce mylący. Nieco więcej uwagi poświęcił Autor rzeczywiście odkrytym w czasach nowożytnych trzem planetom: Uranowi, Neptunowi i Plutonowi.

wi, ale przedziwnie objaśnił rachunek perturbacji grawitacyjnych, zaś stwierdzenie o odkrytej przez Gallego planecie: *Ze względu na jej morskoniebieski kolor nazwano ją Neptunem od imienia rzymskiego boga mórz* — jest kompletnym anachronizmem.

Kolejny rozdział — nazwany nader idiotycznie *Wielkie łowy na chybicie* — zajmuje się astronomią gwiazdową i po części astrofizyką, by na tym tle nakreślić klasyczne próby odkrycia planet dalekich słońc, prowadzone głównie metodami astrometrycznymi przez tak znanych uczonych jak Peter van de Kamp (dziwne jednak, że Autor nie wspomina przy okazji omawiania gwiazdy Proxima Centauri o pracach Holmberga i „odkryciu” przez niego Primy, jakoby pierwszej planety poza Układem Słonecznym).

Dość obszerny rozdział został poświęcony Aleksandrowi Wolszczanowi i jego odkryciu — historia czytelnikom bardzo dobrze znana i często poruszana na łamach polskich czasopism astronomicznych, a przez Halperna nader sympatycznie przedstawiona.

Następnie Autor skupia wiele uwagi na spektrometrycznych metodach odkrywania ewentualnych planet krążących wokół gwiazd, ale jakby zu-

pełnie nie wiedział, że pomysł tej metody został podany 25 lat temu przez astronoma polskiego Krzysztofa Serkowskiego. Zaowocowała ona pewnymi sukcesami, ale tylko w jednym przypadku została potwierdzona niezależnymi obserwacjami fotometrycznymi.

Nie wiadomo, dlaczego Halpern zagłębia się w wyrafinowane, acz nieporadnie przedstawione, zagadnienie istnienia tzw. niewidocznej („ukrytej”) masy we Wszechświecie, a w szczególności — w Galaktyce, co nie ma bezpośredniego znaczenia dla poszukiwania pozaziemskich układów planetarnych, oprócz może wykorzystania efektu mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Ponadto uważać, że nawet obfitą obecność planet wytlumaczy sensownie istnienie ciemnej materii, jest niedorzeczością. Wspomina też o dość licznych odkryciach dysków protoplanetarnych wokół niektórych gwiazd.

Końcowe rozdziały znowu zdają pierwotny zamysł Autora książki, iż miała ona dotyczyć głównie możliwości istnienia życia oraz cywilizacji pozaziemskich i tylko w tym kontekście interesują go pozasłoneczne układy planetarne.

**T. Zbigniew Dworak**

# Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii

Zarząd Główny – ul. św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków,  
tel. 0-(10..)-12 422-38-92, poczta elektroniczna (E-mail)  
ptma@oa.uj.edu.pl

Szukajcie nas w Internecie pod adresem:  
[www.uj.edu.pl/~ptma/](http://www.uj.edu.pl/~ptma/)

Nasze konto bankowe:  
PBK SA I/O Kraków 11102340-402340010561

Upoznajmy się z informacjami dla wszystkich członków i sympatyków Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, iż w roku 2002 składka członkowska wynosi 50 zł, natomiast składka ulgowa 40 zł (składka ulgowa przysługuje emerytom, rencistom, studentom, uczniom oraz osobom prenumerującym URANIE-PA). Osoby wступające do Towarzystwa opłacają dodatkowo wpisowe w wysokości 5 zł. W roku 2002 prenumerata całoroczna kosztuje 42 zł. Natomiast pojedyncze zeszyty kosztują 8,50 zł plus koszty przesyłki.

Co daje przynależność do PTMA?

- Przede wszystkim jest się członkiem organizacji o międzynarodowym znaczeniu, skupiającej znane w świecie naukowym osoby.
- Można uczestniczyć czynnie w życiu społeczności astronomicznej, przekazując innym wyniki własnych obserwacji.
- Organizujemy spotkania z interesującymi ludźmi, niejednokrotnie w naszych murach goszczą naukowcy z całego świata.
- Współpracujemy z kilkoma obserwatoriami, zarówno amatorskimi jak i zawodowymi, przez co mamy dostęp do profesjonalnego sprzętu obserwacyjnego dobrej klasy.
- Doradzamy naszym członkom przy zakupie sprzętu obserwacyjnego, a także służymy wskazówkami przy właściwym jego wykonaniu.
- Polecamy wydawnictwa i publikacje PTMA.
- Można brać udział w pracach Sekcji Obserwacyjnych, imprezach naukowych i wyprawach PTMA.

Na terenie kraju działa 14 oddziałów PTMA, do których można zgłosić się osobiście bądź listownie i zapoznać się z terminami spotkań i odczytów. Poniżej podajemy wykaz oddziałów wraz z adresami i telefonami. W PTMA dla członków działają sekcje problemowe, w których można rozwijać swoje zainteresowania.

## Oddziały i Sekcje Towarzystwa:

- (1) Białostocki – Kolonia Księżyno 4 15-601 Białystok
- (2) Gliwicki – Al. Korfantego 23/1 44-100 Gliwice
- (3) Krakowski – ul. św. Tomasza 30/8 31-027 Kraków  
tel. 0-(10..)-12-422-38-92, spotkania poniedziałki 18.15, jest to także adres Sekcji Obserwatorów Komet, E-mail: [krakptma@vistula.wis.pk.edu.pl](mailto:krakptma@vistula.wis.pk.edu.pl)
- (4) Krośnieński – ul. Lelewela 24/25 38-411 Krośno  
z listami p. G. Kiełyki
- (5) Lubelski – Instytut Fizyki UMCS Plac M. Skłodowskiej Curie 1. po. 260, 20-031 Lublin, E-mail [ptmaol@tytan.umcs.lublin.pl](mailto:ptmaol@tytan.umcs.lublin.pl), <http://www.tytan.umcs.lublin.pl/~ptmaol>
- (6) Łódzki – Planetarium ul. Pomorska 16, 91-416 Łódź  
tel. 0-(10..)-42-633-13-63 (jest to również adres Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć)
- (7) Pomorski – Gdynia, <http://www.astronomia.3miasto.pl/ptma/>

(8) Poznański – DK KRĄG ul. Dmowskiego 37 61-772 Poznań

(9) Puławski – Obserwatorium, ul. Filtrowa 50, 24-100 Puawy tel. 0-(10..)-81-886-49-68, spotkania wtorek i piątek godz. 18, E-mail [oapulawy@kki.net.pl](mailto:oapulawy@kki.net.pl)

(10) Szczeciński – ul. Kusocińskiego 3 70-237 Szczecin tel. 0-(10..)-91-422-79-25, [www.sus.univ.szczecin.pl/ancy/PTMA](http://www.sus.univ.szczecin.pl/ancy/PTMA)

(11) Śląski – Planetarium Śląskie skr. poczt 10 41-500 Chorzów, tel. 0-(10..)-32-254-63-30

(12) Toruński – ul. Kopernika 42 87-100 Toruń tel. 0-(10..)-56-622-28-46, [www.astri.uni.torun.pl/~ptma](http://www.astri.uni.torun.pl/~ptma). Spotkania w poniedziałki 17.30

(13) Warszawski – CAMK, ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa, tel. 0-(10..)-22-841-00-41, spotkania w poniedziałki 17.00, E-mail [jawil@hend.com.pl](mailto:jawil@hend.com.pl). Jest to również adres Sekcji Gwiazd Zmiennych. Przy oddziale działa Sekcja Obserwatorów Słońca – Janusz Kosinski ul. Pułaskiego 19 07-202 Wyszków, E-mail [sosptma@poczta.onet.pl](mailto:sosptma@poczta.onet.pl).

(14) Zielonogórski – Zielonogórskie Centrum Astronomiczne Uniwersytetu, Wieża Braniborska, ul. Lubuska 2, 65-265 Zielona Góra tel. 0-(10..)-68-20-28-63, E-mail [zca@astro.ca.wsp.zhggora.pl](mailto:zca@astro.ca.wsp.zhggora.pl)

## Członkowie i sympatycy mogą u nas zamawiać następujące materiały:

1. Obrotowa Mapa Nieba – 6 zł
2. Mapa Księżyca z diagramem faz – 6 zł
3. Mieczysław Markowski: Uniwersytet Krakowski jako miejsce duchowych narodzin Mikołaja Kopernika – 5 zł
4. Janusz Kosinski – Poradnik Obserwatora Meteorów – 7 zł
5. Janusz Kosinski i Bartosz Dąbrowski- Poradnik Obserwatora Słońca - 9 zł
6. Tomasz Ściążor – Kalendarz Astronomiczny na rok 2002 – 16 zł
7. Tomasz Krzyt – Poradnik Obserwatora Gwiazd Zmiennych – 9 zł
8. Marek Zawiłski i inni – Poradnik Obserwatora Pozycji i Zakryć. – 14 zł
9. Jacek Kruk – dawne Stacje Obserwatorium Krakowskiego – 7 zł
10. Janusz Kosinski – Zestawienie rojów meteorów – 8 zł
11. Tomasz Ściążor – Poradnik Obserwatora Ciał Układu Słonecznego – 11 zł

W sprawie archiwalnych numerów URANII do roku 1997 prosimy o kontakt z ZG PTMA.

Ponadto wydajemy Materiały Sekcji Obserwacji Pozycji i Zakryć oraz Biuletyn Naukowy Sekcji Obserwatorów Komet KOMECIARZ. Członkowie odpowiednich Sekcji otrzymują te Biuletyny w ramach składki członkowskiej Sekcji, pozostały mogą je otrzymać za odpłatnością po skontaktowaniu się z ZG PTMA.

Zamówienia można dokonać, przesyłając pieniądze przekazem pocztowym na adres Zarządu Głównego i wyszczególnić w nim, o jakie pozycje chodzi. Do kosztów zamówienia należy doliczyć ryczałt pocztowy 3 zł (nie dotyczy to pozycji 1 i 2, tzn. mapy obrotowej i mapy Księżyca).



# Czy warto obserwować tegoroczne Leonidy?

## Wstęp

Całe lata 90-te ubiegły pod znakiem aktywnego roju Perseid, co spowodowane było powrotem komety macierzystej tego roju w najbliższe okolice Słońca. Obecnie wydaje się, że wysoką aktywność Perseid mamy już za sobą. Na szczęście natura okazała się łaskawa i w roku 1998 przez perihelium przeszła twórczyni Leonidów — kometa 55P/Tempel-Tuttle.

Prawie zawsze, gdy kometa Tempel-Tuttle była blisko Słońca, na naszym niebie działało się coś ciekawego. Wystarczy tu tylko przypomnieć lata 1833 i 1966, kiedy można było podziwiać deszcze z aktywnością rzędu 100 tys. zjawisk na godzinę.

Obecny powrót komety już okazał się bardzo udany. Jeszcze na początku lat 90-tych ubiegłego wieku Leonidy w maksimum aktywności dawały około 10 meteorów na godzinę. Coś drgnęło w roku 1994, kiedy liczby godzinne wzrosły do około 40 zjawisk. Potem, z roku na rok, było coraz lepiej z kulminacją w postaci pięknego fajerwerku, który w nocy z 17 na 18 listopada 1999 roku mogli obserwować widzowie w całej Europie. Aktywność Leonidów sięgnęła wtedy poziomu 3600 zjawisk na godzinę.

Deszcz ten został bardzo dokładnie przewidziany przez model roju Leonidów skonstruowany przez D. Ashera i R. McNaughta. Na rok 2000 model ten zapowiadał trzy maksima o aktywności znacznie słabszej niż rok wcześniej (około 100 zjawisk na godzinę). Maksima pojawiły się dokładnie wtedy, kiedy oczekiwali ich Asher i McNaught. Ich aktywność była jednak nieznacznie wyższa od zapowiedzi i zawierała się od 100 do 400 zjawisk na godzinę.

## Model Ashera i McNaughta

Warto więc sprawdzić, co model Ashera i McNaughta przewiduje na rok 2001. Pierwsze wysokie maksimum powinno się pojawić 18 listopada o godzinie 10:01 UT. Wtedy Ziemia zbliży się do materiału wyrzuconego z komety 7 powrotów temu. Aktywność powinna sięgnąć poziomu ZHR=2500. Niestety, moment ten jest korzystny tylko dla obserwatorów w Ameryce Północnej i Środkowej. O godzinie 17:31 UT Ziemia zbliży się do centrum strumienia meteoroidów wyrzuconych z 55P/Tempel-Tuttle aż 9 powrotów temu. Tym razem aktywność będzie znacznie większa i wyniesie ZHR=9000. Dokładnie 48 minut później, o godzinie 18:19 UT, Ziemia przejdzie przez strumień wyrzucony 4 powrotów temu, a aktywność przekroczy ZHR=15000! Momenty te są także niekorzystne dla obserwatorów w Polsce, bowiem radiant Leonidów znajduje się wtedy pod horyzontem. Frajda z podziwiania tej wysokiej aktywności przypadnie obserwatorom we wschodniej Azji i zachodniej Australii.

Co w takim wypadku zobaczą obserwatorzy w naszym kraju? Aby to sprawdzić, zdecydowałem się wykonać symulację aktywności roju Leonidów w roku 2001. Oprócz momentu maksimum i jego wysokości musimy znać także szerokości połówkowe tych maksimów. Ponieważ są one zagadką, założyłem, że będą one takie same jak szerokość wysokiego maksimum z roku 1999. Ponadto oprócz wspomnianych wcześniej trzech maksimów, dodałem jeszcze czwarte, związane z bardzo starym materiałem wyrzuconym z komety bardzo dawno temu. Otrzymane w ten sposób ZHR-y w za-

leżności od dnia listopada dla okolic maksimum aktywności roju są przedstawione na górnym panelu Rys. 1.

Jak widać, złożenie dwóch wysokich maksimów spowoduje, że 18 listopada około godziny 18 UT obserwatorzy we wschodniej Azji zobaczą prawie 20 tysięcy meteorów na godzinę! Niestety, ten fajerwerk umknie obserwatorom w Polsce.

Na dolnym panelu Rys. 1 mamy oczekiwane liczby godzinne obliczone przy założeniu, że obserwator obserwuje w bardzo dobrych warunkach atmosferycznych. Widać, że w nocy z 17 na 18 listopada nad ranem będziemy mieli okazję obserwować ponad 80 meteorów na godzinę. Noc później, kiedy radiant Leonidów znajdzie się nad horyzontem, ich aktywność będzie już na tyle niska, że będziemy w stanie zaobserwować tylko 20 meteorów na godzinę.

### **Model Lyytinen-Nissinen-Van Flandren**

Ze względu na to, że model Ashera i McNaughta zawsze zaniżał aktywność meteorów z roju Leonidów, a także nie zawsze dobrze przewidywał szerokości maksimów, warto było pokusić się o jeszcze jedną próbę skonstruowania modelu dobrze opisującego zachowanie roju.

Zadania tego podjęli się fińscy astronomowie Esko Lyytinen, Markku Nissinen i Tom Van Flandren. Ich model uwzględnia wiele czynników, takich jak prędkości i kierunek wyrzutu częstek z jądra kometarnego, ich późniejszą ewolucję spowodowaną przez zaburzenia grawitacyjne innych ciał Układu Słonecznego, a także wpływ ciśnienia promieniowania i wiatru słonecznego.

Pierwszy sukces model spółki Lyytinen–Nissinen–Van Flandren, (żeby było krócej, dalej będę używał skrótu model LNV), ma już za sobą. Momeny wystąpienia maksimów i ich aktywność w roku 2000 zostały dzięki niemu przewidziane jeszcze lepiej niż w przypadku modelu Ashera i McNaughta.

LNV wzięli pod uwagę ostatnie kilkanaście przejść przez peryhelium komety 55P/Tempel-Tuttle. Według nowego modelu Ziemia na swej drodze napotka aż 7 wstęp pyłu pozostawionych przez kometę od 4 do 11 powrotów temu, co zaowocuje pojawiением

się aż siedmiu maksimów. Ich momenty (dla dnia 18 listopada), maksymalna aktywność i szerokość połówkowa zaprezentowane są w poniższej tabeli.

Ślad	Czas (UT)	Szer. poł. [min.]	ZHR
1866	18:20	43	5000
1833	14:10	29	60
1799	12:00	30	110
1766	10:28	58	2000
1733	18:03	62	2600
1699	19:10	≥ 140	150
1666	19:10	≥ 90	150

Co wynika dla nas z modelu LNV? Po pierwsze, widać nieznaczne przesunięcie na później wszystkich najwyższych maksimów w porównaniu z modelem Ashera i McNaughta. Po drugie, przewidywane ZHR-y są wyraźnie niższe, a po trzecie, czasy ich trwania są dość krótkie.

Niestety, dla obserwatorów w Polsce nie mam dobrych wiadomości.

Maksima, choć przesunięte w stosunku do Ashera i McNaughta w korzystną dla nas stronę, są też wyraźnie niższe, co powoduje, że zdążą one wygasnąć, zanim warunki do obserwacji w Polsce staną się odpowiednie. Widać to bardzo dobrze na Rys. 2, gdzie na górnym panelu mamy aktywność w ZHR złożoną ze wszystkich siedmiu maksimów

modelu LNV, a na dolnym panelu liczby godzinne, które będziemy mogli obserwować przy założeniu widoczności  $LM=6,50$  mag.

Widać, że aktywność rzędu ładnych kilkudziesięciu zjawisk na godzinę czeka nas w nocy z 17 na 18 listopada. Noc później będzie już znacznie gorzej i aktywność nie powinna przekroczyć 20 meteorów na godzinę.

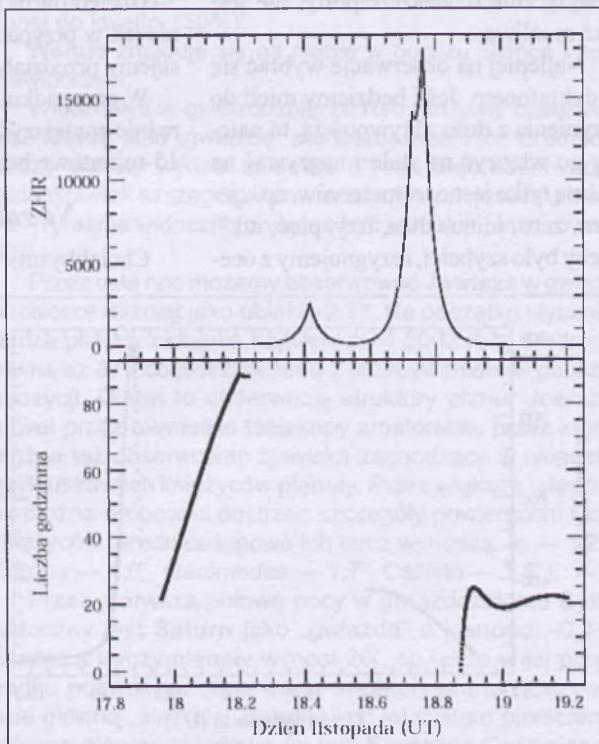
### **Wariant optymistyczny**

Zachowanie innych rojów meteori-

mów Leonidów pokazuje, że bardzo często zdarzają się niespodzianki. Założymy więc, że i w tym roku Leonidy zaskoczą nas i dwa najwyższe maksima opóźnią się o 2,5 godziny. Założymy także, w tym przypadku trochę mniej optymistycznie, że model LNV dobrze oddaje aktywność roju.

To, co moglibyśmy zobaczyć, pokazuje Rys. 3. Widać z niego wyraźnie, że wraz ze wschodząącym radiantem Leonidów, bardzo wyraźnie rosną obserwowane liczby godzinne. Swoje maksimum osiągają one około godziny 21:40 UT, z możliwością podziwiania około 400 meteorów na godzinę. Ze względu na to, że radiant znajduje się wtedy tylko 6 stopni nad horyzontem, duże różnice aktywności mogą wystąpić, gdy będziemy przemieszczać się po terytorium naszego kraju. Swoje obliczenia przeprowadziłem dla Warszawy, więc przy zachodniej granicy Polski radiant może być wtedy pod lub tuż nad horyzontem i aktywność będzie prawie zerowa. Za to wyraźnie wyższa może być na wschodzie naszego kraju.

Jeśli maksima przesuną się o 2,5 godziny, a prawdziwe odnośnie przewidywań aktywności będą modele Ashera i McNaugta (które obiecują w najwyższych maksimach ZHR-y rzędu 9000 i 15000), to naprawdę możemy liczyć już na niezłe fajerwerki!



Rys. 1. Oczekiwana aktywność roju Leonidów w 2001 r. wg modelu A-McN. Wyjaśnienia w tekście artykułu.

To jest jednak wariant superoptymistyczny.

Mimo wszystko, jeśli pogoda dopisze, warto wyjść na obserwację każdej nocy z przedziału 16–19 listopada. Leonidy nie raz już płatały niespodzianki i wcale nie jest wykluczone, że zaskoczą nas czymś miłym i w tym roku.

### Jak obserwować?

#### Obserwujemy deszcz

Jeśli wydarzy się miła niespodzianka i deszcz pojawi się w Europie albo ktoś z Was wybiera się do USA lub do wschodniej Azji, musi przygotować się na wzmożony wysiłek. Do bardzo dobrego określenia aktywności są nam bowiem potrzebne dwie rzeczy: bardzo dobra zdolność rozdzielcza naszych obserwacji i notowanie jasności meteorów.

Jeśli aktywność jest w granicach od 3 do 20 meteorów na minutę, należy zapisywać liczby obserwowanych zjawisk i ich rozkłady jasności co 1 minutę. Jeśli aktywność przekracza poziom 20 meteorów na minutę, długość naszych przedziałów czasowych powinna wynosić 0,5 minuty. Proszę się nie przerajać tak krótkimi przedziałami. Jeśli meteorów w nich będzie zbyt mało, zawsze można je skleić w dłuższe odcinki. Operacja dzielenia długich odcinków na krótsze, w oparciu tylko i wyłącznie o Wasze raporty, nie jest już możliwa.

Najlepiej na obserwacje wybrać się z dyktafonem. Jeśli będziemy mieli do czynienia z dużą aktywnością, to należy go włączyć na stałe i nagrywać na taśmie tylko jasności meteorów, np. „jeden, zero, minus dwa, trzy, pięć, itd.”. Żeby było szybciej, rezygnujemy z oce-

niania jasności z dokładnością do 0,5 magnitudo i robimy to z dokładnością do jednej wielkości gwiazdowej. Nie mówimy też nic o przynatelności meteorów do rojów, bo i tak znacząca większość z nich to Leonidy.

Należy też pamiętać o ocenianiu widoczności granicznej. Jeśli warunki będą w miarę stabilne, należy robić to co pół godziny. Jeśli będą się zmieniać, to widoczność oceniać co 5–15 minut.

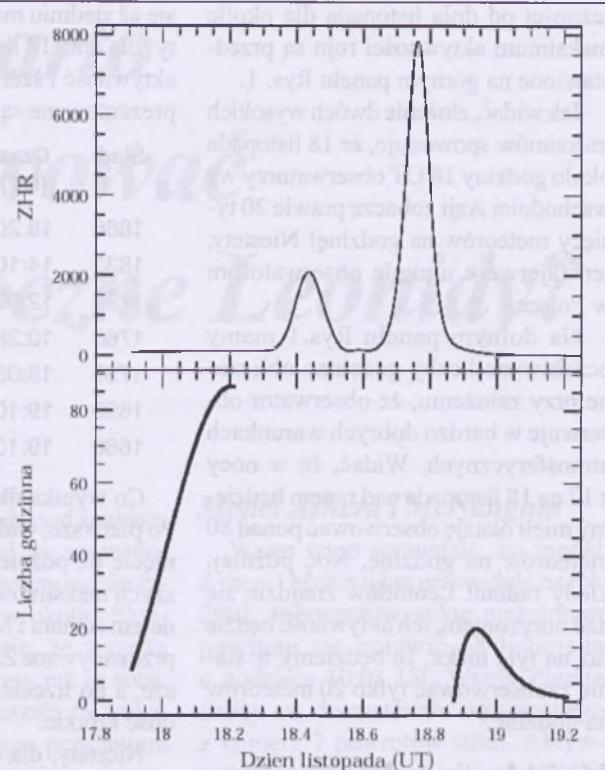
#### Obserwujemy aktywność między maksymami

Przy spodziewanej dla Polski aktywności nie przekraczającej wyraźnie poziomu 100 meteorów na godzinę, należy stosować przedziały 5-minutowe. Gdy jednak aktywność wzrasta do poziomu 2–3 meteorów na minutę, robimy podobnie jak w przypadku deszczu, czyli stosujemy przedziały jednominutowe.

W przypadku liczb godzinnych wyraźnie mniejszych od 100, przedziały 15-minutowe będą optymalne.

### Na zakończenie

Chcielibyśmy bardzo szybko wykonać analizę tego, co działa się w trakcie nocy z 17 na 18 i z 18 na 19 listopada. W tym celu zachęcamy wszystkich obserwatorów do jak najszybszego przesyłania swoich obserwacji Leonidów na internetowy adres: [pkim@siurus.astro.uw.edu.pl](mailto:pkim@siurus.astro.uw.edu.pl). Naj-



Rys. 2. Oczekiwana aktywność roju Leonidów w roku 2001 wg modelu LNV. Wyjaśnienia w tekście artykułu.

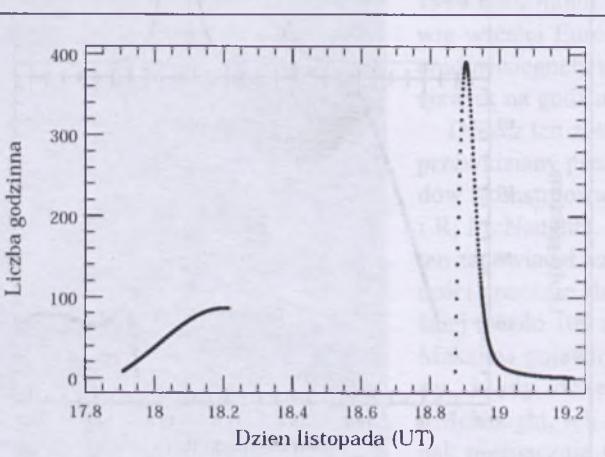
nowsze wieści można będzie także zdobyć w naszej grupie dyskusyjnej. Można się do niej zapisać, wysyłając e-mail o treści „subscribe” na adres: [pkim-subscribe@yahoo-groups.com](mailto:pkim-subscribe@yahoo-groups.com).

Prosimy o przesyłanie raportów w formacie: data, czas UT początku, czas UT końca, czas efektywny, widoczność graniczna, zachmurzenie, liczba Leonidów, liczba pozostałych meteorów. W podobnej formie przesyłamy rozkłady jasności. Prosimy tylko i wyłącznie o pliki tekstowe. Prosimy nie używać programów z pakietu MS Office.

Podając czas efektywny w godzinach dla odcinków krótszych niż 6-minutowe, stosujemy zapis z dokładnością do dwóch cyfr znaczących, (czyli z dokładnością do trzech lub czterech miejsc po przecinku). Przykładowo, odcinek czterominutowy to 0,067 h, a odcinekpółminutowy to 0,0083 h.

Zwykłe raporty można także przesyłać na adres: Arkadiusz Olech, ul. ks. T. Boguckiego 3/59, 01-508 Warszawa. Tam można także zasięgnąć dodatkowych informacji na temat obserwacji meteorów, a także otrzymać bezpłatne broszurki omawiające metody obserwacji tych ciekawych zjawisk.

**Arkadiusz Olech**



Rys. 3. Optymistyczne oczekiwania aktywności roju Leonidów w g. LNV. Wyjaśnienia w tekście artykułu.

Rok 2002

W 2002 roku wystąpi jedno obrączkowe (10 czerwca) i jedno całkowite (4 grudnia) zaćmienie Słońca, obydwa niewidoczne w Polsce. Dojdzie także do trzech półcieniowych zaćmień Księżyca: 26 maja, 24 czerwca oraz 20 listopada, z których jedynie pierwsze nie będzie widoczne w Polsce.

W tym roku, dnia 23 lutego dojdzie do zakrycia przez Księżyca planety Jowisz, a następnie w dniu 16 kwietnia do zakrycia planety Saturn. Obydwa wymienione zakrycia widoczne będą w Polsce!

W 2002 roku do Słońca zbliży się 22 znanych komet, z których żadna nie będzie widoczna przez teleskopy amatorskie.

**Styczeń**

Słońce

Ziemia w swym ruchu po orbicie okołosłonecznej znajdzie się 2 stycznia o godzinie  $14^{\text{h}}09^{\text{m}}$  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  $6^{\text{h}}45^{\text{m}}$ , zachodzi o  $14^{\text{h}}34^{\text{m}}$ , a 31 stycznia wschodzi o  $6^{\text{h}}19^{\text{m}}$ , zachodzi o  $15^{\text{h}}21^{\text{m}}$ . W styczniu Słońce wstępuje w znak Wodnika.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> UT)

Data	2002	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
I	1	2,13	-3,01	79,73
	3	1,16	-3,24	53,39
	5	0,19	-3,47	27,05
	7	-0,78	-3,70	0,71
	9	-1,74	-3,91	334,38
	11	-2,70	-4,13	308,04
	13	-3,65	-4,34	281,70
	15	-4,59	-4,54	255,37
	17	-5,53	-4,74	229,04
	19	-6,45	-4,93	202,70
	21	-7,36	-5,12	176,37
	23	-8,26	-5,30	150,03
	25	-9,14	-5,47	123,70
	27	-10,01	-5,63	97,37
	29	-10,86	-5,79	71,03
I	31	-11,70	-5,94	44,70

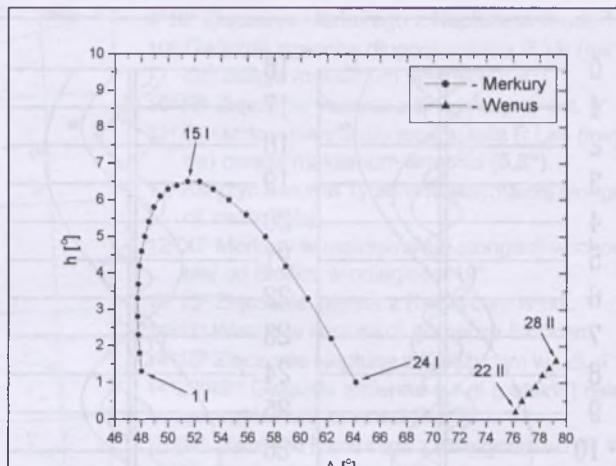
P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy:

$B_0$ ,  $L_0$  — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy:

7<sup>d</sup>01<sup>h</sup>18<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°

Księzyc

Bezksiążcowe noce będąemy mieli w połowie stycznia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu



Rys. 1. Merkury i Wenus nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w styczniu i lutym 2002 pod koniec zmierzchu cywilnego (około godziny po zachodzie Słońca).

następująca: ostatnia kwadra  $6^{\text{d}}03^{\text{h}}55^{\text{m}}$ , nowa  $13^{\text{d}}13^{\text{h}}29^{\text{m}}$ , pierwsza kwadra  $21^{\text{d}}17^{\text{h}}47^{\text{m}}$  i pełnia  $28^{\text{d}}22^{\text{h}}51^{\text{m}}$ . W perygeum Księżyca znajdzie się w dniu 2 stycznia o  $7^{\text{h}}14^{\text{m}}$ , w apogeum 18 stycznia o  $8^{\text{h}}51^{\text{m}}$  i ponownie w perygeum 30 stycznia o  $9^{\text{h}}03^{\text{m}}$ .

## Planety i planetoidy

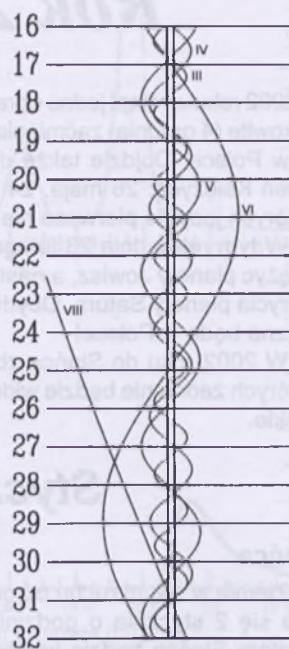
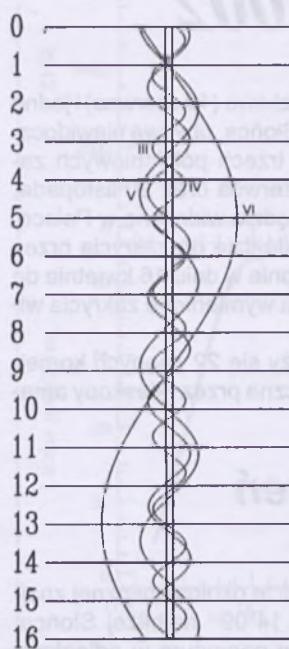
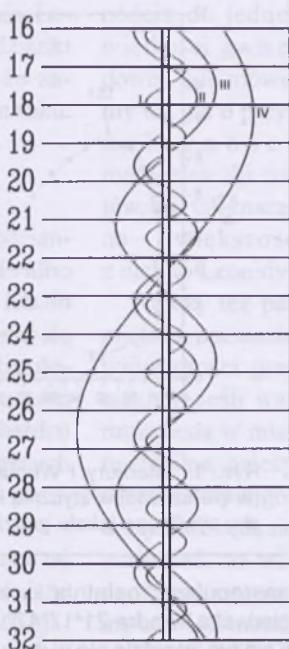
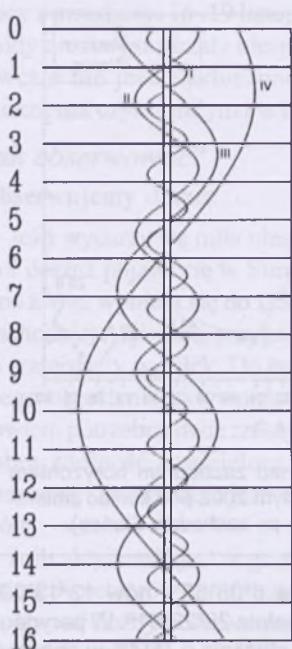
W połowie miesiąca na wieczornym niebie możemy próbować znaleźć **Merkurego**, jako obiekt o jasności 0<sup>m</sup>. Maksymalną wysokość nad południowo-zachodnim horyzontem, równą prawie 7° (pod koniec zmierzchu cywilnego, czyli ok. godzinę po zachodzie Słońca) planeta osiągnie w dniu 15 stycznia. Przez teleskopy możemy wtedy obserwować jej tarczę o średnicy kątowej 8" w fazie zbliżonej do kwadry (50%).

**Wenus** znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczna.

Wieczorem w gwiazdozbiorze Ryb możemy obserwować Marsa jako „gwiazdę” pierwszej wielkości. Średnica tarczy planety wynosi zaledwie 6'', tak więc obserwacja jakichkolwiek szczegółów powierzchniowych jest utrudniona. Wyraźnie widoczna powinna być jednak jej faza równa 90%.

Przez całą noc możemy obserwować Jowisza w gwiazdozbiorze Bliźniąt jako obiekt –2,7<sup>m</sup>. Na początku stycznia tarcza planety osiągnie największą w 2002 roku średnicę równą aż 47'', co jest związane z przebywaniem w pobliżu opozycji. Ułatwi to obserwację struktury chmur Jowisza nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie, przez które można też obserwować zjawiska zachodzące w układzie galileuszowych księżyców planety. Przez większe teleskopy można próbować dostrzec szczegóły powierzchni tych księżyców (średnice kątowe ich tarcz wynoszą: Io — 1,2'', Europa — 1,0'', Ganymedes — 1,7'', Callisto — 1,6'').

Przez pierwszą połowę nocy w gwiazdozbiorze Byka widoczny jest **Saturn** jako „gwiazda” o jasności  $-0,4^m$ . Średnica tarczy planety wynosi  $20''$ , co także w jej przypadku pozwoli na obserwacje struktury chmur. Oczywiście główną „atrakcją” Saturna jest jej system pierścieni, którego główne składowe (w tym Szczelina Cassiniego) także są widoczne nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie.



Rys. 2. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w styczniu 2002 (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. 3. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w styczniu 2002 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Tytan, VIII — Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.

W pierwszej połowie miesiąca wieczorem można próbować obserwować **Urana** nisko nad południowo-zachodnim horyzontem. W ciągu miesiąca warunki obserwacji planety szybko się pogarszają.

**Neptun** zachodzi niedługo po zachodzie Słońca i jest niewidoczny.

Pod koniec miesiąca nad ranem, na początku święta astronomicznego (dwie godziny przed wschodem Słońca) na wysokości  $16^\circ$  nad południowo-wschodnim horyzontem możemy próbować odnaleźć **Plutona** jako „gwiazdę”  $13,9^m$ , jednak niezbędny do tego jest teleskop o średnicy przynajmniej 15 cm.

W styczniu w pobliżu opozycji znajdują się planetoidy:

(3) **Juno**, (jasność  $8,4^m$ ). 1 I:  $9^h50,6^m$ ,  $-0^\circ08'$ ; 11 I:

$9^h47,3^m$ ,  $+0^\circ19'$ ; 21 I:  $9^h41,5^m$ ,  $+1^\circ13'$ ; 31 I:  $9^h33,7^m$ ,  $+2^\circ30'$ .

(4) **Vesta**, (jasność  $7,1^m$ ). 1 I:  $3^h49,8^m$ ,  $+14^\circ36'$ ; 11 I:  $3^h46,6^m$ ,  $+15^\circ04'$ ; 21 I:  $3^h46,4^m$ ,  $+15^\circ40'$ ; 31 I:  $3^h49,0^m$ ,  $+16^\circ23'$ .

(9) **Metis**, (jasność  $8,6^m$ ). 1 I:  $7^h54,2^m$ ,  $+27^\circ27'$ ; 11 I:  $7^h43,6^m$ ,  $+28^\circ25'$ ; 21 I:  $7^h32,5^m$ ,  $+29^\circ10'$ ; 31 I:  $7^h22,8^m$ ,  $+29^\circ39'$ .

### Meteory

W dniach od 1 do 5 stycznia promienią **Kwadrantydy**. Maksimum aktywności spodziewane jest 4 stycznia. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne  $\alpha = 15^\circ28'$ ,  $\delta = +50^\circ$ . Nazwa roju pochodzi od nieistniejącego 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 Księżykiem po pełni.

\* \* \*

1<sup>d</sup>08<sup>h</sup> Jowisz w opozycji ze Słońcem.

1<sup>d</sup>21<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ).

1<sup>d</sup>23<sup>h</sup>07<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $2,1^m$  do  $3,4^m$ .

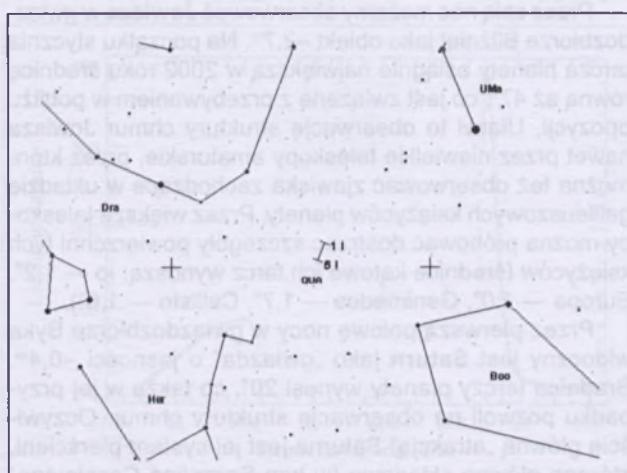
2<sup>d</sup>14<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Ziemia w perihelium na swej okołosłonecznej orbicie w odległości 147 mln km od Słońca.

4<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

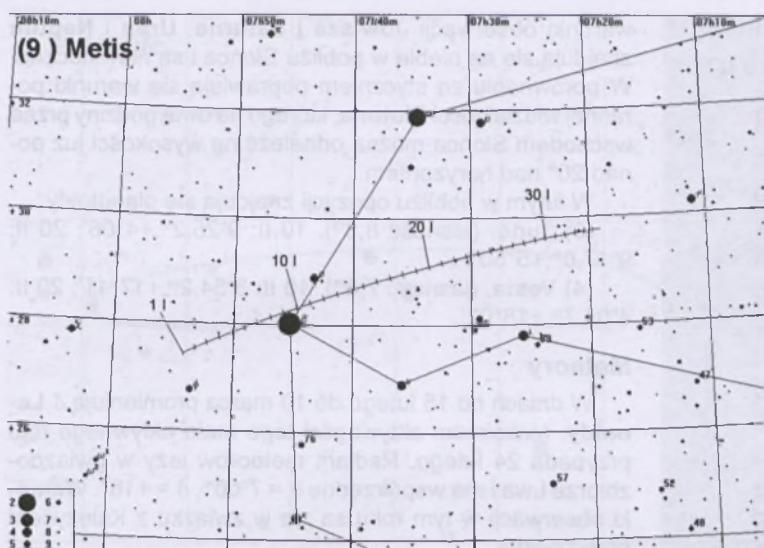
4<sup>d</sup>19<sup>h</sup>56<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $2,1^m$  do  $3,4^m$ .

7<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Ser (miryda) osiąga maksimum jasności ( $6,9^m$ ).

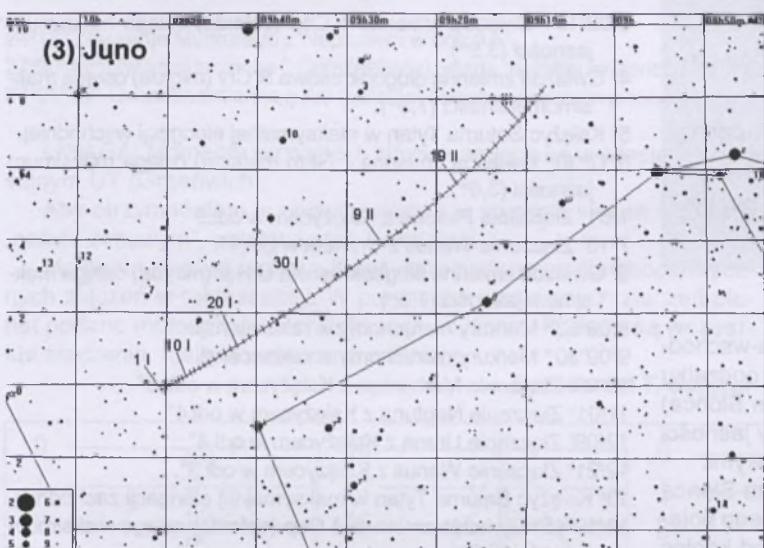
7<sup>d</sup>19<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ).



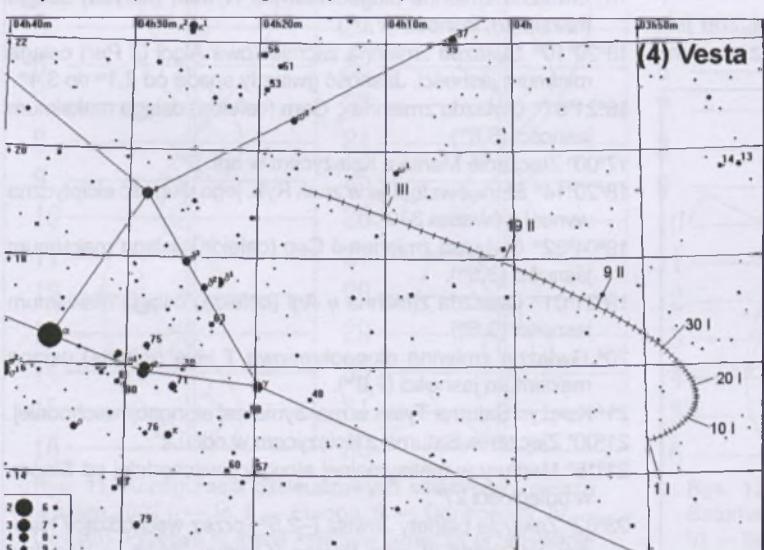
Rys. 4. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Kwadrantydów (QUA) w okresie od 1 do 5 stycznia.



Rys. 5. Trasa planetoidy (9) Metis na tle gwiazd gwiazdozbioru Herkulesa w styczniu 2002 (zaznaczone gwiazdy do 9<sup>m</sup>).



Rys. 6. Trasa planetoidy (3) Juno na tle gwiazd gwiazdozbioru Hydry w styczniu i lutym 2002 (zaznaczone gwiazdy do 9<sup>m</sup>).



Rys. 7. Trasa planetoidy (4) Vesta na tle gwiazd gwiazdozbioru Byka w styczniu i lutym 2002 (zaznaczone gwiazdy do 9<sup>m</sup>).

9<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Neptunem w odł. 1°.  
10<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Vir (miryda) osiąga maksimum jasności (6,9<sup>m</sup>).

10<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księżykiem w odł. 9°.  
11<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Leo (miryda) osiąga maksimum jasności (5,8<sup>m</sup>).

12<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.  
12<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 19°.

13<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżycem w odł. 1°.  
14<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Wenus w koniunkcji górnej ze Słońcem.

14<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżycem w odł. 4°.  
14<sup>d</sup>23<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

15<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżycem w odł. 4°.  
15<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżycem w odł. 4°.

16<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa T UMa (miryda) osiąga maksimum jasności (7,7<sup>m</sup>).

17<sup>d</sup>23<sup>h</sup>48<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

18<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Uranem w odł. 9°.

18<sup>d</sup>09<sup>h</sup>11<sup>m</sup> Merkury nieruchomy w rektascensji.

18<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżycem w odł. 5°.

20<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

20<sup>d</sup>06<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Wodnika, jego długość ekiptyczna wynosi wówczas 300°.

22<sup>d</sup>04<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

24<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżycem w odł. 0,1°.

25<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Neptunem w odł. 1°.

26<sup>d</sup>09<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Wenus w odł. 4°.

26<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżycem w odł. 1°.

26<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Neptunem w odł. 3°.

27<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Neptun w koniunkcji ze Słońcem.

27<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

28<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

28<sup>d</sup>17<sup>h</sup>22<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

## Luty

### Słońce

Dni stają się coraz dłuższe. Słońce wędruje po części ekiptyki 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<sup>h</sup>17<sup>m</sup>, zachodzi o 15<sup>h</sup>23<sup>m</sup>, a 28 lutego wschodzi o 5<sup>h</sup>25<sup>m</sup>, zachodzi o 16<sup>h</sup>13<sup>m</sup>. W lutym Słońce wstępuje w znak Ryb.

### Księżyca

Bezksiężycowe noce będącymi mieli w drugiej połowie lutego, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra 4<sup>d</sup>13<sup>h</sup>33<sup>m</sup>, nów 12<sup>d</sup>07<sup>h</sup>41<sup>m</sup>, pierwsza kwadra 20<sup>d</sup>12<sup>h</sup>02<sup>m</sup> oraz pełnia 27<sup>d</sup>09<sup>h</sup>17<sup>m</sup>. W apogeum Księżyca znajdzie się 14<sup>d</sup>22<sup>h</sup>23<sup>m</sup> a w perygeum 27<sup>d</sup>19<sup>h</sup>48<sup>m</sup>.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> czasu UT)

Data 2002	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
II 1	-12,11	-6,02	31,53
3	-12,91	-6,16	5,20
5	-13,70	-6,29	338,87
7	-14,47	-6,41	312,53
9	-15,22	-6,53	286,20
11	-15,95	-6,64	259,87
13	-16,66	-6,73	233,53
15	-17,34	-6,83	207,20
17	-18,01	-6,91	180,86
19	-18,65	-6,98	154,53
21	-19,26	-7,05	128,19
23	-19,86	-7,10	101,85
25	-20,42	-7,15	75,51
II 27	-20,97	-7,19	49,16
III 1	-21,49	-7,22	22,82

P — kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy;

B<sub>0</sub>, L<sub>0</sub> — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

3<sup>d</sup>09<sup>h</sup>29<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

## Planety i planetoidy

W połowie miesiąca nad porannym południowo-wschodnim horyzontem pojawia się **Merkury**, jednak na początku świąt cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca) wznosi się on na wysokość zaledwie 3°, co przy jasności 0,3<sup>m</sup> czyni jego obserwacje praktycznie niemożliwymi.

**Wenus** nadal znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczna, chociaż w ostatnich dniach lutego pojawia się ona na wieczornym niebie, osiągając pod koniec zmierzchu cywilnego wysokość 2° nad zachodnim horyzontem.

Warunki obserwacji **Marsa** pozostają analogiczne jak w styczniu. Podobnie praktycznie nie ulegają zmianom

warunki obserwacji **Jowisza** i **Saturna**. **Uran** i **Neptun** znajdują się na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne. W porównaniu ze styczniem poprawiają się warunki porannej widzialności **Plutona**, którego na dwie godziny przed wschodem Słońca można odnaleźć na wysokości już ponad 20° nad horyzontem.

W lutym w pobliżu opozycji znajdują się planetoidy:

(3) **Juno**, (jasność 8,3<sup>m</sup>). 10 II: 9<sup>h</sup>25,2<sup>m</sup>, +4°06'; 20 II: 9<sup>h</sup>17,0<sup>m</sup>, +5°50'.

(4) **Vesta**, (jasność 7,8<sup>m</sup>). 10 II: 3<sup>h</sup>54,2<sup>m</sup>, +17°11'; 20 II: 4<sup>h</sup>01,7<sup>m</sup>, +18°02'.

## Meteory

W dniach od 15 lutego do 10 marca promieniujeją się **Leonidy**. Maksimum aktywności tego mało aktywnego roju przypada 24 lutego. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne  $\alpha = 7^{\text{h}}00^{\text{m}}$ ,  $\delta = +16^{\circ}$ . Warunki obserwacji w tym roku są złe w związku z Księzcem przed pełnią.

\*\*\*

3<sup>d</sup>02<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

4<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Crv (miryda) osiąga maksimum jasności (7,5<sup>m</sup>).

5<sup>d</sup> Księzyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

6<sup>d</sup> 17<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).

7<sup>d</sup> 01<sup>h</sup> Złączenie Plutona z Księzcem w odl. 9°.

7<sup>d</sup> 15<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Uranem w odl. 1°.

8<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa U Her (miryda) osiąga maksimum jasności (7,5<sup>m</sup>).

8<sup>d</sup> 09<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Merkury nieruchomy w rektascencji.

9<sup>d</sup> 09<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Merkury nieruchomy w rektascencji.

10<sup>d</sup> 05<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księzcem w odl. 5°.

11<sup>d</sup> 01<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księzcem w odl. 4°.

12<sup>d</sup> 08<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księzcem w odl. 4°.

12<sup>d</sup> 21<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księzcem w odl. 3°.

13<sup>d</sup> Księzyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

13<sup>d</sup> 19<sup>h</sup>45<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

15<sup>d</sup> 06<sup>h</sup> Uran w koniunkcji ze Słońcem.

16<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa W Mon (miryda) osiąga maksimum jasności (7,0<sup>m</sup>).

16<sup>d</sup> 20<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup>.

16<sup>d</sup> 21<sup>h</sup>07<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).

17<sup>d</sup> 00<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księzcem w odl. 5°.

18<sup>d</sup> 20<sup>h</sup>14<sup>m</sup> Słońce wstępnie w znaku Ryb, jego długość ekleptyczna wynosi wówczas 330°.

19<sup>d</sup> 04<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

19<sup>d</sup> 21<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

20<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa T Hya (miryda) osiąga maksimum jasności (7,8<sup>m</sup>).

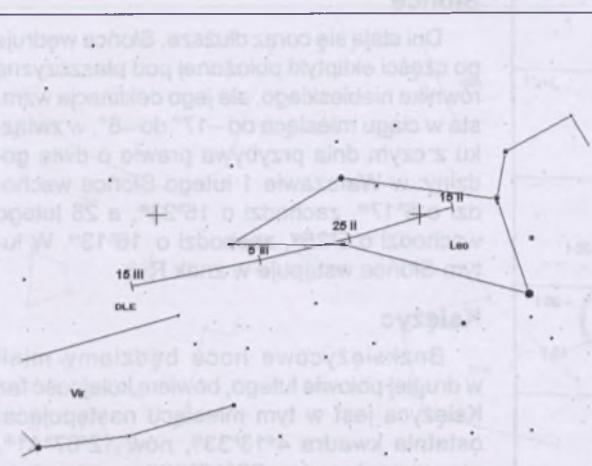
21<sup>d</sup> Księzyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

21<sup>d</sup> 00<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księzcem w odl. 0,2°.

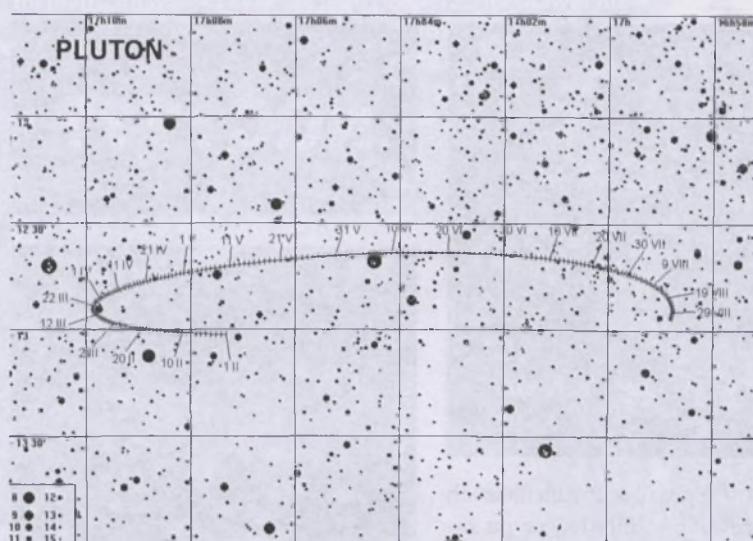
21<sup>d</sup> 16<sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 27°.

23<sup>d</sup> 02<sup>h</sup> Zakrycie planety Jowisz (-2,5<sup>m</sup>) przez wschodzący Księzyce, widoczne w całej Polsce (Olsztyn 2<sup>h</sup>41<sup>m</sup> — Wrocław 2<sup>h</sup>46<sup>m</sup>).

23<sup>d</sup> 21<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księzcem w odl. 1°.



Rys. 8. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego d Leonidów (DLE) w okresie od 15 lutego do 15 marca.



Rys. 9. Trasa Plutona na tle gwiazd gwiazdozbioru Wężownika od lutego do sierpnia 2002 (zaznaczone gwiazdy do 15<sup>m</sup>).

24<sup>d</sup>15<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Neptunem w odł. 0,5°.

27<sup>d</sup>00<sup>h</sup>44<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>).

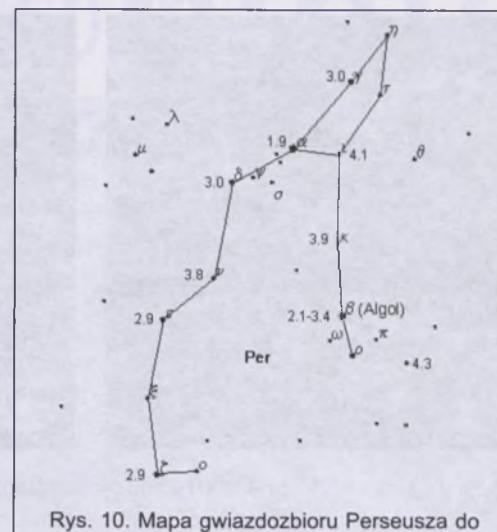
27<sup>d</sup>01<sup>h</sup>15<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>).

**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 planet z Księżykiem podane są dla geocentrycznych złączeń w rektascensji. W przypadku wzajemnych złączeń planet podano momenty ich największego zbliżenia. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Opracował T. Ścieżor

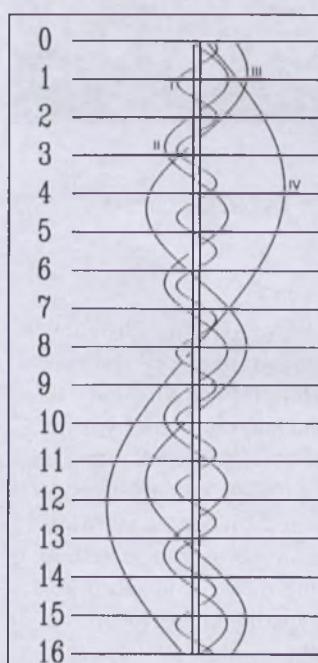


Rys. 10. Mapa gwiazdozbioru Perseusza do obserwacji gwiazdy zmiennej β Per (Algol). Podane jasności gwiazd porównania.

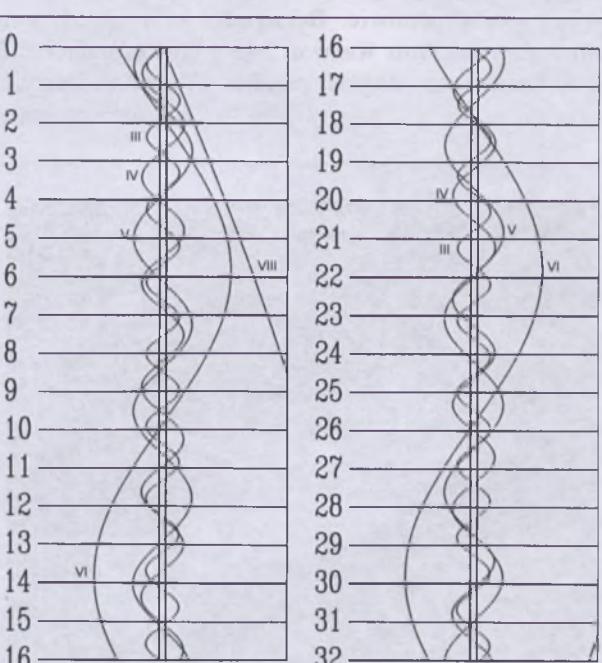
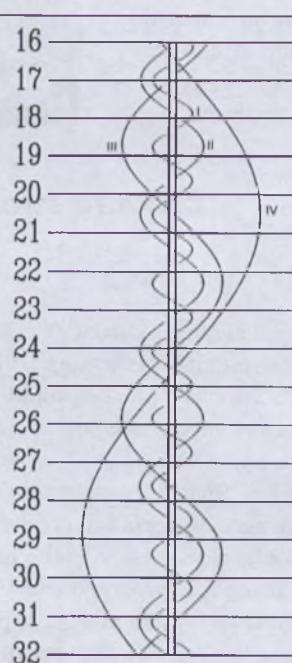
#### Ogłoszenie

Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii informuje, że od dnia 1 października 2001 w sprzedaży znajduje się „Kalendarz Astronomiczny na rok 2002”. Cena jednego egzemplarza wynosi 16 zł +3 zł koszty przesyłki. Wpłat prosimy dokonywać przekazem pocztowym na adres:

Zarząd Główny PTMA, ul. Św. Tomasza 30/8, 31-027 Kraków, z adnotacją, czego dotyczy wpłata.



Rys. 11. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lutym 2002 (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.



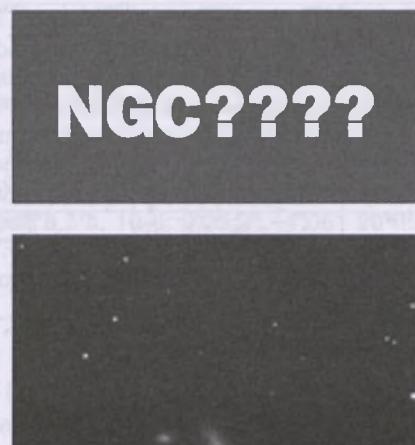
Rys. 12. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w lutym 2002 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Tytan, VIII — Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo.



1.



2.



3.



4.



W „Uranii-PA” nr 4/2001 zamieściliśmy zamiast krzyżówkki konkurs polegający na podaniu nazw (oznaczeń) obiektów mgławicowych ukazanych na zdjęciu fragmentu nocnego nieba. Tymi obiekty były: 1) M11 (gromada otwarta Dzika Kaczka); 2) M16 (mgławica gazowa Orzeł); 3) M17 (mgławica gazowa Omega); 4) M24 (skupisko gwiazd); 5) M23 (gromada otwarta); 6) M22 (gromada kulista); 7) M20 (mgławica gazowa Trójlistna Koniczyna); 8) M8 (mgławica gazowa Laguna).

Spośród nadesłanych prawidłowych rozwiązań wylosowaliśmy dwa, a ich autorów honorujemy nagrodami książkowymi. Są to panowie: **Bernard Gbur** z Zabrze i **Piotr Kezwoń** z Jasiennicy. Gratulujemy, nagrody przesłemy pocztą.

Sporo osób prosiło, aby na naszych łamach częściej gościły tego typu zagadki. Jak widać, wzięliśmy to do serca i tym razem prezentujemy podobne, ale trudniejsze zadanie.

Jarosław Brzózka, którego zdjęcia obiektów Messiera gościły już i goszczą w „Galerii Uranii”, przysłał nam więcej zdjęć obiektów mgławicowych, wykonanych w maju br. Zadaniem dla naszych Czytelników jest rozpoznanie, jakie to obiekty. W odpowiedzi należy podać ich numer katalogowy NGC.

Na rozwiązanie czekamy do końca grudnia br. Uwaga: osoby, które nie są prenumeratorem „Uranii-PA”, aby wziąć udział w losowaniu nagrody, muszą dołączyć kupon konkursowy. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania pocztą elektroniczną.

## Ciekawe strony internetowe...

Pewnie niektórzy z Czytelników „Uranii–Postępów Astronomii” pamiętają zdjęcia jądra komety Halleya, otrzymane z pomocą sondy GIOTTO w roku 1986. Historia powtórzyła się po 15 latach, choć nie było już o niej tak głośno. 22 września bieżącego roku sonda Deep Space 1 przeleciała w pobliżu komety Borrelly'ego. Zbliżyła się na odległość 2200 km do jądra komety, uzyskując zdjęcia, na których można rozróżnić szczegóły o rozmiarach 45 metrów. Samo jądro komety jest (podobnie jak w przypadku komety Halleya) wydłużone — w tym przypadku najdłuższy wymiar to około 8 km. Piękne czarno-białe zdjęcia można obejrzeć na stronie Deep Space 1 — jej adres to: <http://nmp.jpl.nasa.gov/ds1/>.

rs

Powoli dobiegający końca rok 2001 zapewne zapisze się w pamięci obserwatorów aktywności Słońca sporymi plamami widocznymi na jego powierzchni (nawet nie-uzbrojonym okiem) i zorzami polarnymi widocznymi wielokrotnie w naszym kraju. Poniższe zdjęcie zaplamionego Słońca wykonał 28 marca Artur Pilarczyk z Gorzowa Wlkp. (teleskop 200/1000 z ogniskową wydłużoną do 2 m, filtr MYLAR, eksp. 1/500 s, film ISO 200)



Planety w tym roku jakby pozowały do zdjęć! Poniżej zdjęcia wykonane przez Andrzeja Binkiewicza: koniunkcja Wenus i Jowisza z 6 sierpnia (kilkunastosekundowa eksp. na filmie Fuji 800, ob. standardowy) oraz bliskie ustawienie Księżyca, Wenus, Jowisza i Saturna z 15 sierpnia.



Zgodnie z obietnicą z poprzedniego zeszytu „Uranii” prezentujemy następujące zdjęcia obiektów mgławicowych autorstwa Jarosława Brzózki z Kromnowa (k. Jeleniej Góry), wykonanych w maju br. (teleskop Cassegraina-Schmidta o średnicy 203 mm i światłosię 1/10, prowadzenie elektryczne z korekcją ręczną, film Fuji Super G 800, ekspozycje ok. 30 min.). Tym razem są to galaktyki spiralne: M106 w Psach Gończych i M108 w Wielkiej Niedźwiedzicy.

## Galeria Uranii

Zdjęcia widocznej w tym roku komety C/2001 A2 LINEAR przysłali do nas: Mariusz Świątnicki (poniżej, wykonane 13 lipca wraz z Piotrem Guzikiem, ognisko główne Newtona 205/907, eksp. 10 min, Fujicolor Superia x-TRA 400), Robert Bodzoń, Piotr Keźwoń i Andrzej Binkiewicz.



Biblioteka Główna UMK



300040354779

# Kwintet Stefana



Grupa oddziałujących ze sobą galaktyk HCG 92, zwana popularnie Kwintetem Stefana, trafiła „pod lupę” teleskopu kosmicznego. Prowadzący badania astronomowie zidentyfikowali liczne obszary powstawania gwiazd, uformowane w wyniku co najmniej dwóch kolizji. To kilka karłowatych galaktyk i przeszło 100 gromad, zawierających niekiedy miliony gwiazd. Choć od ostatniego zderzenia upłynęło 20 min lat, niektóre z gromad powstały zaledwie 2 min lat temu. To dowód na to, że proces powstawania gwiazd obejmuje „lawinowo” kolejne obszary — śmierć masywnych słońc powołuje do istnienia ich nowe pokolenia.

Zdjęcie uzyskano kamerą WFPC2 z filtrami B, V, I w grudniu 1998 i czerwcu 1999 r. — łączny czas ekspozycji wyniósł przeszło 6 godzin. Obiekt znajduje się w konstelacji Pegaza, w odległości 270 min I.św.; skala zdjęcia (3,6 minuty łuku) to prawie 300 tys. I.św.

Fot. NASA, J. English (U. Manitoba), S. Hunsberger (PSU), Z. Levay (STScI), S. Gallagher i J. Charlton (PSU).